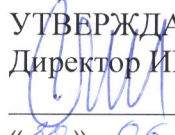


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШЭ
 (Матвеев А.С.)
« 30 » 06 2020 г.

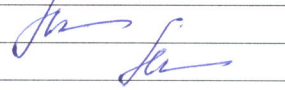
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Ядерные топливные циклы нового поколения			
Направление подготовки/ специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг		
Специализация	Проектирование и эксплуатация атомных станций		
Уровень образования	высшее образование - специалитет		
Курс	5	семестр	9
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	32	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	64	
Самостоятельная работа, ч		152	
ИТОГО, ч		216	

Вид промежуточной аттестации

экзамен	Обеспечивающее подразделение	НОЦ И.Н.Бутакова
---------	------------------------------	---------------------

Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ И.Н. Бутакова
на правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

	Заворин А.С.
	Воробьев А.В.
	Воробьев А.В.

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
ПК(У)-7	Способен анализировать и рассчитывать ядерно-физические и нейтронно-физические процессы реакторных установок в стационарных и нестационарных режимах работы	И.ПК(У)-7.1	Анализирует и рассчитывает нейтронно-физические процессы в активной зоне ядерных реакторов	ПК(У)-7.1В1	Владеет опытом анализа и расчета нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов
				ПК(У)-7.1У1	Умеет анализировать и рассчитывать нейтронно-физические процессы в активной зоне ядерных реакторов
				ПК(У)-7.1З1	Знает закономерности протекания нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерного реактора и методы нейтронно-физического расчета

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		
Код	Наименование	Индикатор достижения компетенции
РД1	Знать состав ядерных установок и назначение основных элементов	И.ПК(У)-7.1
РД2	Знать спектры нейтронов в реакторе и определение их основных характеристик; основы процессов диффузии и замедления нейтронов в различных средах	И.ПК(У)-7.1
РД3	Способен проводить нейтронно-физические, теплогидравлические и другие расчеты оборудования и систем АС в стационарных режимах	И.ПК(У)-7.1
РД4	Уметь составлять математические модели процессов изменения нуклидного состава, протекающих в активной зоне реактора; определять физически обоснованные упрощения основных уравнений, в том числе и переноса нейтронов; работать со справочной литературой по нахождению ядерно-физических характеристик	И.ПК(У)-7.1

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. Ядерная энергетическая установка	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	26
Раздел 2. Теоретические основы ядерной энергетики	РД1	Лекции	6
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	28
Раздел 3. Ядерные топливные циклы	РД2	Лекции	4
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	16
Раздел 4. Торий и его соединения	РД2	Лекции	4
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	16
Раздел 5. Торий для ядерных энергетических установок	РД3	Лекции	6
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	28
Раздел 6. Ядерно-физические параметры ториевого и уранового циклов в сравнении	РД4	Лекции	4
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	26
Раздел 7. Открытый торий-плутониевый ЯТЦ на базе серийных легководных реакторов	РД4	Лекции	4
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Ядерная энергетическая установка

Общие сведения о ядерных энергетических установках (ЯЭУ). Основные элементы ЯЭУ. Характеристики существующих реакторных установок. Безопасность и надежность ядерных реакторов. Реакторные установки нового поколения.

Темы лекций:

1. Общие сведения о ядерных энергетических установках.
2. Реакторные установки нового поколения.

Темы практических занятий:

1. Сравнительные характеристики реакторов различного типа.

Названия лабораторных работ:

1. Моделирование теплообменных процессов в ядерном реакторе.
2. Теплотехническая надежность ядерного реактора.

Раздел 2. Теоретические основы ядерной энергетики

Общие сведения. Выделение энергии при делении. Распределение энерговыделения в активной зоне реактора. Вероятность процесса деления. Замедление нейтронов. Нейтронный цикл. Коэффициент размножения нейтронов. Утечка нейтронов и критические размеры активной зоны. Особенности нейтронно-физического расчета реактора.

Темы лекций:

3. Общие сведения. Выделение энергии при делении.
4. Коэффициент размножения и нейтронный цикл.
5. Особенности нейтронно-физического расчета реактора.

Темы практических занятий:

2. Физико-энергетические характеристики атомных ядер.
3. Плотность потока и интенсивность ионизирующего излучения.

Названия лабораторных работ:

3. Выравнивание энерговыделения в реакторе.
4. Методы приближения температуры на выходе из реактора к максимальной температуре твэла.

Раздел 3. Ядерные топливные циклы

Основные звенья цикла. Ядерный топливный цикл как энергетическая технология (ЯТЦ). Базовые типы ядерных топливных циклов (уран-плутониевый ЯТЦ; рециркуляция плутония или смешанный уран-плутониевый ЯТЦ; уран-ториевый ЯТЦ). Материалы, используемые в ЯТЦ. Обогащение топлива

Темы лекций:

6. Ядерный топливный цикл как энергетическая технология (ЯТЦ).
7. Базовые типы ядерных топливных циклов. Обогащение топлива.

Раздел 4. Торий и его соединения

Химические и физические свойства тория и его соединений. Распространение тория в природе, его минералы. Важнейшие химические соединения тория.

Технологии получения соединений тория. Обогащение торий содержащих руд. Методы очистки химических концентратов тория. Получение диоксида тория. Получение галогенидов тория. Получение металлического тория. Металлотермические методы. Электролитические методы получения тория. Методы получения компактного тория.

Темы лекций:

8. Химические и физические свойства тория и его соединений.
9. Основные технологии получения тория и его соединений.

Названия лабораторных работ:

5. Анализ различных методов получения тория и его соединений.

Раздел 5. Торий для ядерных энергетических установок

Ядерные, физические, теплофизические и механические свойства топливных материалов на основе тория. Радиационные эффекты. Влияние облучения на металлический торий, на его сплавы и на смешанные керамические соединения.

Радиоактивный распад в торий-урановом топливном цикле и его влияние на радиационную обстановку. Сравнительные свойства ядерного топлива на основе урана и тория (оксидное, карбидное, металлическое). Нейтронно-физические аспекты обращения с уран-ториевыми и

плутоний-ториевыми сплавами.

Темы лекций:

10. Влияние облучения на торий и его соединения.
11. Радиоактивный распад в торий-урановом топливном цикле.
12. Нейтронно-физические аспекты обращения с уран-ториевыми и плутоний-ториевыми сплавами.

Темы практических занятий:

4. Температурный режим твэлов с разным ядерным топливом.
5. Расчеты нуклидного состава и характеристик, связанных с выгоранием топлива

Названия лабораторных работ:

6. Аппроксимация физико-химических характеристик тория и его соединений.

Раздел 6. Ядерно-физические параметры ториевого и уранового циклов в сравнении

Размножающие свойства делящихся элементов уран-ториевого и уран-плутониевого циклов. Ядерно-физические параметры тория и урана- ^{238}U . Размножение на быстрых нейтронах. Накопление продуктов деления. Характеристики ториевых систем на тепловых и промежуточных нейтронах.

Расчеты нуклидного состава и характеристик, связанных с выгоранием топлива, образованием продуктов деления и актиноидов. Сечение для нейтронов тепловых энергий.

Темы лекций:

13. Размножающие свойства делящихся элементов уран-ториевого и уран-плутониевого циклов.
14. Расчеты нуклидного состава и характеристик, связанных с выгоранием топлива.

Темы практических занятий:

6. Эффективный коэффициент размножения нейтронов.
7. Расчеты нуклидного состава отработавшего ядерного топлива.
8. Расчетная оценка размножающих свойств делящихся элементов уран-ториевого и уран-плутониевого циклов.

Названия лабораторных работ:

7. Оценка ядерной безопасности реактора.
8. Оценка радиационной безопасности на отдельных стадиях ядерного топливного цикла.

Раздел 7. Открытый торий-плутониевый ЯТЦ на базе серийных легководных реакторов

Организация торий-плутониевого ЯТЦ на базе серийного ВВЭР-1000. Оптимизация схем загрузки и перемещения топлива в торий-плутониевом ЯТЦ.

Смешанная загрузка легководного реактора под давлением, организация открытого торий-плутониевого ЯТЦ.

Темы лекций:

15. Организация торий-плутониевого ЯТЦ на базе реактора ВВЭР-1000.
16. Организация открытого торий-плутониевого ЯТЦ.

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 Перевод текстов с иностранных языков и презентация информации;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к контрольной работе и экзамену.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Физика ядерных реакторов: потенциал гибридных наработчиков топлива : учебное пособие для вузов / А. Н. Шмелёв, Г. Г. Куликов, Е. Г. Куликов, В. А. Апсэ. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 116 с. — (Университеты России). — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/438020> (дата обращения: 22.07.2020).
2. Красников, П. В. Расчеты физических характеристик ядерных реакторов : учебное пособие / П. В. Красников, С. В. Столотнюк, Я. Д. Столотнюк. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 95 с. — ISBN 978-5-7038-3852-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/58558> (дата обращения: 22.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Климов, Аполлон Николаевич. Ядерная физика и ядерные реакторы : учебник / А. Н. Климов. — 3-е изд., стер.. — Екатеринбург: АТП, 2015. — 350 с.: ил.. — Текст : непосредственный 50 экз.
2. Пронкин, Н. С. Обеспечение безопасности хранилищ радиоактивных отходов предприятий ядерного топливного цикла : учебное пособие / Н. С. Пронкин, Р. Б. Шарафутдинов, В. И. Савандер. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 232 с. — ISBN 978-5-7262-1557-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75762> (дата обращения: 18.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. Росатом, Госкорпорация (полный цикл в сфере атомной энергетики и промышленности, Москва) – <http://www.rosatom.ru/>
2. «Концерн Росэнергоатом», ОАО (компания, эксплуатирующая АЭС России, Москва) – <http://www.rosenergoatom.ru/>
3. Атомстройэкспорт, ЗАО (строительство и эксплуатация АЭС за рубежом, Москва) – <http://www.atomstrovexport.ru/>
4. ИБРАЭ — Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (Москва) – <http://www.ibrae.ac.ru/>
5. НИКИЭТ им. Н. А. Доллежала (Москва) – <http://www.nik.iet.ru/>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

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

1. Microsoft Word 2010;
3. Microsoft Power Point 2010;
4. Excel;
5. Adobe Acrobat X Pro;
6. CorelDraw X7;
7. Free Pascal;
8. Document Foundation LibreOffice;
9. Cisco Webex Meetings\$;
10. Zoom Zoom.

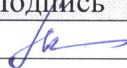
7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

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 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 302	– Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест; – Компьютер - 1 шт.; – Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а,38	– Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест; – Крепление для проектора Perless PRG-UNV - 1 шт.; – Компьютер - 1 шт.; – Проектор - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а,31	– Комплект учебной мебели на 15 посадочных мест; – Шкаф для одежды - 1 шт.; – Шкаф для документов - 1 шт.;Тумба стационарная - 1 шт.; – Стол письменный - 1 шт.; – Компьютер - 16 шт.; – Телевизор - 1 шт.

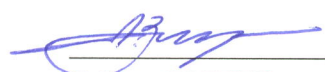
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг специализация «Проектирование и эксплуатация атомных станций» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Подпись	ФИО
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова		А.В. Воробьев

Программа одобрена на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол от 30.05.2019 г. № 29).

Заведующий кафедрой - руководитель
НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры,
д.т.н, профессор

 /А.С. Заворин/
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол)
2020/2021 учебный год	Изменена форма документов основных образовательных программ, в том числе УМК дисциплин	Приказ по ТПУ №127-7/об от 06.05.2020 г.
2020/2021 учебный год	Внесены изменения в разделы учебно-методическое, информационное, программное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины	№ 44 от 26.06.2020 г.