

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 2018 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ

Тепломассообменное оборудование предприятий		
Направление подготовки/ специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника	
Образовательная программа (направленность (профиль))	Инженерия теплоэнергетики и теплотехники	
Специализация	Промышленная теплоэнергетика	
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат	
Курс	4 семестр 8	
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3	
Виды учебной деятельности	Временной ресурс	
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	22
	Практические занятия	11
	Лабораторные занятия	11
	ВСЕГО	44
Самостоятельная работа, ч		64
в т. ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект)		курсовой проект
ИТОГО, ч		108

Вид промежуточной аттестации	Зачет, диф. зачет (КП)	Обеспечивающее подразделение	НОЦ И.Н. Бутакова
---------------------------------	------------------------------	---------------------------------	----------------------

Заведующий кафедрой – руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры		Заворин А.С.
Руководитель ООП		Антонова А.М.
Преподаватель		Половников В.Ю.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 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)-2	Способен анализировать эффективность современных технологий получения, преобразования, транспорта и использования энергии в теплоэнергетических установках и нетрадиционных источниках энергии	И.ПК(У)-2.1	Делает выводы об эффективности технологий получения, преобразования, транспорта и использования энергии в теплоэнергетических установках, нетрадиционных источниках энергии	ПК(У)-2.1В1	Владеет опытом расчетного анализа параметров и показателей энергетических установок и их оборудования
				ПК(У)-2.1У1	Умеет рассчитывать параметры и показатели энергетических установок и их оборудования
				ПК(У)-2.1З1	Знает основные технологии преобразования, транспортировки и использования энергии топлива; принцип действия и устройство нетрадиционных и возобновляемых источников энергии
ПК(У)-3	Способен разрабатывать природоохранные, энерго- и ресурсосберегающие мероприятия на теплотехническом оборудовании	И.ПК(У)-3.1	Демонстрирует умение анализировать экологические и энергосберегающие показатели энергетического производства	ПК(У)-3.1В1	Владеет опытом определения экологических и энергосберегающих показателей энергетического производства
				ПК(У)-3.1У1	Умеет рассчитывать предельно допустимые выбросы и сбросы объектов теплоэнергетики, нормы расходов топлива и всех видов энергии
				ПК(У)-3.1З1	Знает нормативы по обеспечению экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережению на объектах теплоэнергетики
		И.ПК(У)-3.2	Проводит выбор ресурсосберегающих	ПК(У)-3.2В1	Владеет опытом выбора

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
			мероприятий и технологий защиты окружающей среды на объектах теплоэнергетики		современных технологий и оборудования для защиты окружающей среды на объектах теплоэнергетики
				ПК(У)-3.2У1	Умеет определять показатели энерго- и ресурсоэффективности, проводить выбор ресурсосберегающих мероприятий и технологий защиты окружающей среды на объектах теплоэнергетики
				ПК(У)-3.232	Знает современные методы ресурсо- и энергосбережения и природоохранные технологии
ПК(У)-5	Способен управлять технологическим оборудованием, контролировать параметры процессов и показатели получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла	И.ПК(У)-5.1	Демонстрирует понимание основ автоматического управления и регулирования	ПК(У)-5.1В1	Владеет опытом анализа схем систем автоматического регулирования и управления технологическими процессами системы теплоснабжения
				ПК(У)-5.1У1	Умеет моделировать структуры и схемы систем автоматического регулирования и управления технологическими процессами системы теплоснабжения
				ПК(У)-5.131	Знает основные принципы построения систем автоматического регулирования и управления системы теплоснабжения
		И.ПК(У)-5.2	Выбирает технические средства измерения и контроля теплотехнических параметров системы	ПК(У)-5.2В1	Владеет опытом выбора технических средств измерения и контроля теплотехнических

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
			теплоснабжения		параметров системы теплоснабжения
				ПК(У)-5.2У1	Умеет выбирать технические средства измерения и контроля теплотехнических параметров системы теплоснабжения
				ПК(У)-5.231	Знает методы и технические средства измерения и контроля теплотехнических параметров системы теплоснабжения
ПК(У)-6	Способен осуществлять проектирование и эксплуатацию теплотехнического, тепломеханического, теплообменного основного и вспомогательного оборудования, а также технологических установок, работающих под избыточным давлением	И.ПК(У)-6.1	Проектирует теплотехническое, тепломеханическое, теплообменное основное и вспомогательное оборудование, а также технологические установки, работающие под избыточным давлением, в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, в теплоэнергетике, газовой, химической и атомной промышленности	ПК(У)-6.1В1	Владеет опытом проектирования теплотехнического, тепломеханического, теплообменного основного и вспомогательного оборудования, а также технологических установок, работающих под избыточным давлением, в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, в теплоэнергетике, газовой, химической и атомной промышленности
				ПК(У)-61.У1	Умеет применять методы проектирования теплотехнического, тепломеханического, теплообменного основного и вспомогательного оборудования, а также технологические установки, работающие под избыточным давлением, в основной профессиональной деятельности

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
				ПК(У)-6.131	Знает требования к оборудованию и методы его проектирования в основной профессиональной деятельности
		И.ПК(У)-6.2	Эксплуатирует теплотехническое, тепломеханическое, теплообменное основное и вспомогательное оборудование, а также технологические установки, работающие под избыточным давлением, в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, в теплоэнергетике, газовой, химической и атомной промышленности	ПК(У)-6.2В1	Владеет опытом эксплуатации теплотехнического, тепломеханического, теплообменного основного и вспомогательного оборудования, а также технологических установок, работающих под избыточным давлением, в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, в теплоэнергетике, газовой, химической и атомной промышленности
				ПК(У)-6.2У1	Умеет эксплуатировать теплотехническое, тепломеханическое, теплообменное основное и вспомогательное оборудование, а также технологические установки, работающие под избыточным давлением, в основной профессиональной деятельности
				ПК(У)-6.231	Знает требования к эксплуатации оборудования в основной профессиональной деятельности

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине¹

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине ²		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Формулировать задачи в области теплоэнергетики и теплотехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	И.ПК(У)-2.1
РД 2	Планировать и проводить испытания и экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния систем теплоэнергетики и теплотехники, их оборудования, интерпретировать данные и делать выводы.	И.ПК(У)-3.1 И.ПК(У)-5.1 И.ПК(У)-5.2
РД 3	Применять практические знания принципов, технологий теплоэнергетической и теплотехнической отраслей	И.ПК(У)-6.2
РД 4	Проектировать теплоэнергетические установки, теплотехнические системы и их оборудование	И.ПК(У)-6.1
РД 5	Применять практические знания теплотехники, современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области теплотехники и теплотехнологий	И.ПК(У)-6.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

¹ П.3.8. ФГОС – «Организация самостоятельно планирует результаты обучения по дисциплинам (модулям) и практикам, которые должны быть соотнесены с установленными в программе индикаторами достижения компетенций. Совокупность запланированных результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам должна обеспечивать формирование у выпускника всех компетенций, установленных программой магистратуры»

² Результаты обучения более детализировано представляют индикаторы достижения компетенций как формируемые знания, умения и опыт (навыки), конкретные действия, выполняемые обучающимися, после успешного освоения дисциплины (в соответствии с Матрицей компетенций ООП)

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности ³	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. Теплообменные аппараты	РД 1-5	Лекции	2
		Практические занятия	1
		Лабораторные занятия	1
		Самостоятельная работа	4
Раздел (модуль) 2. Массообменные процессы и аппараты		Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 3. Выпаривание. Кристаллизация		Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 4. Перегонные и ректификационные установки		Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 5. Сушильные установки	Лекции	4	
	Практические занятия	2	
	Лабораторные занятия	2	
	Самостоятельная работа	12	
Раздел (модуль) 6. Абсорбционные процессы и установки	Лекции	4	
	Практические занятия	2	
	Лабораторные занятия	2	
	Самостоятельная работа	12	

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Теплообменные аппараты

Темы лекций:

1. Анализ способов охлаждения энергетических систем. Эффект охлаждения при волновом адиабатном расширении. Анализ способов охлаждения энергетических систем. Кондуктивный способ охлаждения изделия. Использование принудительной жидкостно-пористой системы охлаждения энергетического оборудования. Разработка способа охлаждения проектируемого аппарата. Расчет и компоновка парожидкостного кожухотрубного теплообменного аппарата (ТА). Ребристые, пластинчатые, спиральные ТА. Характеристики высокотемпературных теплоносителей.

Темы практических занятий:

1. Расчет и компоновка парожидкостного кожухотрубного ТА.

Названия лабораторных работ:

1. Расчет теплоемкости влажного воздуха

³ Общая трудоёмкость контактной работы и виды контактной работы в соответствии учебным планом

Раздел 2. Массообменные процессы и аппараты

Темы лекций:

1. Основы массопередачи. Материальный баланс. Закон Фика для молекулярной диффузии.
2. Конвективная диффузия. Процессы массообмена.

Темы практических занятий:

1. Расчет процессов массообмена.

Названия лабораторных работ:

1. Определение проницаемости воздуха через мелкопористые керамические перегородки.

Раздел 3. Выпаривание. Кристаллизация

Темы лекций:

1. Основные определения и характеристики. Способы и методы выпаривания. Выпарные аппараты. Основные зависимости и расчетные формулы. Простое выпаривание.
2. Материальный и тепловой балансы. Многократное выпаривание. Минимальная общая поверхность нагрева.

Темы практических занятий:

1. Расчет выпарной установки.

Названия лабораторных работ:

1. Испытание выпарной установки.

Раздел 4. Перегонные и ректификационные установки

Темы лекций:

1. Физико-химические основы равновесия фаз (жидкость – пар). Способы перегонки. Схема установки для простой дистилляции. Дистилляция в токе водяного пара. Схема аппарата для молекулярной дистилляции.
2. Ректификация. Материальный баланс. Тепловой баланс ректификационной колонны. Схема ректификационной установки периодического действия. Моделирование работы ректификационной колонны с рециклом по низкокипящему продукту. Тепловой расчет ректификационной установки.

Темы практических занятий:

1. Расчет ректификационной установки.

Названия лабораторных работ:

1. Испытание ректификационной установки.

Раздел 5. Сушильные установки

Темы лекций:

1. Сушка. Конвективная, контактная, радиационная, электрическая и

- сублимационная сушки. Равновесие в процессе сушки. Кинетика сушки. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки.
2. Диаграмма состояния влажного воздуха. Процессы изменения параметров воздуха. Принципиальные схемы конвективной сушки. Контактная сушка. Конструкции сушилок.

Темы практических занятий:

1. Расчет сушильной установки.

Названия лабораторных работ:

1. Испытание сушильной установки.

Раздел 6. Абсорбционные процессы и установки

Темы лекций:

1. Закон растворимости Генри. Закон Рауля. Материальный баланс процесса абсорбции. Кинетика процесса. Принципиальные схемы абсорбции.
2. Конструкции абсорберов. Барботажные абсорберы. Распыливающие абсорберы.

Темы практических занятий:

1. Расчет абсорбера.

Названия лабораторных работ:

1. Испытание абсорбера.

Тематика курсовых работ (теоретический раздел)

1. Расчет сетевой водоподогревательной установки
2. Расчет пароводяного теплообменника
3. Расчет и подбор охладителя конденсата
4. Расчет пластинчатого теплообменника

5. Организация самостоятельной работы студентов

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

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролируемых мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом;
- 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

1. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию : учебное пособие / под ред. Ю. И. Дытнерского. — Изд. стер.. — Москва: Альянс, 2015. — 493 с.: — ISBN 978-5-903034-87-1.
2. Семенов, Б. А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебное пособие / Б. А. Семенов. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-1392-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5107>. — Загл. с экрана.
3. Моисеев, Б. В. Промышленная теплоэнергетика : учебник / Б. В. Моисеев, Ю. Д. Земенков, С. Ю. Торопов. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. — 236 с. — ISBN 978-5-9961-0860-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/55434>. — 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://ezproxy.ha.tpu.ru:2330>;
2. elibrary.ru - научная электронная библиотека <https://elibrary.ru>.

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

1. Система математического моделирования Mathcad.
2. Система визуализации и анализа данных Origin.

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 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 30, 202	Комплект учебной мебели на 72 посадочных мест; Компьютер - 2 шт.; Проектор - 1 шт. 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Cisco Webex Meetings; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; Notepad++; Oracle VirtualBox; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; XnView Classic; Zoom Zoom
2.	Лаборатория. 634050 г. Томская область, Томск, проспект Ленина, д.30а, учебный корпус №4, аудитория 27	Комплекс лабораторных установок: 1. Расчет теплоемкости влажного воздуха 2. Определение проницаемости воздуха через мелкопористые керамические перегородки.
3.	Лаборатория. 634050 г. Томская область, Томск, проспект Ленина, д.30а, учебный корпус №4,	Комплекс лабораторных установок: 1. Испытание выпарной установки. 2. Испытание ректификационной установки.

аудитория 106	3. Испытание сушильной установки. 4. Испытание абсорбера.
---------------	--

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, специализация «Промышленная теплоэнергетика» (прием 2018 г., очная форма обучения⁴).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
доцент НОЦ Бутакова И.Н.	Половников Вячеслав Юрьевич



Программа одобрена на заседании НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ (протокол № 11 от 19.06.2018 г.).

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

 /Заворин А.С./
подпись

⁴ Год приема и форма обучения – на титульном листе

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол)
2019/2020 уч. год	Внесены изменения в раздел Учебно-методическое, информационное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины	протокол № 29 от 30.05.2019
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