

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТИ

Долматов О.Ю.

«25» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

УПРАВЛЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЯППУ

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	

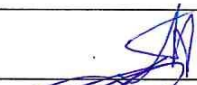
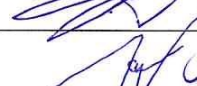
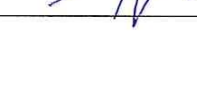
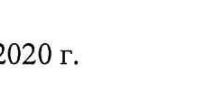
Вид промежуточной
аттестации

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 полученными знаниями по иностранному языку (английскому) на достаточном уровне в своей будущей профессиональной деятельности
				УК(У)-4.3У1	Умеет воспринимать на слух аутентичные аудио- и видео материалы, связанные с направлением подготовки
				УК(У)-4.3З1	Знает основы структурирования доклада и подготовки презентаций на иностранном языке (английском), принятых в международной среде
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)-4.1В12	Владеет опытом построения и проведения нейтронно-физических расчетов реактивностных и энергетических параметров ядерного реактора, расчетов коэффициентов неравномерности энерговыделения, обработки результатов этих расчетов и экспериментов, интерпретации полученных результатов в рамках изученных закономерностей
				ПК(У)-4.1У12	Умеет применять законы кинетики и динамики ядерных реакторов для прогнозирования протекания нестационарных процессов в ядерных установках, рассчитывать реактивностные параметры, эффективности органов регулирования, эффекты интерференции
				ПК(У)-4.1З11	Знает понятия реактивности, периода реактора, методiku и способы расчета основных нейтронно-физических характеристик реактора, методы и программы расчета распределений плотности потока нейтронов и энерговыделения по радиусу ячейки реактора, методы и способы расчета основных нейтронно-физических характеристик реактора, методы и программы расчета распределений плотности потока нейтронов по объему реактора
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)-9.1В1	Владеет опытом проведения расчетов и измерений на ядерно-физических установках, навыками обработки результатов этих измерений, опытом интерпретации полученных результатов в рамках изучаемых закономерностей
				ПК(У)-9.1У1	Умеет применять законы кинетики для прогнозирования нестационарных процессов в ядерных реакторах, рассчитывать внутренние обратные связи в реакторе (температурные, мощностные, плотностные эффекты и коэффициенты реактивности)
				ПК(У)-9.1З1	Знает особенности и потенциальную опасность нестационарных процессов в ядерных реакторах, роль запаздывающих нейтронов, понятие реактивности, внутренние обратные связи в реакторе, их стабилизирующая и дестабилизирующая роль, коэффициенты и эффекты 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	И.УК(У)-4.3 И.ПК(У)-4.1 И.ПК(У)-9.1
РД 2	Способен выполнять расчеты нейтронно-физических характеристик реакторных установок	И.УК(У)-4.3 И.ПК(У)-4.1 И.ПК(У)-9.1
РД 3	Способен анализировать параметры безопасной эксплуатации ядерных установок	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. Задачи управления. Кинетика ядерного реактора.	РД1	Лекции	14
	РД2	Практические занятия	16
	РД3	Самостоятельная работа	25
Раздел 2. Динамика ядерного реактора в вопросах безопасности	РД1	Лекции	6
	РД2	Практические занятия	8
	РД3	Самостоятельная работа	25
Раздел 3. Перегрузки топлива. Опыт крупных аварий	РД1	Лекции	6
	РД2	Практические занятия	4
	РД3	Самостоятельная работа	15
Раздел 4. Системы безопасности АЭС	РД1	Лекции	6
	РД2	Практические занятия	4
	РД3	Самостоятельная работа	15

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Задачи управления. Кинетика ядерного реактора.

Особенности управления ядерным реактором. Задачи управления. Физические эффекты при формировании управленческих воздействий. Технологии управления. Система управления и защиты, расчет эффективности управляющих стержней. Нейтронные детекторы. Кинетика реактора. Энергетические параметры ядерного реактора. 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. 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 лекционных занятий:

1. Задачи управления. Физические эффекты при формировании управленческих воздействий. Технологии управления. Система управления и защиты, расчет эффективности управляющих стержней. Нейтронные детекторы. Кинетика реактора.
2. Уравнения кинетики точечной модели реактора. Основные понятия кинетики реактора. Энергетические параметры ядерного реактора.
3. Точечная модель кинетики реактора. Особенности кинетики, связанные с запаздывающими нейтронами. Уравнения кинетики для стационарного реактора. Модель кинетики с одной группой запаздывающих нейтронов.
4. Модель кинетики с шестью группами запаздывающих нейтронов.
5. Приближение мгновенного скачка. Управление реактором по заданному закону изменения мощности.
6. Кинетика подкритического реактора. Источники нейтронов. Пуск подкритического реактора. Устанавливаемая в подкритическом реакторе плотность нейтронов. Переходные процессы при изменениях степени подкритичности реактора.
7. Время практического установления подкритической плотности нейтронов. Кинетика подкритического реактора. Правила ядерной безопасности. Процедура ступенчатого пуска.

Темы практических занятий:

1. Расчет характеристик органов регулирования
2. Динамические расчеты. Градуировка ОР методом перекомпенсации.
3. Подкритическое состояние реактора ВВЭР-1000.
4. Изучение поведения реактора ВВЭР-1000 в надкритическом состоянии.
5. Исследование поведения ядерного реактора при скачкообразном увеличении реактивности.
6. Исследование поведения ядерного реактора при скачкообразном уменьшении реактивности.
7. Исследование поведения ядерного реактора при линейном росте реактивности.
8. Исследование поведения ядерного реактора при больших скачках реактивности.

Раздел 2. Динамика ядерного реактора в вопросах безопасности

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 лекционных занятий:

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

Ксеноновые колебания.

10. 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:

9. Определение эффектов и коэффициентов реактивности.
10. Измерение реактивности реактора ВВЭР-1000 методом асимптотического периода.
11. Изучение поведения реактора ВВЭР-1000 при отравлении ксеноном-135.

Раздел 3. 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. Опыт крупных аварий на ядерных реакторах. О концепции внутренней (естественной) безопасности ядерных реакторов

Темы лекционных занятий:

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

Темы практических занятий:

12. Мощность подкритического реактора при наличии внутреннего источника нейтронов.
13. Связь изменения мощности и реактивности реактора.

Раздел 4. Системы безопасности АЭС

Общие требования к обеспечению безопасности АЭС. Классификация барьеров безопасности в соответствии с международными требованиями. Системы безопасности реакторного отделения. Обеспечение радиационной безопасности АЭС. Системы безопасности проекта АЭС-2006.

Темы лекционных занятий:

14. Классификация барьеров безопасности АЭС.
15. Системы безопасности реакторного отделения АЭС.
16. Обеспечение радиационной безопасности АЭС.

Темы практических занятий:

14. Активные и пассивные системы безопасности АЭС.

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.iae.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. Томск, Ленина проспект, д. 26, 432А	Доска аудиторная настенная - 3 шт.; Комплект учебной мебели на 36 посадочных мест; Проектор - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.
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 ТА-Lab - 1 шт.; Рентгеновский дифрактометр XRD-7000S - 1 шт.; Цифровой комплекс позитронной спектроскопии - 1 шт.; Калибратор активности радионуклидов на базе дозкалибратора АТОMLAB 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



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».	