

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» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

**КИНЕТИКА И РЕГУЛИРОВАНИЕ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
УСТАНОВОК**

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)-4.1В16	Владеет навыками проведения расчетов положения органов регулирования в активной зоне реактора для достижения необходимого значения реактивности с учетом явлений отравления, шлакования, выгорания и температурных эффектов ядерного топлива
				ПК(У)-4.1У16	Умеет применять полученные знания для описания работы ядерного реактора с учетом явлений отравления, шлакования, выгорания и воспроизводства ядерного топлива при различных положениях органов управления и объяснять полученные результаты.
				ПК(У)-4.1315	Знает основные схемы, модели и уравнения, применяемые для расчетов связанных с кинетикой 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)-7.1В5	Владеет навыками моделирования, анализа и контроля параметров неоднородного нейтронного поля ядерного реактора, обеспечивающих его безопасность
				ПК(У)-7.1У7	Умеет определять параметры работы элементов системы безопасности ядерных реакторов, обеспечивающие его безопасную работу в заданном режиме
				ПК(У)-7.135	Знает спецификацию основных узлов, элементов и материалов активной зоны 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 теории и методы ядерной и нейтронной физики, методы расчетов неоднородных и нестационарных нейтронных полей	И.ОПК(У)-1.1
РД2	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях нейтронных полей в ядерно-энергетических установках	И.УК(У)-1.1 И.ПК(У)-7.1
РД3	Выполнять расчеты параметров нейтронных полей в ядерных энергетических установках, 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. Нейтронно-физические процессы в активной зоне ядерного реактора	РД1, РД3, РД4	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	—
		Самостоятельная работа	20
Раздел 2. Физические процессы, сопровождающие работу ядерного реактора	РД2, РД3, РД4	Лекции	16
		Практические занятия	16
		Лабораторные занятия	—
		Самостоятельная работа	40
Раздел 3. Управление ядерной энергетической установкой и условия безопасной эксплуатации	РД2, РД3, РД4	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	—
		Самостоятельная работа	20

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Нейтронно-физические процессы в активной зоне ядерного реактора

Цепная реакция и коэффициент размножения нейтронов. Условие критичности и подкритичности реактора. Характеристики нестационарного нейтронного поля. Единицы реактивности. Параметры, определяющие мощность реактора и скорость ее изменения. Элементарное уравнение кинетики. Период реактора. Замедление и диффузия нейтронов в реакторе. Запаздывающие нейтроны. Фотонейтроны. Характеристики и типы источников нейтронов в подкритическом реакторе. Стационарная плотность нейтронов в подкритическом реакторе. Влияние запаздывающих нейтронов на уравнения кинетики. Примеры решений уравнений кинетики.

Темы лекционных занятий:

1. Цепная реакция и коэффициент размножения нейтронов. Условие критичности и подкритичности реактора. Характеристики нестационарного нейтронного поля. Единицы реактивности.
2. Параметры, определяющие мощность реактора и скорость ее изменения. Элементарное уравнение кинетики. Период реактора.
3. Замедление и диффузия нейтронов в реакторе. Запаздывающие нейтроны. Фотонейтроны.
4. Характеристики и типы источников нейтронов в подкритическом реакторе. Стационарная плотность нейтронов в подкритическом реакторе. Влияние запаздывающих нейтронов на уравнения кинетики. Примеры решений уравнений кинетики.

Темы практических занятий:

1. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Радиоактивное равновесие.
2. Ядерные реакции и нейтронное поле в реакторе.
3. Цепная реакция деления, коэффициент размножения и реактивность реактора.
4. Спектр нейтронов в групповом приближении. Энергетические и кинетические характеристики групп нейтронов.

Раздел 2. Физические процессы, сопровождающие работу ядерного реактора

Нестационарные процессы в подкритическом реакторе. Реакция нейтронного поля на изменение реактивности. Переходные процессы при мгновенном изменении реактивности.

Критичность на запаздывающих нейтронах. Полный запас реактивности реактора. Влияние выгорания и зашлаковывания ядерного топлива на запас реактивности. Воспроизводство ядерного топлива и его влияние на запас реактивности. Коэффициент воспроизводства ядерного топлива. Схема воспроизводства плутония-239. Накопление актиноидов в реакторе. Стационарное и не стационарное отравление реактора ксеноном. Влияние отравления ксеноном на реактивность. Йодная яма. Зависимость параметров йодной ямы от режимов работы ядерного реактора. Выход из йодной ямы после вынужденной остановки реактора. Стационарное и не стационарное отравление реактора самарием. Влияние отравления самарием на реактивность. «Самариевая смерть» реактора. Мощностной и температурный эффект реактивности. Устойчивость работы реактора на мощности.

Темы лекционных занятий:

5. Нестационарные процессы в подкритическом реакторе.
6. Реакция нейтронного поля на изменение реактивности. Переходные процессы при мгновенном изменении реактивности. Критичность на запаздывающих нейтронах.
7. Полный запас реактивности реактора. Влияние выгорания и зашлаковывания ядерного топлива на запас реактивности.
8. Воспроизводство ядерного топлива и его влияние на запас реактивности. Коэффициент воспроизводства ядерного топлива. Схема воспроизводства плутония-239. Накопление актиноидов в реакторе.
9. Стационарное и нестационарное отравление реактора ксеноном. Влияние отравления ксеноном на реактивность.
10. Йодная яма. Зависимость параметров йодной ямы от режимов работы ядерного реактора. Выход из йодной ямы после вынужденной остановки реактора.
11. Стационарное и нестационарное отравление реактора самарием. Влияние отравления самарием на реактивность. «Самариевая смерть» реактора.
12. Мощностной и температурный эффект реактивности. Устойчивость работы реактора на мощности.

Темы практических занятий:

5. Мощностные характеристики реактора. Профилирование параметров энерговыделения в активной зоне реактора.
6. Подкритическое и критическое состояние реактора.
7. Надкритическое состояние реактора.
8. Выгорание и воспроизводство ядерного топлива.
9. Зашлаковывание реактора.
10. Отравление реактора ксеноном.
11. Отравление реактора самарием.
12. Эффекты реактивности.

Раздел 3. Управление ядерной энергетической установкой и условия безопасной эксплуатации
--

Поглотители нейтронов. Компенсирующие стержни и их параметры. Влияние компенсирующих стержней на профиль нейтронного поля. Кампания реактора. Энергозапас и энерговыработка реактора. Перегрузка топлива. Общий и оперативный запас реактивности. Выгорающие поглотители нейтронов. Влияние типов и геометрии выгорающих поглотителей на запас реактивности реактора. Ядерная и радиационная безопасность ядерного реактора. Классификация ядерных аварий. Устойчивость и самозащитенность ядерного реактора.

Темы лекций:

13. Поглотители нейтронов. Компенсирующие стержни и их параметры. Влияние компенсирующих стержней на профиль нейтронного поля.
14. Кампания реактора. Энергозапас и энерговыработка реактора. Перегрузка топлива. Общий и оперативный запас реактивности.
15. Выгорающие поглотители нейтронов. Влияние типов и геометрии выгорающих поглотителей на запас реактивности реактора.
16. Ядерная и радиационная безопасность ядерного реактора. Классификация ядерных аварий. Устойчивость и самозащищенность ядерного реактора.

Темы практических занятий:

13. Расчет положения компенсирующих стержней, стержней автоматического регулирования и стержней аварийной защиты при различных режимах работы реактора.
14. Кривая энерговыработки.
15. Выгорающие поглотители и борное регулирование.
16. 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 контроля и промежуточной аттестации	Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

	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 2019 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 «28» июня 2019 г. № 16).

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


подпись /Горюнов А.Г./

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЯТЦ (протокол)
2020/2021 учебный год	1. Изменено содержание разделов рабочей программы дисциплины: - обновлено учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины, в том числе ссылки на ЭБС; - обновлён состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.	От 25.06.2020 г. № 28-д
	2. Скорректированы разделы «Цели освоения дисциплины», «Планируемые результаты обучения по дисциплине».	