

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 2016 г.**

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

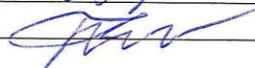
Тепломассообмен в энергетическом оборудовании

Направление подготовки/ специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Nuclear power plants: design, operation and engineering / Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг		
Специализация	Design and operation of nuclear power plants / Проектирование и эксплуатация атомных станций		
Уровень образования	высшее образование - специалитет		
Курс	3	семестр	5, 6
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	11		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	32	
	Практические занятия	32	
	Лабораторные занятия	64	
	ВСЕГО	128	
Самостоятельная работа, ч		250	
ИТОГО, ч		378	

Вид промежуточной аттестации

экзамен 5 зачет 6	Обеспечивающее подразделение	НОЦ И.Н. Бутакова
------------------------------	---------------------------------	------------------------------

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

	Заворин А.С.
	Лавриненко С.В.
	Раков Ю.Я.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
ПСК(У)-1.4	способностью выполнять теплогидравлические, нейтронно-физические и прочностные расчеты узлов и элементов проектируемого оборудования с использованием современных средств	Р17	ПСК(У)-1.4.B1	Владеет опытом анализа и расчета тепломассообменных процессов в основных системах АС
			ПСК(У)-1.4.Y1	Умеет анализировать и рассчитывать тепломассообменные процессы в основных системах АС
			ПСК(У)-1.4.31	Знает закономерности и методики расчета тепломассообменных процессов в основных системах АС

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой 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	Моделировать и рассчитывать тепломассообменные процессы и установки	ПСК(У)-1.4
РД2	Проводить экспериментальные исследования тепломассообменных процессов на физических установках	ПСК(У)-1.4
РД3	Проводить конструкторские и поверочные расчеты теплообменников, правильно выбирать тепломасообменное оборудование атомных станций	ПСК(У)-1.4

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1 Введение. Стационарная теплопроводность	РД1	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	32

Раздел 2. Нестационарная теплопроводность	РД2	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	52
Раздел 3. Введение в теорию конвективного теплообмена	РД2	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	16
Раздел 4. Теория размерностей и теория подобия в задачах конвективного теплообмена	РД2	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	16
Раздел 5. Конвективный теплообмен в однородной среде	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	36
Раздел 6. Теплопередача	РД2	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	12
Раздел 7. Теплообмен при фазовых превращениях	РД2	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	16
Раздел 8. Основные положения теплового расчета теплообменных аппаратов.	РД2	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	24
Раздел 9. Тепловое излучение	РД2	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	20
Раздел 10. Понятие о сложном теплообмене	РД3	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	16
Раздел 11. Примеры расчета тепломассообмена в энергетическом оборудовании	РД3	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	10

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Введение. Стационарная теплопроводность

Назначение и содержание курса. Способы переноса тепла. Основные понятия и определения тепломассообмена. Одномерные стационарные задачи теплопроводности. Перенос тепла в ребрах. Двухмерные стационарные задачи теплопроводности.

Темы лекций:

1. Введение
2. Перенос тепла в ребрах
3. Двухмерные стационарные задачи теплопроводности

Темы практических занятий:

1. Стационарная теплопроводность тел простейшей формы.
2. Стационарные температурные поля в ребрах
3. Двухмерные стационарные задачи теплопроводности

Названия лабораторных работ:

1. Измерение коэффициента теплопроводности стационарным методом
2. Исследование теплопроводности методом ЭТА.

Раздел 2. <i>Нестационарная теплопроводность</i>

Линейные одномерные нестационарные задачи теплопроводности. Численные методы решения задач теплопроводности.

Темы лекций:

- 4,5. Линейные одномерные нестационарные задачи теплопроводности
6. Численные методы решения задач теплопроводности

Темы практических занятий:

4. Нестационарная теплопроводность при малой внутреннем термическом сопротивлении.
5. Нестационарная теплопроводность с учетом внутреннего термического сопротивления.
6. Численные решения задач нестационарной теплопроводности.

Названия лабораторных работ:

3. Измерение теплоемкости методом монотонного режима.
4. Измерение коэффициента теплопроводности методом монотонного режима.
5. Измерение коэффициента температуропроводности методом регулярного режима.

Раздел 3. <i>Введение в теорию конвективного теплообмена</i>

Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.

Темы лекций:

7. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.

Темы практических занятий:

7. Математическая постановка задач конвективного теплообмена.

Названия лабораторных работ:

6. Исследование теплоотдачи от вертикальной трубы при свободной конвекции.

Раздел 4 Теория размерностей и теория подобия в задачах конвективного теплообмена
--

Условия подобия конвективного теплообмена при вынужденном движении теплоносителя и при естественной конвекции. Критерии подобия и уравнения

подобия. Обобщения опытных данных на основе теории подобия.

Темы лекций:

8. Условия подобия конвективного теплообмена при вынужденном движении теплоносителя и при естественной конвекции. Критерии подобия и уравнения подобия.

Темы практических занятий:

8. Критерии подобия и уравнения подобия при исследовании тепловых процессов.

Названия лабораторных работ:

7. Исследование теплоотдачи от горизонтальной трубы при свободной конвекции.

Раздел 5. Конвективный теплообмен в однородной среде

Теплообмен в трубах при ламинарном и турбулентном течении. Теплообмен и сопротивление при течении в кольцевых каналах. Теплообмен и сопротивление при продольном обтекании пучков стержней.

Темы лекций:

9. Теплообмен в трубах при ламинарном и турбулентном течении.
10. Теплообмен и сопротивление при течении в кольцевых каналах.

Темы практических занятий:

9. Расчет коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции.
10. Расчет коэффициента теплоотдачи при вынужденной конвекции.

Названия лабораторных работ:

8. Исследование теплообмена при течении жидкости в трубе.
9. Исследование теплоотдачи при поперечном обтекании тел.

Раздел 6. Теплопередача

Уравнение и коэффициент теплопередачи. Теплопередача через одно- и многослойную плоские стенки, через одно- и многослойную цилиндрические стенки. Расчет тепловой изоляции.

Темы лекций:

11. Теплопередача.

Темы практических занятий:

11. Расчет теплопередачи через многослойную стенку.

Название лабораторных работ:

10. Исследование теплопередачи через многослойную стенку.

Раздел 7. Теплообмен при фазовых превращениях
--

Теплообмен при кипении и конденсации. Кризисы кипения в большом объеме.

Теплообмен при пленочном кипении. Параметры двухфазной смеси в трубах.

Темы лекций:

12. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей

Темы практических занятий:

12. Расчет коэффициента теплоотдачи при кипении в большом объеме. Расчет критического теплового потока при кипении в большом объеме.

Название лабораторных работ:

11. Исследование теплообмена и кризиса теплообмена при кипении воды в большом объеме.

Раздел 8. Основные положения теплового расчета теплообменных аппаратов

Типы теплообменных аппаратов. Схемы взаимного движения теплоносителей, средний температурный напор. Уравнение теплового баланса, водяной эквивалент теплоносителя. Расчет конечной температуры теплоносителей.

Темы лекций:

13. Тепловой расчет теплообменных аппаратов.

Темы практических занятий:

13. Расчет прямоточных и противоточных рекуперативных теплообменных аппаратов.

Название лабораторных работ

12. Исследование работы теплообменного аппарата.

Раздел 9. Тепловое излучение

Законы теплового излучения: виды лучистых потоков, закон Планка, закон Стефана-Больцмана, закон Кирхгофа, закон Ламберта. Лучистый теплообмен между телами. Тепловое излучение газов: интенсивность излучения, коэффициент поглощения.

Темы лекций:

14. Основные законы тепловых излучений. Теплообмен излучением между твердыми телами

Темы практических занятий:

14. Расчет теплового потока и температур радиационных экранов в высокотемпературных вакуумных печах.

Названия лабораторных работ

13. Определение интегральной степени черноты металлов

Раздел 10. Понятие о сложном теплообмене

Теплопередача через ребристые поверхности, через газовые и жидкостные

прослойки. Интенсификация процессов теплообмена.

Темы лекций:

15. Теплопередача через ребристые поверхности. Критерии радиационного подобия

Темы практических занятий:

15. Расчет теплопередачи через газовые прослойки.

Раздел 11. Примеры расчета тепломассообмена в энергетическом оборудовании
--

Теплообмен в реакторах, парогенераторах и теплообменниках паротурбинной установки.

Темы лекций:

16. Теплообмен в реакторах, парогенераторах и теплообменниках паротурбинной установки.

Темы практических занятий:

16. Расчет температурного поля в тепловыделяющих элементах.

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;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах 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

Основная литература:

1. Кудинов, А. А. Тепломассообмен: Учебное пособие / А.А. Кудинов. - Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 375 с. (Высшее образование: Бакалавриат) ISBN 978-5-16-011093-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/512522> (дата обращения: 03.12.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

2. Брюханов, О. Н. Тепломассообмен: Учебник / О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко. - Москва : НИЦ Инфра-М, 2012. - 464 с. (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-004803-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/258657> (дата обращения: 03.12.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

3. 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: 03.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Солонин, В. И. Теплогидравлические процессы в активных зонах водоохлаждаемых реакторах : учебное пособие / В. И. Солонин. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 138 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/52252> (дата обращения: 03.12.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. ВНИИАМ — Всероссийский научно-исследовательский институт атомного энергетического машиностроения (ОАО «ВНИИАМ») – <http://www.vniiam.ru/>
2. ТВЭЛ, ОАО (производитель ядерного 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. «TABL1», «TFS», «TFM» - для расчета свойств теплоносителей;
2. Демонстрационная тренажер-программа “ТЦН энергоблока БН-600”.
3. Программное обеспечение АСУ ПДС;
4. Microsoft Word 2010;
5. Document Foundation LibreOffice;
6. Cisco Webex Meetings\$;

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,32	– Комплект учебной мебели на 18 посадочных мест; – Компьютер - 20 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,401	– Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; – Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; – Компьютер - 1 шт.; – Проектор - 1 шт.

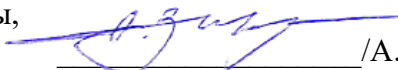
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг (приема 2016 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Степень	ФИО
Доцент	К.Т.Н.	Ю.Я Раков

Программа одобрена на заседании кафедры АТЭС (протокол от 11.02.2016 г. № 2).

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

 /А.С. Заворин

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол)
2017/2018 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	№ 19 от 18.05.2017