

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.
«26» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

КИНЕТИКА И РЕГУЛИРОВАНИЕ ЯДЕРНОГО РЕКТОРА

Направление подготовки/ специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Nuclear Science and Technology		
Специализация	Nuclear Power Engineering (Ядерные реакторы и энергетические установки)		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	4		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		32
	Практические занятия		32
	Лабораторные занятия		–
	ВСЕГО		64
Самостоятельная работа, ч			80
ИТОГО, ч			144

Вид промежуточной
аттестации

Экзамен

Обеспечивающее
подразделение

ОЯТЦ ИЯТШ

Зав. кафедрой-руководитель
ОЯТЦ на правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватели

	А.Г. Горюнов
	В.В. Верхотурова
	Д.Г. Видяев
	А.Д. Побережников

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
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	И.УК(У)-1.1	Анализирует проблемную ситуацию и (или) задачу, выделяя её базовые составляющие	УК(У)-1.1В2	Владеет методиками постановки цели, определения способов её достижения, разработки стратегий действий
				УК(У)-1.1У2	Умеет разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации
				УК(У)-1.1З2	Знает методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	И.УК(У)-4.2	Составляет академические и (или) профессиональные тексты на иностранном языке (английском)	УК(У)-4.2В1	Владеет навыками монологического высказывания на иностранном языке (английском) по профилю своей специальности, аргументировано излагая свою позицию и используя вспомогательные средства (таблицы, графики, диаграммы и т.п.)
				УК(У)-4.2У1	Умеет составлять и представлять техническую и научную информацию, используемую в профессиональной деятельности, в виде презентации
		И.УК(У)-4.3	Организует обсуждение результатов исследовательской и проектной деятельности на различных публичных мероприятиях на иностранном языке (английском), выбирая подходящий формат	УК(У)-4.3В1	Владеет полученными знаниями по иностранному языку (английскому) на достаточном уровне в своей будущей профессиональной деятельности
				УК(У)-4.3З1	Знает основы структурирования доклада и подготовки презентаций на иностранном языке (английском), принятых в международной среде
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	И.ОПК(У)-1.1	Планирует, организует и проводит научно-исследовательские работы с представлением полученных результатов	ОПК(У)-1.1В1	Владеет систематическими знаниями по направлению будущей профессиональной деятельности
				ОПК(У)-1.1У1	Умеет составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов
				ОПК(У)-1.1З1	Знает цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	И.ОПК(У)-2.1	Выполняет, производит оценку и представляет результаты выполненной работы, руководствуясь современными методами исследования	ОПК(У)-2.1В1	Владеет навыками применения современных методов исследования, оценивания и представления результатов выполненной работы
				ОПК(У)-2.1У1	Умеет применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
				ОПК(У)-2.131	Знает современные методы проведения исследования, оценивания и представления результатов выполненной работы
ПК(У)-4	Способен создавать теоретические и математические модели, описывающие конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие излучения с веществом, физику кинетических явлений, процессы в реакторах, ускорителях, воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды	И.ПК(У)-4.1	Использует методы и средства для создания теоретических и математических моделей, описывающих конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие излучения с веществом, физику кинетических явлений, процессы в реакторах, ускорителях, воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды	ПК(У)-4.1В8	Владеет навыками проведения расчетов изменения реактивности реактора в результате отравления, шлакования, выгорания, воспроизводства, температурных эффектов ядерного топлива и изменения состояния органов регулирования
				ПК(У)-4.1У8	Умеет применять полученные знания для описания работы ядерного реактора с учетом характеристик органов регулирования, отравления и шлакования реактора, выгорание и воспроизводства ядерного топлива и объяснять полученные результаты.
				ПК(У)-4.137	Знает основные модели, уравнения и понятия, используемые для описания кинетики установившихся и переходных процессов в ядерном реакторе
ПК(У)-7	Способен производить оценку рисков и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения	И.ПК(У)-7.1	Выбирает критерии безопасной работы ядерной установки и оценивает риски при эксплуатации	ПК(У)-7.1В2	Владеет навыками определения, анализа и контроля параметров нейтронного поля ядерного реактора, влияющих на безопасность его работы
				ПК(У)-7.1У2	Умеет классифицировать элементы системы безопасности ядерных реакторов
				ПК(У)-7.131	Знает принципиальные конструктивные решения узлов, элементов и материалов активной зоны и методов калибровки органов регулирования реактора, обеспечивающих его безопасную эксплуатацию

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части вариативного междисциплинарного профессионального модуля 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	
РД1	Применять знания общих законов, теорий, уравнений, методов ядерной физики и теории переноса нейтронов	И.ОПК(У)-1.1
РД2	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях ядерно-энергетических установок и нейтронного потока	И.УК(У)-1.1 И.ПК(У)-7.1
РД3	Выполнять расчеты нейтронно-физических характеристик реакторных установок, оценивать и представлять полученные результаты	И.ПК(У)-4.1 И.ОПК(У)-2.1
РД4	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности	И.УК(У)-4.2, И.УК(У)-4.3

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 1. Физические основы управления ядерным реактором	РД1, РД3, РД4	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	20
Раздел 2. Стационарные и переходные процессы в ядерном реакторе	РД2, РД3, РД4	Лекции	16
		Практические занятия	16
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	40
Раздел 3. Управление ядерным реактором	РД2, РД3, РД4	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	20

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Физические основы управления ядерным реактором

Нейтронное поле и его характеристики. Коэффициенты размножения нейтронов. Критический и подкритический реактор. Понятие поколения нейтронов. Реактивность и единицы ее измерения. Кинетика ядерного реактора. Элементарное уравнение кинетики. Период реактора. Запаздывающие нейтроны. Фотонейтроны. Среднее время жизни нейтрона в реакторе. Источники нейтронов в подкритическом реакторе. Устанавливаемая в подкритическом реакторе плотность нейтронов. Уравнения кинетики с учетом запаздывающих нейтронов. Решение уравнений кинетики.

Темы лекционных занятий:

1. Нейтронное поле и его характеристики. Коэффициенты размножения нейтронов. Критический и подкритический реактор. Понятие поколения нейтронов. Реактивность и единицы ее измерения.
2. Кинетика ядерного реактора. Элементарное уравнение кинетики. Период реактора.
3. Запаздывающие нейтроны. Фотонейтроны. Среднее время жизни нейтрона в реакторе.
4. Источники нейтронов в подкритическом реакторе. Устанавливаемая в подкритическом реакторе плотность нейтронов. Уравнения кинетики с учетом запаздывающих нейтронов. Решение уравнений кинетики.

Темы практических занятий:

1. Процессы накопления и распада радионуклидов.
2. Параметры ядерных реакций и нейтронных потоков в реакторе.
3. Цепная реакция, коэффициент размножения и реактивность.
4. Группы нейтронов, их энергетические и кинетические характеристики.

Раздел 2. Стационарные и переходные процессы в ядерном реакторе

Переходные процессы при изменениях степени подкритичности реактора. Анализ переходных процессов при положительном и отрицательном скачках реактивности. Критичность на запаздывающих нейтронах. Уменьшение запаса реактивности от шлакования ядерного топлива. Количественные меры шлакования. Изменение запаса реактивности от шлакования. Воспроизводство ядерного топлива. Система

дифференциальных уравнений воспроизводства плутония-239. Рост запаса реактивности при воспроизводстве топлива. Коэффициент воспроизводства. Накопление актиноидов в реакторе. Отравление реактора ксеноном-135. Схема образования и убыли ксенона. Стационарное и не стационарное отравление. Влияние отравления на реактивность. Переотравление реактора ксеноном после останова. Расчет изменения реактивности за счет отравления реактора ксеноном-135. Пространственные эффекты, связанные с отравлением. Отравление реактора самарием-149. Схема образования и убыли при отравлении реактора самарием-149. Стационарное и не стационарное отравление. Потери реактивности при отравлении самарием-149. Нестационарное отравление самарием после останова. Температурный эффект реактивности. Составляющие температурного эффекта реактивности. Понятие устойчивости работы реактора на мощности. Мощностной эффект реактивности.

Темы лекционных занятий:

5. Переходные процессы при изменениях степени подкритичности реактора.
6. Анализ переходных процессов при положительном и отрицательном скачках реактивности. Критичность на запаздывающих нейтронах.
7. Уменьшение запаса реактивности от шлакования ядерного топлива. Количественные меры шлакования. Изменение запаса реактивности от шлакования.
8. Воспроизводство ядерного топлива. Система дифференциальных уравнений воспроизводства плутония-239. Рост запаса реактивности при воспроизводстве топлива. Коэффициент воспроизводства. Накопление актиноидов в реакторе.
9. Отравление реактора ксеноном-135. Схема образования и убыли ксенона. Стационарное и не стационарное отравление. Влияние отравления на реактивность.
10. Переотравление реактора ксеноном после останова. Расчет изменения реактивности за счет отравления реактора ксеноном-135. Пространственные эффекты, связанные с отравлением.
11. Отравление реактора самарием-149. Схема образования и убыли при отравлении реактора самарием-149. Стационарное и не стационарное отравление. Потери реактивности при отравлении самарием-149. Нестационарное отравление самарием после останова.
12. Температурный эффект реактивности. Составляющие температурного эффекта реактивности. Понятие устойчивости работы реактора на мощности. Мощностной эффект реактивности.

Темы практических занятий:

5. Энерговыделение в активной зоне реактора.
6. Подкритическое и критическое состояние реактора.
7. Надкритическое состояние реактора.
8. Зашлаковывание реактора.
9. Выгорание и воспроизводство ядерного топлива.
10. Отравление реактора ксеноном-135.
11. Отравление реактора самарием-149.
12. Температурный и мощностной эффекты реактивности.

Раздел 3. Управление ядерным реактором

Поглощающие нейтроны материалы в ядерных реакторах. Поглощающие стержни. Действие вводимого в активную зону стержня-поглотителя. Эффективный радиус стержня-поглотителя. Общий и оперативный запас реактивности. Кривая энерговыработки. Использование выгорающих поглотителей. Характеристики выгорающих поглотителей. Зависимость изменения запаса реактивности при различных выгорающих поглотителях и способах их размещения. Саморегулирование ядерных реакторов. Физические условия устойчивости реактора. Пространственная устойчивость.

Темы лекций:

13. Поглощающие нейтроны материалы в ядерных реакторах. Поглощающие стержни. Действие вводимого в активную зону стержня-поглотителя. Эффективный радиус стержня-поглотителя.
14. Общий и оперативный запас реактивности. Кривая энерговыработки. Использование выгорающих поглотителей.
15. Характеристики выгорающих поглотителей. Зависимость изменения запаса реактивности при различных выгорающих поглотителях и способах их размещения.
16. Саморегулирование ядерных реакторов. Физические условия устойчивости реактора. Пространственная устойчивость. Безопасность ядерных реакторов.

Темы практических занятий:

13. Кампания реактора.
14. Регулирование мощности реактора посредством компенсирующих стержней, стержней автоматического регулирования и стержней аварийной защиты.
15. Использование выгорающих поглотителей для изменения запаса реактивности.
16. Саморегулирование и условия устойчивости ядерного реактора.

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 и презентация информации;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Подготовка к практическим 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

1. Marguet S. The Physics of Nuclear Reactors / S. Marguet. – Cham : Springer International Publishing AG, 2017. – 1445 p. – Текст : электронный // SpringerLink. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-59560-3> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
2. Basdevant J.-L. Fundamentals in Nuclear Physics / J.-L. Basdevant, M. Spiro, J. Rich. – New York : Springer Science, 2005. – 515 p. – Текст: электронный // SpringerLink. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/b106774> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная литература

1. Воробьева, И. А. Nuclear reactor types (learn to read by reading) : учебное пособие / И. А. Воробьева, С. Н. Смирнова. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. – 268 с. – ISBN 978-2-7262-1282-1. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/76014> (дата обращения: 15.04.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Годовых А. В. Актуальные проблемы ядерной безопасности = Current issues of nuclear

security. Student's book : книга для студента : учебное пособие / А. В. Годовых, Ю. В. Фалькович, Н. А. Шепотенко. – Томск : Изд-во ТПУ, 2014. – URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/m235.pdf> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. – Текст : электронный.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

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

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

1. 7-Zip;
2. Adobe Acrobat Reader DC;
3. Adobe Flash Player;
4. Amazon Corretto JRE 8;
5. Far Manager;
6. Google Chrome;
7. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
8. Notepad++;
9. WinDjView;
10. Zoom Zoom
11. AkelPad;
12. Cisco Webex Meetings;
13. Far Manager;
14. Mozilla Firefox ESR;
15. ownCloud Desktop Client;
16. Tracker Software PDF-XChange Viewer;

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 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 313	Комплект учебной мебели на 40 посадочных мест; Тумба подкатная - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 2 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего	Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

	контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 431	
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	Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Тумба подкатная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; 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 «Nuclear Power Engineering» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Профессор ОЯТЦ ИЯТШ	Видяев Д.Г.
Старший преподаватель ОЯТЦ ИЯТШ	Побережников А.Д.

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

Зав. кафедрой-руководитель ОЯТЦ
На правах кафедры, д.т.н, профессор


 подпись /Горюнов А.Г./