

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 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

ГИДРОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН В ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ

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 (за- четных единицах)	4		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) ра- бота, ч	Лекции		24
	Практические занятия		24
	Лабораторные занятия		0
	ВСЕГО		48
Самостоятельная работа, ч			96
ИТОГО, ч			144

Вид промежуточной аттеста- ции	Зачёт	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ ИЯТШ
-----------------------------------	-------	---------------------------------	-----------

Зав. кафедрой-руководитель		А.Г. Горюнов
ОЯТЦ на правах кафедры		В.В. Верхотурова
Руководитель ООП		А.Г. Коротких
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 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)-4.2	Составляет академические и (или) профессиональные тексты на иностранном языке (английском)	УК(У)-4.2В1	Владет 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	Владет 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
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	И.ОПК(У)-1.1	Планирует, организует и проводит научно-исследовательские работы с представлением полученных результатов	ОПК(У)-1.1В1	Владет систематическими знаниями по направлению будущей профессиональной деятельности
				ОПК(У)-1.1У1	Умеет составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов
				ОПК(У)-1.1З1	Знает цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации
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)-2.1В2	Владет методикой расчета в исследовании процесса теплообмена в энергетическом оборудовании и опытом представления результатов выполненных задач.
				ОПК(У)-2.1У2	Умеет осуществлять выбор основных уравнений расчета и представлять результаты выполненной работ
				ОПК(У)-2.1З2	Знает основные уравнения гидродинамики и теплообмена, этапы проведения теоретического исследования, оценивания и представления результатов выполненной работы
ОПК(У)-3	Способен оформлять	И.ОПК	Оформляет результаты	ОПК(У)-3.1В1	Владет навыками оформ-

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
	результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ	(У)-3.1	научно-исследовательской деятельности с применением систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ		ления результатов научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ
				ОПК(У)-3.1У1	Умеет оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ
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)-4.1В9	Владет навыками математического моделирования процесса теплообмена в энергетических установках
				ПК(У)-4.1У9	Умеет выбирать основные уравнения, граничные и начальные условия теплообмена и использовать современные подходы в теплогидравлическом расчете энергетических установок
				ПК(У)-4.138	Знает основные процессы энерговыделения, энергетические характеристики и схемы охлаждения активной зоны, процессы теплообмена при работе ядерных энергетических установок
ПК(У)-6	Способен оценивать перспективы развития ядерной отрасли, использовать её современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательских работах, связанных с разработкой технологий получения новых видов топлива и конструкционных материалов, способов обращения с радиоактивными отходами	И.ПК(У)-6.1	Анализирует перспективы разработки технологии получения новых видов ядерного топлива для энергетических и исследовательских реакторов, существующих и перспективных реакторов АЭС, технологии обращения с радиоактивными отходами	ПК(У)-6.1В1	Владет навыками анализа для оценки результатов поиска информации, связанной с конструкциями ядерных энергетических установок и тепловыделяющих элементов
				ПК(У)-6.1У1	Умеет осуществлять поиск информации по конструкциям и использованию ядерных энергетических установок с использованием международных и Российских баз данных научного цитирования
				ПК(У)-6.131	Знает перспективы развития ядерной энергетики и особенности конструкций, принципы работы проектируемых ядерных энергоустановок
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)-9.1В2	Владет навыками теплового расчета тепловыделяющих элементов, конструкционных материалов и активной зоны ядерных энергетических установок
				ПК(У)-9.1У2	Умеет выполнять сравнительный анализ эффективности работы ядерных энергетических установок и теплогидравлический расчет в проектировании энергооборудования
				ПК(У)-9.132	Знает технические характеристики, принцип работы и особенности конструкций,

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
					теплоносителей существующих и перспективных ядерных энергетических установок и тепловыделяющих сборок
				ПК(У)-9.133	Знает назначение, устройство и принцип работы основных систем и оборудования АЭС
		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)-9.233	Знает современные методы теплового расчета энергооборудования и существующие прикладные компьютерные программы расчетов

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части вариативного профессионального междисциплинарного 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		
РД 1	Владеть навыками составления и оформления текстовых отчетов, презентаций, публикаций на иностранном языке с целью представления результатов исследования, научно-технической информации на семинарских и практических занятиях, конференциях.		И.УК(У)-4.2, И.УК(У)-4.3, И.ОПК(У)-3.1
РД 2	Составлять план работы, формулировать цели и задачи исследования, выполнять теплогидравлические расчеты ядерных энергетических установок, теплообменного оборудования с применением современных методов, программ расчета и источников информации, проводить анализ результатов выполненной работы.		И.ОПК(У)-1.1, И.ОПК(У)-2.1, И.ПК(У)-4.1, И.ПК(У)-9.1, И.ПК(У)-9.2
РД 3	Осуществлять поиск и проводить анализ информации, связанной с конструкциями и опытом эксплуатации ядерных энергетических установок, тепловыделяющих элементов, конструкционных материалов с применением баз данных научного цитирования.		И.ПК(У)-6.1

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. Тепловыделение в ядерном реакторе	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	8
Раздел 2. Теплопроводность в ядерном реакторе	РД1, РД2, РД3	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Самостоятельная работа	16
Раздел 3. Конвективный теплообмен в ядерном реакторе	РД1, РД2, РД3	Лекции	10
		Практические занятия	10
		Самостоятельная работа	20
Раздел 4. Теплообмен излучением в газоохлаждаемом ядерном реакторе	РД1, РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	4

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Тепловыделение в ядерном реакторе

Основные виды ядерных реакторов. Процессы, ответственные за тепловыделение в активной зоне ядерного реактора. Распределение тепловыделения в реакторе.

Темы лекционных занятий:

1. Ядерные реакторы. Процессы, ответственные за тепловыделение в активной зоне.
2. Распределение тепловыделения в ядерном реакторе.

Темы практических занятий:

1. Конструкции и характеристики ядерных реакторов.
2. Расчет количества тепла, образующегося в активной зоне ядерного реактора.

Раздел 2. Теплопроводность в ядерном реакторе

Тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Теплопроводность при стационарном режиме в основных конструкциях ядерного реактора. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла в ТВЭЛ. Перенос тепла в обрешеченной поверхности. Нестационарные процессы теплопроводности при охлаждении (нагревании) тел.

Темы лекционных занятий:

3. Кондуктивный тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
4. Теплопроводность при стационарном режиме в основных элементах конструкции ядерного реактора.
5. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла в ТВЭЛ.
6. Нестационарные процессы теплопроводности при охлаждении (нагревании) тел.

Темы практических занятий:

3. Расчет теплового потока и распределения температуры в телах различной формы.
4. Расчет теплового потока на поверхности конструкций ядерного реактора.
5. Расчет теплового потока и распределения температуры в тепловыделяющем элементе.
6. Расчет тепловыделения при остановке реактора и температур в конструкциях при их охлаждении (нагреве).

Раздел 3. Конвективный теплообмен в ядерном реакторе

Факторы, влияющие на теплообмен. Подobie и моделирование процессов конвективного теплообмена. Уравнение неразрывности потока. Уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности. Уравнение движения. Теплоотдача в однофазной среде при свободном и вынужденном движении теплоносителя. Теплоотдача при вынужденном продольном и поперечном омывании труб, пучков труб. Теплоотдача жидких металлических теплоносителей. Теплообмен при кипении и конденсации. Кризис теплообмена.

Темы лекционных занятий:

7. Закон Ньютона-Рихмана. Подobie и моделирование процессов конвективного теплообмена.
8. Теплоотдача в однофазной среде при свободном и вынужденном движении теплоносителя.
9. Теплоотдача при вынужденном продольном и поперечном омывании труб, пучков труб, стержней. Теплоотдача жидких металлических теплоносителей.
10. Теплообмен при кипении и конденсации. Кризис теплообмена.
11. Принцип теплогидравлического расчета активной зоны ядерного реактора, охлаждаемой однофазным и двухфазным потоками.

Темы практических занятий:

7. Расчет теплоотдачи при естественной циркуляции теплоносителя.
8. Расчет теплоотдачи при вынужденной циркуляции теплоносителя.
9. Расчет теплоотдачи при продольном и поперечном омывании труб, пучков труб и стержней.
10. Расчет теплоотдачи при кипении жидкости, кризиса теплообмена в ТВС.
11. Теплогидравлический расчет активной зоны ядерного реактора. Тепловой расчет теплообменного оборудования.

Раздел 4. Теплообмен излучением в газоохлаждаемом ядерном реакторе

Законы теплового излучения. Теплообмен излучением между телами. Теплообмен в поглощающих и излучающих средах. Сложный теплообмен в энергетических установках.

Темы лекционных занятий:

12. Теплообмен излучением в газоохлаждаемом ядерном реакторе.

Темы практических занятий:

12. Расчет теплоотдачи при сложном теплообмене.

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 и презентация информации;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Выполнение индивидуальных заданий;
- Подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семина-

- рах и олимпиадах;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Прибытков И. А. Thermophysics = Теплофизика : учебное пособие / И. А. Прибытков. — Москва : МИСИС, 2019. — 97 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129050> (дата обращения: 17.12.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная литература

1. Breeze, P. Combined Heat and Power [Электронный ресурс] / P. Breeze. — Электрон. дан. — Elsevier Ltd.: Academic press, 2018. — 95 р. — Режим доступа: <https://ezproxy.ha.tpu.ru:2056/book/9780128129081/combined-heat-and-power>. — Загл. с экрана.

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. Nuclear Reactors // <http://www.thermopedia.com/content/989/>.
4. World Nuclear Power Reactors // <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors.aspx>.
5. Convective Heat Transfer // https://books.google.ru/books?id=PyctAgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Convective+Heat+Transfer&hl=ru&sa=X&ved=0ahUKEwiFgfyIj_boAhWuyqYKHT-JACAQ6AEIPTAC#v=onepage&q=Convective%20Heat%20Transfer&f=false.
6. Nuclear Reactor Thermal Hydraulics: An Introduction to Nuclear Heat Transfer and Fluid Flow // https://books.google.ru/books?id=DnWqDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Heat+Transfer+in+nuclear+reactor&hl=ru&sa=X&ved=0ahUKEwiNkd3_kPboAhXBs4sKHd6mBuwQ6AEIOjAC#v=onepage&q=Heat%20Transfer%20in%20nuclear%20reactor&f=false.
7. Ядерный реактор // <https://www.youtube.com/watch?v=rdTgNXb1Irc>.
8. Принцип работы ядерного реактора // <https://www.youtube.com/watch?v=EWrdyM8qOA>.
9. Fluid flow and Heat Transfer analysis // <https://www.youtube.com/watch?v=-03gO3UwFeA>.
10. COMSOL Multiphysics // https://portal.tpu.ru/portal/page/portal/DITE/dite_Structure/lab05_SAPR/Comsol.
11. ANSYS Academic Teaching Advanced // https://portal.tpu.ru/portal/page/portal/DITE/dite_Structure/lab05_SAPR/ANSYS.

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

1. 7-Zip;
2. Adobe Acrobat Reader DC;
3. Adobe Flash Player; AkelPad;

4. Google Chrome;
5. Mozilla Firefox ESR;
6. Tracker Software PDF-XChange Viewer;
7. 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 (компьютерный класс) 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 14.04.02 Ядерные физика и технологии, специализация «Nuclear Power Engineering» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	ФИО
Профессор НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ	Коротких Александр Геннадьевич

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».	