

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 2016 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	32	
	Лабораторные занятия	32	
	ВСЕГО	112	
Самостоятельная работа, ч		212	
ИТОГО, ч		324	

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. 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.В2	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	Р17	ПК(У)- 17.В1	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.В4	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 однокритическом 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	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
--------------------	-----------------------------------	---------------------------	-------------------

	дисциплине		
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 многоклассовом 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 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 одноклассовом приближении
3. Квазикритическое уравнение реактора
4. Уравнение нестационарного процесса диффузии.

Названия лабораторных работ:

1. Основные особенности решения критической задачи в одноклассовом 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 не критичности.

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 коэффициент 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:

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 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 2016 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Подпись	ФИО
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова		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/
подпись

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 г.
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 г.
	Изменена система оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете во всех дисциплинах и практиках, реализация которых начнётся с осеннего семестра 2018/19 учебного года и далее до завершения реализации программы.	№ 11/1 от 27.08.2018 г.
2019/2020 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	№ 29 от 30.05.2019
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.