

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 2016 г.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Физика ядерных реакторов

Направление подготовки/ специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Nuclear power plants: design, operation and engineering / Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг		
Специализация	Design and operation of nuclear power plants / 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		32
	Лабораторные занятия		32
	ВСЕГО		112
Самостоятельная работа, ч			212
ИТОГО, ч			324

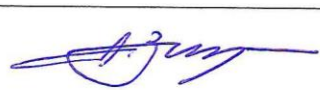
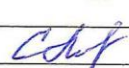
Вид промежуточной аттестации

**экзамен 7
зачет 8**

Обеспечивающее
подразделение

**НОЦ
И.Н. Бутакова**

Заведующий кафедрой -
руководитель НОЦ И.Н. Бутакова
на правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

	Заворин А.С.
	Лавриненко С.В.
	Кузьмин А.В.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
ПК(У)-16	способностью анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы	Р17	ПК(У)- 16.B2	Владеет опытом анализа нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов
			ПК(У)- 16.У2	Умеет анализировать нейтронно-физические процессы в активной зоне ядерных реакторов
			ПК(У)- 16.32	Знает закономерности протекания нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерного реактора
ПК(У)-17	способностью проводить нейтронно-физические и теплогидравлические расчеты ядерных реакторов в стационарных и нестационарных режимах работы		ПК(У)- 17.B1	Владеет опытом расчета нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов
			ПК(У)- 17.У1	Умеет рассчитывать нейтронно-физические процессы в активной зоне ядерных реакторов
			ПК(У)- 17.31	Знает методы расчета нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов
ПСК(У)-1.4	способностью выполнять теплогидравлические, нейтронно-физические и прочностные расчеты узлов и элементов проектируемого оборудования с использованием современных средств	Р17	ПСК(У)-1.4.B4	Владеет опытом использования современных средств расчета нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов
			ПСК(У)-1.4.У4	Умеет использовать современные средства расчета нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов
			ПСК(У)-1.4.34	Знает современные средства нейтронно-физического расчета активной зоны ядерного реактора

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		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Делать постановку и проводить решение критической задачи в одноклассовом приближении	ПК(У)-17
РД-2	Применять теорию экспоненциального опыта	ПК(У)-16
РД-3	Рассчитывать миграционные характеристики и эффекты реактивности	ПК(У)-16
РД-4	Описывать физические и конструктивные особенности реактора ИРТ-М, его систему управления и защиты	ПСК(У)-1.4

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	26
Раздел 2. Критическая и условно-критическая задачи в кинетическом приближении	РД1, РД2	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	-

		Самостоятельная работа	26
Раздел 3. Критические размеры в возрастном и многогрупповом приближениях	РД2	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	26
Раздел 4. Теория решеток	РД3	Лекции	6
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	26
Раздел 5. Температурные эффекты	РД3	Лекции	6
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	26
Раздел 6. Управление ЯР	РД2, РД3, РД4	Лекции	6
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	26
Раздел 7. Физические особенности ЯР на тепловых нейтронах	РД2, РД4	Лекции	6
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	28
Раздел 8. Особенности физики быстрых ЯР	РД3	Лекции	6
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	28

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Критические размеры ЯР в одногрупповом 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 одногрупповом приближении
3. Квазикритическое уравнение реактора
4. Уравнение нестационарного процесса диффузии.

Названия лабораторных работ:

1. Основные особенности решения критической задачи в одногрупповом 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

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:

8. Геометрический параметр реакторов различной формы
9. Материальный параметр в приближении возраста и критический размер однородного ЯР с учетом и без учета резонансного поглощения.
10. 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:

11. Вычисление вероятности избежать резонансного захвата ϕ .
12. Размножение на быстрых нейтронах.

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 ТРК. 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 ТРК.
15. Оценка вклада в ядерный ТКР отдельных составляющих для ЯР с урановым топливом на начало кампании.

Темы практических занятий:

13. Особенности динамики ЯР с учетом температурного эффекта
14. 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 одnogрупповом и двухгрупповом приближениях, сравнение результатов и рекомендации к применению.
18. Принцип выбора физического веса ПС различного назначения.

Темы практических занятий:

15. Ценность и эффективная доля запаздывающих нейтронов
16. 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

16.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

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: 22.07.2020). — 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: 22.07.2020). — 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: 22.07.2020). - 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	– Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест; – Компьютер - 1 шт.; – Проектор - 1 шт.

	контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 302	
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.

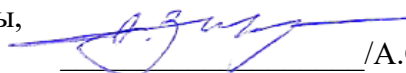
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг (приема 2016 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Степень	ФИО
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	к.т.н.	А. В. Кузьмин

Программа одобрена на заседании кафедры АТЭС (протокол от 11.02.2016 г. № 2).

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

 /А.С. Заворин

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол)
2017/2018 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	№ 19 от 18.05.2017
2018/2019 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС 5. Изменена система оценивания	№ 11 от 19.06.2018