

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

УТВЕРЖДАЮ

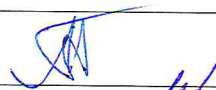
Директор ИЯТШ

Долматов О.Ю.

«25» 05 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ			
Направление подготовки/ специальность Образовательная программа (направленность (профиль)) Специализация Уровень образования	14.04.02 Ядерные физика и технологии		
	Ядерные реакторы и энергетические установки		
	Ядерные реакторы и энергетические установки		
	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		24
	Практические занятия		16
	Лабораторные занятия		24
	ВСЕГО		64
Самостоятельная работа, ч		152	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		Курсовой проект	
ИТОГО, ч		216	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен Диф.зачёт	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ
Заведующий кафедрой- руководитель отделения		А.Г. Горюнов	
Руководитель ООП		М.С. Кузнецов	
Преподаватель		Ю.Б. Чертков	

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
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	И.УК-2.1	Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения и план реализации проекта с использованием инструментов планирования	УК-2.1В1	Владеет опытом разработки концепции проекта, ведения и контроля реализации проекта
				УК-2.1У1	Умеет формулировать цель, задачи, значимости ожидаемых результатов проекта
				УК-2.1З1	Знает основные принципы, закономерности и методы управления проектом на всех этапах его жизненного цикла; требования к проектам и их результатам
		И.УК-2.2	Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта.	УК-2.2В1	Владеет опытом оценки эффективности реализации проекта и разработки плана действий по его корректировке
				УК-2.2У1	Умеет определять потребности в ресурсах для реализации проекта
				УК-2.2З1	Знает основные способы оценки эффективности проектной деятельности
ОПК-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	И.ОПК-1.1	Формулирует проблему, решение которой напрямую связано с достижением цели исследования и выбирает оптимальный способ решения поставленных задач	ОПК-1.1В3	Владеть опытом получения информации профессионального назначения о реакторной установке в объеме необходимом для анализа условий безопасной эксплуатации
				ОПК-1.1У3	Умеет осуществлять грамотную и безаварийную эксплуатацию реакторного оборудования АЭС на основе технических данных и физических характеристик реактора и вспомогательного оборудования
				ОПК-1.1З3	Знает взаимосвязь конструктивного исполнения отдельных элементов реакторных установок с физическими характеристиками, маневренными качествами и надежностью ядерных реакторов

ОПК-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	И.ОПК-2.1	Демонстрирует понимание физических особенностей динамических процессов и оценивает их протекание в активной зоне ядерной энергетической установке	ОПК-2.1В1	Владеть навыками расчета динамических процессов, протекающих в активной зоне ядерного реактора ДБ
				ОПК-2.1У1	Умеет решать практические задачи по расчёту текущего значения нейтронной мощности реактора по измеренной величине установившегося периода и величины мгновенного изменения периода реактора; решать практические задачи по расчёту изменений реактивности реактора при действии частных эффектов реактивности; решать практические задачи по определению режимных параметров реактора при синхронном действии нескольких эффектов реактивности
				ОПК-2.1З1	Знает основные закономерности изменения нейтронной мощности реактора при вводе реактивности постоянной величины, закономерности выгорания ядерного топлива, шлакования, стационарного отравления реактора ксеноном и характер переотравления при изменениях уровня стационарной мощности и после останова реактора, воспроизводства ядерного топлива и факторы, определяющие величину коэффициента воспроизводства
ПК(У)-2	Готовность применять методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий	И.ПК(У)-2.1.	Анализирует и исследует процессы, протекающие в активной зоне реакторных установок и оборудовании первого контура АЭС	ПК(У)-2.1В3	Владеет навыками контроля и управления протекания внутриреакторных процессов реакторной установки на основе расчетов и данных измерительных приборов
				ПК(У)-2.1У3.2	Умеет решать практические задачи по расчёту изменений реактивности реактора при действии частных эффектов реактивности; решать практические задачи по определению режимных параметров реактора при синхронном действии нескольких эффектов реактивности
				ПК(У)-2.1З3.2	Знает физический смысл членов и комплексов системы уравнений кинетики реактора с учётом запаздывающих нейтронов; роль уравнения «обратных часов» и его практическое значение;

					понятие мгновенной критичности реактора и вытекающее из него понятия ядерной безопасности реакторной установки
ПК(У)-8	Способность провести расчет, концептуальную и проектную проработку современных физических установок и приборов	И.ПК-8.3.	Рассчитывает пусковые параметры ядерных реакторных установок различного типа	ПК-8.3В1	Владеет навыками расчета пусковой концентрации борной кислоты, определения критических нагрузок активной зоны, положения стержней системы управления и защиты
				ПК-8.3У1	Умеет рассчитывать пусковые характеристики реакторной установки
				ПК-8.331	Знает конструкцию стержней ОР СУЗ и характеристики их эффективности; принципиальную схему борного регулирования ВВЭР и характеристики эффективности борной кислоты в ВВЭР; принцип расчёта; организацию физического пуска ядерного реактора и экспериментальное определение первой критической загрузки его активной зоны

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	Способен применять математические, естественнонаучные и профессиональные знания для теоретических и экспериментальных исследований в области прогнозирования работы ядерного реактора	И.ПК(У)-2.1 И.ПК(У)-2.2
РД 2	Способен выполнять расчеты нейтронно-физических характеристик реакторных установок	И.ПК(У)-8.3
РД 3	Способен анализировать параметры безопасной эксплуатации ядерных установок	И.ПК(У)-2.1 И.ПК(У)-8.3

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.
Раздел (модуль) 1. Задачи управления. Основные понятия кинетики реактора	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	40
Раздел (модуль) 2. Кинетика реактора с учетом запаздывающих нейтронов	РД1	Лекции	6
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	30
Раздел (модуль) 3. Кинетика подкритического реактора	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	40
Раздел (модуль) 4. Динамика реактора	РД2	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	22
Раздел (модуль) 5. Перегрузки топлива. Опыт крупных аварий	РД3	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	20

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Задачи управления. Основные понятия кинетики реактора.

Особенности управления ядерным реактором. Задачи управления. Физические эффекты при формировании управленческих воздействий. Технологии управления. Нейтронные детекторы. Кинетика реактора. Энергетические параметры ядерного реактора. Программа TIGRIS.

Темы лекций:

1. Задачи управления. Физические эффекты при формировании управленческих воздействий. Технологии управления. Нейтронные детекторы. Кинетика реактора.
2. Уравнения кинетики точечной модели реактора. Основные понятия кинетики реактора. Энергетические параметры ядерного реактора. Программа TIGRIS.

Темы практических занятий:

1. Связь мощности подкритического реактора с его степенью подкритичности.

Названия лабораторных работ:

1. Использование программы TIGRIS для инженерных расчетов исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т. Работа с программой TIGRIS. Задание картограммы реактора. Оценка критического состояния. Определение запаса реактивности и подкритичности. Оценка эффективности органов регулирования

Раздел 2. Кинетика реактора с учетом запаздывающих нейтронов

Точечная модель кинетики реактора. Особенности кинетики, связанные с запаздывающими нейтронами. Уравнения кинетики для стационарного реактора. Модели с одной и шестью группами запаздывающих нейтронов. Приближение мгновенного скачка.

Темы лекций:

1. Точечная модель кинетики реактора. Особенности кинетики, связанные с запаздывающими нейтронами. Уравнения кинетики для стационарного реактора. Модель кинетики с одной группой запаздывающих нейтронов.
2. Модель кинетики с шестью группами запаздывающих нейтронов.
3. Приближение мгновенного скачка. Управление реактором по заданному закону изменения мощности.

Темы практических занятий:

1. Изменение мощности реактора при скачкообразном увеличении реактивности.

Названия лабораторных работ:

1. Использование программы TIGRIS для расчета распределения энерговыделения, для расчета распределения плотности потока нейтронов в реакторе ИРТ-Т. Влияние положения органов регулирования на распределение энерговыделения. Расчет эффекта стационарного отравления. Расчет длительности кампании. Расчет коэффициентов неравномерности энерговыделения.

Раздел 3. Кинетика подкритического реактора.

Кинетика подкритического реактора. Источники нейтронов. Пуск подкритического реактора. Устанавливаемая в подкритическом реакторе плотность нейтронов. Переходные процессы при изменениях степени подкритичности реактора. Время практического установления подкритической плотности нейтронов. Кинетика подкритического реактора. Правила ядерной безопасности. Процедура ступенчатого пуска.

Темы лекций:

1. Кинетика подкритического реактора. Источники нейтронов. Пуск подкритического реактора. Устанавливаемая в подкритическом реакторе плотность нейтронов. Переходные процессы при изменениях степени подкритичности реактора.
2. Время практического установления подкритической плотности нейтронов. Кинетика подкритического реактора. Правила ядерной безопасности. Процедура ступенчатого пуска.

Темы практических занятий:

1. Изменение мощности реактора при скачкообразном увеличении реактивности.

Названия лабораторных работ:

1. Расчет эффекта стационарного отравления. Расчет длительности кампании. Распределение глубины выгорания по активной зоне реактора ИРТ-Т. Изменение глубины выгорания в результате работы реактора. Изменение эффективности органов регулирования при выгорании топлива

Раздел 4. Динамика реактора

Динамика реактора. Обратные связи в ядерном реакторе. Эффекты и коэффициенты реактивности. Модели динамики и особенности нестационарных процессов в реакторах при наличии обратных связей. Отравление ксеноном и пространственная неустойчивость поля энерговыделения. Ксеноновые колебания. Остановка и расхолаживание

ядерного реактора. Изменение реактивности с выгоранием. Связь глубины выгорания с обогащением топлива. Кампании реактора и топлива. Компенсация избыточной реактивности.

Темы лекций:

1. Динамика реактора. Обратные связи в ядерном реакторе. Эффекты и коэффициенты реактивности. Модели динамики и особенности нестационарных процессов в реакторах при наличии обратных связей. Отравление ксеноном и пространственная неустойчивость поля энерговыделения. Ксеноновые колебания.
2. Остановка и расхолаживание ядерного реактора. Энерговыделение за счет разных процессов при остановке реактора. Особенности теплоотвода при плановой и аварийной остановке реактора. Изменение реактивности с выгоранием. Связь глубины выгорания с обогащением топлива. Кампании реактора и топлива. Компенсация избыточной реактивности.

Темы практических занятий:

1. Изменение мощности реактора при скачкообразном уменьшении реактивности.
2. Источники нейтронов и мощность подкритического реактора.

Названия лабораторных работ:

1. Распределение глубины выгорания по активной зоне реактора ИРТ-Т. Изменение глубины выгорания в результате работы реактора. Изменение эффективности органов регулирования при выгорании топлива.

Раздел 5. Перегрузки топлива. Опыт крупных аварий
--

Перегрузки топлива в ядерных реакторах. Физические основы повышения глубины выгорания. Эффективность перегрузок топлива. Перегрузки топлива в ядерных реакторах. Полная перегрузка. Непрерывные перегрузки. Периодические перегрузки. Коэффициент проигрыша в выгорании. Реальные способы перегрузки ядерного топлива. Перспективные топливные циклы.

Опыт крупных аварий на ядерных реакторах. О концепции внутренней (естественной) безопасности ядерных реакторов

Темы лекций:

1. Перегрузки топлива в ядерных реакторах. Физические основы повышения глубины выгорания. Эффективность перегрузок топлива. Перегрузки топлива в ядерных реакторах.
2. Полная перегрузка. Непрерывные перегрузки. Периодические перегрузки. Коэффициент проигрыша в выгорании. Реальные способы перегрузки ядерного топлива.
3. Перспективные топливные циклы. Опыт крупных аварий на ядерных реакторах. О концепции внутренней (естественной) безопасности ядерных реакторов

Темы практических занятий:

1. Мощность подкритического реактора при наличии внутреннего источника нейтронов.
2. Связь изменения мощности и реактивности реактора.
3. Связь изменения мощности и реактивности реактора.

Названия лабораторных работ:

1. Перегрузка топлива. Оценка влияния перегрузки на эффективность органов регулирования, запас реактивности и подкритичность. Оценка влияния перегрузки на распределения энерговыделения и плотности потока нейтронов по активной зоне и в экспериментальных каналах реактора.
2. Моделирование работы реактора в течение трех последовательных кампаний а перегрузками топлива. Расчет изменения параметров реактора ИРТ-Т в проведенные кампании.

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;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролируемых мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Подготовка 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. Копосов, Е. Б. Кинетика ядерных реакторов : учебное пособие / Е. Б. Копосов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. — 115 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103467> (дата обращения: 19.02.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Широков, Сергей Васильевич. Физика ядерных реакторов : учебное пособие / С. В. Широков. — Минск : Вышэйшая школа, 2011. — 351 с.: ил. — Текст : непосредственный.
3. Владимиров, Владимир Иванович. Физика ядерных реакторов : практические задачи по их эксплуатации / В. И. Владимиров. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : URSS, 2009. — 478 с.: ил. — Текст : непосредственный.

Дополнительная 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: 19.02.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Увакин, М. А. Лабораторный практикум "Физическая теория ядерных реакторов : учебное пособие / М. А. Увакин, В. И. Савандер. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2013. — 56 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75781> (дата обращения: 19.02.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. 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: 19.02.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2. Информационное и программное обеспечение

1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>.
2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>.
3. Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» - <http://www.rosatom.ru/>

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

1. Прикладное программное обеспечение для проведения лабораторных работ по курсу реакторной физики

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины (заполняется при наличии)

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 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 248	Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест; Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Компьютер - 2 шт.; Проектор - 1 шт.; Принтер - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 321	Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Тумба стационарная - 3 шт.; Телевизор - 1 шт.; Принтер - 1 шт.; Компьютер - 13 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 340	Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.04.02 Ядерные физика и технологии специализация «Ядерные реакторы и энергетические установки» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент ОЯТЦ	Чертков Ю.Б.

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «25» 06 2020г. №28-д).

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



подпись

Горюнов А.Г.