

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЯДЕРНЫХ
ПАРОПРОИЗВОДЯЩИХ УСТАНОВОК**

Направление подготовки/ специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Nuclear Science and Technology / Ядерные физика и технологии		
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

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

	А.Г. Горюнов
	В.В. Верхотурова
	М.С. Кузнецов
	А.Г. Наймушин

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)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	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 иностранным языком (английским) на высоком уровне для осуществления коммуникации в процессе профессиональной деятельности
				УК(У)-4.3У1	Умеет использовать полученные навыки владения иностранным языком (английским) в процессе освоения современных технологий, связанных с направлением подготовки
				УК(У)-4.3З1	Знает современные методы и подходы к построению презентационных докладов на иностранном языке (английском), при учете принятых в международной среде особенностей
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)-4.1В15	Владеть опытом получения информации профессионального назначения о реакторной установке в объеме необходимом для анализа условий безопасной эксплуатации
				ПК(У)-4.1У15	Умеет осуществлять грамотную и безаварийную эксплуатацию реакторного оборудования АЭС на основе технических данных и физических характеристик реактора и вспомогательного оборудования
				ПК(У)-4.1З14	Знает взаимосвязь конструктивного исполнения отдельных элементов ЯПТУ с физическими характеристиками, маневренными качествами и надежностью ядерных реакторов
ПК(У)-9	Способен самостоятельно выполнять экспериментальные или теоретические исследования для решения научных и производственных задач с использованием современной техники, методов расчета и проведения исследования	И.ПК(У)-9.1	Проводит критический анализ работы существующих ядерных установок и использует данные анализа при проектировании перспективных ядерных установок, технологий и оборудования	ПК(У)-9.1В3	Владеть навыками расчета динамических процессов, протекающих в активной зоне ядерного реактора
				ПК(У)-9.1У6	Умеет решать практические задачи по расчёту текущего значения нейтронной мощности реактора по измеренной величине установившегося 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
				ПК(У)-9.1З7	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

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 знания методологии нейтронно-физического расчета активной зоны реакторной установки с целью оценки отклонения ее работы от режимов нормальной эксплуатации.	И.УК(У)-4.3 И.ПК(У)-4.1 И.ПК(У)-9.1
РД 2	Способен анализировать и исследовать процессы, протекающие в активной зоне реакторной установки и определяющие ее поведение в стационарных и нестационарных переходных режимах работы.	И.УК(У)-4.3 И.ПК(У)-4.1 И.ПК(У)-9.1
РД 3	Способен применять расчетные и экспериментальные методы определения эффектов реактивности при пуске и выводе реакторной установки на мощность и в режимах маневрирования мощности.	И.УК(У)-4.3 И.ПК(У)-4.1 И.ПК(У)-9.1

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. Основы элементарной кинетики реакторных установок	РД1	Лекции	14
	РД2	Практические занятия	16
	РД3	Самостоятельная работа	25
Раздел 2. Динамические мощностные эффекты реакторных установок	РД1	Лекции	6
	РД2	Практические занятия	8
	РД3	Самостоятельная работа	25
Раздел 3. Динамические эффекты, связанные с изменением нуклидного состава активной зоны ЯППУ	РД1	Лекции	6
	РД2	Практические занятия	4
	РД3	Самостоятельная работа	15
Раздел 4. Кинетика процессов выгорания и воспроизводства ядерного топлива	РД1	Лекции	6
	РД2	Практические занятия	4
	РД3	Самостоятельная работа	15

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Основы элементарной кинетики реакторных установок

В разделе рассматриваются физические основы кинетических процессов ядерных паропроизводящих установок. Так же в разделе представлены основные закономерности изменения мощности реакторной установки в установившемся и переходном режиме, с учетом влияния запаздывающих нейтронов на размножающие свойства активной зоны.

Темы лекционных занятий:

1. Введение в кинетику ЯР. Понятие реактивности. Допущения при построении кинетической модели ЯР.
2. Элементарное уравнение кинетики.
3. Запаздывающие нейтроны. Источники и групповое разделение запаздывающих нейтронов. Среднее время жизни нейтрона в ЯР.
4. Влияние запаздывающих нейтронов на кинетику ЯР.
5. Нестационарное уравнение диффузии с учетом запаздывающих нейтронов.
6. Закономерности изменения плотности потока нейтронов реактора в переходном режиме разгона.
7. Математический анализ кинетики реактора при вводе положительной и отрицательной реактивности различной величины.

Темы практических занятий:

1. Реактивность. Единицы измерения реактивности.
2. Период реактора. Период удвоения реактора.
3. Источники запаздывающих нейтронов.
4. Определение диффузионно-возрастных характеристик материалов с учетом наличия запаздывающих нейтронов.
5. Параметры, определяющие мощность реактора и скорость ее изменения.
6. Подкритическое состояние реактора. Ввод отрицательной реактивности.
7. Критическое состояние реактора.
8. Надкритическое состояние реактора. Ввод положительной реактивности.

Раздел 2. Динамические мощностные эффекты реакторных установок

Раздел посвящен изучению динамических эффектов реакторных установок, связанных с изменением температуры при выходе реактора на мощность. Детально рассматриваются вопросы, связанные с плотностным, ядерным и геометрическим температурным эффектом реактивности.

Темы лекционных занятий:

8. Температурный эффект реактивности. Температурный коэффициент реактивности.
9. Разделение температурного коэффициента реактивности на составляющие. Ядерный температурный коэффициент реактивности. Плотностной температурный коэффициент реактивности. Геометрический температурный коэффициент реактивности.
10. Изотермические температурные эффекты. Динамические температурные эффекты. Мощностной эффект реактивности и его связь с расходом теплоносителя. Температурный эффект реактивности в реакторах на быстрых нейтронах. Саморегулирование ядерного реактора.

Темы практических занятий:

9. Температурный эффект реактивности.
10. Температурный коэффициент реактивности.
11. Мощностной эффект реактивности.

Раздел 3. Динамические эффекты, связанные с изменением нуклидного состава активной зоны ЯППУ

В разделе отражены эффекты снижения запаса реактивности ЯППУ связанные с образованием отравителей и шлаков в процессе эксплуатации реактора. Кроме того, рассматриваются как стационарные, так и динамические особенности образования шлаков и отравителей.

Темы лекционных занятий:

11. Стационарное отравление ксеноном. Нестационарное отравление ксеноном. Йодная яма.
12. Стационарное отравление самарием. Нестационарное отравление самарием. Прометиевый провал.
13. Шлакование ядерного реактора. Динамика образования шлаков. Разделение шлаков на группы.

Темы практических занятий:

12. Отравление ядерного реактора.
13. Шлакование ядерного реактора.

Раздел 4. Кинетика процессов выгорания и воспроизводства ядерного топлива

Раздел связан с особенностями процесса выгорания и воспроизводства ядерного топлива. Представленные зависимости позволяют производить анализ изменения эффективного коэффициента размножения и коэффициента воспроизводства ядерного топлива. Кроме того, в разделе затронуты вопросы, связанные с расчетом глубины выгорания ядерного топлива и методами его повышения.

Темы лекционных занятий:

14. Кинетика изменения нуклидного состава топлива. Метод Эйлера.
15. Выгорание ядерного топлива. Глубина выгорания. Выгорающие поглотители.
16. Изменение эффективного коэффициента размножения во времени. Коэффициент воспроизводства

Темы практических занятий:

14. Выгорание ядерного топлива.

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;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, 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. 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/10.1007/978-3-319-59560-3> (дата обращения: 20.09.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
2. Yoshiaki, O. Nuclear Reactor Design / O. Yoshiaki. - New York: Springer, 2014. - 337 p.
- Текст: электронный // SpringerLink. — URL:

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-4-431-54898-0> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

3. Oka Y. Nuclear Reactor Design / Y. Oka. – Tokyo : Springer, 2014. – 327 p. – Текст: электронный // SpringerLink. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-4-431-54898-0> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная литература:

1. Shimjith, S. R. Modeling and control of a large nuclear reactor / S. R. Shimjith, A. P. Tiwari, B. Bandyopadhyay. – New York : Springer, 2010. – 327 p. - Текст: электронный // SpringerLink. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-30589-4> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

6.2. Информационное 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. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>.
3. Росатом, Госкорпорация (полный цикл в сфере атомной энергетики и промышленности, Москва) <http://www.rosatom.ru/>
4. Концерн Росэнергоатом, ОАО (компания, эксплуатирующая АЭС России, Москва) <http://www.rosenergoatom.ru/>
5. The official website of the engineering division of Rosatom State Corporation: <https://www.ase-ec.ru/en/products-and-services/design-of-npp/>
6. Институт атомной энергии <http://www.iaea.kz/index.php/ru/the-community>
7. Информационно-аналитический портал для специалистов атомной отрасли) <http://www.nuclear.ru/>
8. The International Atomic Energy Agency <https://www.iaea.org/>
9. Электронный курс на платформе LMS Moodle: “Nuclear Reactor Physics Basics” <https://ru.coursera.org/learn/nuclear-reactor-physics-basics>
10. Электронный курс на платформе LMS Moodle: “Neutron Science and Reactor Physics” <https://ocw.mit.edu/courses/nuclear-engineering/22-05-neutron-science-and-reactor-physics-fall-2009/index.htm>
11. Reactor Physics <https://www.reactor-physics.com/>

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

Программное обеспечение не используется

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.	Доска аудиторная настенная - 3 шт.; Комплект учебной мебели на 36 посадочных мест; Проектор - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.

	Томск, Ленина проспект, д. 2б, 432А	
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634067, Томская область, г. Томск, Кузовлевский тракт, 48, строен. 2, ИРТ	Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест Промышленный компьютер Группа К - 3 шт.; Универсальный сканирующий спектрофотометр СПЕКС ССП 715-1 - 1 шт.; Анализатор вольтамперометрический TA-Lab - 1 шт.; Рентгеновский дифрактометр XRD-7000S - 1 шт.; Цифровой комплекс позитронной спектроскопии - 1 шт.; Калибратор активности радионуклидов на базе дозкалибратора ATOMLAB 500+ - 1 шт.;

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Nuclear Science and Technology», специализация «Nuclear Power Engineering» по направлению 14.04.02 Ядерные физика и технологии (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	ФИО
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Кузнецов М.С.

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

 /Горюнов А.Г./
подпись

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».	