

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Парлаева Екатерина Петровна
Должность: Исполнительный директор института механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Дата подписания: 17.01.2023 10:25:42
Уникальный программный ключ:
7823a3d318128/ca51a86a4c69d33e1779345d45



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Кафедра теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. директора института механики
и энергетики имени В.П. Горячкина



Н.А. Шевкун

2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.12 «ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА»

для подготовки бакалавров:

ФГОС ВО

Направление: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
Направленность: «Энергообеспечение предприятий»

Курс 3
Семестр 5

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2022 г.

Москва, 2022

Разработчик (и): Рудобашта С.П., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«14»

2022 г.

Рецензент: Андреев С.А., к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«14»

10

2022 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению/специальности подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

Программа обсуждена на заседании кафедры Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий протокол № 3 от «10» : 10 2022 г.

И.о. зав. кафедрой Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«14»

10

2022 г.

Согласовано:

1/ Председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дидманидзе О.Н., академик РАН, д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«18»

10

2022 г.

Заведующий выпускающей кафедрой Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«18»

10

2022 г.

1/ Заведующий отделом комплектования ЦНБ

(подпись)

Содержание

Аннотация.....	4
1. Цель освоения дисциплины	5
2. Место дисциплины в учебном процессе	5
3. Перечень планируемых результатов обучения дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	6
4. Структура и содержание дисциплины	12
4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам.....	12
4.3 Лекции/практические занятия.....	16
5. Образовательные технологии.....	21
6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины	24
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы.....	25
6.1.1. Пример вопросов для защиты практических работ	25
6.1.2. Перечень задач, выносимых на промежуточную аттестацию	28
6.1.3. Перечень тестов, выносимых на промежуточную аттестацию	30
6.1.4. Тематика заданий на курсовую работу	32
6.1.5. Перечень вопросов для защиты курсовой работы	37
6.1.6. Перечень вопросов к экзамену.....	38
6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	39
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	41
7.1 Основная литература	41
7.2 Дополнительная литература.....	41
7.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям.....	42
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	43
9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем перечень программного обеспечения.....	43
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	44
11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины.....	45
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	45
12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине	46

Аннотация
рабочей программы учебной дисциплины
Б1.О.12 «Техническая термодинамика» для подготовки бакалавров по
направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»,
направленность «Энергообеспечение предприятий»

Цель освоения дисциплины научиться:

– ознакомить студентов с демонстрацией базовых знаний в области технической термодинамики, готовности выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и применять их для их решения теплотехнических задач, способности участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, знаний в области номенклатуры технических материалов и теплотехнических устройств, используемых в теплоэнергетике;

– разрабатывать с использованием информационных технологий методы анализа и обработки экспериментальных данных, систематизации научно-технической информации, пользоваться справочными данными, проектировать типовые механизмы, готовить оборудование и документацию к эксплуатации, работать на компьютере, использовать основные математические программы и программы отображения результатов, публикации;

– разрабатывать с использованием информационных современных цифровых инструментов Kahoot, Moodle, Fotor, SimInTech, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Word, Excel, Power Point и осуществлении коммуникации посредством Webinar, Zoom, Mentimeter навыков работы с современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации, основными методами измерений.

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в обязательную часть учебного плана по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ОПК-3 (индикаторы достижения компетенций: ОПК-3.1, ОПК-3.2); ОПК-4 (индикаторы достижения компетенций: ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5).

Краткое содержание дисциплины: Основные понятия и определения технической термодинамики. Газовые смеси. Теплоемкость. Первый закон термодинамики для закрытых систем. Первый закон термодинамики для открытых систем. Исследование термодинамических процессов. Второй закон термодинамики. Эксергия. Анализ второго закона термодинамики. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Реальные газы и пары. Водяной пар. Влажный воздух. Истечение газа из сопел и диффузоров. Двигатели внутреннего сгорания. Термодинамический анализ работы компрессора. Многоступенчатый компрессор. Паротурбинные установки. Теплофикация. Газопаровые и па-

рогазовые установки. Когенерация. Циклы холодильных установок и тепловых насосов.

Общая трудоемкость дисциплины: 6 зач. единицы (216 часа).

Промежуточный контроль: курсовая работа, экзамен.

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины Б1.О.12 «Техническая термодинамика» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность к:

- навыкам знаний, умений и навыков решать инженерные задачи с использованием основных законов и положений технической термодинамики;
- способности проводить исследования, осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования теплоэнергетического и тепло-технологического оборудования; готовности к участию в проектировании теплоэнергетических и теплотехнологических процессов производства для подготовки к выполнению следующих видов профессиональной деятельности: научно-исследовательской; проектной и производственно-технологической;
- готовности к производственно-технологической профессиональной деятельности с использованием современных программных средств подготовки конструкторско-технологической документации, информационных технологий, современных цифровых инструментов Kahoot, Moodle, Fotor, SimInTech, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлении коммуникации посредством Webinar, Zoom, Mentimeter.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Техническая термодинамика» включена в обязательный перечень дисциплин учебного плана обязательной части блока Б1.О.12. Дисциплина «Техническая термодинамика» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО и Учебного плана по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направленность «Энергообеспечение предприятий». Согласно учебному плану изучается в шестом семестре.

Предшествующими дисциплинами являются курсы: Тепломассообмен (3 курс, 6 семестр), Основы водоподготовки (3 курс, 5 семестр), Начертательная геометрия и инженерная графика (2 курс, 3 семестр), Теоретическая механика (2 курс, 3 семестр), Прикладная механика (2 курс, 4 семестр).

Сопутствующими дисциплинами являются курсы: Процессы и аппараты (3 курс, 5 семестр), Применение теплоты в АПК (3 курс, 5 семестр), Источники и системы теплоснабжения предприятий (3 курс, 5 семестр).

Дисциплина «Техническая термодинамика» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Тепломассообменное оборудование предприятий (4 курс, 7 семестр), Источники и системы теплоснабжения предприятий (4 курс, 7 семестр), Системы отопления и вентиляции (4 курс, 8 семестр), Применение теплоты в АПК (4 курс, 7 семестр).

Особенностью дисциплины «Техническая термодинамика» является то, что сформированные компетенции у обучающихся на предшествующих курсах влияют на освоение компетенций обучающимися по данной дисциплине.

Рабочая программа дисциплины «Техническая термодинамика» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. Перечень планируемых результатов обучения дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, в том числе цифровых, представленных в таблице 1.

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ОПК-3	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.1 Применяет математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного, численных методов	химические процессы применительно к процессам теломассообмена с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	применять основные законы химии для анализа процессов тепломассообмена, в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); осуществлять организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, посредством электронных ресурсов, официальных сайтов	методами применения основных законов химии для анализа тепломассообменных процессов, в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab); организации его монтажа, наладки, технического обслуживания, навыками обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint; Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom
			ОПК-3.2 Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики	- основные физические явления, фундаментальные понятия с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); организацию его монтажа,	определять сущность физических процессов, объяснить в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента технической термодинамики с использованием информационных технологий, в том числе с помо-	- методами исследований анализом полученных результатов в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab); организации его монтажа, наладки, технического обслуживания, навыка-

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компе- тенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
				<p>наладки, технического обслуживания, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)</p> <p>- законы и теории технической термодинамики с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)</p> <p>- законы и теории современной технической термодинамики с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)</p> <p>- законы и теории современной технической термодинамики с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)</p> <p>- использовать физические законы для овладения основами теории и практики инженерного обеспечения АПК с использованием информационных техноло-</p>	<p>гию современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); осуществлять организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, посредством электронных ресурсов, официальных сайтов</p> <p>- строить простейшие теоретические модели технической термодинамики с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); осуществлять организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, посредством электронных ресурсов, официальных сайтов</p> <p>- использовать физические законы для овладения основами теории и практики инженерного обеспечения АПК с использованием информационных техноло-</p>	<p>ми обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint; Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom</p> <p>- методами статистической обработки результатов опытов в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab); организации его монтажа, наладки, технического обслуживания, навыками обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint; Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom</p> <p>- способностью обобщению, формулировать выводы методами научными исследованиями термодинамикой, электричества и магнетизма, оп-</p>

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компе- тенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
				PowerPoint); организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	гий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); осуществлять организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, посредством электронных ресурсов, официальных сайтов - проектировать и разрабатывать и механические модели и алгоритмы технической термодинамики с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); осуществлять организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, посредством электронных ресурсов, официальных сайтов	тики в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab); организации его монтажа, наладки, технического обслуживания, навыками обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint; Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
2.	ОПК-4	Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-4.3 Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем	влияние свойств газов и газовых смесей на параметры работы теплотехнического оборудования с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	подбирать рабочие тела на основе газов, газовых и парогазовых смесей для работы теплотехнических установок и систем с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); осуществлять организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, посредством электронных ресурсов, официальных сайтов	навыками расчёта основных параметров теплотехнических установок и систем в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab); организации его монтажа, наладки, технического обслуживания, навыками обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint; Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom
			ОПК-4.4 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений	законы технической термодинамики и их математическое выражение с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, в	применять законы термодинамики на конкретных примерах с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); осуществлять организацию его монтажа, наладки, технического об-	методикой расчёта теплотехнического оборудования с применением законов термодинамики в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab); организации его монтажа, наладки, технического обслуживания, навыками обработки и интер-

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компе- тенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
				том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	служивания, посредством электронных ресурсов, официальных сайтов	претации информации с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint; Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom
		ОПК-4.5 Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей		свойства термодинамических процессов и круговых процессов (циклов) с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	определять принадлежность термодинамического процесса и цикла и его основные характеристики с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); осуществлять организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, посредством электронных ресурсов, официальных сайтов	методикой расчёта основных параметров термодинамических процессов и циклов в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab); организации его монтажа, наладки, технического обслуживания, навыками обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint; Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зач.ед. (216 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в 5 семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час.	в т.ч. в семестре № 5
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	216	216
Контактная работа	72,4	72,4
Аудиторная работа:	72,4	72,4
в том числе		
<i>лекции (Л)</i>	34	34
<i>практические работы (ПР)</i>	34	34
<i>курсовая работа (консультации, защиты)</i>	2	2
<i>консультации перед экзаменом</i>	2	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4	0,4
Самостоятельная работа (СРС)	119	199
<i>курсовая работа (КР) (подготовка)</i>	36	36
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным работам)</i>	58,4	58,4
<i>Подготовка к экзамену</i>	24,6	24,6
Вид промежуточного контроля:	курсовая работа, экзамен	

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Введение	0,4	0,4	0	-	-	-
Раздел 1. «Основные закономерности термодинамики»	63,2	17	17	0		29,2
Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики	5,5	1	2			2,5
Тема 2. Газовые смеси	4,4	1	1			2,4
Тема 3. Теплоёмкость	4,4	1	1			2,4
Тема 4. Первый закон термодинамики для закрытых систем	6,5	2	2			2,5
Тема 5. Первый закон термодинамики для открытых систем	5,4	1	2			2,4

Наименование разделов и тем дисциплин	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Тема 6. Исследование термодинамических процессов	6,5	1	3			2,5
Тема 7. Второй закон термодинамики. Эксергия	4,4	1	1			2,4
Тема 8. Анализ второго закона термодинамики	4,4	1	1			2,4
Тема 9. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС)	5,5	2	1			2,5
Тема 10. Реальные газы и пары. Водяной пар	5,4	2	1			2,4
Тема 11. Влажный воздух	4,4	1	1			2,4
Тема 12. Истечение газа из сопел и диффузоров. Дросселирование	5,4	2	1			2,4
Раздел 2. «Термодинамический анализ теплотехнических устройств»	63,2	17	17	0		29,2
Тема 13. Двигатели внутреннего сгорания	11,9	3	4			4,9
Тема 14. Термодинамический анализ работы компрессора	11,9	3	4			4,9
Тема 15. Многоступенчатый компрессор	8,8	3	1			4,8
Тема 16. Паротурбинные установки. Теплофикация	11,9	3	4			4,9
Тема 17. Газопаровые и парогазовые установки. Когенерация	8,8	3	1			4,8
Тема 18. Циклы холодильных установок и тепловых насосов	10,9	3	3			4,9
<i>Курсовой проект (КП) (консультация, защита)</i>	38				2	36
<i>Курсовой проект (КП) (подготовка)</i>	36				2	38
<i>Консультации перед экзаменом</i>	2				2	
<i>Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4				0,4	
<i>Контроль (подготовка к экзамену)</i>	24,6					24,6
Всего за 5 семестр	216	34	34		5,4	143,6
Итого по дисциплине	216	34	34		5,4	143,6

Раздел 1. Основные закономерности технической термодинамики

Тема 1. Основные понятия и определения технической термодинамики

Предмет технической термодинамики и ее методы. Термодинамическая система. Параметры состояния. Внутренняя энергия. Энтальпия. Энтропия. Равновесное и неравновесное состояние. Уравнение состояния. Уравнение состояния идеального газа. Теплота и работа как формы передачи энергии. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы (циклы).

Тема 2. Газовые смеси

Способы задания состава смеси, соотношения между массовыми, объемными и мольными долями. Понятие парциального давления и парциального объема компонента в смеси. Закон Дальтона. Кажущаяся молярная масса и газовая постоянная смеси, формулы для их вычисления. Теплоемкость газовой смеси.

Тема 3. Теплоемкость

Массовая, объемная и мольная теплоемкости. Теплоемкость при постоянном объеме и постоянном давлении. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Средняя и истинная теплоемкости. Формулы и таблицы для определения теплоемкости.

Тема 4. Первый закон термодинамики для закрытых систем

Сущность первого закона термодинамики. Формулировка и аналитическое выражение первого закона термодинамики для закрытых систем. Работа расширения газа. Определение теплоты, изменения внутренней энергии и энтальпии через термодинамические параметры состояния. p - v и T - s диаграммы.

Тема 5. Первый закон термодинамики для открытых систем

Уравнение первого закона термодинамики для потока. Выражение первого закона термодинамики для потока применительно к различным теплотенческим устройствам (тепловой двигатель, компрессор, теплообменный аппарат, сопло, дроссель).

Тема 6. Исследование термодинамических процессов

Методы исследования. Исследование изохорного, изобарного, изотермического и адиабатного процессов. Формулы соотношения параметров в начале и конце процесса. Изменение внутренней энергии, теплота и работа расширения. Изображение процесса в p, v - и T, s - координатах. Политропный процесс. Уравнение политропы. Теплоёмкость политропного процесса, Ход политропного процесса в p, v - и T, s - координатах в зависимости от знака Δu и q .

Тема 7. Круговые термодинамические процессы (циклы). Второй закон термодинамики. Эксергия

Прямые и обратные круговые процессы (циклы). Термодинамические циклы тепловых и холодильных машин. Сущность и формулировки второго закона термодинамики применительно к тепловым и холодильным машинам. Термический КПД и холодильный коэффициент. Эксергия. Эксергетический КПД.

Тема 8. Анализ второго закона термодинамики

Прямой и обратный обратимые циклы Карно и анализ их свойств. Приведенная теплота. Изменение энтропии в обратимых и необратимых круговых процессах. Изменение энтропии в изолированной термодинамической системе.

Тема 9. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС)

Допущения, принимаемые при формулировке понятия «идеальный цикл ДВС». Циклы с подводом теплоты: 1) при постоянном объеме, 2) при постоянном давлении 3) со смешанным подводом теплоты. Изображение циклов ДВС в p, v - и T, s - координатах. Подводимая и отводимая теплота в цикле, работа за цикл. Термический КПД цикла. Графоаналитическое сравнение циклов.

Тема 10. Реальные газы и пары. Водяной пар

Уравнение состояния реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Коэффициент сжимаемости. Процесс парообразования: основные понятия и определения. Фазовые состояния воды. p, t – диаграмма жидкости. Параметры состояния воды и водяного пара. $P-v$, $T-s$ и $h-s$ диаграммы водяного пара. Тройная точка. Критическая точка водяного пара.

Тема 11. Влажный воздух

Влажный воздух: основные понятия и определения. Абсолютная влажность, влагосодержание, относительная влажность воздуха, парциальное давление пара. Теплоемкость и энтальпия влажного воздуха. $H-d$ диаграмма влажного воздуха и изображение в ней основных процессов изменения параметров воздуха.

Тема 12. Истечение газа из сопел и диффузоров. Дросселирование

Истечение газа из суживающегося сопла. Сверхзвуковое истечение газа из сопла. Сопло Лаваля. Истечение водяного пара из сопла. Закономерности дросселирования газов. Расчет дросселирования водяного пара с помощью h, s – диаграммы. Дроссельный эффект.

Раздел 2. Термодинамический анализ теплотехнических устройств

Тема 13. Двигатели внутреннего сгорания

Общая характеристика и классификация. Принцип действия и рабочие циклы. Показатели экономичности работы двигателей. Тепловой баланс.

Тема 14. Термодинамический анализ работы компрессора

Определение компрессора. Классификация компрессоров и принцип их действия. Одноступенчатый компрессор с изотермическим, адиабатным и политропным сжатием. Изображение в $p-v$ и $T-s$ координатах термодинамических процессов, протекающих в компрессорах. Работа, затрачиваемая на привод компрессора. Эффективный КПД компрессора.

Тема 15. Многоступенчатый компрессор

Мёртвое пространство и его влияние на работу компрессора. Многоступенчатый компрессор. Преимущества и недостатки многоступенчатого компрессора. Область применения.

Тема 16. Паротурбинные установки. Теплофикация

Цикл Ренкина на перегретом паре. Изображение цикла в p, v - T, s - и h, s - координатах. Термический КПД и пути его повышения. Удельный расход пара. Пути повышения экономичности паросиловых установок. Теплофикация. Теплофикационные циклы.

Тема 17. Газопаровые и парогазовые установки. Когенерация

Схемы газопаровых и парогазовых установок. Газопаровые и парогазовые циклы. КПД. Распределенное производство энергии. Когенерация на основе турбинных установок и двигателей внутреннего сгорания.

Тема 18. Циклы холодильных установок и тепловых насосов

Общая характеристика холодильных установок. Холодильные агенты. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Принципиальная схема и термодинамический цикл газоконденсационной холодильной установки. Дроссельный эффект. Принципиальная схема и термодинамические циклы па-

рокомпрессионной холодильной установки. Понятие об абсорбционной и пароэжекторной холодильных установках. Тепловые насосы. Коэффициент преобразования теплоты.

4.3 Лекции/практические занятия

Таблица 4

Содержание лекций, практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	№ раздела	№ и название занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Введение				0,4
2.	Раздел 1. «Основные закономерности технической термодинамики»				61,6
	Тема 1 <i>Основные понятия и определения технической термодинамики</i>	Лекция № 1 Основные понятия и определения технической термодинамики	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	1
		Практическое занятие № 1 Расчеты с использованием понятия «параметры состояния газа»	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 1 COUNT.EXE, Решение задач Office: Word, Excel	2
	Тема 2 <i>Газовые смеси</i>	Лекция № 2 Газовые смеси	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	1
		Практическое занятие № 2 Расчеты с газовыми смесями	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 2 COUNT.EXE	1
	Тема 3 <i>Теплоемкость</i>	Лекция № 3 Теплоемкость	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	1
		Практическое занятие № 3 Расчеты с использованием понятия теплоемкости	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 3 COUNT.EXE	1
	Тема 4 <i>Первый закон термодинамики для закрытых систем</i>	Лекция № 4 Первый закон термодинамики для закрытых систем	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 4 Расчеты с применением первого закона термодинамики для закрытых систем	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 4 COUNT.EXE Решение задач Office:	2

№ п/п	№ раздела	№ и название занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
				Word, Excel	
	Тема 5 <i>Первый закон термодинамики для открытых систем</i>	Лекция № 5 Первый закон термодинамики для открытых систем	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 5 Термодинамические расчеты для открытых систем	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 5 COUNT.EXE Решение задач Office: Word, Excel	2
	Тема 6 <i>Исследование термодинамических процессов</i>	Лекция № 6 Исследование термодинамических процессов	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	1
		Практическое занятие № 6 Расчеты термодинамических процессов	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 6 COUNT.EXE Тестирование sdo.timacad.ru	3
	Тема 7 <i>Круговые термодинамические процессы (циклы). Второй закон термодинамики. Эксергия</i>	Лекция № 7 Круговые термодинамические процессы (циклы). Второй закон термодинамики. Эксергия	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	1
		Практическое занятие № 7 Круговые термодинамические процессы (циклы). Термодинамические расчеты с использованием второго закона термодинамики	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 7 COUNT.EXE	1
	Тема 8 <i>Анализ второго закона термодинамики</i>	Лекция № 8 Анализ второго закона термодинамики	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	1
		Практическое занятие № 8 Анализ второго закона термодинамики	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 8 COUNT.EXE	1
	Тема 9 <i>Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС)</i>	Лекция № 9 Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС)	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 9 Расчет идеального цикла ДВС	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3	Защита практической работы № 9 COUNT.EXE	1

№ п/п	№ раздела	№ и название занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
			ОПК-4.4 ОПК-4.5		
	Тема 10 <i>Реальные газы и пары. Водяной пар</i>	Лекция № 10 Реальные газы и пары. Водяной пар	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 10 Расчеты термодинамических процессов и циклов с применением диаграмм и таблиц водяного пара	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 10 COUNT.EXE	1
	Тема 11 <i>Влажный воздух</i>	Лекция № 11 Влажный воздух	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	1
		Практическое занятие № 11 H,d – диаграмма влажного воздуха и расчеты с ее применением	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 11 COUNT.EXE	1
	Тема 12 <i>Истечение газа из сопел и диффузоров. Дросселирование</i>	Лекция № 12 Истечение газа из сопел и диффузоров. Дросселирование	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 12 Расчеты процессов истечения газа из сопел и диффузоров, дросселирования	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 12 COUNT.EXE	1
3.	Раздел 2. «Термодинамический анализ теплотехнических устройств»				61,6
	Тема 13 <i>Тепловые двигатели. Двигатели внутреннего сгорания</i>	Лекция № 13 Двигатели внутреннего сгорания	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	3
		Практическое занятие № 13 Расчет энергетических характеристик двигателя внутреннего сгорания	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 13 COUNT.EXE Решение задач Office: Word, Excel	4
	Тема 14 <i>Термодинамический анализ работы компрессора</i>	Лекция № 14 Термодинамический анализ работы компрессора	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	3
		Практическое занятие № 14 Расчеты на истечение газа из	ОПК-3.1 ОПК-3.2	Защита практической ра-	4

№ п/п	№ раздела	№ и название занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		сопла	ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	боты № 14 COUNT.EXE Решение задач Office: Word, Excel	
	Тема 15 <i>Многоступенчатый компрессор</i>	Лекция № 15 Многоступенчатый компрессор	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	3
		Практическое занятие № 15 Расчет мощности, потребляемой компрессором. Подача компрессора	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 15 COUNT.EXE	1
	Тема 16 <i>Паротурбинные установки. Теплофикация</i>	Лекция № 16 Паротурбинные установки. Теплофикация	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	3
		Практическое занятие № 16 Расчет термодинамических циклов паротурбинных установок	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 16 COUNT.EXE Решение задач Office: Word, Excel	4
	Тема 17 <i>Газопаровые и парогазовые установки. Когенерация</i>	Лекция № 17 Газопаровые и парогазовые установки. Когенерация	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	3
		Практическое занятие № 17 Расчет газопаровой установки	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 17 COUNT.EXE	1
	Тема 18 <i>Циклы холодильных установок и тепловых насосов</i>	Лекция № 18 Циклы холодильных установок и тепловых насосов	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Практическое занятие № 18 Расчет парокомпрессионной холодильной установки	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.5	Защита практической работы № 18 COUNT.EXE Решение задач Office: Word, Excel	3

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
Раздел 1 «Основные закономерности технической термодинамики»		
1.	Тема 1 Основные понятия и определения	Единицы измерения. Соотношения между массовыми, объемными и мольными долями смеси. Кажущаяся молярная масса и газовая постоянная смеси, формулы для их вычисления. Формулы и таблицы для определения средней теплоемкости (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
2.	Тема 2 Газовые смеси	Состав воздуха. Состав дымовых газов при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
3.	Тема 3 Теплоемкость	Теплоемкость воздуха, Теплоемкость воды (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
4.	Тема 4 Первый закон термодинамики для закрытых систем	Допущения, принимаемые при формулировке понятия «идеальный цикл ДВС», позволяющие считать рабочее тело в цилиндре двигателя как закрытую систему (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
5.	Тема 5 Первый закон термодинамики для открытых систем	Отличия в записи первого закона термодинамики для открытых и закрытых систем (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
6.	Тема 6 Исследование термодинамических процессов	Значения показателя политропы для изохорного, изобарного, изотермического и адиабатного процессов (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
7.	Тема 7 Второй закон термодинамики. Эксергия	Изменение энтропии в необратимых процессах. Изменение энтропии в изолированной термодинамической системе (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
8.	Тема 8. Анализ второго закона термодинамики	Трактовка второго закона термодинамики для тепловых машин и для холодильных машин (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
9.	Тема 9. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС)	Допущения, принимаемые при формулировке понятия «идеальный цикл ДВС» (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
10.	Тема 10 Реальные газы и пары. Водяной пар	Уравнения состояния реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
11.	Тема 11 Влажный воздух	Температура мокрого термометра и температура точки росы и их определение. (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
12.	Тема 12 Истечение газа из сопел и диффузоров. Дросселирование	Понятие дросселирования. Термодинамический анализ процесса. Дросселирование водяного пара (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
Раздел 2 «Термодинамический анализ теплотехнических устройств»		
13.	Тема 13 Двигатели внутренне-	Типы ДВС, понятия 2-х тактного и 4-х тактного двигателя (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4,

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	го сгорания	ОПК-4.5))
14.	Тема 14 Термодинамический анализ работы компрессора	Типы компрессоров по конструктивному исполнению (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
15.	Тема 15 Многоступенчатый компрессор	Преимущества и недостатки многоступенчатого компрессора по сравнению с одноступенчатым (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
16.	Тема 16 Паротурбинные установки. Теплофикация	Когда исторически появилась теплофикация и что она дает (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
17.	Тема 17 Газопаровые и парогазовые установки. Когенерация	Когда исторически появились газопаровые установки и каков их термический КПД (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))
18.	Тема 18 Циклы холодильных установок и тепловых насосов	Типы холодильных машин (ОПК-3 (ОПК-3.1, ОПК-3.2), ОПК-4 (ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5))

5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Техническая термодинамика» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) для организации условий освоения студентами компетенций используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной), активные (проблемное обучение, коллективно-групповое обучение) и интерактивные технологии (дистанционная технология, электронное обучение, ТВ-технологии, сетевые технологии), в том числе с применением современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint), цифровых платформ (Webinar, Zoom, Mentimeter) и цифровых инструментов (Kahoot, Moodle, Fotor, SimInTech).

Согласно учебному плану и графику учебного процесса для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения:

- *основные формы теоретического обучения:* лекции, консультации, экзамен;
- *основные формы практического обучения:* практические занятия;
- *дополнительные формы организации обучения:* курсовая работа (КР);
- *информационные:* иллюстрация слайд-презентаций, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами при подготовке к лекциями и практическим работам;
- *активного обучения:* консультации по сложным, непонятным вопросам; опережающая самостоятельная работа студентов по изучению нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий; работа в команде при выполнении практических работ;

• *интерактивное обучение*: посещение специализированных выставок (экскурсии).

В процессе реализации форм обучения предполагается применение различных методов и средства обучения, соответствующих традиционной и инновационным технологиям.

Таблица 6

Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	
1.	Тема 1 Основные понятия и определения	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
2.	Тема 2 Газовые смеси Тема 3 Теплоемкость	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
3.	Тема 4 Первый закон термодинамики для закрытых систем Тема 5 Первый закон термодинамики для открытых систем	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
4.	Тема 6 Исследование термодинамических процессов	Л	Проблемная технология.
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
5.	Тема 7 Второй закон термодинамики. Эксергия Тема 8. Анализ второго закона термодинамики	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
6.	Тема 9. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС)	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	
7.	Тема 10 Реальные газы и пары. Водяной пар	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
8.	Тема 11 Влажный воздух	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
9.	Тема 1 Основные понятия и определения Тема 2 Газовые смеси	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
10.	Тема 3 Теплоемкость	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
11.	Тема 4 Первый закон термодинамики для закрытых систем Тема 5 Первый закон термодинамики для открытых систем	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
12.	Тема 6 Исследование термодинамических процессов	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
13.	Тема 13 Двигатели внутреннего сгорания	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
14.	Тема 14	Л	Проблемная технология

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
	Термодинамический анализ работы компрессора	ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
15.	Тема 15 Многоступенчатый компрессор	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
16.	Тема 16 Паротурбинные установки. Теплофикация	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
17.	Тема 17 Газопаровые и парогазовые установки. Когенерация	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
18.	Тема 18 Циклы холодильных установок и тепловых насосов	Л	Проблемная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))

6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

При изучении дисциплины «Техническая термодинамика» в течение одного семестра используются следующие виды контроля самостоятельная работа студентов в виде выполнения курсовой работы.

- текущий,
- промежуточный.

Текущий контроль знаний включает:

3 курс, 5 семестр – защита практических работ, задач и курсовой работы.

Промежуточный контроль знаний включает:

3 курс, 5 семестр – тестирование.

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.1.1. Пример вопросов для защиты практических работ

Практическое занятие № 1. Расчеты с использованием понятия «параметры состояния газа»

1. Что такое идеальный газ?
2. Объясните с помощью модели «идеальный газ», почему газы легко сжимаются, оказывают давление на стенки сосудов любой формы и размера, занимают любой предоставленный объем
3. Чему равен абсолютный нуль по шкале Цельсия?
4. Что такое температура и что она характеризует?
5. Какие физические величины входят в уравнение Менделеева-Клапейрона?

Практическое занятие № 2. Расчеты с газовыми смесями

1. Дайте определение термодинамическим параметрам вещества.
2. Что называется термодинамическим процессом?
3. Какие процессы называются обратимыми и какие необратимыми?
4. В чем отличие понятий «истинная теплоемкость» и «средняя теплоемкость»?
5. Запишите уравнение состояния идеального газа.

Практическое занятие № 3. Расчеты с использованием понятия теплоемкости

1. Что понимается под термодинамической системой?
2. Объясните физический смысл удельной газовой и универсальной газовой постоянных и напишите их размерности.
3. В чем сущность закона Дальтона?
4. Дайте определение удельной теплоемкости.
5. Объясните смысл величин, входящих в уравнение Майера.

Практическое занятие № 4. Расчеты с применением первого закона термодинамики для закрытых систем

1. Приведите пример действия первого закона термодинамики.
2. Сформулируйте первый закон термодинамики.
3. В любой изолированной системе запас энергии остается постоянным.
4. Как еще можно сформулировать первый закон термодинамики?
5. Что такое изопроцесс? Какие есть изопроцессы?

Практическое занятие № 5. Термодинамические расчеты для открытых систем

1. Дайте определение понятию внутренняя энергия.
2. Сформулируйте первый закон термодинамики.
3. Дайте формулировку понятию теплота.
4. Назовите виды циклов.
5. Из чего состоит цикл Карно?

Практическое занятие № 6. Расчеты термодинамических процессов

1. Что такое энтальпия и энтропия? В чем заключается их физический смысл?

2. Как определить приращение энтропии идеального газа в зависимости от основных термических параметров состояния?
3. В каком случае теплота, работа, изменение внутренней энергии и энтропии считаются положительными? отрицательными?
4. В каком термодинамическом процессе работа не совершается?
5. В каком термодинамическом процессе работа совершается за счет изменения внутренней энергии?

Практическое занятие № 7. Круговые термодинамические процессы (циклы). Термодинамические расчеты с использованием второго закона термодинамики

1. Что называют круговым процессом?
2. В каких машинах используются круговые процессы?
3. В чем заключается сущность и назначение прямого кругового процесса?
4. В чем заключается сущность и назначение обратного кругового процесса?
5. Что называют термическим коэффициентом полезного действия теплового двигателя?

Практическое занятие № 8. Анализ второго закона термодинамики

1. Сформулируйте второй закон (второе начало) термодинамики.
2. Что такое энтропия?
3. Что такое вечный двигатель второго рода?
4. Сформулируйте постулат второго начала термодинамики.

Практическое занятие № 9. Расчет идеального цикла ДВС

1. Назовите основные характеристики циклов.
2. Опишите цикл двигателя с изобарным подводом теплоты.
3. Опишите цикл двигателя с изохорным подводом теплоты.
4. Опишите цикл двигателя со смешанным подводом теплоты.
5. В чем отличие циклов ГТУ от циклов ДВС?

Практическое занятие № 10. Расчеты термодинамических процессов и циклов с применением диаграмм и таблиц водяного пара

1. От чего зависит температура насыщения?
2. Как называют давление, соответствующее температуре насыщения?
3. Как называют пар, который образовался в процессе кипения и находится в динамическом равновесии с жидкостью?
4. В каких установках получают водяной пар для технических нужд?

Практическое занятие № 11. h, d – диаграмма влажного воздуха и расчеты с ее применением

1. Влажный воздух.
2. Понятие абсолютной и относительной влажности.
3. Температура точки росы.
4. Энтальпия влажного воздуха.
5. h, d – диаграмма влажного воздуха.

Практическое занятие № 12. Расчеты процессов истечения газа из сопел и диффузоров, дросселирования

1. Что называется соплом?

2. Назовите виды сопел.
3. Дросселирование это?
4. От чего зависит скорость из течения газа из сопел?
5. Как изменяются параметры газа по длине сопла?

Практическое занятие № 13. Расчет энергетических характеристик двигателя внутреннего сгорания

1. Чем отличаются эффективные показатели двигателя от индикаторных.
2. От каких параметров зависит эффективная мощность двигателя.
3. От каких параметров зависит мощность механических потерь.

Практическое занятие № 14. Расчеты на истечение газа из сопла

1. Дайте определение процесса истечения газов и дросселирования.
2. Какие каналы называются соплами?
3. Как зависит скорость потока от профиля сопла?
4. Что называется степенью расширения газа?
5. Изменяется ли энтальпия в процессе дросселирования газа?

Практическое занятие № 15. Расчет мощности, потребляемой компрессором. Подача компрессора

1. Что такое компрессор?
2. Виды и классификация компрессоров?
3. Конструкция и этапы работы поршневого компрессора?
4. Подача компрессора и факторы, влияющие на нее?
5. Способы изменения подачи компрессора?

Практическое занятие № 16. Расчет термодинамических циклов паротурбинных установок

1. Чем отличается паротурбинная установка от двигателей внутреннего сгорания?
2. Чем отличается паровой цикл Ренкина от парового цикла Карно?
3. Каково влияние начального давления пара на термический КПД цикла Ренкина?
4. Каково влияние конечных параметров пара на термический КПД цикла Ренкина?

Практическое занятие № 17. Расчет газопаровой установки

1. Что такое газовая турбина?
2. Что такое центробежный нагнетатель?
3. Что такое регенерация теплоты уходящих газов?
4. Зачем применяют регенеративные циклы?
5. Назначение камеры сгорания?

Практическое занятие № 18. Расчет парокомпрессионной холодильной установки

1. Каково устройство и принцип действия одноступенчатой холодильной машины?
2. В чем отличие теоретического цикла работы холодильной машины от действительного?
3. Каким показателем определяется энергетическая эффективность холодильной машины?
4. С какой целью переохлаждают хладагент?

5. В каком устройстве осуществляется дросселирование хладагента?

6.1.2. Перечень задач, выносимых на промежуточную аттестацию

РАЗДЕЛ 1 «Основные закономерности технической термодинамики»

Задача 1.1. В установке воздушного отопления внешний воздух при $t_1 = -15^\circ\text{C}$ нагревается в калорифере при $p = \text{const}$ до 60°C . Какое количество теплоты надо затратить для нагревания 1000 м^3 наружного воздуха? Давление воздуха считать равным 755 мм рт. ст. Теплоемкость воздуха считать постоянной.

Задача 1.2. В идеально охлаждаемом компрессоре происходит изотермическое сжатие углекислого газа. В компрессор поступает $700 \text{ м}^3/\text{ч}$ газа (приведенного к нормальным условиям) при $p_1 = 0,095 \text{ МПа}$ и $t_1 = 47^\circ\text{C}$. Давление за компрессором $p_2 = 0,8 \text{ МПа}$. Найти теоретическую мощность приводного двигателя N_0 (кВт) и теоретический расход $M_в$ охлаждающей компрессор воды (в кг/ч), если она нагревается в системе охлаждения на $\Delta t = 15^\circ\text{C}$.

Задача 1.3. Воздух в компрессоре сжимается по политропе ($n = 1,25$) от 1 до 8 бар; начальная температура воздуха 5°C . После сжатия воздух проходит через холодильник, охлаждаемый холодной водой, начальная температура которой $t_1 = 10^\circ\text{C}$, а конечная равна $t_2 = 18^\circ\text{C}$. Определить часовой расход охлаждающей воды, если производительность компрессора $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ при нормальных физических условиях, а воздух в холодильнике изобарно охлаждается до 30°C .

Задача 1.4. Температура пара 800 К , давление $0,5 \text{ МПа}$. Определить температуру кипения, скрытую теплоту парообразования, удельный объем, энтропию, энтальпию, теплоту на перегрев пара, теплоту на нагрев воды до температуры кипения, энтальпию на нижней и верхней пограничных кривых.

Задача 1.5. Начальное давление пара $0,1 \text{ бар}$, степень сухости $0,8$, конечное давление 20 бар , процесс адиабатный. Определить начальный и конечный объем, начальную и конечную энтальпию, изменение внутренней энергии.

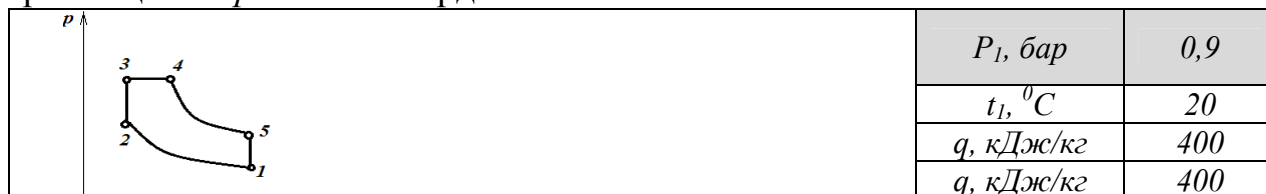
Задача 1.6. Относительная влажность воздуха 50% , температура 40°C . Определить температуру мокрого термометра, температуру точки росы, парциальное давление пара и парциальное давление сухого воздуха, влагосодержание, энтальпию.

Задача 1.7. Температура сухого термометра 30°C , температура мокрого 20°C . Определить относительную влажность воздуха.

Контрольные задания по разделу 2 «Термодинамический анализ теплотехнических устройств». Каждому студенту выдается одно задание.

Задача 2.1 (выполняется по теме 13 «Тепловые двигатели. Двигатели внутреннего сгорания»)

Для данного цикла рассчитать основные термодинамические параметры состояния, функции термодинамических процессов, термический КПД. Построить цикл в $p-v$ и $T-s$ координатах.



Задача 2.2 (выполняется по теме 14 «Термодинамический анализ работы компрессора»)

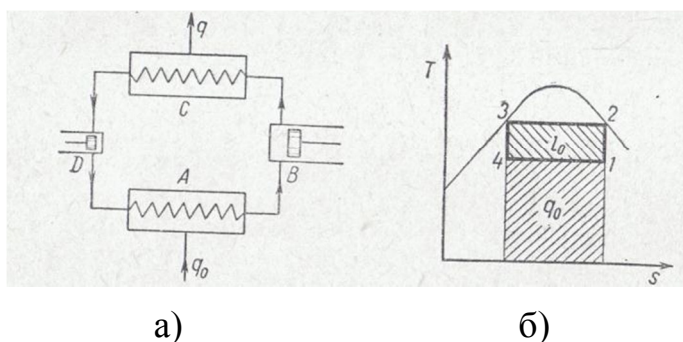
Компрессор всасывает $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха при давлении $p_1 = 1 \text{ бар}$ и температуре $t_1 = 27^\circ\text{C}$. Конечное давление воздуха составляет 8 бар. Определить теоретическую мощность двигателя для привода компрессора. Расчет произвести для изотермического, адиабатного и политропного сжатия. Показатель политропы принять равным 1,2.

Задача 2.3 (выполняется по теме 16 «Паротурбинные установки. Теплофикация»)

Паросиловая установка работает по циклу Ренкина. Параметры состояния пара перед турбиной: $p_1 = 20 \text{ бар}$, $t_1 = 300^\circ\text{C}$. Давление в конденсаторе $p_2 = 0,04 \text{ бар}$. Определить термический КПД.

Задача 2.4 (выполняется по теме 18 «Циклы холодильных установок и тепловых насосов»)

На рис. 1 а) представлена схема, а на рис. 1 б) изображен цикл парокомпрессионной холодильной установки. Пар аммиака при температуре $t_1 = -10^\circ\text{C}$ поступает в компрессор B , где адиабатно сжимается до давления, при котором температура $t_2 = 20^\circ\text{C}$, а сухость пара $x_2 = 1$. Из компрессора аммиак поступает в конденсатор C , где при постоянном давлении превращается в жидкость ($x_3 = 0$), после чего в расширительном цилиндре (детандере) D адиабатно расширяется до температуры $t_4 = -10^\circ\text{C}$. При этой же температуре аммиак поступает в охлаждаемое помещение A , где, забирая теплоту от охлаждаемых тел, испаряется, образуя влажный пар со степенью сухости x_1 . Определить холодопроизводительность аммиака, тепловую нагрузку конденсатора, работу, затрачиваемую в цикле, и холодильный коэффициент.



Задача 2.5 (выполняется по теме 18 «Циклы холодильных установок и тепловых насосов»)

На рис. 1 показана принципиальная схема парокомпрессионного теплового насоса, а на рис. 2 – его термодинамический цикл при работе на хладоне R600a.

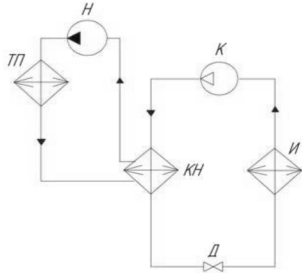


Рис. 1. Принципиальная схема теплового насоса: К – компрессор, КН – конденсатор, Д – дроссель, И – испаритель, ТП – тепловой потребитель, Н – насос

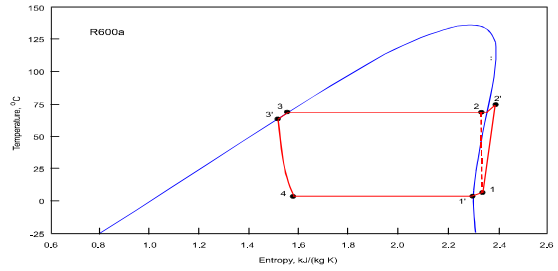


Рис. 2. Изображение цикла теплового насоса в s, t -диаграмме хладагента R600a (точки на диаграмме соответствуют точкам в табл. 1)

В таблице приведены значения энтальпии в характерных точках цикла

Таблица 1

Точка цикла	1 ¹	1	2	2 ¹	3	3 ¹	4
Энтальпия h , кДж/кг	559,7	568,3	642,2	651,3	375,2	361,2	361,2

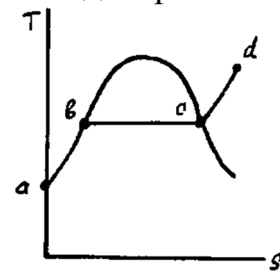
Задание: используя данные, приведенные в таблице, рассчитать: количество теплоты, воспринимаемое 1 кг хладагента в испарителе q_2 (кДж/кг), количество теплоты, передаваемое 1 кг хладагента в конденсаторе q_1 (кДж/кг), удельную работу, совершаемую компрессором l (кДж/кг), коэффициент преобразования энергии ψ , теплопроизводительность теплового насоса и потребляемую им теоретическую мощность, если расход хладагента составляет $G = 0,131$ кг/с.

6.1.3. Перечень тестов, выносимых на промежуточную аттестацию

Тест выполняется по разделу 1. «Основные закономерности технической термодинамики»

Задание 1. Чему равна степень сухости в точке b на данной диаграмме воды и водяного пара?

1. 0;
2. >0 ;
3. <0
4. 1;
5. >1



Задание 2. Какая из указанных величин остается неизменной при нагревании влажного воздуха в калорифере идеальной сушилки?

1. абсолютная влажность;
2. энтальпия;
3. относительная влажность;
4. влагосодержание;
5. температура.

Задание 3. Температура влажного воздуха 45°C , относительная влажность 20 %. Определить парциальное давление водяного пара

Задание 4. Парообразование во всем объеме жидкости называется (1балл):

1. кипением;

2. испарением.

Задание 5. Какие величины являются основными параметрами состояния?

1. u, h, s ;
2. T, v, P ;
3. T, v, P, u, h, s ;
4. l, q ;
5. v, u, s, h .

Задание 6. При изотермическом расширении воздуха от объема равного 2 л до объема 4 л затрачено 1400 кДж теплоты. Чему равна работа расширения газа (в кДж)

Задание 7. Как называется процесс, протекающий при постоянной теплоемкости?

1. изобарный;
2. изотермический;
3. изохорный;
4. политропный.

Задание 8. Какие величины являются массовыми теплоемкостями?

1. C'
2. C
3. $^{\circ}C$
4. C_v
5. C_p
6. C_p .

Задание 9. Для нагрева 2 кг воды затрачено 25140 Дж теплоты. До какой температуры (в $^{\circ}C$) нагрелась вода от $10^{\circ}C$, если ее теплоемкость 4,19 кДж/(кг К)?

Задание 10. Можно ли подведенную в цикле теплоту полностью преобразовать в работу?

1. нельзя;
2. можно, совершая обратимый цикл Карно;
3. можно, совершая обратимый изотермический процесс;
4. можно, совершая обратимый изобарный процесс;
5. можно, совершая обратимый политропный процесс.

Задание 11. Максимальная абсолютная влажность воздуха равна 14.5 г/м^3 . Если в комнате при данной температуре находится воздух, содержащий 348 г водяного пара, и при этом относительная влажность воздуха равна 60%, то объем комнаты равен.

Задание 12. Температура пара 800 К, давление 0,5 МПа. Определить тепло-

ту на перегрев пара.

Задание 13. Показания манометра 100 мм. рт. ст., показания барометра 740 мм. рт. ст. Определить абсолютное давление

Задание 14. Какие величины измеряются в Дж/(кг·К)?

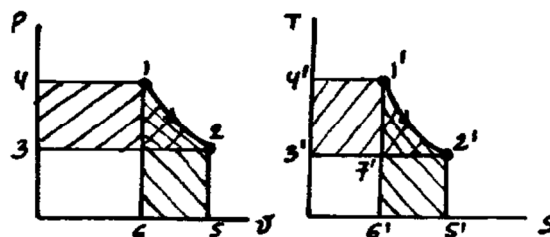
1. внутренняя энергия;
2. газовая постоянная;
3. работа;
4. теплота;
5. теплоемкость
6. энтропия;
7. энтальпия.

Задание 15. Как выглядит первый закон термодинамики для адиабатного процесса?

1. $\Delta u = -l$
2. $q = \Delta u + l$
3. $q = \Delta u$
4. $q = l$.

Задание 16. Какая из приведенных площадей представляет теплоту за процесс?

1. 1-2-3-4-1;
2. 1-2-5-6-1;
3. 1'-2'-3'-4'-1';
4. 1'-2'-5'-6'-1';
5. 1'-2'-7'-1'.



6.1.4. Тематика заданий на курсовую работу

Часть 1 КР: «Рассчитать, проанализировать и изобразить в p-v и T-s координатах идеальный цикл ДВС со смешанным подводом теплоты». выполняется по теме 9 «Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС)»

Исходные данные к расчету идеального цикла ДВС со смешанным подводом теплоты

№ п/п	ϵ	p_1 , бар	t_1 , °C	q_1	q_1''
1.	14,0	0,90	20	100	100
2.	14,5	0,95	30	90	95
3.	13,0	0,85	35	110	100
4.	14,8	0,95	28	90	90
5.	14,9	1,00	35	110	90
6.	15,0	1,01	40	110	100
7.	15,2	0,98	37	120	130
8.	15,4	1,00	40	130	120
9.	15,8	0,95	33	100	100
10.	16,1	1,00	37	120	110
11.	16,0	0,95	40	110	120
12.	15,4	1,00	30	140	90

№ п\п	ϵ	p_1 , бар	t_1 , °C	q_1'	q_1''
13.	14,8	0,91	50	140	140
14.	12,9	0,98	40	100	100
15.	13,5	0,94	45	80	120
16.	16,0	0,91	45	120	90
17.	16,3	0,86	35	90	120
18.	16,5	0,85	30	130	80
19.	16,3	0,95	35	80	120
20.	16,0	0,90	38	120	90
21.	15,0	1,02	42	90	110
22.	15,3	1,00	30	120	100
23.	14,5	1,03	35	100	130
24.	14,6	1,02	40	140	70
25.	13,8	0,94	45	80	140
26.	16,5	1,00	25	70	130
27.	18,5	1,03	27	95	110
28.	17,2	1,06	22	90	120
29.	15,8	1,00	33	85	115
30.	17,1	1,08	35	76	115

Часть 2 КР: «Рассчитать и изобразить фрагмент p - v , T - s или h - s диаграммы водяного пара в заданном диапазоне температур от t_1 до t_2 » (в зависимости от варианта задания). Выполняется по теме 10 «Реальные газы и пары. Водяной пар». На построенном фрагменте диаграммы нанести линии постоянной степени сухости ($x=0,2$; $x=0,4$; $x=0,6$; $x=0,8$), а также:

- три изотермы – при построении фрагмента p - v диаграммы;
- три изобары – при построении фрагмента T - s или h - s диаграммы.

Изотермы и изобары строятся по выбору студента из заданного температурного интервала с целочисленными значениями соответственно температур или давлений.

Темы задания по части 2 КР:

1. Построить фрагмент p, V – диаграммы водяного пара в диапазоне температур 35-75°C и нанести на ней линии постоянной степени сухости.
2. Построить фрагмент p, V – диаграммы водяного пара в диапазоне температур 75-105°C и нанести на ней линии постоянной степени сухости.
3. Построить фрагмент p, V – диаграммы водяного пара в диапазоне температур 105-140°C и нанести на ней линии постоянной степени сухости.
4. Построить фрагмент p, V – диаграммы водяного пара в диапазоне температур 140-175°C и нанести на ней линии постоянной степени сухости.
5. Построить фрагмент p, V – диаграммы водяного пара в диапазоне температур 75-210°C и нанести на ней линии постоянной степени сухости.
6. Построить фрагмент p, V – диаграммы водяного пара в диапазоне температур 210-245°C и нанести на ней линии постоянной степени сухости.
7. Построить фрагмент p, V – диаграммы водяного пара в диапазоне температур 245-280°C и нанести на ней линии постоянной степени сухости.
8. Построить фрагмент p, V – диаграммы водяного пара в диапазоне температур 280-315°C и нанести на ней линии постоянной степени сухости.
9. Построить фрагмент p, V – диаграммы водяного пара в диапазоне

ператур 175-210°C и нанести на ней линии постоянной степени сухости и изобары.

26. Построить фрагмент h,s – диаграммы водяного пара в диапазоне температур 210-245°C и нанести на ней линии постоянной степени сухости и изобары.

27. Построить фрагмент h,s – диаграммы водяного пара в диапазоне температур 245-280°C и нанести на ней линии постоянной степени сухости и изобары.

28. Построить фрагмент h,s – диаграммы водяного пара в диапазоне температур 280-315°C и нанести на ней линии постоянной степени сухости и изобары.

29. Построить фрагмент h,s – диаграммы водяного пара в диапазоне температур 315- $t_{кр} = 373,46^\circ\text{C}$ и нанести на ней линии постоянной степени сухости и изобары.

Часть 3 КР: «Построить $H-d$ диаграмму влажного газа на его общее давление p (МПа) в заданном диапазоне температур от t_1 до t_2 , °C». Задание выполняется по теме 11: «Влажный воздух»

Номер варианта задания равен списочному номеру студента в журнале преподавателя. Исходные данные приведены ниже.

Темы задания по части 3 КР:

1. Построить H,d – диаграмму влажного воздуха на его общее давление 0,01 МПа в диапазоне температур 5-50°C. На диаграмме нанести линии: $d,H, \varphi, t = \text{const}$, а также построить зависимость $p_n = f(d)$

2. Построить H,d – диаграмму влажного воздуха на его общее давление 0,02 МПа в диапазоне температур 5-70°C. На диаграмме нанести линии: $d,H, \varphi, t = \text{const}$, а также построить зависимость $p_n = f(d)$

3. Построить H,d – диаграмму влажного воздуха на его общее давление 0,03 МПа в диапазоне температур 5-90°C. На диаграмме нанести линии: $d,H, \varphi, t = \text{const}$, а также построить зависимость $p_n = f(d)$

4. Построить - H,d диаграмму влажного воздуха на его общее давление 0,04 МПа в диапазоне температур 5 - 110°C. На диаграмме нанести линии: $d,H, <p, t = \text{const}$, а также построить зависимость $p_n = f(d)$

5. Построить H,d – диаграмму влажного воздуха на его общее давление 0,05 МПа в диапазоне температур 5-130°C. На диаграмме нанести линии: $d,H, \varphi, t = \text{const}$, а также построить зависимость $p_n = f(d)$

6. Построить H,d – диаграмму влажного воздуха на его общее давление 0,06 МПа в диапазоне температур 5-150°C. На диаграмме нанести линии: $d,H, \varphi, t = \text{const}$, а также построить зависимость $p_n = f(d)$

7. Построить H,d – диаграмму влажного воздуха на его общее давление 0,07 МПа в диапазоне температур 5-170°C. На диаграмме нанести линии: $d,H, \varphi, t = \text{const}$, а также построить зависимость $p_n = f(d)$

8. Построить H,d – диаграмму влажного воздуха на его общее давление 0,09 МПа в диапазоне температур 5-190°C. На диаграмме нанести линии: $d,H, \varphi, t = \text{const}$, а также построить зависимость $p_n = f(d)$

9. Построить - H,d диаграмму влажного воздуха на его общее давление 0,11 МПа в диапазоне температур 5-210°C. На диаграмме нанести линии: $d,H,$

25. Построить H, d – диаграмму влажного углекислого газа на его общее давление 0,05 МПа в диапазоне температур 5-130°C. На диаграмме нанести линии: $d, H, \varphi, t = \text{const}$, а также построить зависимость $p_n = f(d)$

26. Построить H, d – диаграмму влажного углекислого газа на его общее давление 0,06 МПа в диапазоне температур 5-150°C. На диаграмме нанести линии: $d, H, \varphi, t = \text{const}$, а также построить зависимость $p_n = f(d)$

27. Построить H, d – диаграмму влажного углекислого газа на его общее давление 0,07 МПа в диапазоне температур 5-170°C. На диаграмме нанести линии: $d, H, \varphi, t = \text{const}$, а также построить зависимость $p_n = f(d)$

28. Построить H, d – диаграмму влажного углекислого газа на его общее давление 0,09 МПа в диапазоне температур 5-190°C. На диаграмме нанести линии: $d, H, \varphi, t = \text{const}$, а также построить зависимость $p_n = f(d)$

29. Построить H, d – диаграмму влажного углекислого газа на его общее давление 0,11 МПа в диапазоне температур 5-210°C. На диаграмме нанести линии: $d, H, \varphi, t = \text{const}$, а также построить зависимость $p_n = f(d)$

30. Построить H, d – диаграмму влажного углекислого газа на его общее давление 0,13 МПа в диапазоне температур 5-230°C. На диаграмме нанести линии: $d, H, \varphi, t = \text{const}$, а также построить зависимость $p_n = f(d)$.

6.1.5. Перечень вопросов для защиты курсовой работы

1. Поясните, чем обусловлен выбор схемы движения теплоносителей (прямоточная или противоточная) в теплообменном аппарате. Каковы преимущества и недостатки той и другой схемы?

2. Какой вид критериальной зависимости применяется при расчете коэффициента теплоотдачи при вынужденном установившемся движении теплоносителя?

3. Какой вид критериальной зависимости применяется при расчете коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции?

4. Что создает термическое сопротивление теплоотдаче при пленочной конденсации пара?

5. Какие режимы теплоотдачи наблюдаются при кипении жидкостей? Какой режим является рабочим и почему?

6. Какие существуют способы интенсификации теплоотдачи?

7. Напишите формулу для коэффициента теплопередачи для плоской многослойной стенки.

8. С какой стороны стенки при теплопередаче надо интенсифицировать теплообмен и почему?

9. Назовите преимущества и недостатки теплообменника типа «труба в трубе».

10. Назовите преимущества и недостатки кожухотрубного теплообменника.

11. Назовите преимущества и недостатки пластинчатого теплообменника.

12. По какой формуле рассчитывается средняя разность температур в теплообменном аппарате при прямотоке, противотоке и в многоходовом теплообменнике?

13. Почему при расчете коэффициента теплоотдачи со стороны конденсирующегося пара необходимо учитывать ориентацию теплообменника в пространстве (вертикальное или горизонтальное расположение)?

14. При прочих равных условиях у какого теплоносителя – жидкого или газообразного коэффициенты теплоотдачи больше и почему?

15. Почему в теплообменниках с теплоносителями «жидкость» и «газ» оребряют поверхность теплообмена, обращенную к газу?

16. В каком случае коэффициент теплоотдачи самый маленький и в каком самый большой: а) теплоноситель – газ, б) теплоноситель – жидкость, в) теплоноситель – конденсирующийся насыщенный пар?

17. Каким образом можно увеличить коэффициент теплоотдачи при движении жидкости или газа в теплообменнике?

18. В каком диапазоне должны быть скорости жидкости и газа в теплообменнике и почему?

6.1.6. Перечень вопросов к экзамену

1. Параметры состояния термодинамической системы.
2. Что такое «идеальный газ»? Уравнение состояния идеального газа. Уравнение Клапейрона-Менделеева и его анализ.
3. Что понимают под газовой смесью? Способы задания состава газовой смеси. Как рассчитываются молярная масса и газовая постоянная газовой смеси?
4. Как вычисляется теплоемкость газовой смеси, заданной массовыми, объемными или мольными долями.
5. Дайте определение парциального давления и парциального объема компонента в газовой смеси. Сформулируйте закон Дальтона.
6. Дайте понятие теплоемкости. Теплоемкость газов. Массовая, объемная и мольная теплоемкость; взаимосвязь между ними.
7. Дайте определение внутренней энергии и энтальпии.
8. Напишите формулы для вычисления изменения внутренней энергии и энтальпии идеального газа.
9. Сформулируйте и запишите математическое выражение 1-го закона термодинамики для закрытых систем.
10. Сформулируйте и запишите математическое выражение 1-го закона термодинамики для открытых систем
11. Конкретизируйте математическое выражение 1-го закона термодинамики для открытых систем применительно к тепловым двигателям, компрессорам, соплам и диффузорам.
12. Исследуйте изохорный термодинамический процесс.
13. Исследуйте изобарный термодинамический процесс.
14. Исследуйте изотермический термодинамический процесс.
15. Что такое «адиабатный термодинамический процесс» и каково его характеристическое уравнение?
16. Что такое «политропный термодинамический процесс»? Напишите выражение для теплоемкости газа в политропном процессе.

17. Проанализируйте политропный процесс в зависимости от знаков q и ΔU .
18. Что такое прямой и обратный термодинамические циклы? Дайте определения термическому КПД и холодильному коэффициенту.
19. Поясните физическую сущность 2-го закона термодинамики применительно к тепловым и холодильным машинам.
20. Дайте понятие энтропии. Приведите формулы для вычисления энтропии и изменения энтропии.
21. Объясните, что представляют собой прямой и обратный обратимые циклы Карно. Напишите выражения для вычисления термического КПД и холодильного коэффициента для этих циклов.
22. Проанализируйте идеальный цикл ДВС с подводом теплоты при $V = \text{const}$.
23. Проанализируйте идеальный цикл ДВС с подводом теплоты при $p = \text{const}$.
24. Проанализируйте идеальный цикл ДВС со смешанным подводом теплоты.
25. Проведите графоаналитическое сравнение идеальных циклов ДВС.

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника.

Для допуска к экзамену 3 курс 5 семестр необходимо: выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, лабораторных работ и тестирования, а также выполнение курсовой работы.

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Техническая термодинамика» применяется традиционная система оценки текущего и промежуточного контроля освоения программы.

Знания оцениваются:

- 3 курс 5 семестр: по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»;

Критерии оценивания промежуточного контроля (экзамен)

Таблица 8

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, глубоко и прочно освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, излагающий его исчерпывающе, последовательно, системно и логически стройно. Студент не затрудняется с ответом при видоизменении задания; справляется с нестандартными задачами, вопросами и другими видами применения знаний; при изложении материала владеет терминологией и символикой изучаемой дисциплины; показывает разносторонние знания основной и дополнительной литературы; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагаю-

	<p>ций теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала. Студент, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой дисциплины; обладающий основными профессиональными компетенциями; в основном сформировал практические навыки. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний)</p>
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	<p>оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал только по обязательному минимуму содержания предмета, определенному программой дисциплины; знания основной литературы, рекомендованной программой, отрывочны и не системны. Студент допускает неточности в ответе, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении материала, четкость и убедительность ответа выражена слабо, испытывает затруднения в выполнении типовых практических заданий, некоторые практические навыки не сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный</p>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	<p>оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа зачетных вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки при выполнении типовых практических заданий. Студентом основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – не сформированы</p>

Критерии оценивания письменного и устного опроса

Таблица 9

Оценка	Критерии оценивания
«зачтено»	- заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала. Студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы преподавателя, представил результаты тестирования на учебно-методическом портале sdo.timacad
«незачтено»	- заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы. Студент ответил на контрольные вопросы преподавателя с ошибками или вообще не ответил на контрольные вопросы, не представил результаты тестирования на учебно-методическом портале sdo.timacad

Критерии оценивания защиты практических работ

Таблица 10

Оценка	Критерии оценивания
лабораторная работа «зачтена»	практическая работа выполнена с соблюдением правил техники безопасности; лабораторная работа оформлена, выполнены все задания практическая работы. Студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы преподавателя, представил результаты в тексте в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А4
лабораторная работа «незачтена»	практическая работа выполнена с соблюдением правил техники безопасности; лабораторная работа оформлена, но в ее оформлении содержатся грубые ошибки. Студент ответил на контрольные вопросы преподавателя с ошибками или вообще не ответил на контрольные вопросы, не представил результаты в тексте в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А4

Критерии оценивания курсовой работы

Таблица 11

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	«отлично»: - расчетно-пояснительная записка выполнена качественно и не содержит ошибок, студент сделал содержательный, логически стройный

	доклад, дал вывод по излагаемому материалу, правильно ответил на поставленные вопросы, знает авторов - исследователей (ученых) по данной проблеме. При оформлении работы выполнен набор текста в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А1. При защите курсовой работы студентом продемонстрирован высокий уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков
Средний уровень «4» (хорошо)	«хорошо» – в расчетно-пояснительной записке имеются отдельные небольшие неточности, студент представил грамотное изложение содержания работы по существу, дал вывод по изложенному материалу, в целом правильно ответил на поставленные вопросы. При оформлении работы выполнен набор текста в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А1. При защите курсовой работы студентом продемонстрирован хороший уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	«удовлетворительно» – расчетно-пояснительная записка, в целом, удовлетворяет предъявляемым требованиям, но содержит некоторые неточности или погрешности в оформлении, студент имеет общие знания основного материала по теме курсовой работы, но без усвоения некоторых существенных положений, формулирует основные понятия с некоторой неточностью, затрудняется в ответах на поставленные вопросы. При оформлении работы выполнен набор текста в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А1. При защите курсовой работы студентом продемонстрирован удовлетворительный уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	«неудовлетворительно» – курсовая работа не выполнена в полном объеме или содержит существенные ошибки, студент не смог сделать доклад, поясняющий выполненную работу, допустил существенные ошибки в процессе ее изложения, не умеет выделить главное и сделать вывод, приводит ошибочные определения. При оформлении работы выполнен набор текста в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А1. При защите курсовой работы студентом продемонстрирован неудовлетворительный уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

1. Рудобашта С.П. Теплотехника [текст]. – М.: Издательство «Перо», 2015. 665 с.
2. Цирельман Н.М. Техническая термодинамика. 2-е изд., доп. С-Пб: Лань. 2018. -352 с. [[https:// e.lanbook. com / book /107965](https://e.lanbook.com/book/107965)].

7.2 Дополнительная литература

1. Кузнецов А.В., Рудобашта С.П., Симоненко А.В. [текст] Основы теплотехники, топливо и смазочные материалы – М.: Колос, 2001. – 246 с.
2. Андрианова Т.Н. Сборник задач по технической термодинамике [текст]. – М.: Изд-во МЭИ, 2000. – 356 с.
3. Александров А.А., Григорьев, Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. Справочник. [текст] М.: МЭИ. 1999. - 164 с.
4. Круглов, Г.А. Теплотехника : учебное пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. —

208 с. — ISBN 978-5-8114-1017-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3900>

5. Теплотехника. Практический курс: учебное пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова, М.В. Андреева. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-2575-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/96253>

6. Логинов, В.С. Практикум по основам теплотехники : учебное пособие / В.С. Логинов, В.Е. Юхнов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 128 с. — ISBN 978-5-8114-3377-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112679>

7. Рудобашта С. П. Теплотехника. Задания для контрольной работы: практикум / С. П. Рудобашта, Е. Л. Бабичева, Ю. А. Канатников; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018 — 114 с.

7.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Методические указания:

- К расчёту идеальных циклов ДВС (Бабичева Е.Л., Рудобашта С.П.);
- К выполнению части 1 КР (составитель С.П. Рудобашта);
- К выполнению части 2 КР (составитель С.П. Рудобашта);
- К выполнению части 3 КР (составитель С.П. Рудобашта);

2. Александров А. А., Орлов К. А. и Очков В. Ф. «Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики». - М.: Издательство МЭИ. 2009.

3. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара (Александров А.А., Григорьев, Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. Справочник. [текст] М.: МЭИ. 1999. - 164 с.).

4. Диаграммы:

- h,s – диаграммы водяного пара для рабочих расчётов;
- H,d -диаграммы влажного воздуха для рабочих расчётов.

5. Плакаты:

- единицы измерения теплотехнических величин;
- с изображением h,s – диаграммы водяного пара;
- с изображением H,d -диаграммы влажного воздуха;
- изображающий работу компрессора с изотермическим, адиабатным и политропным сжатием;
- с изображением идеальных циклов двигателей внутреннего сгорания и расчётными зависимостями;
- с изображением схемы паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина на перегретом паре, и изображением циклов в p,v , T,s и h,s – диаграммах.

6. Промышленный двухступенчатый компрессор.

7. Вентилятор низкого и высокого давления.

8. Теплогенератор ТГ-1,5.

9. Паровой котел Д-900.

10. Стенды:

- для определения теплоёмкости воздуха при постоянном давлении;
- для определения показателя адиабаты воздуха;
- для исследования процессов во влажном воздухе.

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

1. <http://kiev.goldenpages.ua/details/449147/286/> - промышленная тепло-техника (открытый доступ).
2. <http://www.twirpx.com/files/tek/periodic/teploenergetika/> - теплоэнергетика (открытый доступ).
3. <http://www.promen.energy-journals.ru/> - промышленная энергетика (открытый доступ).
4. <http://www.ntsni.ru/?yclid=3116444075139009561/> - новости теплоснабжения (открытый доступ).
5. <https://portal.timacad.ru/> – учебно-методический портал (открытый доступ).
6. <http://rucont.ru> – электронно-библиотечная система (открытый доступ).
7. <http://www2.viniti.ru> – базы данных ВИНТИ РАН (открытый доступ).
8. <http://ru.wikipedia.org/wiki> – теплопередача (открытый доступ).
9. <https://www.google.ru/>, <http://elementy.ru/trefil/>, <http://files.school-collection.edu.ru/>, <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/>, <http://www.vedu.ru/expdic/-теплообмен> (открытый доступ).
10. <http://stringer46.narod.ru/Radiation.htm> - теплообмен излучением (открытый доступ).
11. <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/>, <http://slovari.yandex.ru/>, <http://tolkslovar.ru/m2376.html> - массообмен (открытый доступ).
12. <http://lab5.ru/glava-ix/> - основы процессов массообмена (открытый доступ).
13. <http://www.labh.ru/index/chast-2-massoobmennye-protsessy-i-apparaty/massoobmennye-protsessy-i-apparaty/>, <http://gendocs.ru/> - массообменные процессы и аппараты (открытый доступ).

Таблица 12

9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Разделы 1-2	<i>V-TEST</i>	контролирующая	ФГБОУ ВПО МГАУ	2004
2	Разделы 1-2	Microsoft Office 2013	оформительная	Microsoft	2021

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

Практические занятия проводятся в 24 корпусе в кабинетах № 201, № 214, № 314 в аудиторное время, либо в лаборатории во внеаудиторное время. Учебные классы кафедры оснащаются наглядными демонстрационными моделями, макетов устройств, стендами.

Таблица 13

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
Лаборатории № 201 в корпусе по адресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус	Лаборатория содержит: 1) плакатами по технической термодинамике; 2) установками для исследования термодинамических параметров и процессов (Инв.№ 210134000002081); 3) проектор NEC NP60 DLP 1024*768,300 для слайд-презентаций (Инв.№ 210134000002560); 4) проекционный экран с электроприводом Digis Electra 240*240 NW (DSEM-1106) (Инв.№ 410138000002636); 5) компьютер (Инв.№ 210134000001871)
Лаборатории № 214 в корпусе по адресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус	Лаборатория содержит: 1) стенды для показа приборов для измерения теплотехнических величин ИТЭМ-ТМ (Инв.№ 410134000001563, 410134000001564, 410134000001565); 2) стенд для измерения перепада давления (Инв.№ 210134000002093); 3) компрессор BRAVO 402 М (Инв.№ 210134000002505); 4) вентилятор ВЦ 14-46-3,15 ПрО (1,5*1500) (Инв.№ 210134000002586); 5) Дизель электростанция (бензиновая) (Инв.№ 410134000001400); 6) экран Projecta SlimScreen 200*200 cv Matte White S настенный (Инв.№ 568938); 7) комплект из интерактивной доски Penbord 77 (стойка, проектор и доска) (Инв.№ 210134000001798); 8) доска настенная магнитно-меловая ДН-32М (Инв.№ 632954); 9) компьютер (Инв.№ 210134000001864)
Лаборатория в общем зале в корпусе по адресу: ул. Тимирязевская, д.51. Корпус полностью занимает кафедра «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий»	Лаборатория содержит: 1) котел Д-900-14 (Инв.№ 410134000001421); 2) Теплогенератор ТГ-1,5 (Инв.№ 410134000001866); 3) прибором учета тепловой энергии (Инв.№ 410134000002554)
Лаборатории № 314 в корпусе по ад-	Лаборатория содержит:

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
ресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус	1) экран настенный Projecta SlimScreen (Инв.№ 210134000002855); 2) Проектор NEC NP60 DLP 1024*768,300 (Инв.№ 210134000002560); 3) доска настенная магнитно-меловая ДН-32М (Инв.№ 632955); 4) компьютер (Инв.№ 210134000001865)

Для самостоятельной работы студентов используются ресурсы Центральной научной библиотеки имени Н.И. Железнова РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, включающие 9 читальных залов, организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет-доступом, в том числе 5 компьютеризированных читальных залов, а также комнаты для самоподготовки в общежитии № 5 и № 4.

11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Образовательный процесс по дисциплине «Техническая термодинамика» организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся), в том числе с применением современных программных продуктов (AUTOCAD, КОМПАС, MS Office: Word, Excel, PowerPoint), цифровых платформ (Webinar, Zoom, Mentimeter) и цифровых инструментов (Kahoot, Moodle, SimInTech).

Учебные занятия представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости: лекции, практические занятия, тестирование, групповые консультации, самостоятельная работа обучающихся.

На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные настоящей программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

При подготовке к практическому занятию студент должен повторить теоретический материал по лекции, а также по учебникам и учебным пособиям, рекомендуемым настоящей программой. На каждое практическое занятие и практическую работу студент должен иметь тетрадь, карандаш, линейку, циркуль, угольник, транспортир.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший лекцию, обязан самостоятельно проработать тему и представить преподавателю, проводящему данный вид занятия, конспект занятия. Студент, не посещавший или пропустивший большое число лекций, для допуска к экзамену должен самостоятельно изучить материалы на учебно-методическом портале (открытый доступ) по ссылке <https://portal.timacad.ru/>.

Студент, пропустивший лабораторную работу и практические занятия, отрабатывает его в согласованное с преподавателем время.

Студент получает допуск к экзамену если выполнены и защищены практические работы, курсовая работа, а также имеется в наличии рукописный конспект лекций.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

Согласно учебному плану и графику учебного процесса процессе преподавания дисциплины для организации условий освоения студентами компетенций используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной), активные (проблемное обучение, коллективно-групповое обучение) и интерактивные технологии (дистанционная технология, электронное обучение, ТВ-технологии, сетевые технологии), в том числе с применением современных программных продуктов (MS Office: Word, Excel, PowerPoint), цифровых платформ (Webinar, Zoom, Mentimeter) и цифровых инструментов (Kahoot, Moodle, Fotor, SimInTech).

Для повышения уровня знаний по дисциплине у студентов, необходимо искать пути совершенствования методики преподавания: использование разнообразных форм, методов и приёмов активизации познавательной деятельности учащихся (в т.ч. активных и интерактивных); использование наглядного материала – таблиц, рисунков, схем, демонстрация опытов; решение типовых задач как метод обучения современных проблем теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологий; использование различных форм организации самостоятельной работы студентов: индивидуальная, групповая, коллективная; организация индивидуальной работы студентов с учётом уровня подготовки; применение систематического контроля различных видов в процессе обучения.

Научной основой для преподавания дисциплины является методология системного подхода к человеку. Важно стремиться эффективно организовать и оптимизировать самостоятельную работу студентов.

Программу разработал: Рудобашта С.П., д.т.н., профессор

« _____ » « _____ » 2022 г.

_____ (подпись)

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.О.12 «Техническая термодинамика»
ОПОП ВО по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника,
направленность «Энергообеспечение предприятий»
(квалификация выпускника – бакалавр)

Андреевым Сергеем Андреевичем, доцентом кафедры «Автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Техническая термодинамика» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» направленность Энергообеспечение предприятий (квалификация выпускника – бакалавриат) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» в соответствии с Учебным планом по программе бакалавриата (разработчик – Рудобашта Станислав Павлович, профессор кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий», доктор технических наук).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Техническая термодинамика» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к базовой части учебного цикла – Б1.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Техническая термодинамика» закреплены следующие **компетенции**: ОПК-3 и ОПК-4 (индикаторы компетенций ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5). Дисциплина «Техническая термодинамика» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. **Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоемкость дисциплины «Техническая термодинамика» составляет 6 зачетных единиц (216 часа).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Техническая термодинамика» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемых при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Техническая термодинамика» предполагает занятия в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоемкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (выполнение практических работ, опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в дискуссиях, участие в тестировании, выполнение курсовой работы

и аудиторных заданиях – работа с технической литературой), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

11. Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена и защиты курсовой работы, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины обязательной части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления **13.03.01** «Теплоэнергетика и теплотехника».

Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 7 наименований, методическими указаниями и рекомендациями – 10 источников, Интернет-ресурсы – 13 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления **13.03.01** «Теплоэнергетика и теплотехника».

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «**Техническая термодинамика**» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «**Техническая термодинамика**».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «**Техническая термодинамика**» ОПОП ВО по направлению **13.03.01** «Теплоэнергетика и теплотехника», направленность «Энергообеспечение предприятий» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная профессором кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий», доктором технических наук Рудобаштой С.П. соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Андреев С.А., доцент кафедры «Автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доцент, кандидат технических наук _____ « 14 » _____ 10 2022 г.

(подпись)