

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

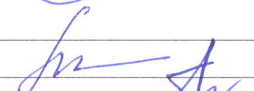
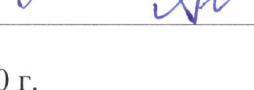
УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШЭ
(Матвеев А.С.)
« 30 » 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Физика ядерных реакторов

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, 8
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	8		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	48	
	Практические занятия	40	
	Лабораторные занятия	32	
	ВСЕГО	120	
Самостоятельная работа, ч		168	
ИТОГО, ч		288	

Вид промежуточной аттестации	экзамен 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.
		Кузьмин А.В.

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)-7	Способен анализировать и рассчитывать ядерно-физические и нейтронно-физические процессы реакторных установок в стационарных и нестационарных режимах работы	И.ПК(У)-7.1	Анализирует и рассчитывает нейтронно-физические процессы в активной зоне ядерных реакторов	ПК(У)-7.1B1	Владеет опытом анализа и расчета нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов
				ПК(У)-7.1У1	Умеет анализировать и рассчитывать нейтронно-физические процессы в активной зоне ядерных реакторов
				ПК(У)-7.131	Знает закономерности протекания нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерного реактора и методы нейтронно-физического расчета

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД-1	Делать постановку и проводить решение критической задачи в одноклассовом приближении	И.ПК(У)-7.1
РД-2	Применять теорию экспоненциального опыта	И.ПК(У)-7.1
РД-3	Рассчитывать миграционные характеристики и эффекты реактивности	И.ПК(У)-7.1
РД-4	Описывать физические и конструктивные особенности реактора ИРТ-М, его систему управления и защиты	И.ПК(У)-7.1

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Критические размеры ЯР в одноклассовом приближении	РД1	Лекции	6
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	22
Раздел 2. Критическая и условно-критическая задачи в кинетическом приближении	РД1, РД2	Лекции	6
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	22
Раздел 3. Критические размеры в возрастном и многоклассовом приближениях	РД2	Лекции	6
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	22
Раздел 4. Теория решеток	РД3	Лекции	6
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	22
Раздел 5. Температурные эффекты	РД3	Лекции	6
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	22
Раздел 6. Управление ЯР	РД2, РД3	Лекции	6
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	22
Раздел 7. Физические особенности ЯР на тепловых нейтронах	РД2, РД4	Лекции	6
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	18
Раздел 8. Особенности физики быстрых ЯР	РД3, РД4	Лекции	6
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	18

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Критические размеры ЯР в одноклассовом приближении

Формула четырех сомножителей. Критический размер ЯР. Влияние плотности вещества на критические параметры. Распределение потока нейтронов и тепловыделения в активной зоне ЯР без отражателя. Выравнивание тепловыделения по активной зоне. Уравнение нестационарного процесса диффузии.

Темы лекций:

1. Эффективный коэффициент размножения
2. Уравнение нестационарного процесса диффузии
3. Распределение потока нейтронов и тепловыделения в активной зоне ЯР без

отражателя

Темы практических занятий:

1. Формула четырех сомножителей
2. Гомогенный реактор с отражателем в одnogрупповом приближении
3. Квазикритическое уравнение реактора
4. Уравнение нестационарного процесса диффузии.

Названия лабораторных работ:

1. Основные особенности решения критической задачи в одnogрупповом приближении
2. Влияние плотности вещества на критические параметры.
3. Выравнивание тепловыделения по активной зоне

Раздел 2. Критическая и условно-критическая задачи в кинетическом приближении
--

Интегрально-дифференциальное уравнение баланса нейтронов. Индикатриса-рассеяния. Газокинетическое уравнение Больцмана, краевые условия, операторная форма. Интеграл деления, интеграл упругих и неупругих соударений. Постановка условно-критической задачи. Смысл эффективного коэффициента размножения. Мера некритичности.

Темы лекций:

4. Интегрально-дифференциальное уравнение баланса нейтронов.
5. Индикатриса-рассеяния.
6. Газокинетическое уравнение Больцмана

Темы практических занятий:

5. Постановка условно-критической задачи
6. Условия критичности
7. Смысл эффективного коэффициента размножения
8. Интеграл деления, интеграл упругих и неупругих соударений

Раздел 3. Критические размеры в возрастном и многогрупповом приближениях

Математическая формулировка в возрастном приближении. Материальный параметр в приближении возраста и критический размер однородного ЯР с учетом и без учета резонансного поглощения. Условно-критическая задача в возрастном приближении. Двухгрупповой метод.

Темы лекций:

7. Математическая формулировка в возрастном приближении
8. Гомогенный реактор с отражателем в двухгрупповом приближении
9. Условно-критическая задача в возрастном приближении

Темы практических занятий:

9. Геометрический параметр реакторов различной формы
10. Материальный параметр в приближении возраста
11. Критический размер однородного ЯР с учетом и без учета резонансного поглощения.
12. Многогрупповое приближение

Раздел 4. Теория решеток

Преимущества и недостатки гетерогенных ЯР с физической точки зрения. Коэффициент использования тепловых нейтронов. Размножение на быстрых нейтронах. Вычисление вероятности избежать резонансного захвата ϕ . Длина пробега нейтронов в решетке.

Темы лекций:

10. Преимущества и недостатки гетерогенных ЯР с физической точки зрения.
11. Классификация решеток. Основные предположения и допущения.
12. Метод вероятностей первых столкновений

Темы практических занятий:

13. Вычисление вероятности избежать резонансного захвата ϕ .
14. Размножение на быстрых нейтронах.
15. Метод вероятностей первых столкновений
16. Расчет коэффициента использования тепловых нейтронов

Названия лабораторных работ:

4. Теория экспоненциального опыта.
5. Длина пробега нейтронов в решетке.
6. Расчет коэффициента использования тепловых нейтронов

Раздел 5. Температурные эффекты

Графики температурного эффекта реактивности (ТЭР) и температурного коэффициента реактивности (ТКР). Ядерный ТКР. Оценка вклада в ядерный ТКР отдельных составляющих для ЯР с урановым топливом на начало кампании. Особенности динамики ЯР с учетом температурного эффекта. Оценка температурного и мощностного эффектов.

Темы лекций:

13. Температурные эффекты
14. Ядерный ТКР.
15. Оценка вклада в ядерный ТКР отдельных составляющих для ЯР с урановым топливом на начало кампании.

Темы практических занятий:

17. Особенности динамики ЯР с учетом температурного эффекта
18. Оценка температурного и мощностного эффектов.

Названия лабораторных работ:

7. Расчет эффективной температуры топлива.
8. Графики температурного эффекта реактивности (ТЭР) и температурного коэффициента реактивности (ТКР).
9. Особенности динамики ЯР с учетом температурного эффекта.

Раздел 6. Управление ЯР

Система управления и защиты (СУЗ). Теория центрального ПС в одnogрупповом и двухгрупповом приближениях, сравнение результатов и рекомендации к применению. Принцип выбора физического веса ПС различного назначения. Ценность и эффективная доля запаздывающих нейтронов. Особенности пуска и останова ЯР.

Темы лекций:

16. Система управления и защиты (СУЗ).

17. Теория центрального ПС в одноклассовом и двухклассовом приближениях, сравнение результатов и рекомендации к применению.
18. Принцип выбора физического веса ПС различного назначения.

Темы практических занятий:

19. Ценность и эффективная доля запаздывающих нейтронов
20. Особенности пуска и останова ЯР.

Названия лабораторных работ:

10. Расчет миграционных характеристик и эффектов реактивности
11. Расчет физического веса ПС различного назначения
12. Расчет ценности и эффективной доли запаздывающих нейтронов

Раздел 7. Физические особенности ЯР на тепловых нейтронах
--

Особенности физики водо-водяных энергетических реакторов (ВВЭР) с водой под давлением. Физические особенности водо-водяных энергетических Р с кипением в активной зоне (ВК). Физические особенности канальных графитовых и тяжеловодных ЯР с легко-водным кипящим теплоносителем. Конструктивные и физические особенности реактора ИРТ-Т.

Темы лекций:

19. Физические особенности ядерных реакторов на тепловых нейтронах
20. Физические особенности водо-водяных энергетических Р с кипением в активной зоне (ВК).
21. Физические особенности канальных графитовых и тяжеловодных ЯР с легко-водным кипящим теплоносителем.

Названия лабораторных работ:

13. Физические и конструктивные особенности реактора ИРТ-М
14. Особенности физики водо-водяных энергетических реакторов (ВВЭР) с водой под давлением.

Раздел 8. Особенности физики быстрых ЯР
--

ЯР на быстрых нейтронах, работающие в бродерном режиме. Теплофизические особенности. Период удвоения, его расчет в различных случаях. Физический расчет ЯР. Определение критической массы и коэффициента воспроизводства. Выравнивание энерговыделения. Выбор оптимального варианта.

Темы лекций:

22. Особенности физики быстрых ядерных реакторов
23. Теплофизические особенности.
24. Период удвоения, его расчет в различных случаях

Названия лабораторных работ:

15. Система управления и защиты реактора ИРТ-М.
16. Выравнивание энерговыделения. Выбор оптимального варианта.

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;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование информации;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к контрольной работе и экзамену.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Красников, П. В. Расчеты физических характеристик ядерных реакторов : учебное пособие / П. В. Красников, С. В. Столотнюк, Я. Д. Столотнюк. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 95 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/58558> (дата обращения: 22.07.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Наумов, В. И. Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие / В. И. Наумов. — 2-е изд. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2013. — 148 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75778> (дата обращения: 22.07.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Кузьмин А.М., Моделирование физических процессов в энергетических ядерных реакторах на быстрых нейтронах : учебное пособие для вузов / А.М. Кузьмин, А.Н. Шмелев, В.А. Апсэ. - М. : Издательский дом МЭИ, 2015. - 128 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383007334.html> (дата обращения: 22.07.2019). - Режим доступа : по подписке.

Дополнительная литература

1. Матвеев В.И., Техническая физика быстрых реакторов с натриевым теплоносителем : учебное пособие / В.И. Матвеев, Ю.С. Хомяков; под ред. чл.-корр. РАН В.И. Рачкова. - М. : Издательский дом МЭИ, 2012. - 356 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383007174.html> (дата обращения: 22.07.2020). - Режим доступа : по подписке.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. Росатом, Госкорпорация (полный цикл в сфере атомной энергетики и промышленности, Москва) – <http://www.rosatom.ru/>
2. «Концерн Росэнергоатом», ОАО (компания, эксплуатирующая АЭС России, Москва) – <http://www.rosenergoatom.ru/>
3. ТВЭЛ, ОАО (производитель ядерного топлива, Москва) – <http://www.tvel.ru/>
4. ВНИИАМ — Всероссийский научно-исследовательский институт атомного энергетического машиностроения (ОАО «ВНИИАМ») – <http://www.vniiam.ru/>
5. Nuclear.Ru (информационно-аналитический портал для специалистов атомной отрасли) – <http://www.nuclear.ru/>
6. Atominfo.Ru (информационно-аналитический сайт для специалистов атомной отрасли) – <http://www.atominfo.ru/>
7. Атомная энергетика в Томской области – <http://www.aes.tomsk.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. При освоении теоретических разделов дисциплины используются: технические средства аудитории с АСУ ПДС (компьютеры);
2. программное обеспечение АСУ ПДС;
3. Windows 7/8/10;
4. MS Office 2010/2013/2015;
5. Matlab;
6. Mathcad;
7. Document Foundation LibreOffice;
8. Cisco Webex Meetings\$
9. 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, 302	– Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест; – Компьютер - 1 шт.; – Проектор - 1 шт.
2	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а,38	– Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест; – Крепление для проектора Perless PRG-UNV - 1 шт.; – Компьютер - 1 шт.; – Проектор - 1 шт.
3	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а,32	– Комплект учебной мебели на 18 посадочных мест; – Компьютер - 20 шт.; – Проектор - 1 шт.

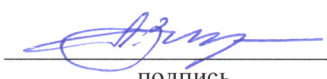
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг специализация «Проектирование и эксплуатация атомных станций» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Подпись	ФИО
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова		А. В. Кузьмин

Программа одобрена на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол № 29 от 30.05.2019 г.)

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)
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.
2020/2021 учебный год	Внесены изменения в разделы учебно-методическое, информационное, программное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины	№ 44 от 26.06.2020 г.