

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

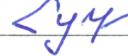
УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ИИПЭ  
  
 Матвеев А.С.  
 «26» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2019 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**Техническая термодинамика и тепломассообмен**

Направление подготовки/ специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Агрегаты электростанций и газоперекачивающих систем		
Специализация	Агрегаты газоперекачивающих станций		
Уровень образования	высшее образование – бакалавриат		
Курс	3	семестр	5
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		32
	Практические занятия		40
	Лабораторные занятия		16
	ВСЕГО		88
Самостоятельная работа, ч		128	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		Курсовая работа	
ИТОГО, ч		216	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен, дифф.зачет	Обеспечивающее подразделение	НОЦ И.Н. Бутакова
------------------------------	---------------------	------------------------------	----------------------

Руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры		А.С. Заворин
Руководитель ООП		Т.С. Тайлашева
Преподаватель		Б.В. Борисов

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
ОПК(У)-3	Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	И.ОПК(У)-3.1	Демонстрирует понимание основных законов термодинамики, теплообмена, движения жидкости и газа для анализа явлений и процессов в теплотехнических системах	ОПК(У)-3.1В1	Владеет опытом анализа явлений и процессов в теплоэнергетических и теплотехнических системах, аппаратах и агрегатах
				ОПК(У)-3.1У1	Умеет выявлять сущность термодинамических, теплообменных, гидрогазодинамических явлений и процессов и применять для их расчета соответствующие законы
				ОПК(У)-3.1З1	Знает основные физические явления и законы технической термодинамики, теплообмена, гидрогазодинамики и их математическое описание
		И.ОПК(У)-3.2	Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем	ОПК(У)-3.2В1	Владеет опытом использования знаний теплофизических свойств рабочих тел и теплоносителей при расчетах теплоэнергетических и теплотехнических установок и их оборудования
				ОПК(У)-3.2У1	Умеет использовать знания теплофизических свойств рабочих тел и теплоносителей при расчетах теплоэнергетических и теплотехнических установок и их оборудования
				ОПК(У)-3.2З1	Знает теплофизические свойства рабочих тел и теплоносителей
		И.ОПК(У)-3.3	Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений и применяет для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей	ОПК(У)-3.3В1	Владеет опытом исследования и расчетов процессов и циклов преобразования энергии и передачи теплоты
				ОПК(У)-3.3У1	Умеет проводить исследования и расчет процессов и циклов преобразования энергии и передачи теплоты
				ОПК(У)-3.3З1	Знает методы исследования и методики расчета процессов и циклов преобразования энергии и передачи теплоты

## 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	Понимать и использовать основные понятия и определения технической термодинамики и теплообмена.	И.ОПК(У)-3.1 И.ОПК(У)-3.2
РД2	Понимать и использовать понятия основных моделей рабочих тел, термодинамических параметров и процессов переноса теплоты.	И.ОПК(У)-3.1 И.ОПК(У)-3.2
РД3	Использовать методики термодинамического анализа с применением основных законов и соотношений термодинамики, анализа полей температур при различных процессах теплообмена.	И.ОПК(У)-3.1 И.ОПК(У)-3.2 И.ОПК(У)-3.3
РД4	Владеть методами термодинамического анализа покоящегося тела и потока рабочего тела, экспериментальной оценки параметров теплообмена.	И.ОПК(У)-3.2 И.ОПК(У)-3.3
РД5	Владеть методами анализа основных теплотехнических приборов на основе понятие циклических процессов (циклов).	И.ОПК(У)-3.2 И.ОПК(У)-3.3
РД6	Владеть методами определения тепловых потоков применительно к основным теплотехническим приборам.	И.ОПК(У)-3.2 И.ОПК(У)-3.3

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. Понятия, параметры и основные законы термодинамики	РД1	Лекции	6
	РД2	Практические занятия	6
	РД3	Лабораторные занятия	4
	РД4	Самостоятельная работа	22
Раздел 2. Анализ циклов тепловых машин	РД1	Лекции	6
	РД2	Практические занятия	8
	РД3	Лабораторные занятия	4
	РД4	Самостоятельная работа	22
Раздел 3. Понятия, параметры и основные законы теплообмена. Теплопроводность.	РД1	Лекции	4
	РД2	Практические занятия	6
	РД3	Лабораторные занятия	2
	РД4	Самостоятельная работа	22
	РД5		
	РД6		
Раздел 4. Основные положения конвективного теплообмена	РД1	Лекции	6
	РД2	Практические занятия	8
	РД3	Лабораторные занятия	4
	РД4	Самостоятельная работа	22
	РД5		
	РД6		
Раздел 5. Теплообмен излучением	РД1	Лекции	6
	РД2	Практические занятия	6
	РД3	Лабораторные занятия	–
	РД4	Самостоятельная работа	20
	РД5		
	РД6		
Раздел 6. Теплопередача со сложным теплообменом	РД1	Лекции	4
	РД2	Практические занятия	6
	РД3	Лабораторные занятия	2
	РД4	Самостоятельная работа	20
	РД5		
	РД6		

Содержание разделов дисциплины:

## **Раздел 1. Понятия, параметры и основные законы термодинамики**

### **Темы лекций:**

1. Предмет и методы термодинамики.
2. Смеси газов. Понятие теплоемкости.
3. Первый закон термодинамики.
4. Второй закон термодинамики.
5. Термодинамика идеального газа.
6. Термодинамические свойства реальных веществ.
7. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Истечение. Дросселирование.
8. Термодинамика смесей и растворов. Парогазовые смеси.

### **Темы практических занятий:**

1. Расчеты по уравнению состояния;
2. Расчет газовых смесей;
3. Законы термодинамики;
4. Расчеты теплоемкости;
5. Расчет калорических параметров;
6. Расчет процессов идеального газа;
7. Расчет параметров пара;
8. Расчет процессов пара;
9. Истечение газов и паров;
10. Дросселирование. Смещение;
11. Расчеты с влажным воздухом.

### **Названия лабораторных работ:**

1. Определение удельной теплоемкости воздуха при постоянном давлении;
2. Изучение изотермического процесса;
3. Изучение реального газа (эффект Джоуля-Томсона).

## **Раздел 2. Анализ циклов тепловых машин**

### **Темы лекций:**

1. Процессы в компрессорах.
2. Газовые циклы.
3. Циклы паротурбинных установок.
4. Циклы холодильных установок и термотрансформаторов.
5. Основы химической термодинамики. Основы неравновесной термодинамики.

### **Темы практических занятий:**

1. Процессы компрессоров;
2. Расчет циклов газовых двигателей (ГТУ, ДВС);
3. Расчет циклов паротурбинных установок (ПТУ, ТЭС, ТЭУ);
4. Расчет циклов холодильных машин.

### **Названия лабораторных работ:**

1. Определение проницаемости воздуха через мелкопористые керамические перегородки.
2. Исследование процессов во влажном воздухе.
3. Определение абсолютной и относительной влажности воздуха

## **Раздел 3. Понятия, параметры и основные законы теплообмена. Теплопроводность**

### **Темы лекций:**

1. Введение. Основные понятия и определения тепломассообмена.
2. Теплопроводность при стационарном режиме.
3. Интенсификации теплопередачи. Внутренние источники.
4. Нестационарная теплопроводность.

**Темы практических занятий:**

1. Расчеты теплопроводности и теплопередачи плоской стенки;
2. Расчеты теплопроводности и теплопередачи цилиндрической стенки;
3. Расчеты теплопроводности и теплопередачи ребренных стенок;
4. Расчеты теплопроводности тел с внутренними источниками теплоты;
5. Расчеты нестационарной теплопроводности.

**Названия лабораторных работ:**

1. Определение коэффициента теплопроводности воздуха методом нагретой нити.
2. Определение степени черноты вольфрамовой проволоки.

**Раздел 4. Основные положения конвективного теплообмена****Темы лекций:**

1. Конвективный теплообмен.
2. Теория подобия.
3. Свободная конвекция
4. Вынужденная конвекция. Пластина. Цилиндр.
5. Вынужденная конвекция. Труба.
6. Теплообмен при фазовых превращениях. Конденсация.
7. Теплообмен при фазовых превращениях. Кипение.
8. Массообмен.

**Темы практических занятий:**

1. Расчеты теплопередачи через плоские и цилиндрические стенки, с различными механизмами и режимами теплоотдачи на поверхностях. С без учета и учетом фазовых превращений.

**Названия лабораторных работ:**

1. Определение параметров вынужденного движения жидкости по трубам;
2. Исследование теплопередачи при вынужденном движении жидкости по трубам.

**Раздел 5. Теплообмен излучением****Темы лекций:**

1. Теплообмен излучением. Система тел в диатермической среде.

**Темы практических занятий:**

1. Расчеты теплопередачи через плоские и цилиндрические стенки, с различными механизмами и режимами теплоотдачи на поверхностях, без учета и учетом фазовых превращений. Расчеты теплообмена излучением системы тел, разделенных диатермической средой.
2. Расчеты теплообмена излучающего газа с поверхностью.

**Раздел 6. Теплопередача со сложным теплообменом****Темы лекций:**

1. Сложный теплообмен. Теплообменные аппараты.

**Темы практических занятий:**

1. Расчеты теплообменных аппаратов.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование теплопередачи при вынужденном движении жидкости по трубам.

**Тематика курсовых работ:**

1. Конструкторский расчет теплообменного аппарата.
2. Поверочный расчет теплообменного аппарата.

**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;

- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- Выполнение курсовой работы;
- 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 В.А. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров [Электронный ресурс] / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. – 2-е изд. – Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). – Москва: Юрайт, 2013. – 1 Мультимедиа CD-ROM. – Электронные учебники издательства Юрайт. – Электронная копия печатного издания. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM, Windows 95/98/NT/2000, CDROM, SVGA, звуковая карта, Internet Explorer 5.0 и выше. – Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/FN/fn-2407.pdf>.
2. Крайнов А.В. Тепломассообмен: учебное пособие [Электронный ресурс] / А.В. Крайнов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 2.1 МВ). – Томск: Изд-во ТПУ, – Системные требования: Adobe Reader. – Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2016/m071.pdf>.
3. Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен: учебник для вузов/ Ф. Ф. Цветков, Б.А. Григорьев: учебник для вузов / Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев. – Москва: Изд-во МЭИ, 2011. – 559 с. – Режим доступа: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU/TPU/book/208977>.

#### Дополнительная литература:

1. Борисов Б.В. Практикум по технической термодинамик: учебное пособие [Электронный ресурс] / Б.В. Борисов, А.В. Крайнов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ), Кафедра теоретической и промышленной теплотехники (ТПТ). – 1 компьютерный файл (pdf; 4.1 МВ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – Заглавие с титульного экрана. – Электронная версия печатной публикации. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader. – Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m410.pdf>.
2. Кириллин В.Л. Техническая термодинамика: учебник для вузов / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. – 6-е изд., перераб. и доп.. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2017. – 502 с. – Режим доступа: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/359685>.
3. Архипов В.А. Физико-технические основы процессов тепломассообмена: учебное пособие [Электронный ресурс] / В.А. Архипов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 2.3 МВ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – Заглавие с титульного экрана. – Электронная версия печатной публикации. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader. – Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m051.pdf>.

4. Барилевич В.А. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: учебное пособие / В.А. Барилевич, Ю.А. Смирнов. – Москва: Инфра-М, 2014. – 432 с. – Режим доступа <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU/TPU/book/288293>.
5. Мирам А.О. Техническая термодинамика. Тепломассообмен: учебник / А.О. Мирам, В.А. Павленко. – Москва: АСВ, 2011. – 348 с. – Режим доступа: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU/TPU/book/231581>.
6. Serth R. Process heat Transfer: Principles, Applications and Rules of Thumb [Electronic resource] / R.W. Serth, T.G. Lestina. – 1 компьютерный файл (pdf; 51 Mb). – Amsterdam: Elsevier, 2014. – Заглавие с титульного экрана. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader. – Режим доступа: [http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2016/science\\_book/Process%20Heat%20Transfer\\_2014.pdf](http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2016/science_book/Process%20Heat%20Transfer_2014.pdf).

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. Разва А.С. Тепломассообмен: электронный курс [Электронный ресурс] / А.С. Разва; Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа энергетики, Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова (НОЦ И.Н. Бутакова). – Электрон. дан. – TPU Moodle, 2019. – Заглавие с экрана. – Доступ по логину и паролю. – Схема доступа: <https://design.lms.tpu.ru/course/view.php?id=2589>.
2. Половников В.Ю. Техническая термодинамика: видеолекции [Электронный ресурс] / В.Ю. Половников; Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа энергетики, Научно-образовательный центр И. Н. Бутакова (НОЦ И. Н. Бутакова). – Электрон. дан. – Томск: TPU Moodle, 2017. – Заглавие с экрана. – Доступ по логину и паролю. – Схема доступа: <http://lms.tpu.ru/course/view.php?id=11526>.
3. Электронный каталог Томского регионального библиотечного консорциума (<http://arbicon.tomsk.ru>);
4. Национальная электронная библиотека (<https://нэб.рф>);
5. База реферативных журналов Всероссийского института научной и технической информации (<http://www2.viniti.ru>);
6. Поисковая система Федерального института промышленной собственности по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (<http://www1.fips.ru>);
7. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (<http://diss.rsl.ru>);
8. Поисковая система Федерального центра информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru>);
9. Электронная библиотека института инженеров электротехники и электроники «IEEE» (<http://ieeexplore.ieee.org>).

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

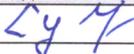
1. MS Office, LibreOffice.

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634050 Томская область, Томск, пр. Ленина, 30а, аудитория 47.	Комплект учебной мебели на 36 посадочных мест; Компьютер - 1 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, аудитория 48	Документ-камера WolfVision - 1 шт.; Анемометр - 2 шт.; Кинокамера скоростная СКС-1 - 1 шт.; Пирометр ST-30 - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 8 посадочных мест; Стол письменный - 3 шт.; Компьютер - 18 шт.; Принтер - 1 шт.

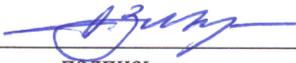
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника / Агрегаты электростанций и газоперекачивающих систем / Агрегаты газоперекачивающих станций (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Профессор, д.ф.-м.н.		Б.В. Борисов

Программа одобрена на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол от 30.05.2019г. №29).

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 уч. год	Внесены изменения в разделы: Структура и содержание дисциплины; Учебно-методическое обеспечение; Материально-техническое обеспечение дисциплины.	Протокол №44 от 26.06.2020