

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТЦ

(Долматов О.Ю.)

«01» сентября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

ДИНАМИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Направление подготовки/ специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Ядерные физика и технологии		
Специализация	Ядерные реакторы и энергетические установки		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	8
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	22	
	Практические занятия	22	
	Лабораторные занятия	-	
	ВСЕГО	44	
Самостоятельная работа, ч		64	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной
аттестации

Экзамен

Обеспечивающее
подразделение

ОЯТЦ

Заведующий кафедрой -
руководитель отделения



А.Г. Горюнов

Руководитель ООП



П.Н. Бычков

Преподаватель



Ю.Б. Чертков

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 (СУОС)	Наименование компетенции (СУОС)	Индикаторы достижения компетенции		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код	Наименование	Код	Владение опытом
ОПК(У)-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	И.ОПК(У)-1.2.	Применяет математический аппарат уравнений в частных производных, уравнений теплопроводности и диффузии, уравнения Даламбера в инженерной деятельности	ОПК(У)-1.2B1	Владеет аппаратом математической физики для проведения теоретического исследования и моделирования физических и химических процессов и явлений, а также, для решения профессиональных задач.
				ОПК(У)-1.2У1	Умеет решать дифференциальные уравнения в частных производных
				ОПК(У)-1.231	Знает основные понятия, определения и методы теории дифференциальных уравнений в частных производных
ПК(У)-2	способностью проводить математическое моделирование процессов и объектов атомной отрасли с использованием стандартных методов и компьютерных кодов для проектирования и анализа	И.ПК(У)-2.2	Способен использовать современные компьютерные технологии для проведения математического моделирования из различных предметных областей	ПК(У)-2.2B1	Владеет опытом моделирования различных физических явлений на основе различных математических подходов
				ПК(У)-2.2У1	Умеет применять методы для моделирования различных процессов, как с использованием стандартных пакетов, так и путем написания программ.
				ПК(У)-2.231	Знает методы математического моделирования в частности методы сеточного, статистического, конечно-разностного и д.р. решения поставленных задач
		И.ПК(У)-2.6	Демонстрирует знание и понимание динамики физических процессов, происходящих в ядерном реакторе при его выводе в критическое состояние, при работе на мощности и при его остановке (при приведении реактора в безопасное подкритическое состояние); может анализировать пространственно-временные процессы в исследовательских и энергетических реакторах	ПК(У)-2.6B1	Владеет опытом проведения нейтронно-физических расчетов реактивных и энергетических параметров реактора, расчетов коэффициентов неравномерности энерговыделения; обработки результатов этих расчетов и экспериментов; интерпретации полученных результатов в рамках изученных закономерностей.
				ПК(У)-2.6У1	Умеет применять законы кинетики и динамики ядерных реакторов для прогнозирования протекания нестационарных процессов в ядерных реакторах; рассчитывать реактивные параметры реактора, эффективности органов регулирования, эффекты интерференции; проводить перегрузку реактора перед проведением очередной кампании.
				ПК(У)-2.631	Знает понятия реактивности, периода реактора и связь этих параметров, внутренние обратные связи в реакторе, их стабилизирующая и дестабилизирующая роль, методики и способы расчета основных

Код компетенции (СУОС)	Наименование компетенции (СУОС)	Индикаторы достижения компетенции		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код	Наименование	Код	Владение опытом
					нейтронно-физических характеристик реактора, методы и программы расчета распределений плотности потока нейтронов и энерговыделения по радиусу элементарной и сложной ячейки реактора; методы и способы расчета основных нейтронно-физических характеристик реактора методы и программы расчета распределений плотности потока нейтронов по объему реактора.
ПК(У)-13	способностью к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда	И.ПК(У)-13.3	Анализирует параметры безопасной эксплуатации ядерных установок	ПК(У)-13.3В1	Владеет навыками расчёта динамических процессов, протекающих в активной зоне ядерного реактора, оказывающих влияние на безопасную эксплуатацию
				ПК(У)-13.3У1	Умеет применять законы кинетики для прогнозирования нестационарных процессов в ядерных реакторах, рассчитывать внутренние обратные связи в реакторе (температурные, мощностные, плотностные эффекты и коэффициенты реактивности), прогнозировать поведение реакторов при малых и больших возмущениях реактивности;
				ПК(У)-13.3З1	Знает особенности и потенциальную опасность нестационарных процессов в ядерных реакторах, кинетика реактора в точечном приближении, понятие реактивности, эффекты реактивности, поведение реакторов при малых и больших возмущениях реактивности.

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	ОПК(У)-1.2 И.ПК(У)-2.2 И.ПК(У)-2.6 И.ПК(У)-2.5
РД 2	Способен создавать расчетные модели ядерных реакторов, анализировать пространственно-временные процессы в исследовательских и энергетических реакторах.	И.ПК(У)-2.2 И.ПК(У)-2.6
РД 3	Способен выполнять расчеты нейтронно-физических характеристик	И.ОПК(У)-1.2 И.ПК(У)-13.3

	реакторных установок	
РД 4	Способен анализировать параметры безопасной эксплуатации ядерных установок	И.ПК(У)-13.3

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. Элементарная кинетика ядерного реактора	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 2. Кинетика реактора с учетом запаздывающих нейтронов	РД1 РД2	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 3. Кинетика реактора с учетом шести групп запаздывающих нейтронов	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 4. Кинетика подкритического реактора	РД2 РД3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 5. Изменения запаса реактивности при работе реактора.	РД3 РД4	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	16

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Элементарная кинетика ядерного реактора

Предмет дисциплины. Терминология ядерной индустрии. Основные допущения теории переходных процессов. Вывод элементарного кинетического уравнения. Мгновенные и запаздывающие нейтроны и их характеристики. Среднее время жизни поколения нейтронов в тепловом реакторе. Период реактора, период удвоения мощности и их взаимосвязь.

Темы лекций:

1. Предмет дисциплины. Терминология ядерной индустрии. Основные допущения теории переходных процессов. Вывод элементарного кинетического уравнения. Мгновенные и запаздывающие нейтроны.
2. Характеристики запаздывающих нейтронов. Среднее время жизни поколения нейтронов в тепловом реакторе. Период реактора.

Темы практических занятий:

1. Мощность реактора. Энерговыведение в активной зоне.

2. Коэффициент размножения. Реактивность.

Раздел 2. Кинетика реактора с учетом запаздывающих нейтронов

Система дифференциальных уравнений кинетики реактора с учётом одной и шести групп запаздывающих нейтронов. Уравнение обратных часов. Реактивность.

Темы лекций:

1. Вывод уравнения кинетики реактора с одной группой запаздывающих нейтронов. Решение уравнения кинетики с одной группой запаздывающих нейтронов. Уравнение обратных часов.
1. Реактивность реактора. Единицы измерения реактивности. Решение уравнения кинетики с одной группой запаздывающих нейтронов. Переходные процессы при сообщении реактору положительной и отрицательной реактивности.

Темы практических занятий:

1. Выгорание горючего в ядерном реакторе. Шлакование горючего в ядерном реакторе.
2. Подкритическое состояние реактора.

Раздел 3. Кинетика реактора с учетом шести групп запаздывающих нейтронов

Система дифференциальных уравнений кинетики реактора с учётом одной и шести групп запаздывающих нейтронов и его решение. Уравнение обратных часов с шестью группами запаздывающих нейтронов. Анализ переходных процессов при сообщении реактору реактивности.

Темы лекций:

1. Вывод уравнения кинетики реактора с шестью группами запаздывающих нейтронов. Решение этого уравнения. Переходные процессы при сообщении реактору отрицательной реактивности.
2. Переходные процессы при сообщении реактору положительных реактивностей.

Темы практических занятий:

1. Подкритическое и критическое состояние реактора.
2. Надкритическое состояние реактора.

Раздел 4. Кинетика подкритического реактора

Источники нейтронов в ядерном реакторе. Подкритическое состояние реактора. Уравнение кинетики подкритического реактора. Устанавливающаяся в подкритическом реакторе плотность нейтронов. Переходные процессы при изменениях степени подкритичности реактора и их характеристики. Запас реактивности. Дифференциальное уравнение выгорания урана-235. Энерговыводка реактора. Потери запаса реактивности с выгоранием топлива. Основные характеристики выгорания.

Темы лекций:

1. Вывод уравнения кинетики реактора в подкритическом состоянии. Решение этого уравнения. Переходные процессы при изменениях степени подкритичности реактора. Время практического установления подкритической плотности нейтронов. Устанавливающаяся в подкритическом реакторе плотность нейтронов.
2. Понятие общего и оперативного Запас реактивности. Основные характеристики распределения энергосвечения по объему реактора. Дифференциальное уравнение выгорания урана-235. Энерговыводка реактора. Потери запаса реактивности с выгоранием

топлива. Основные характеристики выгорания. Основные характеристики распределения энерговыделения по объему реактора.

Темы практических занятий:

1. Надкритическое состояние реактора.
2. Характеристики распределения энерговыделения в активной зоне реактора.

Раздел 5. Изменение запаса реактивности при работе реактора. Отравление реактора.
--

Выгорание и шлакование реактора. Отравление реактора ксеноном-135 и самарием-140. Температурные эффекты реактивности. Потери запаса реактивности при работе реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности. Устойчивость реактора.

Темы лекций:

1. Отравление реактора ксеноном-135.
2. Отравление реактора самарием-149.
3. Температурные эффекты реактивности. Устойчивость реактора.

Темы практических занятий:

1. Подготовка исходных данных для расчета элементарной ячейки ядерного реактора. Расчет реактора. Программы расчета нейтронно-физических параметров.
2. Расчет нейтронно-физических параметров элементарной ячейки реактора.
3. Расчет нейтронно-физических параметров элементарной ячейки реактора (продолжение).

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 контролирующих 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: 19.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. ВВЭР-1000: физические основы эксплуатации, ядерное топливо, безопасность / А. М. Афров, С. А. Андрушечко, В. Ф. Украинцев [и др.]. — Москва: Логос, 2006. — 488 с.: ил. — Текст: непосредственный.

3. Широков Сергей Васильевич. Физика ядерных реакторов: учебное пособие / С. В. Широков. — Минск: Вышэйшая школа, 2011. — 351 с.: ил. — Текст: непосредственный.

Дополнительная литература:

1. 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.
2. 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: 19.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. 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: 19.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2. Информационное и программное обеспечение

1. Основы физики ядерных реакторов - <https://www.edx.org/course/nuclear-reactor-physics-basics>
2. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>.
3. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>.
4. 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 «DYNCO» для проведения лабораторных работ по курсу «Физика ядерных реакторов» для проведения лабораторных работ по основным разделам Физики ядерных реакторов.
2. Программа нейтронно-физического расчета элементарной ячейки ядерного реактора WIMS-ANL для проведения лабораторных работ по основным разделам курса «Физика ядерных реакторов».
3. Программа нейтронно-физического расчета элементарной ячейки ядерного реактора WIMSD5B для проведения лабораторных работ по основным разделам курса «Физика ядерных реакторов».

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.	Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

	Томск, Ленина проспект, д. 2 340	
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; Компьютер - 8 шт.; Принтер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.03.02 Ядерные физика и технологии (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):
Доцент ОЯТЦ

Чертков Ю.Б.

Программа одобрена на заседании ОЯТЦ ИЯТШ (протокол от «01» сентября 2020 г. №29-д).

Руководитель выпускающего отделения
д.т.н, профессор

/А.Г. Горюнов/

подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЯТЦ (протокол)