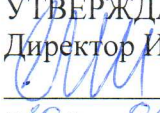


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

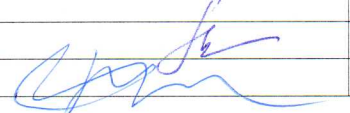
УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШЭ
 (Матвеев А.С.)
«30» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Тепломассообмен в энергетическом оборудовании

Направление подготовки/ специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Проектирование и эксплуатация атомных станций		
Специализация	Проектирование и эксплуатация атомных станций		
Уровень образования	высшее образование - специалитет		
Курс	3	семестр	5, 6
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	8		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	32	
	Практические занятия	32	
	Лабораторные занятия	64	
	ВСЕГО	128	
Самостоятельная работа, ч		160	
ИТОГО, ч		288	

Вид промежуточной аттестации	экзамен зачет	Обеспечивающее подразделение	НОЦ И.Н.Бутакова
---------------------------------	--------------------------	---------------------------------	-----------------------------

Заведующий кафедрой – руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры		Заворин А.С.
Руководитель ООП Преподаватель		Воробьев А.В.
		Раков Ю.Я.

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
ПК(У)-4	Способен анализировать и рассчитывать термодинамические, теплогидравлические, физико-химические и технологические процессы на атомной станции	И.ПК(У)-4.2	Анализирует и рассчитывает тепломассообменные процессы в основных системах АС	ПК(У)-4.2В1	Владеет опытом анализа и расчета тепломассообменных процессов в основных системах АС Тепломассообмен в энергетическом оборудовании
				ПК(У)-4.2У1	Умеет анализировать и рассчитывать тепломассообменные процессы в основных системах АС Тепломассообмен в энергетическом оборудовании
				ПК(У)-4.2З1	Знает закономерности и методики расчета тепломассообменных процессов в основных системах АС Тепломассообмен в энергетическом оборудовании

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		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД1	Моделировать и рассчитывать тепломассообменные процессы и установки	И.ПК(У)-4.2
РД2	Проводить экспериментальные исследования тепломассообменных процессов на физических установках	И.ПК(У)-4.2
РД3	Проводить конструкторские и поверочные расчеты теплообменников, правильно выбирать тепломасообменное оборудование атомных станций	И.ПК(У)-4.2

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

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. Основные положения о теплопроводности

Темы практических занятий:

1. Решение одномерных стационарных задач теплопроводности

Названия лабораторных работ:

1. Измерение коэффициента теплопроводности стационарным методом
2. Исследование теплопроводности методом ЭТА.
3. Решение двумерных стационарных задач теплопроводности

Раздел 2. Нестационарная теплопроводность

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

Темы лекций:

2. Нестационарные процессы теплопроводности

Темы практических занятий:

2. Решение одномерных нестационарных задач теплопроводности
3. Решение двумерных нестационарных задач теплопроводности

Названия лабораторных работ:

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

Раздел 3. Введение в теорию конвективного теплообмена

Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.

Темы лекций:

3. Конвективный теплообмен в однородной среде

Темы практических занятий:

4. Решение задач по определению чисел теплового и гидромеханического подобия

Названия лабораторных работ:

7. Исследование теплоотдачи от вертикальной трубы при свободной конвекции.
8. Подobie и моделирование процессов конвективного теплообмена
9. Решение задач по определению чисел теплового и гидромеханического подобия

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:

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

Темы практических занятий:

5. Решение задач по нахождению теплоотдачи при вынужденном продольном омывании плоской поверхности

Названия лабораторных работ:

10. Исследование теплоотдачи от горизонтальной трубы при свободной конвекции.
11. Решение двумерных стационарных задач теплопроводности
12. Решение задач по нахождению теплоотдачи при вынужденном продольном омывании плоской поверхности

Раздел 5. Конвективный теплообмен в однородной среде

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

Темы лекций:

5. Теплообмен в трубах при ламинарном и турбулентном течении.

Темы практических занятий:

6. Решение задач при движении потока внутри труб
7. Решение задач при поперечном обтекании труб и пучков.

Названия лабораторных работ:

13. Исследование теплообмена при течении жидкости в трубе.
14. Исследование теплоотдачи при поперечном обтекании тел.
15. Критерии подобия и уравнения подобия.
16. Теплообмен и сопротивление при течении в кольцевых каналах

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:

6. Теплопередача.

Темы практических занятий:

8. Решение задач при движении потока внутри труб

Название лабораторных работ:

17. Исследование теплопередачи через однослойную стенку.
18. Исследование теплопередачи через многослойную стенку.
19. Расчет тепловой изоляции.
20. Исследование теплопередачи при движении потока внутри труб

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:

7. Теплообмен при конденсации чистого пара
8. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей

Темы практических занятий:

9. Пузырьковое кипение в большом объеме и в трубах при вынужденной конвекции
10. Пленочное кипение в большом объеме

Название лабораторных работ:

21. Исследование теплообмена и кризиса теплообмена при кипении воды в большом объеме.
22. Параметры двухфазной смеси в трубах.
23. Исследование теплообмена при пленочном кипении
24. Теплообмен при конденсации чистого пара

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:

9. Тепловой расчет теплообменных аппаратов.
10. Гидродинамический расчет теплообменных аппаратов

Темы практических занятий:

11. Тепловой расчет теплообменных аппаратов
12. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов
13. Расчет конечной температуры теплоносителей

Название лабораторных работ

25. Исследование работы теплообменного аппарата.
26. Расчет конечной температуры теплоносителей
27. Определение водяного эквивалента теплоносителя
28. Определение коэффициента теплопередачи в теплообменнике

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:

11. Основные законы тепловых излучений.
12. Теплообмен излучением между твердыми телами

Темы практических занятий:

14. Лучистый теплообмен

15. Законы теплового излучения
16. Лучистый теплообмен между телами

Названия лабораторных работ

29. Определение интегральной степени черноты металлов.
30. Определение интенсивности излучения, коэффициента поглощения газов.
31. Закон излучения Планка.
32. Закон Стефана-Больцмана.

Раздел 10. Понятие о сложном теплообмене

Теплопередача через ребристые поверхности, через газовые и жидкостные прослойки. Интенсификация процессов теплообмена

Темы лекций:

13. Теплопередача через ребристые поверхности.
14. Критерии радиационного подобия

Раздел 11. Примеры расчета тепломассообмена в энергетическом оборудовании

Теплообмен в реакторах, парогенераторах и теплообменниках паротурбинной установки.

Темы лекций:

15. Теплообмен в реакторах, парогенераторах и теплообменниках паротурбинной установки.
16. Примеры расчета теплообмена в энергетическом оборудовании

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 контрольной работе, к зачету, экзамену.

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 “ГЦН 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

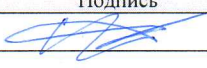
В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	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	– Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест; – Крепление для проектора Perless PRG-UNV - 1 шт.; – Компьютер - 1 шт.;

	проспект, 30а,38	– 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 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Подпись	ФИО
Доцент		Ю.Я Раков

Программа одобрена на заседании отделения НОЦ И.Н. Бутакова (протокол от 04.06.2020 г. №43).

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)
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.