

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.

«01» сентября 2020 г.

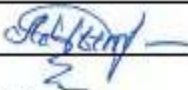
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРИЕМ 2020 г.**

**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

| Техника высоких напряжений                  |                                             |         |     |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|---------|-----|
| Направление подготовки                      | 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника |         |     |
| Образовательная программа                   | Электроэнергетика                           |         |     |
| Специализации                               | Электрические станции                       |         |     |
| Уровень образования                         | высшее образование - бакалавриат            |         |     |
| Курс                                        | 3                                           | семестр | 6   |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах) | 5                                           |         |     |
| Виды учебной деятельности                   | Временной ресурс                            |         |     |
| Контактная (аудиторная) работа, ч           | Лекции                                      |         | 16  |
|                                             | Практические занятия                        |         | 32  |
|                                             | Лабораторные занятия                        |         | 24  |
|                                             | ВСЕГО                                       |         | 72  |
| Самостоятельная работа, ч                   |                                             |         | 108 |
| ИТОГО, ч                                    |                                             |         | 180 |

|                              |         |                              |     |
|------------------------------|---------|------------------------------|-----|
| Вид промежуточной аттестации | Экзамен | Обеспечивающее подразделение | ОЭЭ |
|------------------------------|---------|------------------------------|-----|

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

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                                                                                                                           |
| ОПК(У)-4.       | Способен использовать свойства конструктивных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности | И.ОПК(У)-4.2.                     | Выбирает электротехнические материалы в соответствии с требуемыми характеристиками на основании знания областей применения, свойств, характеристик и методов исследования электротехнических материалов | ОПК(У)-4.2В1                                                | Владеет технологиями контроля состояния изоляции высоковольтной техники                                                                |
|                 |                                                                                                                                                      |                                   |                                                                                                                                                                                                         | ОПК(У)-4.2У1                                                | Умеет определять необходимый вид изоляции для энергетического оборудования высокого напряжения в зависимости от условий эксплуатации   |
|                 |                                                                                                                                                      |                                   |                                                                                                                                                                                                         | ОПК(У)-4.2У2                                                | Умеет определять пригодность электроизоляционных материалов к дальнейшей эксплуатации                                                  |
|                 |                                                                                                                                                      |                                   |                                                                                                                                                                                                         | ОПК(У)-4.231                                                | Знает электрофизические процессы, протекающие в диэлектрических средах, закономерности возникновения и развития электрических разрядов |
|                 |                                                                                                                                                      |                                   |                                                                                                                                                                                                         | ОПК(У)-4.232                                                | Знает классификацию и виды изоляции высоковольтного энергетического оборудования                                                       |
|                 |                                                                                                                                                      |                                   |                                                                                                                                                                                                         |                                                             |                                                                                                                                        |
| ОПК(У)-5.       | Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности                          | И.ОПК(У)-5.1.                     | Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность                                                   | ОПК(У)-5.1В1                                                | Владеет опытом работы с приборами и установками для экспериментальных исследований                                                     |
|                 |                                                                                                                                                      |                                   |                                                                                                                                                                                                         | ОПК(У)-5.1У2                                                | Умеет проводить эксперименты по заданным методикам с последующей обработкой и анализом результатов                                     |
|                 |                                                                                                                                                      |                                   |                                                                                                                                                                                                         | ОПК(У)-5.132                                                | Знает типовые измерительные приборы и установки, используемые при экспериментах                                                        |

## 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                                          | Планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением пробивных напряжений и электрической прочности, характеристик и состояния изоляции электрооборудования, интерпретировать данные и делать выводы. | И.ОПК(У)-5.1.                    |
| РД 2                                          | Анализировать процессы, происходящие в электрооборудовании при воздействии сильных электрических полей и перенапряжений.                                                                                                                      | И.ОПК(У)-4.2.                    |
| РД 3                                          | Выполнять расчеты параметров и характеристик высоковольтной изоляции                                                                                                                                                                          | И.ОПК(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. |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел (модуль) 1.<br/>Электрофизические процессы в диэлектрических средах.</b> | РД1, РД2,                                    | Лекции                    | 5                 |
|                                                                                    |                                              | Практические занятия      | 10                |
|                                                                                    |                                              | Лабораторные занятия      | 14                |
|                                                                                    |                                              | Самостоятельная работа    | 24                |
| <b>Раздел (модуль) 2.<br/>Высоковольтные изоляция и измерения.</b>                 | РД1, РД2,<br>РД3                             | Лекции                    | 5                 |
|                                                                                    |                                              | Практические занятия      | 12                |
|                                                                                    |                                              | Лабораторные занятия      | 6                 |
|                                                                                    |                                              | Самостоятельная работа    | 24                |
| <b>Раздел (модуль) 3.<br/>Перенапряжения в ЭЭС.</b>                                | РД1 РД2,<br>РД3                              | Лекции                    | 6                 |
|                                                                                    |                                              | Практические занятия      | 10                |
|                                                                                    |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                                    |                                              | Самостоятельная работа    | 24                |

Содержание разделов дисциплины:

### **Раздел 1. Электрофизические процессы в диэлектрических средах.**

Классификация электрических полей. Процессы появления заряженных частиц в диэлектрических средах. Ионизация и эмиссия. Формы и виды электрических разрядов в газовых средах. Закон Пашена. Эффект полярности. Особенности разряда в резконеоднородных полях. Виды пробоя конденсированных диэлектрических сред. Электрическое старение диэлектриков.

#### **Темы лекций:**

1. Основные положения курса. Основные процессы рождения и исчезновения

- заряженных частиц.
2. Формы и виды электрических разрядов.
  3. Теории пробоя диэлектрических сред.

**Темы практических занятий:**

1. Расчет коэффициента неоднородности электрических полей.
2. Расчет параметров электронной лавины и стримера.
3. Расчет потерь на корону.
4. Расчет допустимых напряжений при перекрытии.
5. Исследования искры и дуги.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование разрядов в воздухе при переменном напряжении.
2. Исследование разряда в слабонеоднородном поле.
3. Исследование эффекта полярности и влияния барьеров на электрическую прочность воздушных промежутков.
4. Анализ характеристик короны на проводах при переменном напряжении.
5. Исследование электрических разрядов по поверхности твердого диэлектрика.

|                                                       |
|-------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 2. Высоковольтные изоляция и измерения.</b> |
|-------------------------------------------------------|

Классификация высоковольтной изоляции. Внешняя изоляция. Изоляция ЛЭП. Причины выхода гирлянд изоляторов из строя. Внутренняя изоляция. Виды и особенности структуры внутренней изоляции. Изоляция силовых трансформаторов, высоковольтных кабелей и вращающихся машин. Новые материалы высоковольтной изоляции. Особенности измерения на высоком напряжении. Шаровые разрядники, электростатический киловольтметр. Делители напряжений.

**Темы лекций:**

1. Характеристики видов изоляции. Изоляция ЛЭП.
2. Внутренняя изоляция высоковольтного оборудования.
3. Измерения на высоком напряжении.

**Темы практических занятий:**

1. Анализ факторов влияющих на характеристики изоляции ЛЭП.
2. Исследование свойств изоляционной поверхности при перекрытии.
3. Анализ схем получения высоких напряжений.
4. Исследование процесса получения сильных импульсных токов.
5. Анализ особенностей развития ионизационных процессов в многослойной изоляции.
6. Анализ схем делителей напряжений.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование распределения напряжения по гирлянде подвесных изоляторов.
1. Анализ испытаний изоляции высоковольтного трансформатора.
2. Исследование генерирования импульсных напряжений.

|                                       |
|---------------------------------------|
| <b>Раздел 3. Перенапряжения в ЭЭС</b> |
|---------------------------------------|

Классификация и природа перенапряжений. Атмосферные перенапряжения. Энергетические параметры молниевых каналов. Молниезащита станций, подстанций и ЛЭП. Внутренние перенапряжения. Коммутационные и дуговые перенапряжения. Перебегающие дуги. Защита от внутренних перенапряжений. Ограничители

перенапряжений нелинейные.

**Темы лекций:**

1. Классификация и причины возникновения перенапряжений.
2. Атмосферные перенапряжения и защита от них.
3. Внутренние перенапряжения и защита от них.

**Темы практических занятий:**

1. Анализ процессов появления атмосферного электричества
2. Исследование способов защиты от внешних перенапряжений
3. Анализ волновых процессов в линиях.
4. Исследование процесса формирования коммутационных перенапряжений.
5. Анализ особенностей и последствий дуговых перенапряжений.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование процессов в обмотках трансформатора.

## **5. Организация самостоятельной работы студентов**

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

- Работа с лекционным материалом;
- Поиск и обзор литературы и электронных источников информации по темам, вынесенным на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Подготовка к лабораторным работам;
- Подготовка к практическим занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

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

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

Основная литература:

1. Важов В.Ф., Кузнецов Ю.И., Куртенков Г.Е., Лавринович В. А., Лопатин В.В., Мытников А.В. Техника высоких напряжений: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. Ф. Важов [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 2.0 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — Заглавие с титульного экрана. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m86.pdf> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
2. Бутенко В.А. [и др.]; Техника высоких напряжений: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. А. Бутенко [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 1.1 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — Заглавие с титульного экрана. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m85.pdf> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
3. Важов В.Ф. [и др.]; Техника высоких напряжений: учебное пособие для вузов / В. Ф. Важов [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — 208 с.

Дополнительная литература:

1. Мытников А. В. Основы электротехнологий. Электротехнологические процессы и аппараты: практикум [Электронный ресурс] / А. В. Мытников; Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 2549 KB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — Заглавие с титульного экрана. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2009/m167.pdf> (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), Энергетический институт (ЭНИИ), Кафедра электроэнергетических систем (ЭЭС). — Электрон. — Томск: TPU Moodle, 2014. — Заглавие с экрана. — Схема доступа: <http://lms.tpu.ru/course/view.php?id=10184> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
3. Куффель, Е. Техника и электрофизика высоких напряжений: пер. с англ. / Е. Куффель, В. Цаенгль, Дж. Куффель. — Долгопрудный: Интеллект, 2011. — 517 с.

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>
3. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/>

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

1. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
2. Mathcad 15 Academic Floating – (установлено на vap.tpu.ru).

## 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 (учебная лаборатория):<br>634050, Томская область, г. Томск, ул. Усова, 7, корп. 8, ауд. 071 | ВВЛ № 1<br>ВВЛ № 2<br>Наименование лабораторного оборудования:<br><ol style="list-style-type: none"> <li>1. Осциллограф Uni-T UTD2025CL (2 шт.);</li> <li>2. Лабораторный комплекс ВВСВ-50/40 (1 шт.);</li> <li>3. Киловольтметр С-100 (3 шт.);</li> <li>4. Осциллограф Атаком АСК-3106 (2 шт.);</li> <li>5. Мост электрических сопротивлений Р-5026М (1 шт.);</li> <li>6. Экспериментальный образец разрядника шаров. (1 шт.);</li> <li>7. Генератор импульсных напряжений на 1 МВ с блоком питания (1 шт.);</li> <li>8. Мост постоянного тока Р 3009 (1 шт.);</li> <li>9. Установка для высоковольтных испытаний жидких диэлектриков (1 шт.);</li> <li>10. Трансформатор высоковольтный испытательный ИОМ-100/25 (1 шт.);</li> <li>11. Частотомер ЧЗ-85/3 (1 шт.);</li> <li>12. Генератор ГЗ-123 (2 шт.);</li> <li>13. Микроомметр GOM-802 (1 шт.);</li> </ol> |

|    |                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                    |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                                                                                                                                                                                                       | 14. Генератор импульсных напряжений "ГИН-500" (1 шт.);<br>15. Стенд лабораторный (3 шт.);<br>16. Установка для исследования закона Пашена (1 шт.); |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс):<br>634050, Томская область, г. Томск, ул. Усова, 7, корп. 8, ауд. 119 | компьютеры – 16 шт.                                                                                                                                |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / ООП Электроэнергетика (прием 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик:

| Должность  | Подпись                                                                           | ФИО           |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Доцент ОЭЭ |  | Мытников А.В. |

Программа одобрена на заседании отделения Электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол от 27.06.2019 г. № 6).

И.о. заведующего кафедрой – руководителя отделения

на правах кафедры ОЭЭ ИШЭ, к.т.н.



/А.С. Ивашутенко/

#### Лист изменений рабочей программы дисциплины:

| Учебный год               | Содержание /изменение                                                                            | Обсуждено на заседании ОЭЭ протокол |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 2020___/21___ учебный год | 1. Дополнено содержание разделов дисциплины<br>2. Актуализированы исходные данные для дисциплины | От 25._06_.2020 г.<br>№ ___6_____   |