

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.
Алексеева

Кафедра «Кораблестроение и авиационная техника»

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИТС Тумасов А.В.
2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамика и теплопередача
(наименование дисциплины)

Направление подготовки

24.05.07 Самолето- и вертолетостроение

(код и название направления)

Профиль подготовки

Самолетостроение

(наименование профиля подготовки)

Квалификация (степень)

Инженер

Форма обучения

Очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Нижний Новгород

2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

1. Наименование дисциплины.

Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» относится к обязательным дисциплинам базовой части первого блока (Б1.Б.28) и готовит к решению профессиональной задачи по теории тепловых машин и теплообменных аппаратов и теории теплообмена.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенции выпускников).

Таблица 2.1. Уровни формирования компетенций

Код и наименование общепрофессиональной компетенции выпускника	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности	ОПК-1.2. Применяет методы математического анализа и моделирования, методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.

Показатели достижения заданного уровня освоения компетенций указаны в табл. 2.2

Таблица 2.2. Планируемые результаты обучения

Признаки проявления компетенций (что способен делать выпускник после освоения дисциплинарной части компетенции)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)		
	Владеть	Уметь	Знать
1. Компетенция ОПК-1			
Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности	Знаниями основных законов естественнонаучных дисциплин, методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	Использовать и применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	Основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в области профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы (бакалавриата, специалитета, магистратуры).

Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» относится к базовой (общепрофессиональной) части «Б1», к обязательным дисциплинам рабочего учебного плана подготовки специалитета по профессионально-образовательной программе направления 24.05.07. «Самолето- и вертолетостроения» очной формы обучения профиля "Самолетостроение".

Изучение дисциплины осуществляется на 3^{ем} курсе в 5^{ом} семестре. Курс базируется на знаниях и умениях, приобретаемых студентами при изучении дисциплин: «Введение в специальность», «Физика», «Высшая математика», «Химия», «Теоретическая механика», «Гидравлика».

В свою очередь, курс «Термодинамика и теплопередача» является основой для изучения специальных дисциплин по профилю «Самолетостроение».

Студенты в процессе изучения курса «Термодинамики и теплопередачи» получают необходимые навыки по оценке теплофизических свойства рабочих тел, расчету термодинамических процессов, построению термодинамических циклов энергетических установок, оценки их эффективности и поиска путей её повышения, расчетов процессов теплообмена.

Все это является основой для дальнейшей подготовки студента как высоко квалифицированного специалиста в области судовых энергетических установок, свободно владеющего современными методами термодинамических исследований.

Перед началом изучения дисциплины «Термодинамика теплопередача» студент должен:

Знать:

- основные законы физики;
- в совершенстве знать учение о теплоте
- современные компьютерные технологии в научно-исследовательской деятельности;
- знать законы химии и тепловые химические реакции;
- знать основные законы гидравлики.

Уметь:

- применять современный математический аппарат к решению конкретных физических задач;
- рассчитывать режимы движения жидкостей и газов;
- выделять тепловые явления в судовой энергетике;
- представлять и применять полученные результаты НИР;
- применять математический аппарат для осуществления научного эксперимента и прикладных исследований;

Владеть:

- навыками постановки задачи и разработки программы исследования с применением компьютерных технологий;
- навыками представления и применения полученных результатов с применением компьютерных технологий;
- навыками постановки задачи и разработки программы статистического исследования;
- навыками представления и применения полученных результатов НИР;

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Объем дисциплины (общая трудоемкость) составляет 6 зачетных единиц (з.е), в часах это 216 академических часов, в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем 97 часов, самостоятельная работа обучающихся 119 часов.

Таблица 4.1. Структура дисциплины

Вид учебной работы		Семестры	
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:		Всего часов	5
		97	97
1.1. Аудиторные занятия (всего)		90	90
в том числе:	Лекции (Л)	45	45
	Лабораторные работы (ЛР)	15	15
	Практические занятия (ПЗ)	30	30
1.2. Внеаудиторные занятия (всего)		7	7
групповые консультации по дисциплине		3	3
групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)		2	2
индивидуальная работа преподавателя с обучающимися		2	2
2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)		74	74
Вид промежуточной аттестации – экзамен подготовка к экзамену		45	45
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)		Экзамен 5 семестр	Экзамен
Общая трудоемкость, ч/зачетные единицы		216/6	216/6

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий

Тематический план освоения дисциплины по видам учебной деятельности приведен в таблице 5.1 - 5.4. Здесь указано структурное распределение объемов (в часах) разделов тем дисциплины по видам учебной работы, аудиторных занятий, основным учебным модулям и мероприятиям периодического (текущего контроля).

Таблица 5.1. Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий и их трудоемкость, часы							
		Всего часов	Лекции	Практические работы	Лабораторные работы	Внеаудиторная контактная работа	СРС*	Контроль	формируемые компетенции
1	Основные понятия и определения	8	2	1	-	-	5	-	ОПК-1
2	Первый закон термодинамики	6,5	2,5	1	-	-	3	-	ОПК-1
3	Исследование обратимых процессов в идеальном газе	9,5	3	1,5	-	1	4	-	ОПК-1
4	Второй закон термодинамики	10,5	2	1,5	-	1	6	-	ОПК-1
5	Реальные рабочие тела тепловых машин	14	5	1	-	1	7	-	ОПК-1
6	Термодинамические циклы тепловых машин	20,5	6,5	3	-	2	9	-	ОПК-1
7	Теплопроводность	20	5	1	6	-	8	-	ОПК-1
8	Конвективный теплообмен	29	7	2	10	-	10	-	ОПК-1
9	Тепловое излучение	17	5	1	6	-	5	-	ОПК-1
10	Тепломассобмен при изменении агрегатного состояния вещества	11	4	-	-	-	7	-	ОПК-1
11	Теплопередача	7,5	1,5	1	-	-	5	-	ОПК-1
12	Основы тепловых расчетов теплообмен-ных аппаратов	15,5	1,5	1	8	-	5	-	ОПК-1
	Подготовки к промежуточной аттестации (экзамен)	47	-	-	-	2	-	45	-
	Итого:	216	45	15	30	7	74	45	

Таблица 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ раздела	Наименование разделов	Содержание темы (перечисление дидактических единиц – на усмотрение составителя РУП)	Трудоемкость (час.)
1	Основные понятия и определения	Тема 1.1. Рабочее тело, термодинамическая система, термодинамическое состояние, свойства термодинамических систем, параметры состояния.	0,5
		Тема 1.2. Термодинамический процесс. Обратимые и необратимые термодинамические процессы. Основные причины необратимости реальных процессов. Энергия системы, теплота и работа. P-V - диаграмма.	0,5
		Тема 1.3. Уравнение состояния идеального газа. Газовая постоянная. Универсальная газовая постоянная.	0,5
		Тема 1.4. Теплоемкость газов. Соотношения между ними. Зависимость теплоемкости от температуры. Истинная и средняя теплоемкость. Теплоемкость газовой смеси.	0,5
2	Первый закон термодинамики	Тема 2.1. Всеобщий закон сохранения и превращения энергии и его приложение к термодинамической системе. Принцип неосуществимости вечного двигателя первого рода.	0,5
		Тема 2.2. Закрытая система. Работа расширения обратимого процесса. Внутренняя энергия. Математическое выражение первого закона для закрытой системы. Определение изменения внутренней энергии газа.	0,5
		Тема 2.3. Открытая термодинамическая система. Располагаемая работа. Энтальпия. Математическое выражение первого закона для открытой системы. Определение изменения энтальпии.	1
		Тема 2.4. Функции состояния и функции процесса. Энтропия. TS - диаграмма идеального газа.	0,5
3	Исследование обратимых процессов в идеальном газе	Тема 3.1. Основные виды обратимых термодинамических процессов: изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный. Их исследование. Политропные процессы и их анализ.	2
		Тема 3.2. Исследование обратимого политропного процесса сжатия в компрессоре. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие. Определение затрачиваемой на сжатие работы. Многоступенчатое сжатие в компрессоре.	1
4	Второй закон термодинамики	Тема 4.1. Базисные формулировки второго закона термодинамики. Круговые процессы (циклы) и их роль в технике. Прямые и обратные циклы.	0,5
		Тема 4.2. Прямой обратимый цикл Карно. Свойства цикла Карно. Обратный цикл Карно. Регенеративный цикл. Принцип регенерации теплоты.	1
		Тема 4.3. Общая математическая характеристика обратимых и необратимых термодинамических процессов. Интегралы Клаузиуса. Эксергия термодинамической системы. Уравнение эксергетического баланса при обратимых и необратимых процессах.	0,5

5	Реальные рабочие тела тепловых машин	Тема 5.1. Водяной пар. PV -диаграмма водяного пара. Определение параметров состояния насыщенного (сухого и влажного) и перегретого пара. Энтальпийные диаграммы ($T-S$ и $i-S$) водяного пара.	2
		Тема 5.2. Термодинамические свойства влажного воздуха.	0,5
		Тема 5.3. Процесс дросселирования газов и паров. Температурный дроссельный эффект. Температура инверсии. Дросселирование водяного пара.	1
		Тема 5.4. Преобразование энергии в соплах и диффузорах. Скорость истечения и расход газа при изэнтропном обратимом течении газов и паров через сопло. Выбор формы канала сопла. Диффузоры.	1,5
6	Термодинамические циклы тепловых машин	Тема 6.1. Цикл Ренкина; термический КПД цикла; расход пара на турбину. Основные явления необратимости в паротурбинной установке. Пути повышения эффективности паротурбинных установок. Сложные циклы ПТУ.	2
		Тема 6.2. Общие принципы действия поршневых ДВС. Идеальный цикл с изохорным подводом теплоты. Идеальный цикл со смешанным и изобарным подводом теплоты. Термический КПД циклов. Сравнительный анализ циклов ДВС.	1,5
		Тема 6.3. Идеальный цикл газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном давлении. Оценка эффективности реальной ГТУ. Регенеративный цикл ГТУ. Сложные циклы ГТУ.	1,5
		Тема 6.4. Основные типы холодильных машин. Термодинамические циклы воздушно- и парокомпрессионной холодильной машины. Абсорбционные холодильные машины.	1,5
7	Теплопроводность	Тема 7.1. Температурное поле. Градиент температуры. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение Фурье.	1,5
		Тема 7.2. Теплопроводность в плоских одно- и многослойных стенках при стационарном режиме. Теплопроводность в цилиндрических одно- и многослойных стенках при стационарном режиме. Приближенные формулы для расчета тонкостенных цилиндрических стенок.	2,5
		Тема 7.3. Теплопроводность в шаровых стенках при стационарном режиме. Расчет теплопроводности в телах сложной формы.	1
8	Конвективный теплообмен	Тема 8.1. Теплоотдача. Основные факторы, определяющие интенсивность теплоотдачи. Аналитические и экспериментальные методы изучения конвективного теплообмена. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Условия однозначности для процессов теплоотдачи.	3
		Тема 8.2. Основы теории подобия. Числа (критерии) подобия. Теоремы подобия. Основные числа теплового и гидромеханического подобия. Уравнение подобия теплоотдачи. Методика обработки опытных данных и составления уравнений подобия. Выбор определяющей температуры и определяющего линейного размера.	1

		Тема 8.3. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах и каналах.	1
		Тема 8.4. Теплоотдача при поперечном обтекании труб	1
		Тема 8.5. Теплоотдача при свободном движении. Теплоотдачи при свободном движении в неограниченном и в ограниченном объеме.	1
9	Тепловое излучение	Тема 9.1. Природа теплового излучения. Коэффициенты поглощения, отражения и пропускания. Абсолютно черное, белое и прозрачное тело. Серое тело. Законы теплового излучения.	3
		Тема 9.2. Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой (плоскопараллельные поверхности; тела в замкнутом пространстве). Приведенный коэффициент излучения системы тел.	1
		Тема 9.3. Защита от теплового излучения - экраны. Особенности теплового излучения газов. Сложный теплообмен.	1
10	Тепломассообмен при изменении агрегатного состояния вещества	Тема 10.1. Тепломассообмен при кипении жидкости в большом объеме. Механизм теплообмена. Зависимость коэффициента теплоотдачи и плотности теплового потока от температурного напора. Кризис кипения. Пленочный режим кипения. Определение коэффициента теплоотдачи	1
		Тема 10.2. Обобщенные и частные эмпирические зависимости для определения коэффициента теплоотдачи. Особенности теплоотдачи при кипении жидкости в трубах. Определение коэффициента теплоотдачи.	1
		Тема 10.3. Тепломассообмен при конденсации пара. Пленочная, капельная конденсация. Пленочная конденсация насыщенного пара на вертикальной и горизонтальной стенках. Поправка на волновое движение пленки.	1
		Тема 10.4. Критериальные уравнения теплоотдачи при конденсации. Факторы, влияющие на теплоотдачу при конденсации.	1
11	Теплопередача	Тема 11.1. Теплопередача как сложный процесс теплообмена. Коэффициент теплопередачи и полное термическое сопротивление теплопередачи. Пути интенсификации теплопередачи.	1
		Тема 11.2. Теплопередача через гладкие и оребренные стенки.	0,5
12	Основы тепловых расчетов теплообменных аппаратов	Тема 11.2. Классификация теплообменных. Основные схемы движения теплоносителей. Основные расчетные уравнения: уравнения теплового баланса и уравнение теплопередачи. Теплоемкость секундного расхода теплоносителя (водяной эквивалент теплоносителя). работающих по семам прямоток и противоток	1
		Тема 11.2. Определение коэффициента теплопередачи и среднего температурного напора в теплообменных аппаратах. Сравнение теплообменников работающих по семам прямоток и противоток	0,5
	ИТОГО		45

Таблица 5.3. Темы практических занятий

№ раздела	Наименование разделов	Содержание темы (перечисление дидактических единиц – на усмотрение составителя РУП)	Трудоемкость (час.)
1	Основные понятия и определения	Тема 1.1. Параметры состояния термодинамической системы.	0,25
		Тема 1.2. Применение уравнение состояния идеального газа к решению термодинамических задач. Газовая постоянная. Универсальная газовая постоянная.	0,25
		Тема 1.3. Определение молекулярной массы и газовой постоянной смеси газов. Определение парциальных давлений компонентов газовых смесей.	0,25
		Тема 1.4. Теплоемкость газов. Соотношения между ними. Зависимость теплоемкости от температуры. Истинная и средняя теплоемкость. Теплоемкость газовой смеси.	0,25
2	Первый закон термодинамики	Тема 2.1. Применение первого закона термодинамики к условиям закрытой термодинамической системы. Работа расширения. Определение изменения внутренней энергии рабочего тела.	0,5
		Тема 2.2. Применение первого закона термодинамики применительно к условиям открытой термодинамической системы. Располагаемая работа. Определение изменения энтальпии рабочего тела.	0,5
3	Исследование обратимых процессов в идеальном газе	Тема 3.1. Изохорный, изобарный и изотермический процессы. Определение работы, теплоты, изменения энергии и энтропии в процессах.	0,25
		Тема 3.2. Адиабатный процесс. Политропный процесс. Определение работы, теплоты, изменения энергии и энтропии в процессах.	0,25
		Тема 3.3. Исследование политропного процесса сжатия в идеальном одноступенчатом поршневом компрессоре.	0,25
		Тема 3.4. Индикаторная диаграмма реального одноступенчатого компрессора. Влияние вредного пространства на работу компрессора. Объемный КПД поршневого компрессора. Коэффициент наполнения. Многоступенчатое сжатие в компрессоре.	0,75
4	Второй закон термодинамики	Тема 4.1. Расчет параметров рабочего тела в характерных точках цикла Карно. Определение работы, теплоты, изменения внутренней энергии, энтальпии и энтропии во всех процессах цикла и за весь цикл в целом. Термический КПД цикла.	0,5
		Тема 4.2. Определение изменения энтропии.	0,25
		Тема 4.3. Применение уравнения эксергетического баланса. Определение безвозвратной потери эксергии в необратимых процессах.	0,75
5	Реальные рабочие тела тепловых машин	Тема 5.1. Таблицы воды и пара, определение теплофизических свойств воды и пара. $i-s$ – диаграмма водяного пара. Расчет термодинамических процессов с участием водяного пара.	0,5
		Тема 5.2. Расчет процесса дросселирования газов и паров	0,25

		Тема 5.3. Выбор формы канала сопла. Определение скорости истечения и расход газа при изоэнтальпийном обратимом течении газов и паров через сопло.	0,25
6	Термодинамические циклы тепловых машин	Тема 6.1. Определение параметров рабочего тела в характерных точках цикла Ренкина, термического КПД цикла и расход пара на турбину.	0,25
		Тема 6.2. Исследование путей повышения эффективности паротурбинных установок.	0,25
		Тема 6.3. Сложные циклы ПТУ и их исследование.	0,25
		Тема 6.4. Расчет параметров рабочего тела в характерных точках цикла Отто. Исследование путей повышения тепловой эффективности цикла.	0,5
		Тема 6.5. Расчет параметров рабочего тела в характерных точках циклов Дизеля и Тринклера. Исследование путей повышения тепловой эффективности циклов.	0,5
		Тема 6.6. Расчет идеального цикла ГТУ с изобарным подводом теплоты. Исследование путей повышения тепловой эффективности цикла.	0,5
		Тема 6.7. Расчет регенеративный цикл ГТУ. Исследование путей повышения тепловой эффективности цикла.	0,5
		Тема 6.8. Расчет циклов ВКХМ и ПКХМ. Исследование путей повышения тепловой эффективности.	0,25
7	Теплопроводность	Тема 7.1. Теплопроводность в плоских одно- и многослойных стенках при стационарном режиме.	0,5
		Тема 7.2. Теплопроводность в цилиндрических одно- и многослойных стенках при стационарном режиме. Приближенные формулы для расчета тонкостенных цилиндрических стенок.	0,5
8	Конвективный теплообмен	Тема 8.1. Уравнение подобия теплоотдачи. Методика обработки опытных данных и составления уравнений подобия. Выбор определяющей температуры и определяющего линейного размера.	1
		Тема 8.2. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах и каналах. Теплоотдача при поперечном обтекании труб	0,5
		Тема 8.3. Теплоотдача при свободном движении. Теплоотдачи при свободном движении в неограниченном и в ограниченном объеме.	0,5
9	Тепловое излучение	Тема 9.1. Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой (плоскопараллельные поверхности; тела в замкнутом пространстве). Приведенный коэффициент излучения системы тел.	0,5
		Тема 9.2. Защита от теплового излучения - экраны. Особенности теплового излучения газов. Сложный теплообмен.	0,5
11	Теплопередача	Тема 11.1. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку. Теплопередача через оребренные стенки.	1
12	Основы тепловых расчетов теплообменных аппаратов	Тема 12.1. Расчеты теплообмена в трубчатых и пластинчатых рекуперативных теплообменных аппаратах. Расчет регенеративного теплообменного аппарата.	1
	ИТОГО		15

Учебным планом курса «Термодинамика и теплопередача» для профиля подготовки «Самолето- и вертолетостроение» предусмотрено выполнение 5^{ти} лабораторных работ.

1. Определение коэффициента теплопроводности сыпучих материалов.

В данной лабораторной работе определение коэффициента теплопроводности выполняется на основе косвенного метода трубы. С помощью термопар измеряется температура поверхности двух коаксиальных труб, между которыми находится исследуемый сыпучий материал. Измеряется сила тока и напряжение в цепи нагревательной спирали. На основе закона Джоуля – Ленца вычисляется тепловой поток. Полученные результаты измерений подставляются в формулу для определения коэффициента теплопроводности методом трубы.

На основе теории погрешностей вычисляется абсолютная погрешность полученных косвенных измерений. Опыты проводятся при различных значениях теплового потока, что дает возможность определить зависимость коэффициента теплопроводности от температуры.

2. Исследование теплоотдачи при свободном движении воздуха.

В данной работе определяется коэффициент теплоотдачи при свободной конвекции воздуха около горизонтальной нагретой трубы. С помощью термометра и термопар измеряется температура воздуха и поверхности горизонтальной трубы. Общий тепловой поток определяется с помощью ваттметра в цепи нагревательной спирали. Используя данные измерений и табличные данные находится лучистая составляющая теплового потока. По полученной конвективной составляющей теплового потока по закону Ньютона – Рихмана вычисляется коэффициент теплоотдачи.

По результатам измерений и табличным данным вычисляются критериальные числа Нуссельта и Грасгоффа. Опыты проводятся при различных тепловых потоках, что позволяет найти зависимость коэффициента теплоотдачи от температуры и вид уравнения подобия.

3. Исследование теплоотдачи при вынужденном движении воздуха.

В данной работе определяется коэффициент теплоотдачи при вынужденной конвекции в трубе. Лабораторная установка позволяет регулировать и измерять перепад давления при движении воздуха в трубе, поверхность которой поддерживается при постоянной температуре. Выполняются измерения температуры воздуха на начальном и конечном участке трубы. Расчетные формулы позволяют найти объемный расход и скорость воздуха. По полученным данным измерений и табличным данным вычисляются критериальные числа Рейнольдса и Прандтля. Использование соответствующего уравнения подобия позволяет найти число Нуссельта, из которого, в свою очередь, вычисляется коэффициент теплоотдачи. Измерения выполняются на различных режимах течения.

4. Определение излучательной способности и коэффициента теплового излучения твердого тела.

В данной работе экспериментально определяется коэффициент теплового излучения и степень черноты поверхности горизонтальной нагретой трубы. С помощью термопар и термометра измеряются температуры поверхности трубы и воздуха. Ваттметр, включенный в цепь нагревательной спирали, позволяет определить общий тепловой поток. Результаты измерений и табличные данные позволяют найти критериальное число Нуссельта. По уравнению подобия для данного случая вычисляется число Нуссельта,

коэффициент теплоотдачи для свободной конвекции и конвективная составляющая теплового потока. Таким образом, зная лучистую составляющую теплового потока, определяется по закону Стефана – Больцмана коэффициент теплового излучения и степень черноты. Измерения выполняются при различных общих тепловых потоках, что позволяет определить зависимость степени черноты от температуры.

5. Исследование рекуперативного теплообменного аппарата.

В данной работе экспериментально определяется коэффициент теплопередачи рекуперативного теплообменного аппарата, работающего по схеме прямоток. С помощью термопар измеряются температуры теплоносителей на входе и выходе из теплообменного аппарата. По находящимся в установке ротаметрам определяются расходы горячего и холодного теплоносителей. По данным замеров, в соответствии с уравнением теплопередачи определяется коэффициент теплопередачи. Результаты расчетов представляются в виде графика зависимости коэффициента теплопередачи от скорости движения горячего теплоносителя. Один из опытно определенных коэффициентов теплопередачи проверяется теоретическим методом.

Таблица 5.4. Темы лабораторных работ

№ п/п	Тема дисциплины	Наименование темы лабораторной работы	Кол-во часов
1	Теплопроводность	Определение коэффициента теплопроводности сыпучих материалов.	6
2	Конвективный теплообмен	Исследование теплоотдачи при вынужденном движении воздуха.	4
3	Конвективный теплообмен	Исследование теплоотдачи при свободном движении воздуха.	4
4	Тепловое излучение	Определение излучательной способности и коэффициента теплового излучения твердого тела.	2
5	Основы тепловых расчетов теплообменных аппаратов	Исследование теплопередачи в рекуперативном теплообменном аппарате, работающем по схемам прямоток и противоток.	6

Таблица 5.5 - Самостоятельная работа студентов

№ раздела	№ темы	Виды самостоятельной работы (детализация – виды самостоятельной работы по каждому разделу)	Трудоемкость (час.)	Технология оценивания*
1	1.1.	— подготовка к обсуждению.	1	Работа на практических занятиях
	1.3.	— изучение литературы; — самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта;	2	Решение задач
	1.4	— составление конспекта; — чтение литературы;	2	Контрольный тест по разделу

2	2.1.	— подготовка к обсуждению.	1	Работа на практических занятиях
	2.2.	— изучение литературы; — самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта.	2	Решение задач
3	3.1.	— изучение литературы; — подготовка к тестированию	2	Контрольный тест по разделу
	3.2.	— чтение литературы; — подготовка материалов к курсовой работе.	3	Решение задач
4	4.2.	— изучение литературы; — самостоятельное решение задач.	3	Работа на практических занятиях
	4.3.	— чтение литературы; — подготовка к тестированию	4	Контрольный тест по разделу
5	5.1.	— изучение литературы; — самостоятельная работа с I-S диаграммой	2	Решение задач
	5.2.	— самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта;	2	Решение задач
	5.4.	— самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта; — подготовка к тестированию	4	Контрольный тест по разделу
6	6.1.	— самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта; — подготовка материалов к курсовой работе.	2	Работа на практических занятиях
	6.2.	— чтение литературы; — самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта;	4	Выполнение расчётной работы
	6.3.	— составление конспекта; — чтение литературы;	3	Решение задач
	6.4.	— самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта; — подготовка к тестированию.	2	Контрольный тест по разделу
7	7.1.	— самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта; — подготовка материалов к курсовой работе.	5	Работа на лабораторных занятиях
	7.2.	— чтение литературы; — подготовка к тестированию.	3	Контрольный тест по разделу
8	8.1.	— самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта; — подготовка материалов к лабораторн. работе.	6	Работа на лабораторных занятиях
	8.2.	— чтение литературы; — самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта;	2	Решение задач
	8.3.	— составление конспекта; — чтение литературы;	2	Решение задач
9	9.1.	— самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта;	1	Работа на практических занятиях

	9.2.	— чтение литературы; — подготовка к тестированию.	4	Выполнение тестов
10	10.1.	— чтение литературы; — самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта; — подготовка к тестированию	7	Контрольный тест
11	11.1.	— чтение литературы; — самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта; — подготовка к тестированию;	2	Выполнение тестов
	11.2.	— чтение литературы; — подготовка к индивидуальным практическим работам, выполнение заданий по теме практических работ; — самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта;	3	Выполнение индивидуальной практической работы
12	12.1.	— самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), составление конспекта;	5	Выполнение индивидуальной практической работы
	В том числе:	Подготовка к промежуточной аттестации (экзамен)	2	
		Итого	81	

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Таблица 6.1. - Темы и содержание учебных занятий в форме самостоятельной работы

№ р-ла	№ Темы	Наименование учебно-методического обеспечения
1	1.3	1. Хрусталеv Б.М., Несенчук А.П., Романюк В.М. Техническая термодинамика: Учебник: в 2-х ч. Ч. 1. / Минск.: УП «Технопринт», 2004 2. Теплотехника : Учебник / Под ред.В.Л.Ерофеева.- М.: Академкнига, 2008. 3. В.А.Кудинов, Э.М.Карташов, Е.В.Стефанюк Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров - М: Издательство Юрайт, 2013 4. А.В.Малахов Курс лекций по технической термодинамике: учеб. пособие Ч1 / Н.Новгород.:НГТУ им. Р.Е.Алексеева, 2013
2	2.2	1. Хрусталеv Б.М., Несенчук А.П., Романюк В.М. Техническая термодинамика: Учебник: в 2-х ч. Ч. 1. / Минск.: УП «Технопринт», 2004 2. Теплотехника : Учебник / Под ред.В.Л.Ерофеева.- М.: Академкнига, 2008 3. В.А.Кудинов, Э.М.Карташов, Е.В.Стефанюк Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров - М: Издательство Юрайт, 2013 4. А.В.Малахов Курс лекций по технической термодинамике: учеб. пособие Ч1 / Н.Новгород.:НГТУ им. Р.Е.Алексеева, 2013
3	3.2	1. Хрусталеv Б.М., Несенчук А.П., Романюк В.М. Техническая термодинамика: Учебник: в 2-х ч. Ч. 1. / Минск.: УП «Технопринт», 2004 2. Теплотехника : Учебник / Под ред.В.Л.Ерофеева.- М.: Академкнига, 2008. 3. В.А.Кудинов, Э.М.Карташов, Е.В.Стефанюк Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров - М: Издательство Юрайт, 2013

		4. А.В.Малахов Курс лекций по технической термодинамике: учеб. пособие Ч1 / Н.Новгород.:НГТУ им. Р.Е.Алексеева, 2013
5	5.1 5.2	1. Хрусталеv Б.М., Несенчук А.П., Романюк В.М. Техническая термодинамика: Учебник: в 2-х ч. Ч. 1. / Минск.: УП «Технопринт», 2004 2. Теплотехника : Учебник / Под ред.В.Л.Ерофеева.- М.: Академкнига, 2008. 3. В.А.Кудинов, Э.М.Карташов, Е.В.Стефанюк Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров - М: Издательство Юрайт, 2013 4. А.В.Малахов Курс лекций по технической термодинамике: учеб. пособие Ч1 / Н.Новгород.:НГТУ им. Р.Е.Алексеева, 2013
6	6.2	1. Хрусталеv Б.М., Несенчук А.П., Романюк В.М. Техническая термодинамика: Учебник: в 2-х ч. Ч. 1. / Минск.: УП «Технопринт», 2004 2. Теплотехника : Учебник / Под ред.В.Л.Ерофеева.- М.: Академкнига, 2008. 3. В.А.Кудинов, Э.М.Карташов, Е.В.Стефанюк Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров - М: Издательство Юрайт, 2013 4. А.В.Малахов Курс лекций по технической термодинамике: учеб. пособие Ч1 / Н.Новгород.:НГТУ им. Р.Е.Алексеева, 2013
7	7.2- 7.3	1. Ерофеев В.Л. Теплотехника Учебник, рекомен. МО РФ М.: Академкнига, 2008. 2. Под редакцией Луканина В.Н. Теплотехника Учебник, рекомен. МО РФ М.: Высш.шк, 2005. 3. Миняев Ю.Н., Фролов С.Г. Теплотехника Учебное пособие, рекомендовано УМО Екатеринбург: УГГГА, 2004 4. В.А.Кудинов, Э.М.Карташов, Е.В.Стефанюк Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров - М: Издательство Юрайт, 2013
8	8.1- 8.5	1. Ерофеев В.Л. Теплотехника Учебник, рекомен. МО РФ М.: Академкнига, 2008. 2. Под редакцией Луканина В.Н. Теплотехника Учебник, рекомен. МО РФ М.: Высш.шк, 2005. 3. Миняев Ю.Н., Фролов С.Г. Теплотехника Учебное пособие, рекомендовано УМО Екатеринбург: УГГГА, 2004 4. В.А.Кудинов, Э.М.Карташов, Е.В.Стефанюк Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров - М: Издательство Юрайт, 2013
9	9.1- 9.3	1. Ерофеев В.Л. Теплотехника Учебник, рекомен. МО РФ М.: Академкнига, 2008. 2. Под редакцией Луканина В.Н. Теплотехника Учебник, рекомен. МО РФ М.: Высш.шк, 2005. 3. Миняев Ю.Н., Фролов С.Г. Теплотехника Учебное пособие, рекомендовано УМО Екатеринбург: УГГГА, 2004 4. В.А.Кудинов, Э.М.Карташов, Е.В.Стефанюк Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров - М: Издательство Юрайт, 2013
11	11.1- 11.2	1. Ерофеев В.Л. Теплотехника Учебник, рекомен. МО РФ М.: Академкнига, 2008. 2. Под редакцией Луканина В.Н. Теплотехника Учебник, рекомен. МО РФ М.: Высш.шк, 2005. 3. Миняев Ю.Н., Фролов С.Г. Теплотехника Учебное пособие, рекомендовано УМО Екатеринбург: УГГГА, 2004 4. В.А.Кудинов, Э.М.Карташов, Е.В.Стефанюк Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров - М: Издательство Юрайт, 2013
12	12.2	1. Ерофеев В.Л. Теплотехника Учебник, рекомен. МО РФ М.: Академкнига, 2008. 2. Под редакцией Луканина В.Н. Теплотехника Учебник, рекомен. МО РФ М.: Высш.шк, 2005.

		3. Миняев Ю.Н., Фролов С.Г. Теплотехника Учебное пособие, рекомендовано УМО Екатеринбург: УГГГА, 2004 4. В.А.Кудинов, Э.М.Карташов, Е.В.Стефанюк Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров - М: Издательство Юрайт, 2013
--	--	---

Проведение самостоятельной работы по дисциплине регламентируется:

1. Методические рекомендации обучающимся по организации самостоятельной работы.

2. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы по дисциплине

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

7.1.Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Таблица 7.1 - Этапы формирования компетенций ОПК-1

Код компетенции	Названия учебных дисциплин, модулей, практик участвующих в формировании компетенций, вместе с данной	Курсы /семестры обучения							
		1 курс		2 курс		3 курс		4 курс	
		1	2	3	4	5	6	7	8
ОПК-1	Начертательная геометрия								
	Основы физических явлений и процессов								
	Математика								
	Химия								
	Физика								
	Теоретическая механика								
	Инженерная графика								
	Материаловедение								
	Электротехника и электроника								
	Сопротивление материалов								
	Теория вероятностей и математическая статистика								
	Аэродинамика								
	Теория механизмов и машин								
	Термодинамика и теплопередача								
	Детали механизмов и машин								
	Гидравлика и гидравлические машины								

7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования в процессе освоения дисциплины*

Таблица 7.2- Критерии оценивания результатов обучения и процедуры оценивания

Планируемые результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения				Процедуры оценивания
	Отсутствие усвоения	Не полное усвоение	Хорошее усвоение	Отличное усвоение	
1	2	3	4	5	6
ОПК-1 ЗНАТЬ					
Пороговый уровень Основные законы термодинамики и теплопередачи, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов теплообмена в области профессиональной деятельности.	Не знает основные законы термодинамики и теплопередачи. Не может применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов теплообмена в области профессиональной деятельности.	Слабо знает основные законы термодинамики и теплопередачи. Затрудняется в применении методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов теплообмена в области профессиональной деятельности.	Знает основные законы термодинамики и теплопередачи. Может применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов теплообмена в области профессиональной деятельности.	В совершенстве знает основные законы термодинамики и теплопередачи. Может применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов теплообмена в области профессиональной деятельности.	Тестирование, участие в практических и лабораторных занятиях, экзамен
ОПК-1 УМЕТЬ					
Пороговый уровень Использовать и применять основные законы термодинамики и теплопередачи, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	Не может использовать и применять основные законы термодинамики и теплопередачи, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	Слабо может использовать и применять основные законы термодинамики и теплопередачи, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	Может использовать и применять основные законы термодинамики и теплопередачи, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	В совершенстве может использовать и применять основные законы термодинамики и теплопередачи, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	Тестирование, участие в практических и лабораторных занятиях, экзамен
ОПК-1 ВЛАДЕТЬ					
Пороговый уровень Знания основных законов термодинамики и теплопередачи, методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	Не владеет знаниями основных законов термодинамики и теплопередачи, методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	Слабо владеет знаниями основных законов термодинамики и теплопередачи, методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	Владеет знаниями основных законов термодинамики и теплопередачи, методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	В совершенстве владеет знаниями основных законов термодинамики и теплопередачи, методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	Тестирование, участие в практических и лабораторных занятиях, экзамен

*Если в процессе освоения данной дисциплины формируется только один уровень компетенций, то планируемые результаты приводятся только по данному уровню

7.3.Описание шкал оценивания на этапах текущего и промежуточного контроля

Таблица 7.3.1 – Этап текущей аттестации по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»

Вид оценивания аудиторных занятий	Технология оценивания		Описание шкалы оценивания на этапе текущего контроля			
			1.Отсутствие усвоения (ниже порога.)	2.Не полное усвоение (пороговый)	3.Хорошее усвоение (углубленный)	4.Отличное усвоение (продвинутый)
1	2		3	4	5	6
Работа на лекциях	Участие в групповых обсуждениях	1	Отсутствие участия	Единичное высказывание	Активное участие в обсуждении	Высказывание неординарных суждений с обоснованием точки зрения
	Выполнение тестов	2	Выполнение менее 50%	Выполнение выше 50%	Выполнение более 75%	Выполнение более 95%
Работа на практических занятиях	Выполнение общих заданий и решение задач	3	Задание не выполнено, т.к. материал не усвоен	Задание выполнено, но допускает ошибки	Задание выполнено с незначительными недочетами	Задание выполнено без замечаний

Используя различные «комбинации» по шкале оценивания выставляется оценка, которая учитывается преподавателем при промежуточной аттестации:

	Критерии (критерии пишутся с учетом таблицы 7.2, в зависимости от конкретного критерия подготовки)
Неудовлетворительно	Не способен излагать материал последовательно, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания. Не способен продолжить обучение без дополнительных занятий.
Удовлетворительно	Способен применить знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки. Допускает нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Имеются затруднения с выводами. Способен к решению конкретных практических задач из числа предусмотренных рабочей программой
хорошо	Способен логично мыслить, системно строит изложение материала, излагает его, не допуская существенных неточностей. Способен эффективно применять теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Допускает единичные ошибки в решении проблем.
отлично	Свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками анализа и синтеза информации, знает все основные методы решения проблем, предусмотренные учебной программой, знает типичные ошибки и возможные сложности при решении той или иной проблемы и способен выбрать и эффективно применить адекватный метод решения конкретной проблемы. Способен легко ориентироваться при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Примечание: 1. Преподаватель может вводить балльную систему оценок (одобренную на заседании кафедры)
2. На первых двух курсах специалитета работает рейтинговая система оценок.

В соответствии с пунктом 2.10 Положения о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации, утвержденного приказом ректора НГТУ от 30 декабря 2014 г. № 634, по итогам текущего контроля по дисциплине в семестре преподаватель решает вопрос о допуске студента к промежуточной аттестации по дисциплине. Студенты, не выполнившие минимальные требования по рабочей программе дисциплины (Таблица 7.3.2. столбец 3) не допускаются к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Таблица 7.3.2 – Этап промежуточной аттестации по дисциплине «Теплотехника и термодинамика»

Наименование этапа оценивания	Технология оценивания	Описание шкалы оценивания на этапе промежуточной аттестации				
		1.Отсутствие усвоения (ниже порога.)	2.Не полное усвоение (пороговый)	3.Хорошее усвоение (углубленный)	4.Отличное усвоение (продвинутый)	Этапы контроля
1	2	3	4	5	6	7
Усвоение материала дисциплины	Знаниевая компонента	отсутствие усвоения	неполное усвоение	хорошее усвоение	отличное усвоение	Экзамен с оценкой
	Деятельностная (задачи, задания)	отсутствие решения	решение с ошибками	правильное реше- ние без ошибок с отдельными замечаниями	правильное решение без ошибок	

Таблица 7.3.3 - Шкала оценивания для экзамена.

Оценка	Критерии (критерии пишутся в соответствии с таблицей 7.1, углубленный уровень)	
	Знаниевая компонента	Деятельностная компонента
Неудовлет- ворительно	Не знает основных законов термодинамики и теплопередачи.	Не может применять теорию на практике. Не способен самостоятельно решать задачи.
Удовлет- ворительно	Слабо знает основные законы термодинамики и теплопередачи.	Неуверенно применяет теорию на практике. Решает задачи с ошибками.
Хорошо	Знает основные законы термодинамики и теплопередачи.	Способен применять теорию на практике. Решает задачи с небольшими ошибками.
Отлично	Уверенно знает основные законы термодинамики и теплопередачи.	Уверенно применяет теорию на практике. Решает задачи без ошибок.

7.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной деятельности

Для выполнения процедур оценивания составлен паспорт оценочных средств

Таблица 7.4.1 - Паспорт оценочных средств (промежуточная аттестация)

Наименование дисциплины	Формируемые компетенции	Знаниевая компонента		Деятельностная компонента	
		Процедура оценивания	Наименование оценочных средств	Процедура оценивания	Наименование оценочных средств
Термодинамика	ОПК-1	Устное собеседование по вопросам	Вопросы к экзамену	Решение практических задач	задачи к экзамену, экзамен

Таблица 7.4.2. - Оценочные средства дисциплины, для промежуточной аттестации (пример)

	Формируемые компетенции	Номера вопросов	Контрольные задачи
1	Компетенция ОПК-3	1-36, 1-36	1-44

Комплект оценочных средств является неотъемлемой частью ФОС и хранится на кафедре «Энергетические установки и тепловые двигатели».

Контрольные задачи приведены в учебном пособии табл. 8.3

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Положение о фонде оценочных средств для установления уровня сформированности компетенций обучающихся и выпускников на соответствие требованиям ФГОС ВО от 5 декабря 2014г.

http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/norm_dokym_ngty/polog_o_fonde_ocen_sredstv.pdf

Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся НГТУ

http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/norm_dokym_ngty/polog_kontrol_yspev.pdf

Контрольные вопросы по термодинамике

1. Рабочее тело. Термодинамическая система. Термодинамическое состояние. Параметры состояния. Термодинамические процессы: обратимые и необратимые. Энергия, работа, теплота.

2. Уравнение состояния идеального газа. Газовые постоянные. P-V - диаграмма и ее свойства.

3. Первый закон термодинамики в условиях закрытой термодинамической системы. Работа расширения. Внутренняя энергия.

4. Первый закон термодинамики в условиях открытой расширенной термодинамической системы. Располагаемая работа. Энтальпия.

5. Обратимы термодинамические процессы в идеальном газе: изохорный процесс. (уравнение процесса, работа и теплота процесса, изменение энтропии, изображение в p-v и T-s диаграммах).

6. Обратимые термодинамические процессы в идеальном газе: изобарный процесс (уравнение процесса, работа и теплота процесса, изменение энтропии, изображение в $p-v$ и $T-s$ диаграммах).
7. Обратимые термодинамические процессы в идеальном газе: изотермический процесс (уравнение процесса, работа и теплота процесса, изменение энтропии, изображение в $p-v$ и $T-s$ диаграммах).
8. Обратимые термодинамические процессы в идеальном газе: адиабатный процесс (уравнение процесса, работа и теплота процесса, изменение энтропии, изображение в $p-v$ и $T-s$ диаграммах).
9. Обратимые термодинамические процессы в идеальном газе: политропный процесс. Классификация политропных процессов.
10. Термодинамические процессы в идеальном поршневом компрессоре. Сравнение изотермического, адиабатного и политропного процессов сжатия.
11. Базисные формулировки второго закона. Прямые и обратные циклы.
12. Прямой обратимый цикл Карно, его свойства.
13. Обратный обратимый цикл Карно, его свойства.
14. Обратимый регенеративный цикл. Принцип регенерации теплоты.
15. Общая математическая характеристика обратимых процессов.
16. Эксергия термодинамической системы. Энтальпийный и энтропийный компоненты эксергии. Уравнения эксергетического баланса для обратимых процессов.
17. Математическая характеристика необратимых термодинамических процессов. Уравнение эксергетического баланса при необратимых процессах.
18. Термодинамический цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме (цикл Отто).
19. Термодинамический цикл ДВС при постоянном давлении (цикл Дизеля).
20. Термодинамический цикл ДВС со смешанным подводом теплоты (цикл Тринклера).
21. Теплофизические свойства воды и пара. Определение внутренней энергии и энтальпии воды и пара. Удельная теплота парообразования. $T-s$ и $i-s$ - диаграммы водяного пара.
22. Дросселирование газов и паров. Температурный дроссельный эффект в идеальных и реальных газах. Температура инверсии.
23. Сопла и диффузоры (назначение и принцип действия). Термодинамические процессы в соплах и диффузорах. Определение скорости истечения и массового расхода через сопло.
24. Выбор формы канала сопла. Критическое отношение давлений. Анализ расчетных и нерасчетных режимов работы сопел.
25. Идеальный цикл паротурбинной установки (цикл Ренкина): работа, термический КПД, графическое изображение в $p-v$ и $T-s$ диаграммах.
26. Явления необратимости в ПТУ, пути повышения термического КПД ПТУ.
27. Сложные циклы ПТУ: цикл с промежуточным перегревом пара.
28. Сложные циклы ПТУ: регенеративный цикл.
29. Идеальный цикл газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном давлении: работа, термический КПД и пути его повышения.
30. Оценка эффективности работы реальной ГТУ, пути повышения ее эффективного КПД.
31. Сложные циклы ГТУ: регенеративный цикл.
32. Сложные циклы ГТУ: цикл с промежуточным охлаждением рабочего тела в компрессоре.
33. Сложные циклы ГТУ: цикл с промежуточным подогревом рабочего тела в турбине.
34. Термодинамический цикл воздушно-компрессионной холодильной машины. Холодильный коэффициент ВКХМ и сравнение его с холодильным коэффициентом цикла Карно.
35. Термодинамический цикл паро-компрессионной холодильной машины. Холодильный коэффициент ПКХМ и пути его повышения.
36. Абсорбционная холодильная установка.

Контрольные вопросы по теплопередаче

1. Температурное поле, изотермическая поверхность, градиент температуры, линии теплового потока. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
2. Дифференциальное уравнение теплопроводности для тел без внутренних источников теплоты и с ними. Коэффициент температуропроводности.
3. Теплопроводность в однослойной плоской стенке при стационарном режиме.
4. Теплопроводность в многослойной плоской стенке при стационарном режиме. Соотношения между градиентами температуры и коэффициентами теплопроводности слоев.
5. Теплопроводность в однослойной цилиндрической стенке при стационарном режиме. Упрощенная формула для расчета цилиндрических стенок.
6. Теплопроводность в многослойной цилиндрической стенке при стационарном режиме. Соотношения между градиентами температуры и коэффициентами теплопроводности слоев.
7. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, от каких факторов он зависит.
8. Уравнения теплообмена на границе раздела сред. Как передается теплота при ламинарном и турбулентном режимах движения теплоносителя.
9. Дифференциальное уравнение энергии для конвективной теплоотдачи.
10. Условия подобия физических процессов. Константы подобия, критерии подобия. Свойства критериев подобия. Теоремы подобия.
11. Условия гидромеханического подобия. Основные критериальные числа гидромеханического подобия.
12. Условия теплового подобия. Основные критериальные числа теплового подобия.
13. Общий вид уравнения подобия конвективного теплообмена. Определяющая температура и линейный размер. Получение уравнений подобия.
14. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в каналах. Участки гидромеханической и тепловой стабилизации. Критериальные уравнения подобия при турбулентном и ламинарном режимах движения.
15. Определение коэффициента теплоотдачи при течении жидкости в коротких и змеевиковых трубах. Теплоотдача в каналах не круглого сечения.
16. Теплоотдача при поперечном обтекании труб. Уравнение подобия при поперечном обтекании одиночных труб.
17. Теплоотдача при поперечном обтекании пучков труб. Критериальные уравнения подобия. Определение коэффициента теплоотдачи для пучков труб.
18. Природа свободного движения жидкости. Режимы движения и интенсивность теплоотдачи при свободном движении жидкости около вертикальных и горизонтальных труб, плит.
19. Уравнения подобия для расчетов теплоотдачи при свободном движении жидкости неограниченном объеме.
20. Теплоотдача при свободном движении жидкости в горизонтальных и вертикальных щелях. Эквивалентный коэффициент теплопроводности.
21. Тепловое излучение, его природа. Коэффициенты поглощения, отражения, пропускания. Абсолютно черное, белое и прозрачное тело. Серые тела.
22. Законы Планка и Вина. Спектральная интенсивность излучения.
23. Закон Стефана-Больцмана. Излучательная способность, коэффициент теплового излучения.
24. Закон Кирхгофа.
25. Теплообмен излучением между двумя плоскопараллельными твердыми телами. Приведенный коэффициент излучения системы тел.
26. Теплообмен излучением между двумя твердыми телами в замкнутом пространстве. Приведенный коэффициент излучения системы тел.
27. Защита от теплового излучения. Назначение и принцип действия экранов.

28. Особенности теплового излучения газов.
29. Теплообмен излучением между газом и твердой поверхностью. Приведенный коэффициент теплового излучения системы газ - твердая стенка.
29. Сложный теплообмен.
30. Теплопередача через плоские стенки. Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление теплопередаче через плоские стенки.
31. Интенсификация теплопередачи. Теплопередача через оребренные стенки.
32. Теплопередача через цилиндрические стенки. Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление теплопередаче через цилиндрические стенки.

8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Код по учебному плану Б1.Б.28 Техническая термодинамика и теплопередача <i>(полное название дисциплины)</i>	К какой части Б1 относится дисциплина	
	☒ обязательная ☐ по выбору студента	☐ базовая часть цикла ☒ вариативная часть цикла

24.05.07 <i>(код направления / специальности)</i>	Самолето- и вертолетостроение <i>(полное название направления подготовки / специальности)</i>
--	--

ЛА <i>(аббревиатура направления / специальности)</i>	Уровень подготовки	☒ специалист ☐ бакалавр ☐ магистр	Форма обучения	☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
---	--------------------	---	----------------	--

<u>2021год</u> <i>(год утверждения учебного плана ООП)</i>	Семестр(ы) <u>5</u>	Количество групп <u>2</u> Количество студентов <u>41</u>
---	---------------------	---

Составитель программы

1) Малахов Алексей Валентинович, ИТС, кафедра ЭУиТД, (831) 436 78 79, tseu@nntu.nnov.ru

СПИСОК ИЗДАНИЙ

Таблица 8.1

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
1	Ерофеев В.Л.	Теплотехника	М.: Академкнига, 2008	учебник	35
2	Малахов А.В.	Курс лекций по технической термодинамике, Ч1	Н.Новгород, НГТУ, 2013.	учебное пособие	52
3	Кудинов В.А. Карташов ЭМ Стефанюк Е.В.	Техническая термодинамика и теплопередача	М.: Изд-во Юрайт, 2013	учебник	22

8.2. Дополнительная литература

Таблица 8.2

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
1	Под общ. ред. А.М. Архарова, В.Н.	Теплотехника:	М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011	учебник	7

8.3. Методические пособия, изданные в НГТУ.

Таблица 8.3

№ п/п	Библиотечный номер	Автор(ы), заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
1		Малахов В.А, Локтев А.В., Рамс Э.Э, Зимина Т.Н. Исследование идеальных циклов тепловых двигателей внутреннего сгорания	Н.Новгород, НГТУ, 2009.	Методические указания к выполнению расчетно-графической работы	71 + на кафедре
2		Зими́на Т.Н. Техническая термодинамика	Н.Новгород, НГТУ, 2010.	Учебное пособие для студентов энергетических и машиностроительных специальностей	10 + на кафедре

Основные данные об обеспеченности на _____

(дата составления рабочей программы)

основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспеченадополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Данные об обеспеченности на _____

(дата составления рабочей программы)

9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

9.1. Ресурсы системы федеральных образовательных порталов:

1. Федеральный портал. Российское образование. <http://www.edu.ru/>
2. Российский образовательный портал. <http://www.school.edu.ru/default.asp>

9.2. Научно-техническая библиотека НГТУ <http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bibl.html>

Электронные библиотечные системы

Электронный каталог книг <http://library.nntu.nnov.ru/>Электронный каталог периодических изданий <http://library.nntu.nnov.ru/>

Госты Нормы, правила, стандарты и законодательство России

<http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/resyrs/norma.htm>

Персональные библиографические указатели ученых НГТУ

http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bibl_ych.html

9.3. Центр дистанционных образовательных технологий НГТУ

Электронная библиотека:

<http://do.gendocs.ru/docs/index-240368.html>

<http://www.intuit.ru/studies/courses/12247/1179/lecture/19715?page=2>

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

10.1. Методические рекомендации разработанные преподавателем:

http://www.nntu.ru/ineyl/osnovn_obrazovat_programm_uchebn_plan

- «Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины *«Основы автоматизированного проектирования»*;
- Методические рекомендации по подготовке практических работ, требования к их содержанию и оформлению по освоению дисциплины *«Основы автоматизированного проектирования»*;

10.2. Методические рекомендации НГТУ:

— Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г.

Электронный адрес:

http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20. Дата обращения 23.09.2015.

— Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samost_rab.pdf?20.

Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес:

http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf.

— Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес:

http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf.

11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента для выполнения задач, таких как:

- демонстрация дидактических материалов с использованием мультимедийных технологий;
- использование электронной образовательной среды университета;
- использование специализированного программного обеспечения MSCSoftware;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты;
- использование электронных конспектов лекций;

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение:

- Microsoft Office (Fox manager, Excel, Power Point, Word, Visual Studio 2008);
- Портал электронного обучения НГТУ;

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации программы специалитета, включает в себя аудиторию 5125 вычислительного центра, оснащенную необходимым оборудованием, техническими и электронными средствами обучения и контроля знаний студентов: 12 рабочих места, оборудованных:

- PC AMD Athlon 64 X2 DualCoreProcessor5000+ 2,60 GHz/4 Gb RAM/ATI Radeon 1250/HDD 250Gb/DVD-ROM;
- монитор 15”.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся должны оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации» – 5125.

1. Лекционные занятия – 5125:

- комплект электронных презентаций/слайдов;
- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук); *и т.п.*

2. Практические занятия (5125):

- презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук,) техническими и электронными средствами обучения и контроля знаний студентов: 12 рабочих места, оборудованных:

- PC AMD Athlon 64 X2 DualCoreProcessor5000+ 2,60 GHz/4 Gb RAM/ATI Radeon 1250/HDD 250Gb/DVD-ROM;монитор 18”; Microsoft Office 2007 стандартный (Word, Power Point, Access, Excel);

- пакеты ПОобщего назначения:

- Windows XP SP2;
- Гарант;
- Visual Studio 2008;
- MathCad 14.0 Professional;
- 7-zip;
- Adobe Reader 11;
- Adobe Flash Player 10;
- Dr.web;
- MSC Software;
- Deductor Academic.

рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде и т.п.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ
В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ _____**

Направление подготовки _____
Программа магистратуры _____
Форма обучения _____

1. Внесенные изменения на 20__ / 20__ учебный год

УТВЕРЖДАЮ
Директор института,
председатель методической комиссии

подпись, расшифровка подписи
« ____ » _____ 20__ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1)
- 2)

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

(дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой)

ОДОБРЕНА на заседании методической комиссии " ____ " _____ 20__ г."

шифр наименование личная подпись расшифровка подписи дата

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой: