

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

УТВЕРЖДАЮ

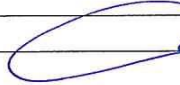
Директор ИЯТШ

 Долматов О.Ю.
«25» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ 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	1	семестр	1
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	4		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	24	
	Практические занятия	24	
	Лабораторные занятия	-	
	ВСЕГО	48	
Самостоятельная работа, ч		96	
ИТОГО, ч		144	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ ИЯТШ
Зав. кафедрой-руководитель			А.Г. Горюнов
ОЯТЦ на правах кафедры			В.В. Верхотурова
Руководитель ООП			О.Ю. Долматов
Преподаватель			

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 обучения	
		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)-4.2	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
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
				ОПК(У)-2.1З1	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)-4.1В6	Владеет навыками решения конкретных задач для сравнительных оценок в ситуационных обстоятельствах и при принятии альтернативных решений
				ПК(У)-4.1У6	Умеет производить приближенный или оценочный инженерный расчет оборудования, показателей станции
				ПК(У)-4.1З6	Знает основные направления создания принципиально новых ядерных реакторов и энергетических установок, отвечающих современным требованиям безопасности и экологии
				ПК(У)-4.1В7	Владеет навыками проведения расчета эффективности и компоновки системы

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов обучения	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
					управления и защиты реактора
				ПК(У)-4.1У7	Умеет применять методики инженерных расчетов процессов в ядерных реакторах и энергетических установках
ПК(У)-5	Способен использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, конденсированного состояния вещества, экологии в объеме, достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза реальных идей, творческого самовыражения	И.ПК(У)-5.1	Использует теоретические знания и умения в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, конденсированного состояния вещества, экологии для самостоятельного комбинирования и синтеза реальных идей, творческого самовыражения	ПК(У)-5.1В3	Владеет навыками применения полученных знаний для конструирования в условиях отсутствия стандартных наработок
				ПК(У)-5.1У3	Умеет применять методики расчётов, сопровождающих процесс конструирования реакторов
				ПК(У)-5.1У4	Умеет применять полученные знания для определения оптимальных сочетаний материалов активной зоны в зависимости от назначения и типа энергетических установок, а также аргументировать принятые решения
				ПК(У)-5.1З3	Знает существующие конструкции ядерных реакторов в целом и их конструкционные элементы
				ПК(У)-5.1З4	Знает основные типы, классы и группы материалов, их составы и свойства (ядерное топливо, теплоносители, замедлители, конструкционные материалы, материалы защиты)
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)-8.1У2	Умеет анализировать конструкторские решения разработанных и создаваемых энергетических установок
				ПК(У)-9.1З5	Знает принципиальные конструктивные решения узлов и элементов активной зоны реактора и реакторной установки в целом
		И.ПК(У)-9.2	Использует современные численные методы и профессиональные расчетные пакеты прикладных программ при проектировании перспективных ядерных установок, технологий и оборудования	ПК(У)-9.2У4	Умеет применять методы моделирования, расчета и экспериментальных исследований при разработке новых ядерных реакторов и энергетических установок
				ПК(У)-9.2З2	Знает поведение различных материалов ядерных реакторов и энергетических установок в условиях воздействия ионизирующих излучений и сложных температурных полей

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	Владение и способность использовать основную терминологию в области ядерной физики и технологии на английском языке, способность презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности.	И.УК(У)-4.2 И.УК(У)-4.3
РД2	Способность применять глубокие математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для проведения теоретических и экспериментальных исследований в области использования ядерной науки и техники.	И.ПК(У)-4.1 И.ПК(У)-5.1
РД3	Способность определять, формулировать и решать междисциплинарные инженерные задачи в ядерной области с использованием профессиональных знаний и современных методов исследования.	И.ПК(У)-9.1
РД4	Умение использовать основные и специальные подходы, навыки и методы для идентификации, анализа и решения технических проблем в ядерной науке и технике.	И.ПК(У)-9.2
РД5	Способность использовать творческий подход для разработки новых идей и методов проектирования объектов ядерного комплекса, а также модернизировать и совершенствовать применяемые технологии ядерного производства.	И.ОПК (У)-2.1

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. Строение материалов	РД1, РД2	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	16
Раздел 2. Механические, физические и химические свойства металлов и сплавов	РД1, РД2	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел 3. Общие требования к материалам и конструкциям ядерных реакторов	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел 4. Основные механизмы терморadiационного повреждения	РД1, РД2, РД4	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	16
Раздел 5. Ядерное топливо	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	4
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	16
Раздел 6. Теплоносители	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел 7. Замедлители	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел 8. Конструкционные материалы активной зоны реактора	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел 9. Поглощающие материалы	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Строение материалов

Атомно-кристаллическое строение материалов. Типы межатомной связи. Анизотропия. Полиморфизм. Виды несовершенств кристаллов.

Темы лекционных занятий:

1. Строение материалов.

2. Дефекты кристаллической структуры. Диффузия в кристаллических телах

Темы практических занятий:

1. Индексы Миллера.
2. Расчет параметров кристаллических решеток.

Раздел 2. Механические, физические, химические свойства металлов и сплавов

Упругая и пластическая деформация. Пластичное и хрупкое состояние металлов. Пределы пропорциональности, упругости, прочности. Относительные удлинение и сужение. Методы измерения механических свойств. Теплопроводность, теплоемкость и тепловое расширение металлов и сплавов. Явление коррозии металлов и сплавов

Темы лекционных занятий:

3. Механические, физические, химические свойства металлов и сплавов

Темы практических занятий:

3. Методы измерений механических свойств.

Раздел 3. Общие требования к материалам и конструкциям ядерных реакторов

Механические, тепловые, прочностные, коррозионные требования, предъявляемые к различным материалам и конструкциям ядерных реакторов.

Темы лекционных занятий:

4. Общие требования к материалам и конструкциям ядерных реакторов.

Темы практических занятий:

4. Требования к материалам в различных конструкциях ядерных реакторов.

Раздел 4. Основные механизмы терморadiационного повреждения
--

Классификация радиационных повреждений. Основные свойства точечных дефектов. Основные радиационные эффекты. Радиационная стойкость и радиационный ресурс.

Темы лекционных занятий:

5. Основные механизмы терморadiационного повреждения.
6. Основные радиационные эффекты.

Темы практических занятий:

5. Модели радиационного повреждения.

Раздел 5. Ядерное топливо

Определение и основные требования к ядерному топливу. Виды ядерного топлива и топливные циклы. Энерговыворотка и глубина выгорания. Продукты деления и изменение нуклидного состава топлива. Структура и свойства металлического урана. Керамическое топливо.

Темы лекционных занятий:

7. Определение и основные требования к ядерному топливу. Керамическое ядерное топливо
8. Металлическое и дисперсионное ядерное топливо.

Темы практических занятий:

6. Расчет основных параметров ядерного топлива.

7. Продукты деления и изменение нуклидного состава топлива.
8. Опыт эксплуатации керамического, металлического и дисперсного ядерного топлива.

Раздел 6. Теплоносители

Требования, предъявляемые к теплоносителям. Основные виды теплоносителей. Рабочие параметры теплоносителей. Затраты на прокачку. Требования к водному теплоносителю. Газовые теплоносители. Жидкометаллические теплоносители.

Темы лекционных занятий:

9. Основные требования, предъявляемые к теплоносителю. Водные, газовые и жидкометаллические теплоносители.

Темы практических занятий:

9. Опыт эксплуатации водных, жидкометаллических и водных теплоносителей.

Раздел 7. Замедлители

Общие требования к замедлителям. Свойства графита и его радиационная стойкость. Особенности реакторов с графитовым замедлителем. Характеристики бериллия, проблемы и перспективы его использования в ядерной энергетике. Замедляющие свойства тяжелой и легкой воды.

Темы лекционных занятий:

10. Общие требования к замедлителям. Замедляющие свойства графита и бериллия. Замедляющие свойства тяжелой и легкой воды.

Темы практических занятий:

10. Опыт эксплуатации графита, бериллия, тяжелой и легкой воды в качестве замедлителей.

Раздел 8. Конструкционные материалы активной зоны реактора

Сплавы магния, алюминия и циркония. Аустенитные нержавеющие стали. Жаропрочные и тугоплавкие сплавы, их ядерно-физические, теплофизические и механические характеристики.

Темы лекционных занятий:

11. Применение сплавов магния, алюминия, циркония, нержавеющих аустенитных сталей в реакторном машиностроении.

Темы практических занятий:

11. Ядерно-физические, теплофизические и механические характеристики жаропрочных и тугоплавких сталей.

Раздел 9. Поглощающие материалы

Поглощающие материалы и их свойства. Формы использования поглотителей.

Темы лекционных занятий:

12. Поглощающие материалы и их свойства.

Темы практических занятий:

12. Формы использования поглотителей.

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;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Mittemeijer E. J. Fundamentals of Materials Science / E. J. Mittemeijer. – Berlin: Springer, 2011 – 608 p. – Текст: электронный // SpringerLink. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-10500-5> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
2. Was G.S. Fundamentals of Radiation Materials Science. Metals and Alloys /G. S. Was. – 2 edition. - Berlin: Springer, 2017 – 1014 p. – Текст: электронный // SpringerLink. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4939-3438-6> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная литература:

1. 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.
2. 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 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. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>.
3. MIT website – Nuclear Systems Design Project: <https://ocw.mit.edu/courses/nuclear-engineering/22-033-nuclear-systems-design-project-fall-2011/>
4. Coolprop website – properties of substances: <http://www.coolprop.org/>
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. The official website of World Nuclear Association: <https://www.world-nuclear.org/>
The official website of International Atomic Energy Agency: <https://www.iaea.org>

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. Design Science MathType 6.9 Lite;
6. Far Manager;

7. Google Chrome;
8. Notepad++;
9. WinDjView.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

№	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, 248	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для документов - 10 шт.; Тумба подкатная - 5 шт.; Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест; Компьютер - 2 шт.; Принтер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

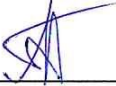
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.04.02 Ядерные физика и технологии, специализация «Nuclear Power Engineering» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	ФИО
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Долматов О.Ю.

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


 _____ /Горюнов А.Г./
 подпись