

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

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ИИЭ

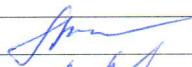
 Матвеев А.С.
 «30» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2018 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Кинетика ядерных реакторов

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		32
	Лабораторные занятия		16
	ВСЕГО		80
Самостоятельная работа, ч			136
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.
		Лавриненко С.В.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
ПК(У)-16	способностью анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы	ПК(У)- 16.В2	Владеет опытом анализа нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов
		ПК(У)- 16.У2	Умеет анализировать нейтронно-физические процессы в активной зоне ядерных реакторов
		ПК(У)- 16.З2	Знает закономерности протекания нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерного реактора
ПК(У)-17	способностью проводить нейтронно-физические и теплогидравлические расчеты ядерных реакторов в стационарных и нестационарных режимах работы	ПК(У)- 17.В1	Владеет опытом расчета нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов
		ПК(У)- 17.У1	Умеет рассчитывать нейтронно-физические процессы в активной зоне ядерных реакторов
		ПК(У)- 17.З1	Знает методы расчета нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов
ПСК(У)-1.4	способностью выполнять теплогидравлические, нейтронно-физические и прочностные расчеты узлов и элементов проектируемого оборудования с использованием современных средств	ПСК(У)-1.4.В4	Владеет опытом использования современных средств расчета нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов
		ПСК(У)-1.4.У4	Умеет использовать современные средства расчета нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов
		ПСК(У)-1.4.З4	Знает современные средства нейтронно-физического расчета активной зоны ядерного 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			Компетенция
Код	Наименование		
РД1	Способность анализировать нейтронно-физические, физико-химические, теплогидравлические, технологические процессы в реакторном, турбинном и другом оборудовании АС		ПК(У)-16
РД2	Способность проводить нейтронно-физические, теплогидравлические и другие расчеты оборудования и систем АС		ПСК(У)-1.4 ПК(У)-17

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	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
--------------------	-----------------------	---------------------------	-------------------

	обучения по дисциплине		
Раздел 1. Элементарная кинетика теплового реактора	РД1	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	20
Раздел 2. Кинетика реактора с учетом запаздывающих нейтронов	РД2	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	22
Раздел 3. Основы кинетики подкритического реактора	РД2	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	38
Раздел 4. Изменения запаса реактивности при работе реактора	РД2	Лекции	6
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	32
Раздел 5. Отравление реактора Хе	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	24

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Элементарная кинетика теплового реактора

Основные допущения элементарной кинетики теплового реактора. Элементарное уравнение кинетики реактора. Мгновенные и запаздывающие нейтроны и их характеристики. Параметры шести групп запаздывающих нейтронов. Среднее время жизни поколения нейтронов в тепловом реакторе. Период реактора, период удвоения мощности и их взаимосвязь.

Темы лекций:

1. Элементарное уравнение кинетики реактора.
2. Параметры шести групп запаздывающих нейтронов.
3. Среднее время жизни поколения нейтронов в тепловом реакторе.
4. Период реактора, период удвоения мощности и их взаимосвязь.

Темы практических занятий:

1. Элементарное уравнение кинетики.
2. Среднее время жизни поколения нейтронов в тепловом реакторе
3. Период реактора, время удвоения мощности
4. Мгновенные и запаздывающие нейтроны и их характеристики.

Названия лабораторных работ:

1. Определение критического положения группы поглощающих стержней
2. Особенности переходных процессов при введении малых и больших реактивностей

Раздел 2. Кинетика реактора с учетом запаздывающих нейтронов

Система ДУ с учётом шести групп запаздывающих нейтронов. ДУ скорости изменения плотности нейтронов. ДУ скоростей изменения эффективных концентраций предшественников запаздывающих нейтронов 6 групп. Решение системы ДУ кинетики. Уравнение обратных часов. Переходные процессы при сообщении реактору отрицательной реактивности. Характер переходных процессов $n(t)$ при $\rho < 0$. Величина начального скачка при отрицательных реактивностях. Предельный темп снижения мощности реактора после завершения начального скачка. Переходные процессы при сообщении реактору

положительных реактивностей. Характер переходных процессов при $\rho > 0$. Мгновенная критичность реактора.

Темы лекций:

5. Система ДУ с учётом шести групп запаздывающих нейтронов.
6. Переходные процессы при сообщении реактору отрицательной реактивности.
7. Переходные процессы при сообщении реактору положительных реактивностей.
8. Управление реактора на малых уровнях мощности

Темы практических занятий:

5. Уравнение обратных часов.
6. Величина начального скачка при отрицательных реактивностях
7. Мгновенная критичность реактора
8. Решение систем дифференциальных уравнений кинетики

Названия лабораторных работ:

3. Определение критической концентрации борного поглотителя.
4. Определение величины начального скачка при большой положительной реактивности

Раздел 3. Основы кинетики подкритического реактора

Источники нейтронов в подкритическом реакторе. Устанавливаемая в подкритическом реакторе плотность нейтронов. Переходные процессы при изменении степени подкритичности реактора. Время практического установления подкритической плотности нейтронов в реакторе после изменения степени подкритичности. Процедура ступенчатого пуска и ядерная безопасность реактора

Темы лекций:

9. Источники нейтронов в подкритическом реакторе.
10. Время практического установления подкритической плотности нейтронов в реакторе после изменения степени подкритичности.
11. Процедура ступенчатого пуска и ядерная безопасность реактора

Темы практических занятий:

9. Определение мощности в подкритическом реакторе
10. Расчет подкритического коэффициента умножения
11. Расчет эффективного коэффициента размножения в подкритическом реакторе

Названия лабораторных работ:

5. Измерение реактивности методом асимптотического периода.

Раздел 4. Изменения запаса реактивности при работе реактора

Понятия общего и оперативного запаса реактивности реактора. Уменьшение запаса реактивности с выгоранием ядерного топлива. Дифференциальное уравнение выгорания урана-235. Энерговыработка реактора. Потери запаса реактивности с выгоранием топлива. Основные характеристики выгорания. Уменьшение запаса реактивности за счёт шлакования ядерного топлива. Количественные меры шлакования. Кинетика роста потерь запаса реактивности за счёт шлакования. Рост запаса реактивности с воспроизводством ядерного топлива. Схема образования и убыли вторичного топлива. Рост запаса реактивности с воспроизводством плутония-239.

Темы лекций:

12. Понятия общего и оперативного запаса реактивности реактора. Уменьшение запаса

реактивности с выгоранием ядерного топлива.

13. Уменьшение запаса реактивности за счёт шлакования ядерного топлива.
14. Использование выгорающих поглотителей.

Темы практических занятий:

12. Определение кампании реактора.
13. Схема образования и убыли вторичного топлива.

Названия лабораторных работ:

6. Основные характеристики выгорания
7. Кинетика роста потерь запаса реактивности за счёт шлакования.

Раздел 5. Отравление реактора Хе

Схема образования и убыли ^{135}Xe и дифференциальные уравнения отравления реактора ксеноном. Стационарное отравление реактора ксеноном. Величина стационарного отравления ксеноном. Зависимость стационарного отравления ксеноном от мощности реактора. Характер роста потерь запаса реактивности из-за отравления ^{135}Xe первоначально разотравленного реактора в первый период работы. Время наступления стационарного отравления реактора. Переотравление после останова реактора («йодная яма»). О соотношении скоростей распада ^{135}I и ^{135}Xe в реакторе. Механизм образования «йодной ямы» после останова. Факторы, определяющие характеристики йодных ям.

Темы лекций:

15. Схема образования и убыли ^{135}Xe и дифференциальные уравнения отравления реактора ксеноном.
16. Переотравление после останова реактора («йодная яма»).

Темы практических занятий:

14. Построение графика отравления реактора ксеноном.
15. Переотравление реактора ксеноном после изменения уровня мощности.
16. Определение соотношения скоростей распада ^{135}I и ^{135}Xe в реакторе.

Темы практических занятий:

8. Время наступления стационарного отравления 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;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Бойко, В. И. Физический расчет ядерного реактора на тепловых нейтронах : учебное пособие для вузов : учебное пособие / В. И. Бойко. — Томск : ТПУ, 2009. — 504 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/10291> (дата обращения: 08.12.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ

2. Копосов, Е. Б. Кинетика ядерных реакторов: методические указания / Е. Б. Копосов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. — 115 с. — ISBN 978-5-7038-4266-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103467> (дата обращения: 08.12.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

3. Широков, С. В. Физика ядерных реакторов : учебное пособие / С. В. Широков. — Минск : Вышэйшая школа, 2011. — 352 с. — ISBN 978-985-06-2006-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/65424> (дата обращения: 23.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Рисованный В.Д., Поглощающие материалы и органы регулирования ядерных реакторов : учебное пособие для вузов / В.Д. Рисованный, А.В. Захаров, Е.П. Клочков. - М. : Издательский дом МЭИ, 2012. - 392 с. - ISBN 978-5-383-00662-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383006627.html> (дата обращения: 08.12.2020). - Режим доступа : по подписке.

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. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/58558>. — для авториз. пользователей.

3. Окунев В.С., Основы прикладной ядерной физики и введение в физику ядерных реакторов : учебное пособие / В.С. Окунев - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - 534 с. (Физика в техническом университете) - ISBN 978-5-7038-3967-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703839676.html> (дата обращения: 08.12.2020). - Режим доступа : по подписке.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. Электронный курс «Кинетика ядерных реакторов». Электронный образовательный ресурс LMS MOODLE. <http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=113>
2. Росатом, Госкорпорация (полный цикл в сфере атомной энергетики и промышленности, Москва) – <http://www.rosatom.ru/>
3. «Концерн Росэнергоатом», ОАО (компания, эксплуатирующая АЭС Рос-сии, Москва) – <http://www.rosenergoatom.ru/>
4. ТВЭЛ, ОАО (производитель ядернош топлива, Москва) <http://www.tvel.ru/>

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

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

1. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;
2. Document Foundation LibreOffice;
3. Cisco Webex Meetings\$
4. Zoom Zoom.
5. Программный комплекс SSL DYNCO LAB SYSTEM.

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	<ul style="list-style-type: none"> – 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	<ul style="list-style-type: none"> – 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	<ul style="list-style-type: none"> – 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 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Подпись	ФИО
Старший преподаватель НОЦ И.Н. Бутакова		С.В. Лавриненко

Программа одобрена на заседании отделения НОЦ И.Н. Бутакова (протокол № 11 от 19.06.2018).

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)
2019/2020 уч. год	Внесены изменения в разделы учебно-методическое, информационное, программное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины	№ 29 от 30.05.2019 г.
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.
	Внесены изменения в разделы учебно-методическое, информационное, программное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины	№ 44 от 26.06.2020 г.