

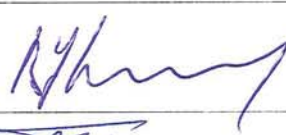
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИШНПТ  
 А.Н. Яковлев

«30» 06 2020 г.

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

| Пучково-плазменные технологии обработки материалов   |                                             |         |   |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------|---|
| Направление подготовки/специальность                 | 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника |         |   |
| Образовательная программа (направленность (профиль)) | Высоковольтная электротехника и технологии  |         |   |
| Специализация                                        | Высоковольтная электротехника и технологии  |         |   |
| Уровень образования                                  | высшее образование - магистратура           |         |   |
| Курс                                                 | 2                                           | семестр | 3 |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)          | 6                                           |         |   |
| Виды учебной деятельности                            | Временной ресурс                            |         |   |
| Контактная (аудиторная) работа, ч                    | Лекции                                      | 16      |   |
|                                                      | Практические занятия                        | 24      |   |
|                                                      | Лабораторные занятия                        | 24      |   |
|                                                      | ВСЕГО                                       | 64      |   |
| Самостоятельная работа, ч                            |                                             | 152     |   |
| ИТОГО, ч                                             |                                             | 216     |   |

| Вид промежуточной аттестации                                         | экзамен                                                                              | Обеспечивающее подразделение | ОМ ИШНПТ      |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------|
| Заведующий кафедрой -<br>руководитель отделения на<br>правах кафедры |  |                              | В.А. Клименов |
| Руководитель ООП                                                     |   |                              | А.И. Пушкарев |
| Преподаватель                                                        |   |                              | А.И. Пушкарев |

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 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)-4         | Способен решать научные и инженерные задачи наукоемкого производства                                      | И.ПК(У)-4.1                       | Решает научные и инженерные задачи наукоемкого производства                                                                                         | ПК(У)-4.1.31                                                | Знает основные направления и концепции развития высоковольтной электротехники                                                                                                |
|                 |                                                                                                           |                                   |                                                                                                                                                     | ПК(У)-4.1.У1                                                | Умеет использовать результаты исследований в области высоковольтной электротехники для решения профессиональных задач                                                        |
|                 |                                                                                                           |                                   |                                                                                                                                                     | ПК(У)-4.1.В1                                                | Владеет опытом решения задач в сфере профессиональной деятельности                                                                                                           |
| ПК(У)-5         | Способен выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности                    | И.ПК(У)-5.1                       | Выбирает серийные узлы и сборки оборудования                                                                                                        | ПК(У)-5.1.31                                                | Знает состояние современного отечественного и зарубежного электротехнического оборудования и устройств                                                                       |
|                 |                                                                                                           |                                   |                                                                                                                                                     | ПК(У)-5.1.У1                                                | Умеет выбирать новое оборудование для замены существующего в процессе эксплуатации, оценивать его достоинства и недостатки                                                   |
|                 |                                                                                                           |                                   |                                                                                                                                                     | ПК(У)-5.1.В1                                                | Владеет опытом анализа характеристик нового электротехнического оборудования и обоснования его выбора                                                                        |
| ПК(У)-6         | Способен эксплуатировать и обслуживать высоковольтное оборудование научного и технологического назначения | И.ПК(У)-6.1                       | Участвует в монтажных, наладочных, ремонтных и профилактических видах работ с электротехническим оборудованием для высоковольтных электротехнологий | ПК(У)-6.1.31                                                | Знает схемы, конструкции, характеристики, технико-экономические показатели и особенности эксплуатации высоковольтного электротехнического оборудования различного назначения |
|                 |                                                                                                           |                                   |                                                                                                                                                     | ПК(У)-6.1.У1                                                | Умеет проводить монтажные работы, осуществлять регулировочные и сдаточные испытания экспериментальных и технологических установок                                            |
|                 |                                                                                                           |                                   |                                                                                                                                                     | ПК(У)-6.1.В1                                                | Владеет опытом оценки технического состояния и работы с высоковольтным оборудованием и устройствами для измерения сигналов                                                   |
|                 |                                                                                                           | И.ПК(У)-6.2                       | Решает задачи соблюдения безопасности жизнедеятельности на объектах профессиональной деятельности                                                   | ПК(У)-6.2.31                                                | Знает нормативную документацию, регламентирующую эксплуатацию оборудования с учетом требований безопасности жизнедеятельности на объектах                                    |
|                 |                                                                                                           |                                   |                                                                                                                                                     | ПК(У)-6.2.В1                                                | Владеет опытом разработки технических                                                                                                                                        |

| Код компетенции | Наименование компетенции | Индикаторы достижения компетенций |                                    | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) |                                                                              |
|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                          | Код индикатора                    | Наименование индикатора достижения | Код                                                         | Наименование                                                                 |
|                 |                          |                                   |                                    |                                                             | решений для выполнения требований безопасности жизнедеятельности на объектах |

## 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<br>достижения<br>компетенции                   |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                                                                                                                             |                                                          |
| РД 1                                          | Применять знания общих законов радиационных процессов для проектирования новых объектов профессиональной деятельности                                                                                                    | И.ПК(У)-4.1<br>И.ПК(У)-5.1<br>И.ПК(У)-6.2                |
| РД 2                                          | Выполнять расчеты взаимодействия заряженных частиц с конденсированными материалами, выбирать источники ионов и электронов, системы измерений и комплексы для проектирования новых объектов профессиональной деятельности | И.ПК(У)-4.1<br>И.ПК(У)-5.1<br>И.ПК(У)-6.1<br>И.ПК(У)-6.2 |
| РД 3                                          | Применять экспериментальные методы определения пробега заряженных частиц и распределения поглощенной дозы в новых объектах профессиональной деятельности                                                                 | И.ПК(У)-4.1<br>И.ПК(У)-5.1<br>И.ПК(У)-6.1<br>И.ПК(У)-6.2 |
| РД 4                                          | Применять опыт работы с оборудованием при экспериментальных исследованиях пучково-плазменных процессов                                                                                                                   | И.ПК(У)-4.1<br>И.ПК(У)-5.1<br>И.ПК(У)-6.1<br>И.ПК(У)-6.2 |

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/>Взаимодействие электронов с твердым телом</b>                | РД1                                          | Лекции                    | <b>6</b>          |
|                                                                                        | РД2                                          | Практические занятия      | <b>8</b>          |
|                                                                                        | РД3                                          | Лабораторные занятия      | <b>8</b>          |
|                                                                                        | РД4                                          | Самостоятельная работа    | <b>50</b>         |
| <b>Раздел (модуль) 2.<br/>Взаимодействие ионов и ускоренных атомов с твердым телом</b> | РД1                                          | Лекции                    | <b>6</b>          |
|                                                                                        | РД2                                          | Практические занятия      | <b>8</b>          |
|                                                                                        | РД3                                          | Лабораторные занятия      | <b>8</b>          |
|                                                                                        | РД4                                          | Самостоятельная работа    | <b>52</b>         |
| <b>Раздел (модуль) 3.<br/>Радиационные дефекты</b>                                     | РД1                                          | Лекции                    | <b>4</b>          |
|                                                                                        | РД2                                          | Практические занятия      | <b>8</b>          |
|                                                                                        | РД3                                          | Лабораторные занятия      | <b>8</b>          |
|                                                                                        | РД4                                          | Самостоятельная работа    | <b>50</b>         |

## Содержание разделов дисциплины:

### Раздел 1. Взаимодействие электронов с твердым телом

Содержание курса лекций. Основные характеристики пучков частиц: флюенс, поток, плотность энергии, мощность флюенса и плотность потока. Концепция дозы и определения основных дозиметрических величин. Классификация процессов взаимодействия электронов с веществом. Временные стадии радиационных процессов. Пространственная структура треков электронов. Пробег электронов. Распределение энергии электронного пучка и поглощенной дозы по глубине образца

#### Темы лекций:

Лекция № 1. Вводная лекция. Содержание курса лекций. Основные характеристики пучков заряженных частиц.

Лекция № 2. Классификация процессов взаимодействия электронов с веществом.

Лекция № 3. Пучково-плазменные технологии, использующие взаимодействие электронов с твердым телом.

#### Темы практических занятий:

Практическое занятие №1. Методы генерации электронных пучков.

Практическое занятие №2. Диагностика параметров импульсных электронных пучков. Тепловизионная диагностика. Цилиндр Фарадея.

Практическое занятие №3. Моделирование пространственной структуры треков электронов. Программа Geant4.

Практическое занятие №4. Распределение энергии электронного пучка и поглощенной дозы по глубине образца. Расчет энергии тормозного излучения. Программа Geant4.

#### Названия лабораторных работ:

Лабораторная работа №1. Инструктаж по технике безопасности. Импульсный электронный ускоритель ТЭУ-500. Определение энергетического спектра электронов сильнотоочного электронного пучка. (4 часа).

Лабораторная работа №2. Импульсный ионный ускоритель ТЕМП-4М. Определение энергетического спектра ионов (4 часа).

### Раздел 2. Взаимодействие ионов и ускоренных атомов с твердым телом.

Виды взаимодействия ионов и ускоренных атомов с твердым телом. Пространственная структура треков. Удельные (линейные) потери энергии. Классификация механизмов взаимодействия ионов и ускоренных атомов. Потери энергии на электронное торможение. Ионизация атомов мишени. Формирование радиационных дефектов. Возбуждение тепловых колебаний атомов. Ядерные реакции

#### Темы лекций:

Лекция № 4. Виды взаимодействия ионов и ускоренных атомов с твердым телом.

Лекция № 5. Пространственная структура треков. Удельные (линейные) потери энергии.

Лекция № 6. Пучково-плазменные технологии, использующие взаимодействие ионов и ускоренных атомов с твердым телом.

#### Темы практических занятий:

Практическое занятие №5. Методы генерации ионных пучков.

Практическое занятие №6. Диагностика параметров импульсных ионных пучков. Тепловизионная диагностика. Времяпролетная диагностика.

Практическое занятие №7. Особенности взаимодействия мощных ионных пучков с твердым телом.

Практическое занятие №8. Моделирование взаимодействия ионов с твердым телом.

Программа SRIM.

**Названия лабораторных работ:**

Лабораторная работа №3. Тепловизионная диагностика мощного ионного пучка, формируемого ускорителем ТЕМП-4М. (4 часа)

Лабораторная работа №4. Измерение тормозного рентгеновского излучения, формируемого мощным ионным пучком при поглощении в металлической мишени. (4 часа)

|                                       |
|---------------------------------------|
| <b>Раздел 3. Радиационные дефекты</b> |
|---------------------------------------|

Формирование радиационных дефектов электронами, ионами, нейтронами и ускоренными атомами. Методы исследования радиационных дефектов. Компьютерное моделирование формирования радиационных дефектов.

Темы лекций:

Лекция № 7. Формирование радиационных дефектов электронами, ионами, нейтронами и ускоренными атомами.

Лекция № 8. Методы исследования радиационных дефектов.

**Темы практических занятий:**

Практическое занятие №9. Компьютерное моделирование формирования радиационных дефектов. Программа SRIM (BCA simulation).

Практическое занятие №10. Компьютерное моделирование формирования радиационных дефектов. Программа LAMMPS (MD simulation).

Практическое занятие №11. Компрессионные источники плазмы

Практическое занятие №12. Семинар-презентация

**Названия лабораторных работ:**

Лабораторная работа №5. Радиационные центры окраски (4 часа).

Лабораторная работа №6. Распыление мишени мощным ионным пучком (4 часа).

## **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;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

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

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

**Основная литература:**

1. Пушкарев А. И. Пучково-плазменные технологии обработки материалов: лабораторный практикум: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. И. Пушкарев, Ю.



И. Исакова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 8.8 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/m189.pdf> (контент)

2. Юрьева А. В. Введение в плазменные технологии и водородную энергетику : учебное пособие [Электронный ресурс] / А. В. Юрьева, А. Н. Ковальчук; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 1.9 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/m067.pdf> (контент)

3. Ионно-плазменные технологии формирования покрытий и модификации поверхностей: учебное пособие [Электронный ресурс] / Н. Н. Никитенков [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 2.0 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m066.pdf> (контент)

#### **Дополнительная литература:**

1. Белый А.В. Инженерия поверхностей конструкционных материалов с использованием плазменных и пучковых технологий / А.В. Белый. — Минск: Издательский дом "Белорусская наука", 2017. — 457 с. — ISBN 978-985-08-2140-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106674> Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Берлин, Е. В. Плазменная химико-термическая обработка поверхности стальных деталей : справочник / Е. В. Берлин, Н. Н. Коваль, Л. А. Сейдман. — Москва : Техносфера, 2012. — 464 с. — ISBN 978-5-94836-328-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73509> Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Мамонтов А. П. Ресурсоэффективные технологические процессы : учебное пособие [Электронный ресурс] / А. П. Мамонтов, В. Ф. Рудковская; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 2.1 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m122.pdf> (контент)

## **6.2. Информационное и программное обеспечение**

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

1. Электронный курс в среде MOODLE . «Пучково-плазменные технологии обработки материалов» <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=3227>
2. Персональный сайт преподавателя Пушкарева А.И. <https://portal.tpu.ru/SHARED/a/AIPUSH>
3. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
5. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
6. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>

### Информационно-справочные системы:

1. Информационно-справочная система КОДЕКС – <https://kodeks.ru/>

### Профессиональные Базы данных:

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru>

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

Cisco Webex Meetings; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Mozilla Firefox ESR; Zoom Zoom

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                                        | Наименование оборудования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 4, 312                        | Тумба стационарная - 1 шт.; Шкаф для документов - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 38 посадочных мест; Компьютер – 2шт, Проектор - 1 шт.,                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 20 006  | Широкодиапазонный вакуумметр СС-10 KF25 - 1 шт.; Опытно-промышленный комплекс для обеззараживания и очистки хозяйственно-бытовых сточных вод импульсным электронным пучком - 1 шт.;                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 20, 007 | Насос спиральный ISP-250C SV - 1 шт.; Исследовательский комплекс радиационно-пучковой обработки материалов и обеззараживания растворов - 1 шт.; Система измерения вакуума - 1 шт.; Люксметр ТКА-ЛЮКС - 1 шт.; Вакуумметр Мерадат-ВИТ 19ИТ2 - 2 шт.; Насос 2НВР-60Д - 2 шт.; Система формирования широкоапертурного электронного пучка с местной биологической защитой и диагностическим оборудованием - 1 шт.; Стабилизатор тока мощн.6кВт - 1 шт.; |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль Высоковольтная электротехника и технологии (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность          | ФИО           |
|--------------------|---------------|
| Профессор ОМ ИШНПТ | А.И. Пушкарев |

Программа одобрена на заседании Отделения материаловедения (протокол от «29»июня 2020г. №35).

Заведующий кафедрой - руководитель отделения  
на правах кафедры  
д.т.н., профессор

 / В.А. Клименов /

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| Учебный год               | Содержание /изменение | Обсуждено на заседании<br>ОМ (протокол) |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|
| 2021/22<br>учебный<br>год |                       |                                         |
|                           |                       |                                         |
|                           |                       |                                         |
|                           |                       |                                         |
|                           |                       |                                         |