

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**

**ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
 УСТАНОВКАХ**

Направление подготовки/ специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Ядерные реакторы и энергетические установки		
Специализация	Ядерные реакторы и энергетические установки		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	2
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		16
	Практические занятия		32
	Лабораторные занятия		32
	ВСЕГО		80
Самостоятельная работа, ч		136	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		Курсовая работа	
ИТОГО, ч		216	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен Диф.зачёт	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ
Заведующий кафедрой- руководитель отделения			А.Г. Горюнов
Руководитель ООП			М.С. Кузнецов
Преподаватель			П.Н. Бычков

2020г.

## 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-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий.	И.УК-1.4	Способен проводить критический анализ параметров современных ядерных установок	УК-1.4В3	Владеет опытом оптимизации теплогидравлических параметров активной зоны реактора
				УК-1.4У3	Умеет выбирать оптимальные теплогидравлические параметры ТВС активных зон реакторов с водяным, газовым, жидкометаллическим охлаждением, отражая в расчетах основные особенности теплогидравлики различных теплоносителей и специфику конструкции активных зон реакторов различного класса
				УК-1.4З3	Знает особенности конструкций активных зон и циркуляционных контуров различных реакторов с точки зрения их влияния на теплогидравлический расчет
ПК(У)-1	Способность к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий	И.ПК(У)-1.1	Проводит исследования, основанные на использовании теоретических и математических моделей параметров процессов и производств в атомной отрасли	ПК(У)-1.1В3	Владеет навыками математического моделирования теплогидравлических параметров ядерных установок при проектировании ядерных реакторов
				ПК(У)-1.1У1	Умеет использовать методики расчетов процессов, протекающих в ядерных реакторах и энергетических установках, с применением ЭВМ; методы моделирования, расчета и численных математические модели объектов разработки для проведения комплексных нейтронно-физических, теплогидравлических, прочностных расчетов, расчетов показателей безопасности
				ПК(У)-1.1У3	Умеет производить инженерные расчеты для оценки теплотехнической надежности активной зоны ЯР
				ПК(У)-1.1З3	Знает особенности гидродинамики и теплообмена в ТВС с твэлами различной формы для разных типов ядерных реакторов
ПК(У)-4	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения	И.ПК(У)-4.1.	Анализирует безопасность систем и элементов энергетических установок, определяет их влияние на параметры нормальной эксплуатации АЭС	ПК(У)-4.1В4	Владеет опытом расчет коэффициентов до кризиса теплоотдачи первого и второго рода и рисков возникновения нештатной ситуации
				ПК(У)-4.1У4	Умеет выявлять причины возникновения кризиса теплообмена в ядерном реакторе
				ПК(У)-4.1З4	Знает зависимость критических теплогидравлических параметров активной зоны от геометрических и эксплуатационных характеристик реакторной установки, методы расчета коэффициентов до кризиса теплоотдачи первого и второго рода

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-8	Способность провести расчет, концептуальную и проектную проработку современных физических установок и приборов	И.ПК-8.2.	Рассчитывает гидродинамические параметры энергооборудования реакторных установок	ПК-8.2В1	Владет навыками современного гидродинамического расчета параметров активной зоны и интенсификации теплообмена
				ПК-8.2У1	Умеет применять способы физического и гидравлического профилирования активной зоны
				ПК-8.2З1	Знает основные способы расчета предельно допустимых температур теплоносителя, оболочки ТВЭЛ, ядерного топлива, допустимой мощности ТВС

## 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		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Применять знания общих законов, теорий, уравнений, методов физики теплопереноса и теплообмена	И.ПК(У)-1.1
РД 2	Выполнять расчеты теплогидравлических характеристик реакторных установок	И.УК-1.4 И.ПК-8.2
РД 3	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях потоков теплоносителя в ядерных энергетических установках.	И.ПК(У)-1.1 И.ПК(У)-4.1

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.
<b>Раздел (модуль) 1. Кондуктивный теплообмен</b>	РД1 РД2	Лекции	<b>6</b>
		Практические занятия	<b>16</b>
		Лабораторные занятия	<b>4</b>
		Самостоятельная работа	<b>52</b>
<b>Раздел (модуль) 2. Конвективный теплообмен</b>	РД1 РД2 РД3	Лекции	<b>8</b>
		Практические занятия	<b>14</b>
		Лабораторные занятия	<b>26</b>
		Самостоятельная работа	<b>72</b>
<b>Раздел (модуль) 3. Радиационный теплообмен</b>	РД1 РД2	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>2</b>
		Лабораторные занятия	<b>2</b>
		Самостоятельная работа	<b>12</b>

## **Раздел 1. Кондуктивный теплообмен**

*Теплопередача теплопроводностью через стенки различной формы. Теплопроводность в телах с внутренними источниками тепла. Теплопроводность в стационарном и переходных режимах.*

### **Темы лекций:**

1. Теплопередача. Общие сведения. Теплопередача через непроницаемую стенку.
2. Теплопередача через стенки с внутренними источниками теплоты.
3. Теплопроводность в нестационарном режиме.

### **Темы практических занятий:**

1. Методы расчета теплопроводности плоской стенки.
2. Методы расчета теплопроводности цилиндрической и сферической стенок.
3. Решение задач на тему теплопроводности.
4. Методы расчета кондуктивной теплопередачи через плоскую стенку с внутренними источниками тепла.
5. Методы расчета теплопроводности сплошного однородного цилиндра с внутренними источниками тепла.
6. Методы расчета кондуктивной теплопередачи через цилиндрическую стенку с внутренними источниками тепла.
7. Решение задач на тему теплопроводности тел с внутренними источниками тепла.
8. Методы расчета теплопроводности в нестационарных режимах.

### **Названия лабораторных работ:**

1. Определение коэффициента теплопроводности воздуха методом нагретой нити.
2. Теплопроводность и теплообмен при стационарном тепловом режиме.

## **Раздел 2. Конвективный теплообмен**

*Основные факторы, влияющие на теплоотдачу, расчет теплоотдачи при свободном и вынужденном движении теплоносителя, при продольном и поперечном омывании пучков труб, теплоотдачи жидких металлов, теплообмен при кипении и конденсации.*

### **Темы лекций:**

4. Конвективный теплообмен в однофазных текучих средах.
5. Уравнения подобия конвективного теплообмена.
6. Конвективная теплоотдача при вынужденном движении текучей среды в трубах и каналах.
7. Теплообмен при фазовых превращениях.

### **Темы практических занятий:**

9. Расчет теплообмена при течении флюида по круглым прямым трубам.
10. Расчет теплоотдачи при поперечном обтекании одиночной гладкой трубы и пучка труб.
11. Расчет теплоотдачи при вынужденном движении потока вдоль плоской стенки.
12. Расчет теплообмена при свободном движении в неограниченном объеме.
13. Расчет естественного теплообмена в ограниченном объеме.
14. Расчет теплообмена при фазовых превращениях.
15. Решение задач на тему конвективного теплообмена.

### **Названия лабораторных работ:**

3. Изучение режима течения жидкости. Визуализация ламинарного и турбулентного режимов течения (4 часа).
4. Определение коэффициента сопротивления на трение.
5. Определение коэффициента местного сопротивления.
6. Течение в трубах.
7. Исследование потерь давления (напора) при течении через местное сопротивление в виде резкого сужения потока. Определение коэффициента гидравлического сопротивления (6 часов).
8. Исследование потерь давления (напора) при течении через местное сопротивление в виде резкого расширения потока. Определение коэффициента гидравлического сопротивления (6 часов).
9. Исследование теплообмена в условиях свободной конвекции.
10. Исследование теплообменника «Труба в трубе».

### **Раздел 3. Радиационный теплообмен**

*Особенности теплового излучения и теплообмен излучением между телами, расчет процессов теплообмена излучением. Вклад радиационного теплообмена в тепловой баланс ЯЭУ.*

#### **Темы лекций:**

16. Теплообмен излучением

#### **Темы практических занятий:**

16. Методы расчета радиационного теплообмена.

#### **Названия лабораторных работ:**

11. Исследование теплообмена излучением.

## **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- Выполнение курсовой работы;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

1. Кудинов, Анатолий Александрович. Тепломассообмен : учебное пособие / А. А. Кудинов. — Москва: Инфра-М, 2012. — 375 с.: ил.. — Высшее образование. — Библиогр.: с. 356-359.. — ISBN 978-5-16-004729-4.
2. Теплообмен в ядерных энергетических установках: сборник задач : учебное пособие / В. В. Архипов, В. И. Деев, А. С. Корсун, Ю. Е. Похвалов. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. — 128 с. — ISBN 978-5-7262-1287-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75784> (дата обращения: 09.02.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Примеры и задачи по тепломассообмену : учебное пособие / В. С. Логинов, А. В. Крайнов, В. Е. Юхнов [и др.]. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-1132-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-

библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112072> (дата обращения: 09.02.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### Дополнительная литература

1. Архипов, В. А. Физико-химические основы процессов тепломассообмена : учебное пособие / В. А. Архипов. — Томск : ТПУ, 2015. — 199 с. — ISBN 978-5-4387-0539-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/82841> (дата обращения: 09.02.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Бурдаков, Валерий Павлович. Теплофизика : учебное пособие [Электронный ресурс] / В. П. Бурдаков. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740MB). — Москва: Академия, 2014. — 1 Мультимедиа CD-ROM. — Высшее образование. Бакалавриат. — Безопасность жизнедеятельности. — Электронная версия печатной публикации. — Библиогр.: с. 364. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — ISBN 978-5-4468-0330-9. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-48.pdf> (контент)

## 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. Научно-электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru/defaultx.asp>.
3. Персональный сайт доцента Бычкова Петра Николаевича на портале ТПУ, раздел «Студенту. Учебно-методические материалы. Теплогидравлические процессы в ядерных энергетических установках» – <https://portal.tpu.ru/SHARED/p/PNB/learning/hydraulics>.

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

1. ТПК для расчета теплогидравлических параметров канала активной зоны ядерного реактора с ТВС на основе цилиндрических твэлов
2. Программно-методическое обеспечение FELMS для расчета теплогидравлических параметров активных зон ядерных энергетических установок

## 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 г. Томская область, Томск, Ленина проспект, д.2, учебный корпус №10, аудитория 248	Компьютер - 2 шт.; Проектор - 1 шт.; Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест.

2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034 г. Томская область, Томск, Ленина проспект, д.2, учебный корпус №10, аудитория 321	Компьютер - 14 шт.; Принтер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест;
----	---	---

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.04.02 Ядерные физика и технологии, профиль / специализация «Ядерные реакторы и энергетические установки» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	ФИО
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Бычков П.Н.

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «25» 06 2020г. №28-д).

Руководитель выпускающего отделения,  
д.т.н, доцент



/Горюнов А.Г./

подпись