




федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

 **УТВЕРЖДАЮ**  
Директор ИШНПТ  
А.Н.Яковлев  
«30 августа 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ**

Основная образовательная программа подготовки  
научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению

**13.06.01 Электро- и теплотехника**

**УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

ТОМСК 2018 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

1. Рабочая программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника технологии (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании ОМ ИШНПТ протокол № 6 от 28 июня 2018 г.

Руководитель ОМ



В.А. Клименов

Руководитель профиля  
аспирантской подготовки

А.С. Юдин

2. Программа СОГЛАСОВАНА с выпускающими отделениями; СООТВЕТСТВУЕТ действующему учебному плану.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Рассматриваемая дисциплина является основной в подготовке аспирантов, обучающихся по профилю «Техника высоких напряжений».

Целями изучения дисциплины является:

- приобретение знаний, необходимых для решения задач, связанных с разработкой нового высоковольтного оборудования, методик и технических средств диагностики для повышения эффективности эксплуатации и проектирования изоляции на объектах электроэнергетики.
- приобретение знаний, необходимых для решения задач, связанных с разработкой электрофизического оборудования, методик и технических средств регистрации высокого напряжения, сильных токов, параметров пучков заряженных частиц и потоков плазмы для повышения эффективности высоковольтных электротехнологий.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

2.1. Учебная дисциплина «Техника высоких напряжений», согласно учебному плану, входит в вариативную часть вариативного междисциплинарного профессионального модуля ООП (в том числе, направленного на подготовку к сдаче кандидатского экзамена).

2.2. Данная программа строится на преемственности программ в системе высшего образования. Она основывается на положениях, отраженных в учебных программах подготовки магистров. Для освоения дисциплины «Техника высоких напряжений» требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

Поведение материалов в сильных полях,  
Генерирование и измерение высоковольтных и сильноточных сигналов,  
Электротехнологии,  
Пучково-плазменные технологии обработки материалов,  
Плазмохимия,  
Проектирование высоковольтного энергетического оборудования.

Дисциплина «Техника высоких напряжений» необходима при подготовке научно-квалификационной работы аспиранта и подготовке к сдаче кандидатского экзамена.

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Техника высоких напряжений» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника:

#### 1. Универсальных компетенций:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1).

#### 2. Общепрофессиональных компетенций:

- ✓ владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- ✓ владением культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- ✓ способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3).

#### 3. Профессиональных компетенций:

- Способность к самостоятельному проведению НИР и получению научных результатов, удовлетворяющих требованиям к содержанию диссертации на соискание ученой степени кандидата наук в области техники высоких напряжений (ПК-1);
- Способность ставить и решать инновационные задачи, связанные с проектированием, конструированием и эксплуатации технических устройств, применяемых в области техники высоких напряжений (ПК-2).

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут:

#### *владеть опытом:*

- навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- навыками анализа и решения задач в области профессиональной деятельности с учетом осложняющих факторов;
- использования теоретических и методологических основ техники высоких напряжений для решения научных задач в области высоковольтной электроэнергетики и электротехники
- навыками решения инновационных задач для повышения эффективности разрабатываемых объектов электроэнергетического и электротехнологического назначения

#### *умения:*

- анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов;
- при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи исходя из наличных ресурсов и ограничений
- развивать и предлагать новые методы исследования нестандартных задач, возникающих в ходе собственного исследования;
- разрабатывать методы и методики нестандартных теоретических и экспериментальных исследований в области техники высоких напряжений.
- работать с высоковольтным и сильноточным оборудованием и устройствами для измерения сигналов.
- создавать новые подходы к конструктивному решению и методы расчетного анализа для проектирования высоковольтного энергетического и электротехнологического оборудования.

**знания:**

- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- методов и методик решения задач в области профессиональной деятельности с учетом осложняющих факторов
- методы исследований, области их применения и возможные направления их развития в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности;
- современных достижений науки и передовых технологий в области техники высоких напряжений и высоковольтных электротехнологий
- теоретических и методологических основ проектирования и эксплуатации высоковольтного энергетического и электротехнологического оборудования.
- элементной базы электрооборудования и их компонентов, функциональное назначение и устройство применительно к объектам высоковольтной электроэнергетики и электротехники

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Форма обучения</b>	<b>очно</b>	<b>заочно</b>
Трудоемкость дисциплины:	9 зач. ед., 324 час.	9 зач. ед., 324 час.
Аудиторные занятия	72 час.	10 час.
в том числе:	72 час.	10 час.
практические занятия		
самостоятельная работа	252 час.	314 час.
Отчетность:		
Зачет, семестр	2	5
Кандидатский экзамен, семестр	3	6

**Раздел 1. Разряды в диэлектриках***Тема 1. Общая характеристика газового разряда.*

Роль газовых диэлектриков в изоляции электрических установок и аппаратов высокого напряжения. Ионизационные процессы в газах. Возникновение электронных лавин, Условие самостоятельности разряда. Теория Таунсенда и стримерная теория газового разряда. Разрядное напряжение в однородном поле. Закон Пашена.

*Тема 2. Искровой разряд*

Искровой разряд при постоянном и переменном напряжении в неоднородном поле. Влияние полярности электродов, объемных зарядов. Роль барьеров.

*Тема 3. Пробой конденсированных диэлектриков*

Понятие о пробое жидких диэлектриков. Пробой химически чистых и технических изоляционных жидкостей. Механизмы пробоя твердых диэлектриков. Тепловой и электрический пробой твердых диэлектриков. Электрическое старение.

*Тема 4. Развитие разряда во времени*

Время запаздывания разряда и зависимость времени запаздывания разряда от напряжения, материала электродов, состояния их поверхности и размеров промежутка. Волна апериодического импульса и ее параметры. Пробой воздушной изоляции на импульсах. Коэффициент импульса, минимальное и пятидесятипроцентное напряжение разряда. Вольтсекундные характеристики и их значение при координации изоляции.

*Тема 5. Коронный разряд*

Корона как форма самостоятельного разряда. Значение коронного разряда в высоковольтной технике. Физика коронного разряда при постоянном и переменном напряжениях. Потери на корону. Практические способы расчета потерь энергии на корону. Факторы, влияющие на развитие короны.

*Тема 6. Поверхностный разряд*

Поверхностный разряд в равномерном и неравномерном поле. Способы повышения разрядных напряжений в практических конструкциях (применение экранов, ребер, выравнивание распределения напряжения при помощи полупроводящих покрытий).

## **Раздел 2. Высоковольтная изоляция**

### *Тема 7. Изоляционные конструкции*

Классификация видов изоляции энергетических систем и краткая их характеристика. Изоляция высоковольтных ЛЭП. Линейные, опорные и проходные изоляторы. Изоляция конденсаторов, трансформаторов, вращающихся машин и кабелей.

### *Тема 8. Требования к изоляционным конструкциям*

Требования, предъявляемые к изоляции, условия ее работы в электрических аппаратах и конструкциях.

### *Тема 9. Профилактические испытания изоляции.*

Явления в многослойных диэлектриках и физические основы методов профилактики. Методы контроля изоляции и профилактических испытаний. Аппаратура, используемая при профилактических испытаниях. Профилактика изоляции высоковольтных конструкций.

## **Раздел 3 Высоковольтное испытательное оборудование и измерения**

### *Тема 10. Получение высоких постоянных и переменных напряжений*

*Методы получения высоких постоянных и переменных напряжений их краткая характеристика. Испытательные трансформаторы.*

### *Тема 11. Получение импульсных высоких напряжений и сильных токов*

*Генераторы импульсных напряжений и токов. Принципиальные схемы и их краткая характеристика. Элементы импульсных генераторов и их характеристики.*

### *Тема 12. Методы измерения высоких напряжений и импульсных токов*

Устройства для измерения высоких напряжений: шаровые разрядники, электростатические вольтметры, пик-вольтметры, делители напряжения Их краткая характеристика. Измерение импульсных токов: шунты, трансформаторы тока и ферромагнитные регистраторы.

## **Раздел 4 Перенапряжения и защита от перенапряжений**

### *Тема 13. Классификация перенапряжений*

Общая характеристика внешних и внутренних перенапряжений, их кратность, длительность. Проблема координации изоляции.

### *Тема 14. Защитные разрядники*

Типы разрядников, их назначение и основные требования к ним. Принципы защиты. Искровой защитный промежуток, принцип действия, конструкция, достоинства и недостатки. Трубочатые разрядники. Принцип действия, устройство. Достоинства и недостатки. Пределы отключаемых токов. Вентильные разрядники. Принцип действия. Конструкции. Характеристики искровых промежутков и рабочих сопротивлений. Вентильные разрядники с магнитным гашением дуги. Принцип действия и параметры. Ограничители перенапряжений. Принцип действия и конструкция. Условия работы.

### *Тема 15. Волновые процессы в линиях и схемах*

Преломление и отражение волн в узловых точках. Коэффициенты отражения и преломления. Волновые процессы в обмотках трансформаторов и машин. Схема замещения. Общая картина переходного процесса в обмотке. Начальное распределение потенциалов при заземленной и изолированной нейтрали. Конечное распределение потенциалов и распределение максимальных потенциалов по обмотке при изолированной и заземленной нейтрали. Особенности волновых процессов в трехфазных трансформаторах и трансформаторах особого исполнения. Переход волн между обмотками. Волновые процессы в обмотках электрических машин.

### *Тема 16. Грозозащита линий электропередачи и подстанций*

Разряд молнии. Физика индуцированных перенапряжений и перенапряжений прямого удара молнии. Параметры молнии. Молниеотводы и их зоны защиты. Определение числа грозозовых отключений линии. Кривая опасных параметров и принцип расчета вероятности пере-

крытия изоляции линии. Грозозащита подстанций от ПУМ и приходящих волн. Типовая схема грозозащиты подстанции от набегающих волн.

## **Раздел 5 Применение высоких напряжений в технологии**

### *Тема 17. Постоянные и переменные высокие напряжения в технологических процессах.*

Технологические процессы, основанные на силовом действии электрических полей на материалы. Зарядка частиц. Силы, действующие на частицы в электрических полях. Движение заряженных частиц. Коллективные процессы в заряженном аэрозоле. Применение коронного разряда. Очистка газов от частиц в электрофильтрах. Нанесение покрытий в электрическом поле. Электросепарация. Электропечать. Нейтрализация зарядов статического электричества. Обезвоживание нефтепродуктов. Электропечать.

### *Тема 18. Импульсные высокие напряжения в технологических процессах.*

Физические основы электроразрядных технологий, использующих разряд в твердых непроводящих материалах, жидкостях, газах и газожидкостных смесях. Бурение скважин, фрагментация непроводящих и слабопроводящих материалов и многокомпонентных изделий, в том числе разрушение железобетона. Электроразрядные технологии для синтеза и разложения соединений (очистка воды, разложение молекулярных газов и жидкостей, получение алмазоподобных пленок др.). Электрогидравлический эффект и его применение для развальцовки труб, формообразования, очистки литья и др. Электровзрывная технология получения нанопорошков металлов, сплавов, химических соединений: явление электрического взрыва проводников, технологические основы, свойства и сферы применения электровзрывных нанопорошков.

### *Тема 19. Плазмохимические реакции в газовом разряде*

Объект и основные особенности плазмохимии. Специфические особенности плазмохимических реакций. Типы реакций, встречающиеся в плазмохимии. Неравновесное возбуждение молекул. Цепные газофазные процессы. Цепные химические процессы при внешнем воздействии. Использование стандартных программных пакетов и специализированного ПО для моделирования плазмохимических процессов. Технологические применения плазмохимического синтеза: конверсия метана в низкотемпературной плазме, синтез нанодисперсных частиц, методы получения углеродных наноструктур, обработка медицинских полимеров, методы переработки отходов.

### *Тема 20. Генерация пучков заряженных частиц и плазмы*

Основы современной электродинамики в задачах разработки источников мощных пучков заряженных частиц. Потоки энергии при преобразовании электрической энергии в энергию, переносимую мощными пучками заряженных частиц. Формирование электронных пучков в диодных системах. Сильноточные ускорители электронов. Транспортировка и фокусировка мощных ионных пучков. Методы измерения параметров сильноточных электронных пучков. Методы измерения параметров ионных пучков. Технологические применения мощных пучков заряженных частиц: модифицирование металлических материалов пучками заряженных частиц. Радиационные технологии модифицирования органических материалов. Использование абляционной плазмы для формирования пленок и получения наноразмерных частиц. Плазмохимические процессы, инициируемые импульсным электронным пучком. Радиационно-пучковая стерилизация и деградация органических и биологических материалов. Перспективы применения мощных пучков заряженных частиц в медицине.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Технология процесса обучения по дисциплине «Техника высоких напряжений» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);
- б) самостоятельная работа аспирантов;
- г) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию;
- д) зачет в 3 семестре; экзамен в 4 семестре.

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедий-

ного обеспечения (компьютер, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины Электрические станции и электроэнергетические системы и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

### **6.1. Текущий контроль**

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущий контроль знаний учащихся организован как устный групповой опрос (УГО).

Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

### **6.2. Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация осуществляется в конце каждого семестра и завершается сдачей кандидатского экзамена по билетам, в письменной или устной форме, в 4 семестре.

Экзаменационный билет состоит из трех теоретических вопросов, тематика которых представлена в программе кандидатского экзамена.

На кандидатском экзамене аспирант должен продемонстрировать высокий научный уровень и научные знания по дисциплине «Техника высоких напряжений»

### **6.3. Список вопросов для проведения текущего контроля и устного опроса обучающихся:**

1. Классификация конфигурации электрических полей.
2. Линейная изоляция: классификация изоляторов и их конструктивные отличия.
3. Барьерный эффект при разряде в газах.
4. Требования к высоковольтной изоляции.
5. Виды разрядов в газах.
6. Грозозащита ЛЭП и подстанций.
7. Классификация перенапряжений.
8. Коронный разряд и его особенности.
9. Факторы, воздействующие на электрическую изоляцию высоковольтных устройств при эксплуатации.
10. Закон Пашена для пробивных напряжений. Разряды на правой и левой ветвях кривой Пашена.
11. Лидерный разряд. Молния нисходящего разряда.
12. Основные закономерности пробоя вакуума.
13. Вольт–секундные характеристики пробоя газов, жидкостей и твердых тел.
14. Особенности теплового и электрического пробоя твердых диэлектриков.
15. Частичные разряды в твердых диэлектриках.

16. Высоковольтные испытательные трансформаторы: конструкция, предъявляемые требования
17. Классификация коммутаторов. Основные требования к коммутаторам.
18. Генераторы импульсных напряжений и токов. Схемы, принцип действия, регулирование параметров импульса.
19. Принципы генерирования наносекундных импульсов напряжения. Принципиальные схемы.
20. Устройства для измерения импульсов высокого напряжения: шаровой разрядник, электростатический киловольтметр, пик-вольтметр, делители напряжения. Принцип действия, область применения, характеристики.
21. Измерение импульсных токов: шунты и пояс Роговского. Устройство, основные характеристики.
22. Типовые конструкции газоразрядных источников низкотемпературной плазмы.
23. Методы генерации пучков заряженных частиц. Генераторы импульсных сильноточных электронных пучков. Генераторы мощных ионных пучков.
24. Диагностическое оборудование генераторов низкотемпературной плазмы.
25. Каналы потери энергии при генерации импульсных пучков заряженных частиц в ускорителях прямого действия.
26. Условия эффективной транспортировки и фокусировки импульсных пучков заряженных частиц гигаватной мощности.
27. Радиационные методы утилизации промышленных и бытовых стоков.
28. Области практического использования импульсных пучков гигаватной мощности.
29. Плазмохимические методы получения углеродных наноструктур.
30. Пучково-плазменные технологии упрочнения и модификации поверхности металлических изделий.
31. Применение низкотемпературной плазмы и плазмохимических методов в промышленности.
32. Уравнение энергобаланса в разрядном канале на стадии выделения энергии.
33. Технологические аспекты электроразрядных технологий.
34. Получение нанопорошков при ЭВП
35. Использование квазиобъемного разряда в газо-воздушной среде для очистки воды

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Техника высоких напряжений : учебное пособие / Л. Ф. Дмоховская [и др.]; под ред. Д. В. Разевига. – 3-е изд., стер. – Екатеринбург: АТП, 2015. –488 с.  
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C326790>
2. Техника высоких напряжений : учебник / И. М. Богатенков [и др.]; под ред. Г. С. Кучинского. Екатеринбург: АТП, 2015.– 606 с.  
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C318176>
3. Техника высоких напряжений : учебник для вузов / В. Ф. Важов, В. А. Лавринович . – Москва: Инфра-М, 2016. – 261 с.  
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C335087>
4. Физика диэлектриков (область сильных полей): учебное пособие / Г. А. Воробьев [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 243 с.
5. Елифанов Г.И.. Физика твердого тела: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 288 с. Схема доступа:  
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C333194>
6. Расчет электрических полей устройств высокого напряжения : / И. П. Белоедова [и др.]. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2016. – 248 с. Схема доступа:  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72278](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72278)



7. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике: учебник / Под ред. А. Ф. Дьякова. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2016. – 544 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72336](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72336)
8. Климов А.И. Экспериментальные методы в сильноточной электронике: учебное пособие. Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — 238 с. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C269028>
9. Электроразрядная технология бурения скважин и разрушения железобетонных изделий: монография / В. Ф. Важов, Н. Т. Зиновьев, В. Я. Ушаков. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – 311 с. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C352855>
10. Электроразрядные технологии обработки и разрушения материалов : учебное пособие / В. И. Курец [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 272 с. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C249524>
11. Котов Ю.А. Импульсные технологии и наноматериалы. Избранные труды. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013 – 458 с.
12. Прикладная плазмохимия: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. И. Пушкарёв, Г. Е. Ремнев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) – 1 компьютерный файл (pdf; 5.82 МВ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – Заглавие с титульного экрана. – Доступ из корпоративной сети ТПУ.– Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m47.pdf>

#### Дополнительная литература

1. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. Долгопрудный: Интеллект, 2009. – 734с.
2. Батраков А.В. Физические основы электрической изоляции и разряда в вакууме: учебное пособие / А. В. Батраков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — 128 с. Схема доступа:
3. Адамчевский И.А. Электрическая проводимость жидких диэлектриков. Л.: Энергия, 1972.– 149 с.
4. Ушаков В.Я., Клишкин В.Ф., Лопатин В.В. Пробой жидкостей при импульсном напряжении. Томск, 2005, – 488 с.
5. Электрический пробой твердых диэлектриков: монография / Г. А. Воробьев, С. Г. Еханин, Н. С. Несмелов; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). Томск: ТУСУР, 2007. – 142 с.
6. Коробейников С.М. Электрофизические процессы в газообразных, жидких и твердых диэлектриках. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – 116 с. Схема доступа:
7. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Физика молнии и молниезащита. М.: Физматлит. 2001.– 320с.
8. Ушаков В.Я. Изоляция установок высокого напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1994. – 496с.
9. Кучинский Г.С., Кизеветтер В.Е., Пинталь Ю.С. Изоляция установок высокого напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368с.
10. Александров Г.Н. Установки сверхвысокого напряжения и охрана окружающей среды. Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 360с.
11. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника. – М.: Наука, 2004. – 704 с.
12. Техника больших импульсных токов и магнитных полей. /П.Н. Дашук и др. М.: Атомиздат, 1972. – 472 с.
13. Блум Х. Схемотехника и применение мощных импульсных устройств.– М.: ДДМК Пресс, 2010. – 348 с.
14. Шваб А. Измерения на высоком напряжении: Измерительные приборы и способы измерения. М.: Энергоатомиздат, 1983. – 264 с.

15. Вдовин С.С. Проектирование импульсных трансформаторов. Л.: Энергоиздат, 1991. – 208с.
16. Меерович Л.А. Магнитные генераторы импульсов. М.: Сов. Радио. 1968. – 476 с.
17. Авруцкий В.А., Кужекин И.П., Чернов Е.Н. Испытательные и электрофизические установки. Техника эксперимента. Учеб. пособие / Под ред. И.П. Кужекина. М.: МЭИ, 1983.–264с.
18. Высоковольтные электротехнологии. Учеб. пособие / О.А. Аношин, А.А. Белогловский, И.П. Верещагин и др.; Под ред. И.П. Верещагина. М.: Изд-во МЭИ, 2000.– 204с.
19. Семкин Б.В., Усов А.Ф., Курец В.И. Основы электроимпульсного разрушения материалов. СПб.: Наука, 1995.- 277с.
20. Курец В.И., Усов А.Ф., Цукерман В.А. Электроимпульсная дезинтеграция материалов. Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2002 - 324с.
21. Кривицкий Е.В. Динамика электровзрыва в жидкости. Киев.:Наук. думка, 1986.– 206с.
22. Юткин Ю.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л: Машиностроение, 1986. –253с.

### **МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально – техническое обеспечение включает в себя:

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ТПУ;
- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование;
- лицензионное программное обеспечение

Основное материально-техническое обеспечение представлено в Справке о материально-техническом обеспечении основной образовательной программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 13.06.01 ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОТЕХНИКА (Модуль 1) профиль: Техника высоких напряжений.