

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

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ИИШЭ

Матвеев А.С.

«30» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
 ПРИЕМ 2018 г.
 ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

Топливо и материалы ядерной техники

| | | | |
|---|--|---------|------------|
| Направление подготовки/ специальность | 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг | | |
| Образовательная программа (направленность (профиль)) | Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг | | |
| Специализация | Проектирование и эксплуатация атомных станций | | |
| Уровень образования | высшее образование - специалитет | | |
| Курс | 4 | семестр | 7 |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах) | 3 | | |
| Виды учебной деятельности | Временной ресурс | | |
| Контактная (аудиторная) работа, ч | Лекции | | 16 |
| | Практические занятия | | - |
| | Лабораторные занятия | | 32 |
| | ВСЕГО | | 48 |
| Самостоятельная работа, ч | | | 60 |
| ИТОГО, ч | | | 108 |

| | | | |
|------------------------------|--------------|------------------------------|-----------------------------|
| Вид промежуточной аттестации | зачет | Обеспечивающее подразделение | НОЦ И.Н.Бутакова |
|------------------------------|--------------|------------------------------|-----------------------------|

| | | |
|--|--|----------------------|
| Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель |  | Заворин А.С. |
| |  | Воробьев А.В. |
| |  | Губин В.Е. |

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) | |
|-----------------|--|---|--|
| | | Код | Наименование |
| ПК(У)-10 | готовностью к разработке проектов узлов и элементов аппаратов и систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования, к использованию в разработке технических проектов новых информационных технологий; | ПК(У)-10.В2 | Владеет опытом выбора материалов энергетического оборудования в ядерных энергетических установках |
| | | ПК(У)-20.У2 | Умеет выбирать материалы для элементов активной зоны, оборудования и трубопроводов ядерной энергетики с учетом условий их работы |
| | | ПК(У)-10.32 | Знает свойства материалов для ядерной энергетики и их зависимость от различных факторов, в том числе от радиации |

2. Место дисциплины 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 | | |
|---|---|-------------|
| Код | Наименование | Компетенция |
| РД1 | Выбирать вид топлива и материалы, в зависимости от типа реакторной установки | ПК(У)-10 |
| РД2 | Знать физические свойства конструкционных материалов и их изменение под воздействием радиационного облучения. | ПК(У)-10 |

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

| Разделы дисциплины | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|--|--|---------------------------|-------------------|
| Раздел 1. Основные компоненты и материалы ядерных реакторов деления. | РД1 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | - |
| | | Лабораторные занятия | 8 |
| | | Самостоятельная работа | 8 |
| Раздел 2. Свойства реакторных материалов и предъявляемые к ним требования. | РД2 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | - |
| | | Лабораторные занятия | - |
| | | Самостоятельная работа | 8 |
| Раздел 3. Фундаментальные радиационные явления в материалах | РД2 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | - |
| | | Лабораторные занятия | - |
| | | Самостоятельная работа | 8 |
| Раздел 4. Влияние облучения на | РД2 | Лекции | 2 |

| | | | |
|---|-----|------------------------|---|
| реакторные материалы; топливо и топливные циклы | | Практические занятия | - |
| | | Лабораторные занятия | 8 |
| | | Самостоятельная работа | 8 |
| Раздел 5. Производство ядерного топлива | РД2 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | - |
| | | Лабораторные занятия | - |
| | | Самостоятельная работа | 8 |
| Раздел 6. Свойства делящихся материалов: металлический уран, керамический уран, плутоний, торий | РД1 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | - |
| | | Лабораторные занятия | - |
| | | Самостоятельная работа | 8 |
| Раздел 7. Конструкционные материалы: металлы, керамика, керметы. | РД2 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | - |
| | | Лабораторные занятия | 8 |
| | | Самостоятельная работа | 6 |
| Раздел 8. Материалы замедлителя, отражателя, blankets и теплоносителя | РД2 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | - |
| | | Лабораторные занятия | 8 |
| | | Самостоятельная работа | 6 |

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Основные компоненты и материалы ядерных реакторов деления

Типы реакторов деления. Классификация материалов ядерных реакторов деления. Топливо, замедлитель, теплоноситель, отражатель, blanket, регулирующие стержни, система защиты реактора. Требования, предъявляемые к выбору ядерных материалов.

Темы лекций:

1. Основные компоненты и материалы ядерных реакторов деления

Названия лабораторных работ:

1. Исследование температурного состояния твэла ЯР
2. Требования, предъявляемые к выбору ядерных материалов.
3. Термодинамические свойства топлива ЯР
4. Теплоноситель и конструкционные материалы

Раздел 2. Свойства реакторных материалов и предъявляемые к ним требования

Требования, предъявляемые к свойствам ядерных материалов. Ядерные и физические свойства материалов. Специфические свойства материалов при их выборе для ядерных реакторов.

Темы лекций:

2. Свойства реакторных материалов и предъявляемые к ним требования

Раздел 3. Фундаментальные радиационные явления в материалах

Классификация дефектов кристаллического строения. Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Радиационное повреждение нейтронами. Модели радиационного повреждения. Пороговая энергия смещения атома. Влияние облучения на изменение свойств. Параметры, определяющие эффекты радиационного повреждения.

Темы лекций:

3. Фундаментальные радиационные явления в материалах

Раздел 4. Влияние облучения на реакторные материалы; топливо и топливные циклы

Поглощение нейтронов топливными и конструкционными материалами. Основные закономерности процесса накопления нуклидов в облучаемых нейтронами материалах. Пороговое значение флюенса. Изменение ядерных характеристик материалов при облучении. Изменение физических свойств облучаемых материалов. Влияние облучения на теплофизические свойства. Влияние облучения на механические свойства. Радиационное распухание (свелинг). Влияние облучения на коррозию.

Темы лекций:

4. Влияние облучения на реакторные материалы; топливо и топливные циклы.

Названия лабораторных работ:

5. Расчетное определение коэффициентов теплопроводности сталей
6. Основные закономерности процесса накопления нуклидов в облучаемых нейтронами материалах
7. Влияние облучения на теплофизические свойства
8. Влияние облучения на механические свойства.

Раздел 5. Производство ядерного топлива

Ядерный топливный цикл. Природные запасы ядерного топлива. Добыча исходного сырья. Переработка сырья. Конверсия. Обогащение. Технологии обогащения: газодиффузионное обогащение, центрифугирование, газодинамическое обогащение. Изготовление твэлов.

Темы лекций:

5. Производство ядерного топлива

Раздел 6 Свойства делящихся материалов: металлический уран, керамический уран, плутоний, торий

Требования к ядерному топливу. Виды ядерного топлива и топливные циклы. Изменение нуклидного состава топлива в процессе деления. Структура и свойства металлического урана. Влияние облучения на свойства урана. Виды сплавов урана, их свойства и совместимость. Плутоний, как ядерное топливо. Получение плутония и его свойства. Анализ эксплуатации металлического топлива, проблемы и перспективы его использования в ядерной энергетике. Керамическое топливо. Классификация керамического топлива. Оксид урана и его свойства. Терморadiационная стойкость и совместимость керамического топлива с конструкционными материалами и теплоносителем. Карбидное топливо и его свойства.

Темы лекций:

6. Свойства делящихся материалов: металлический уран, керамический уран, плутоний, торий

Раздел 7. Конструкционные материалы: металлы, керамика, керметы

Металлы и сплавы, Бериллий и его соединения. Магний, его сплавы и соединения. Алюминий, его сплавы и соединения. Цирконий и его сплавы. Нержавеющая сталь и никелевые сплавы. Керамика и керметы. Влияние облучения на конструкционные материалы. Коррозия реакторных конструкционных материалов.

Темы лекций:

7. Конструкционные материалы: металлы, керамика, керметы.

Названия лабораторных работ:

9. Моделирование тепловой изоляции
10. Конструкционные материалы
11. Влияние облучения на конструкционные материалы.
12. Коррозия реакторных конструкционных материалов.

Раздел 8. *Материалы замедлителя, отражателя, blankets и теплоносителя*

Общие требования к замедлителям их терморadiационные параметры. Свойства графита и его радиационная стойкость. Особенность конструкции реакторов с графитовым замедлителем. Энергия Вигнера. Характеристики бериллия, проблемы и перспективы его использования в ядерной энергетике. Требования, предъявляемые к теплоносителям, основные виды и особенности теплоотвода. Механизмы коррозии и меры защиты от нее. Свойства газовых теплоносителей. Сравнительный анализ эксплуатации газовых теплоносителей. Жидкометаллические теплоносители. Механизмы коррозии в жидких металлах. Особенности применения и способы очистки. Свойства жидкометаллических теплоносителей.

Темы лекций:

8. Материалы замедлителя, отражателя, blankets и теплоносителя.

Названия лабораторных работ:

13. Анализ условий совместимости отдельных топливных и конструкционных материалов с основными теплоносителями ЯЭУ.
14. Механизмы коррозии в жидких металлах.
15. Особенности применения и способы очистки.
16. Свойства жидкометаллических теплоносителей.

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 индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролируемых мероприятий и др.);
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий;
- 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. Алексеев, С. В. Дисперсионное ядерное топливо / С. В. Алексеев, В. А. Зайцев, С. С. Толстоухов. — Москва: Техносфера, 2015. — 248 с. — ISBN 978-5-94836-428-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/87736> (дата обращения: 04.12.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

2. Скачек М.А., Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС: учебное пособие для вузов / М.А. Скачек - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 448 с. - ISBN 978-5-383-00057-1. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383000571.html> (дата обращения: 04.12.2020). - Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

3. Алексеев С.В., Горий в ядерной энергетике / Алексеев С.В., Зайцев В.А. - М.: Техносфера, 2014. - 288 с. - ISBN 978-5-94836-394-3. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363943.html> (дата обращения: 04.12.2020). - Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная литература:

4. Алексеев, С. В. Нитридное топливо для ядерной энергетике: монография / С. В. Алексеев, В. А. Зайцев. — Москва: Техносфера, 2013. — 240 с. — ISBN 978-5-94836-374-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73528> (дата обращения: 04.12.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

5. Панов, В. С. Составы, технология и свойства порошковых материалов для ядерной техники. Курс лекций: учебное пособие / В. С. Панов, В. Ю. Лопатин. — Москва: МИСИС, 2008. — 105 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1855> (дата обращения: 04.12.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

6.2 Информационное и программное обеспечение

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

1. электронное учебное пособие «Топливо и материалы ядерной техники», разработанное в среде e-LMS MOODLE;

2. Росатом, Госкорпорация (полный цикл в сфере атомной энергетики и промышленности, Москва) – <http://www.rosatom.ru/>

3. «Концерн Росэнергоатом», ОАО (компания, эксплуатирующая АЭС России, Москва) – <http://www.rosenergoatom.ru/>

4. Атомстройэкспорт, ЗАО (строительство и эксплуатация АЭС за рубежом, Москва) – <http://www.atomstroyexport.ru/>

5. ИБРАЭ — Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (Москва) – <http://www.ibrae.ac.ru/>

6. НИКИЭТ им. Н. А. Доллежала (Москва) – <http://www.nikiet.ru/>
 7. Всероссийский научно-исследовательский институт атомного энергетического машиностроения (ОАО «ВНИИАМ») – <http://www.vniiam.ru/>

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. программа **NUC-SPR**. Компьютерный справочник (КС) ядерно-физических констант для подготовки специалистов по ядерной энергетике и другим приложениям ядерной физики. Пляскин В.И., Шмелев А.Н., Косилов В.А. Версия 3.0.1994 г.;
2. программа **Bestable**. Программа расчета функций Бесселя;
3. программа **Grafbes**. Программа для графического представления функций Бесселя;
4. программа **FUEL-3**. Программа расчета радиального распределения температур в топливной композиции;
5. программа **SMD**. Программа расчета теплового состояния графитового замедлителя реактора РБМК.
6. Document Foundation LibreOffice;
7. Zoom Zoom.

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 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 32 | <ul style="list-style-type: none"> – Комплект учебной мебели на 18 посадочных мест; – Компьютер - 20 шт.; – Проектор - 1 шт. |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.05.02 - «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг» (приема 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик:

| Должность | Подпись | ФИО |
|-----------|---|-----------|
| Доцент |  | В.Е.Губин |

Программа одобрена на заседании отделения НОЦ И.Н. Бутакова (протокол № 11 от 19.06. 2018г.).

Заведующий кафедрой – руководитель
 НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры,
 д.т.н, профессор

 /А.С. Заворин/
 подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

| Учебный год | Содержание /изменение | Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол) |
|--------------------------|--|---|
| 2019/2020 уч. год | Внесены изменения в разделы учебно-методическое, информационное, программное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины | № 29 от 30.05.2019 г. |
| 2020/2021 учебный год | Изменена форма документов основных образовательных программ, в том числе УМК дисциплин | Приказ по ТПУ №127-7/об от 06.05.2020 г. |
| | Внесены изменения в разделы учебно-методическое, информационное, программное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины | № 44 от 26.06.2020 г. |
| | | |