

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Уральский энергетический институт
Кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке

_____ В.В. Кружаев

«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Рекомендована Методическим советом ФГАОУ ВО УрФУ

Перечень сведений об образовательной программе	Учетные данные
Направленности (профили) программы Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации	Код ОП 14.06.01
Направление подготовки Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии	Код направления и уровня образования 14.06.01
Уровень образования – подготовка кадров высшей квалификации	
Квалификация, присваиваемая выпускнику <i>Исследователь. Преподаватель - исследователь</i>	Реквизиты приказа Министерства образования и науки РФ об утверждении ФГОС ВО: Приказ Министерства образования и науки РФ № 879 от 30.07.2014 г. (с изменениями и дополнениями от 30.04.2015)
ФГОС ВО 14.06.01 «Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии»	

СОГЛАСОВАНО
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ
КАДРОВ ВЫСШЕЙ
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Щеклеин Сергей Евгеньевич	Д-р техн. наук, профессор	Зав. кафедрой	Атомные станции и возобновляемые источники энергии	
2	Титов Геннадий Павлович	К. ф.-м. наук, доцент	В. н. с.	Атомные станции и возобновляемые источники энергии	

Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института

Председатель учебно-методического совета
Протокол № _____ от _____ г.

Е.В. Черепанова

Рекомендовано Методическим советом УрФУ

Председатель Методического совета УрФУ
Протокол № _____ от _____ г.

Е.В. Вострецова

Согласовано:

Начальник ОПНПК

Е.А. Бутрина

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «Теплофизические проблемы атомной энергетики»

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина направлена на подготовку аспирантов к научно-исследовательской деятельности, включающей исследование и расчет процессов тепломассопереноса и гидродинамики в элементах теплотехнического и тепло-технологического оборудования АЭС. В число задач также входит выработка навыков работы на современном научном уровне путем использования фундаментальных достижений данного раздела науки.

Целью дисциплины является изучение современных и классических разделов теплофизики ядерных реакторов и атомных электрических станций, обзор достижений в области ядерной энергетики и проблематики атомных станций с тем, чтобы аспиранты могли изучить основные задачи, возникающие в основаниях теории и прикладных отраслях науки.

1.2. Язык реализации дисциплины – русский.

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у аспиранта следующих компетенций:

– универсальные компетенции (УК):

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

– общепрофессиональные компетенции (ОПК):

- способность к разработке и использованию современных методов научного исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности (ОПК-3);
- готовность к организации работы исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);

– профессиональные компетенции (ПК):

- способность разрабатывать и применять физические и математические модели объектов при разработке и внедрении ядерно-физических и возобновляемых технологий (ПК-1);
- умение проводить работу по обоснованию безопасности при проектировании и эксплуатации энергетических установок (ПК-2);
- умение разрабатывать технические задания и технико-экономические обоснования на создание наукоемких изделий, а также использовать показатели качества согласно существующим национальной и международной нормативным базам (ПК-3);
- знание программного обеспечения в области разработки технологических процессов с целью обеспечения высокого качества установок на стадиях проектирования, конструирования, производства, сооружения, монтажа и эксплуатации (ПК-4);
- готовность использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских работах (ПК-7);
- способность интерпретировать результаты с целью составления практических рекомендаций по перспективному использованию данных научных исследований (ПК-8).

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- гидродинамические особенности активных зон ядерных реакторов;
- особенности теплообмена активных зон ядерных реакторов;

- особенности гидродинамики и теплообмена одно и двухфазных потоков;
- связь конструктивных параметров с эффективностью и надежностью теплообменного оборудования;
- нестационарный теплообмен;
- особенности теплофизики низко-потенциальных процессов.

Уметь:

- составлять физические и математические модели стационарных процессов гидродинамики и теплообмена;
- составлять физические и математические модели нестационарных процессов гидродинамики и теплообмена;
- рассчитывать характеристики гидродинамических и тепловых процессов;
- рассчитывать температурные и концентрационные поля в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкций тепло-технологических установок;
- самостоятельно анализировать научные публикации.

Демонстрировать навыки и опыт деятельности

- по основным аналитическим и численным методам решения процессов тепломассопереноса;
- по основам расчета процессов тепломассопереноса в элементах теплотехнического и тепло-технологического оборудования АЭС.

1.4.Объем дисциплины

Очная форма обучения:

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	5
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия			
4.	Лабораторные работы			
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	100	0,6	100
6.	Промежуточная аттестация	4	0,25	3 (4)
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108	4,85	108
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела	Раздел дисциплины	Содержание
Р1	Теплофизика ядерных реакторов	Гидродинамические особенности активных зон ядерных реакторов с водным, жидкометаллическим и газовым теплоносителями. Особенности теплообмена активных зон ядерных реакторов с водным, жидкометаллическим и газовым теплоносителями.
Р2	Теплофизика парогенераторов	Особенности гидродинамики и теплообмена одно- и двухфазных потоков в модульных и корпусных парогенераторах с водным, жидкометаллическим и газовым теплоносителями. Кризисы теплообмена. Связь конструктивных параметров с эффективностью и надежностью.
Р3	Теплофизика вспомогательных систем АЭС	Нестационарный теплообмен в компенсаторах давления водоохлаждаемых реакторов. Процессы теплообмена в элементах системы регенеративного тракта АЭС. Гидродинамика и теплообмен в паросепарационных устройствах. Особенности теплофизики низкопотенциальных процессов (техническое водоснабжение, теплофикационные установки и пр.)

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

Объем дисциплины (зач.ед.): 3

Раздел дисциплины		Аудиторные занятия (час.)		Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий																								
				Всего по разделу, теме (час.)	Всего аудиторной работы (час.)	Подготовка к аудиторным занятиям (час.)					Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)										Подготовка к контрольным мероприятиям текущей аттестации (колич.)			Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (час.)				
Код раздела, темы	Наименование раздела, темы	Лекции	Практические занятия			Лабораторные работы	Всего (час.)	Лекция	Практ., семинар. занятие	Лабораторное занятие	Н/и семинар, семинар-конфер., коллоквиум (магистратура)	Всего (час.)	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Проектная работа*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Домашняя работа на иностр. языке*	Перевод инояз. литературы*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Всего (час.)	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет	Экзамен	
				P1	Теплофизика ядерных реакторов																							42
P2	Теплофизика парогенераторов	41	1	1	40	40	40																					
P3	Теплофизика вспомогательных систем АЭС	21	1	1	20	20	20																					
	Всего (час), без учета промежуточной аттестации:	104	4	4	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Всего по дисциплине (час.):	108	4		104	В т.ч. промежуточная аттестация																		4	0			

*Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке «Всего (час.) без учета промежуточной аттестации»

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Лабораторные работы

Не предусмотрено.

4.2. Практические занятия

Не предусмотрено.

4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Не предусмотрено.

4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено.

4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено.

4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено.

4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

Не предусмотрено.

4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено.

5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
P1		*		*								
P2		*										
P3		*										

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Балльно-рейтинговая система не используется.

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Не используются.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

8.2. Критерии оценивания результатов промежуточной аттестации при использовании независимого тестового контроля

Не используются.

8.3. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий
не предусмотрено

8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий
не предусмотрено

8.3.3. Примерные контрольные кейсы
не предусмотрено

8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Метод расчета коэффициентов сопротивления при поперечном обтекании трубных пучков
2. Метод расчета коэффициентов местных сопротивлений
3. Метод расчета гидравлического сопротивления шаровых засыпок
4. Распределение скорости и касательных напряжений в каналах разной формы
5. Основные характеристики двухфазных потоков
6. Истинное объемное паросодержание при течении пароводяной смеси в каналах
7. Адиабатные течения (необогреваемые каналы)
8. Диабатные течения (обогреваемые каналы)
9. Метод расчета коэффициентов теплоотдачи в каналах простой формы
10. Метод расчета коэффициентов теплоотдачи в пучках стержней (продольное обтекание)
11. Особенности теплоотдачи в пучках
12. Метод расчета поля температуры стержневого ТВЭЛа в стабилизированных (по гидродинамике и теплообмену) условиях
13. Теплоотдача шаровых ТВЭЛов
14. Свободная конвекция
15. Смешанная конвекция (совместное действие свободной и вынужденной конвекции)
16. Кипение в большом объеме
17. Пузырьковое кипение
18. Пленочное кипение
19. Кипение в каналах
20. Неустойчивость двухфазных течений
21. Метод расчета границ неустойчивости в трубах
22. Метод расчета теплоотдачи при кипении жидкостей и парожидкостных потоков
23. Теплогидравлика ТВС и активной зоны с некипящим теплоносителем
24. Теплогидравлика технологического канала и активной зоны с двухфазным теплоносителем
25. Теплотехническая надежность активной зоны
26. Парогенератор с многократной принудительной циркуляцией (МПЦ) в испарителе

8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена
Не предусмотрено.

8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

Не используются.

8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

Не используются.

8.3.8. Интернет-тренажеры

Не используются.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1.Рекомендуемая литература

9.1.1.Основная литература

1. Дерюгин В.В. Теплообмен [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Дерюгин В.В., Васильев В.Ф., Уляшева В.М.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016.— 244 с.— Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=74378>.— «БИБЛИОКОМПЛЕКТАТОР», по паролю
2. Пахомов А.Н. Основы решения задач теплообмена [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Пахомов А.Н., Гатапова Н.Ц., Пахомова Ю.В.— Электрон. текстовые данные.— Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015.— 81 с.— Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=64155>.— «БИБЛИОКОМПЛЕКТАТОР», по паролю
3. Королев, Владимир Николаевич. Теплообмен : учебное пособие / В. Н. Королев ; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина .— Изд. 2-е, испр. и доп. — Екатеринбург : УрФУ, 2013 .— 250 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 216 (18 назв.) .— ISBN 978-5-321-02136-1. — 11 экз. в учебном фонде и 70 экз. 2006 года издания.
4. Техническая термодинамика. В 2 ч. Ч. 1: учебное пособие / А.В. Островская, Е.М. Толмачёв, В.С. Белоусов, С.А. Нейская. Екатеринбург : УГТУ–УПИ, 2010. 155 с. – 44 экземпляра в учебном фонде.
- 5.Техническая термодинамика: учебное пособие. В 2 ч. Ч.2 / А.В.Островская, Е.М.Толмачев, В.С.Белоусов, С.А.Нейская. Екатеринбург: УрФУ, 2010. 106 с. – 60 экземпляров в учебном фонде.

9.1.2.Дополнительная литература

1. В.Н. Королёв, Е.М. Толмачёв. Техническая термодинамика / учебное пособие. Изд. 2-е. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010. – 180 с. – 74 экземпляра в учебном фонде.
2. Кутателадзе, Самсон Семенович. Основы теории теплообмена .— 5-е изд., доп. — М. : Атомиздат, 1979 .— 415с. – 23 экз. в учебном фонде.
3. Лыков, Алексей Васильевич. Теплообмен : Справочник .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергия, 1978 .— 479с. – 8 экз. в учебном фонде + 8 1972 г. издания.
4. Петухов, Борис Сергеевич. Теплообмен в ядерных энергетических установках : Учеб. пособие для вузов / Б. С. Петухов, Л. Г. Генин, С. А. Ковалев; Под ред. Б. С. Петухова .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1986 .— 470 с. — допущено в качестве учебного пособия .— 1.40. – 11 экз. в учебном фонде + 3 1974 г. издания.
5. Галин, Николай Михайлович. Теплообмен (в ядерной энергетике : Учеб. пособие для вузов / Н. М. Галин, П. Л. Кириллов .— М. : Энергоатомиздат, 1987 .— 374 с. : ил. ; 22 см .— допущено в качестве учебного пособия. – 19 экз. в учебном фонде.
6. Исаченко, Виктор Павлович. Теплопередача : учеб. для теплоэнергет. специальностей вузов / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел .— 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Энергоиздат, 1981 .— 417 с. : ил. ; 26 см .— Библиогр.: с. 407-411 (233 назв.) .— Алф. указ.: с. 412-413. — допущено в качестве учебника .— 1.70. – 61 экз. в учебном фонде.

9.2.Методические разработки

Не используются.

9.3.Программное обеспечение

Не используется.

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

– Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>

- ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;
- Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;
- Scopus: <http://www.scopus.com>;
- Reaxys: <http://reaxys.com>

9.5. Электронные образовательные ресурсы

1. Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ. Режим доступа: study.urfu.ru
2. Электронный каталог зональной научной библиотеки УрФУ. Режим доступа: lib.urfu.ru

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Лекции читаются в аудитории, оснащенной мультимедийным проектором. Для самостоятельной работы могут использоваться:

- Аналитический тренажерный комплекс ЯЭУ на быстрых нейтронах БН-800;
- Комплекс моделирования нестационарных процессов в контурах ЯЭУ с РУ ВВЭР «Корсар»;
- Тренажер оперативного моделирования аварийных ситуаций АЭС с реакторами РБМК-1000 и ВВЭР - 1000 «ТОМАС 1» и «ТОМАС 2»;
- Комплекс моделирования технологических процессов РУ типа БН «Джокер»;
- Сборно-разборная модель ЯЭУ ВВЭР-1000;
- Модель парогенерирующей установки-ПГВ 1000;
- Макет ЯЭУ ВВЭР 1000;
- Полномасштабные макеты ТВС ВВЭР-1000; технологи-ческого канала РБМК-1000;
- Поляроидные схемы ЯЭУ БН-800, БН-600, ВВЭР-1000, РБМК-1000;
- Демонстрационная модель ЯЭУ БН -600 с циклом перегрузки ядерного топлива;
- Модель главного разъема ЯЭУ ВВЭР-1000;
- Комплексы дистанционно-управляемых механизмов для диагностики, контроля металла, сварки, резки и ремонта оборудования АЭС
- и другое оборудование кафедры АСиВИЭ.