

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
"ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
И АРХИТЕКТУРЫ"**

Факультет инженерных и экологических систем в строительстве
Кафедра «Теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции»

**УТВЕРЖДАЮ**:
Декан факультета
Лукьянов А.В.
« 30 » августа 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.5 "Техническая термодинамика"**

Направление подготовки ОПОП ВО – **08.03.01 Строительство**

Программа подготовки - **«Теплогазоснабжение и вентиляция»**

Год начала подготовки по учебному плану **2017**

Квалификация (степень) выпускника **"Бакалавр"**

Форма обучения **очная**

Макеевка 2017 г.

Программу составил:
к.т.н., доцент Монах С.И.


(подпись)

Рецензенты:
д.т.н., профессор Лукьянов А.В.


(подпись)

ГОУ ВПО ДонНАСА, заведующий кафедрой
теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции

д.т.н., профессор Найманов А.Я.


(подпись)

ГОУ ВПО ДонНАСА, профессор кафедры ГСХ

Рабочая программа дисциплины "**Техническая термодинамика**" разработана в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования ГОС ВПО по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата) (утверждён приказом Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики от "19" апреля 2015 г. №394) и Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГСО ВО 36767) по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата) (утвержден приказом Министерства образования и науки России от "12"марта 2015 г. № 201). Составлена на основании учебного плана: 08.03.01 Строительство (профиль "Теплогазоснабжение и вентиляция"), утвержденного Ученым Советом ГОУ ВПО ДонНАСА от 26.06.2017 г., протокол №10.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
"Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция"

Протокол от 28.08.2017 г. № 1
Срок действия программы: 2017-2022 уч.гг.

Заведующий кафедрой:
д.т.н., профессор Лукьянов А.В.


(подпись)

Одобрено советом (методической комиссией) факультета инженерных и экологических систем в строительстве (ФИЭСС) протокол № 1 от "29" августа 2017 г.

Председатель УМК направления подготовки:
д.т.н., профессор Лукьянов А.В.


(подпись)

Начальник учебной части:
к.гос.упр., доцент Сухина А.А.


(подпись)

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Утверждаю:

Председатель УМК факультета д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

 (подпись)

30 08 2018 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2018-2019 учебном году на заседании кафедры **Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция**

Протокол от 28.08.2018 г. № 1

Зав. кафедрой: д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

 (подпись)

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Утверждаю:

Председатель УМК факультета д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

(подпись)

_____ 2019г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2019-2020 учебном году на заседании кафедры **Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция**

Протокол от _____ 2019 г. № ____

Зав. кафедрой: д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

(подпись)

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Утверждаю:

Председатель УМК факультета д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

(подпись)

_____ 2020 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры **Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция**

Протокол от _____ 2020 г. № ____

Зав. кафедрой: д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

(подпись)

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Утверждаю:

Председатель УМК факультета д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

(подпись)

_____ 2021г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры **Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция**

Протокол от _____ 2021 г. № ____

Зав. кафедрой: д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

(подпись)

Содержание

I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	5
1. Цель освоения дисциплины (модуля).....	5
2. Учебные задачи дисциплины (модуля).....	5
3. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО (основной профессиональной образовательной программы высшего профессионального образования)	5
4. Требования к результатам освоения содержания дисциплины (модуля).....	6
5. Формы контроля	8
II. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
1. Общая трудоёмкость дисциплины.....	8
2. Содержание разделов дисциплины.....	8
3. Обеспечение содержания дисциплины.....	17
III. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	17
IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	19
1. Рекомендуемая литература	19
2. Рекомендуемые обучающие, справочно-информационные, контролирующие и прочие компьютерные программы, используемые при изучении дисциплины	20
3. Материально-техническое обеспечение дисциплины	21
V. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА	21
Тематика расчетных работ.....	21
Вопросы к экзамену / зачету / зачету с оценкой.....	21
Примеры тестов для текущего контроля	23
Индивидуальное задание.....	24
ПРИЛОЖЕНИЯ	
Приложение 1	25
Приложение 2	27
Приложение 3	34
Лист регистрации изменений	35

I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
<p>Целью дисциплины «Техническая термодинамика» является обеспечение фундаментальных знаний в области закономерностей преобразования энергии в различных процессах, создание теоретической базы для творческого усвоения профилирующих дисциплин специальности, овладение студентами физической сущностью термодинамических процессов, свойствами основных рабочих тел (водяного пара, влажного воздуха); закономерностями истечения и дросселирования рабочих тел; развитием навыков практического применения знаний для решения конкретных задач по превращению тепловой энергии в работу и обратно в термодинамических циклах тепловых установок. Для создания тепловых установок различного назначения требуется грамотное применение термодинамических методов анализа и расчета.</p>	
2. УЧЕБНЫЕ ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	
<p>Задачами дисциплины являются:</p> <ol style="list-style-type: none">1) приобретение понимания закономерностей превращения тепловой энергии в работу и обратно в термодинамических циклах тепловых машин;2) знание свойств основных рабочих тел тепловых установок;3) овладение методами расчета термодинамических параметров рабочих тел;4) формирование у студента правильного представления о термодинамических методах оценки эффективности тепловых установок.	
3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО	
<p>Дисциплина «Техническая термодинамика» относится к обязательной части учебного плана <u>Б1.В.ОД.2</u></p>	
3.1	Требования к предварительной подготовке обучающихся:
<p>Дисциплина "Тепломассообмен" базируется на дисциплинах цикла Б2: Б2.Б1 Математика; Б2.Б5 Физика; Б2.Б4 Прикладная химия; Б2.Б2 Информатика. И на дисциплине цикла Б2.В: Б2.В.ОД1 Механика жидкостей и газов.</p>	
3.2	Приобретённые компетенции после изучения предшествующих дисциплин
<p>Для успешного освоения дисциплины «Техническая термодинамика», студент должен:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Знать основные закономерности преобразования энергии в различных процессах, сопровождающихся тепловыми явлениями, термодинамические свойства тел, которые участвуют в этих преобразованиях, и применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов превращений энергии (ОПК-1);2. Уметь выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);3. Владеть основными законами геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимыми для выполнения и чтения чертежей конструкций теплового оборудования, составления конструкторской документации и деталей (ОПК-3); умением использовать нормативные правовые документы в профессиональной деятельности (ОПК-8);	
3.3	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:
<p>Дисциплина «Техническая термодинамика» представляет собой основу для изучения в последующем дисциплин профессионального цикла В3 в соответствии с учебным планом бакалавриата: Б3.Б5 Технологические процессы в строительстве; Б3.В.ОД1 Основы обеспечения микроклимата зданий (включая теплофизику зданий), Б3.В.ОД2 Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах ТГВ, Б3.В.ОД3 Отопление, Б3.В.ОД6 Генераторы тепла и автономное теплоснабжение зданий, Б3.В.ОД7 Централизованное теплоснабжение, Б3.В.ОД4</p>	

Вентиляция, БЗ.В.ОД5 Кондиционирование воздуха и холодоснабжение зданий, БЗ.В.ОД8 Газоснабжение, БЗ.В.ДВ2 Основы технологии систем ТГВ и Технологические процессы ТГВ.

4. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины «Техническая термодинамика» должны быть сформированы следующие компетенции:

ОПК-1: способность использовать основные законы Технической термодинамики в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования преобразования энергии в различных процессах;

ОПК-2: способность выявить естественнонаучную сущность проблем закономерностей преобразования энергии в различных процессах, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

ОПК-3: владение основными законами геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимыми для выполнения и чтения чертежей конструкций теплового оборудования, составления конструкторской документации и деталей;

ОПК-8: умение использовать нормативные правовые документы в профессиональной деятельности при расчете и проектировании тепловых установок;

Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность

В результате освоения компетенции **ОПК-1** студент должен:

1. Знать:

- основные закономерности преобразования энергии в различных процессах, сопровождающихся тепловыми явлениями, термодинамические свойства тел, которые участвуют в этих преобразованиях.

2. Уметь:

- применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования термодинамических процессов и циклов.

3. Владеть:

- физико-математическим аппаратом для расчета термодинамических процессов в технологии производства и передачи различных видов энергии.

Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность

В результате освоения компетенции **ОПК-2** студент должен:

1. Знать:

- принципы выявления естественнонаучной сущности термодинамических процессов превращения теплоты в работу и работы в теплоту в теплотехническом оборудовании.

2. Уметь:

- привлекать для решения задач преобразования энергии в технологических процессах соответствующий физико-математический аппарат;

3. Владеть:

- навыками применения физико-математического аппарата Технической термодинамики в профессиональной деятельности.

Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность

В результате освоения компетенции **ОПК-3** студент должен:

1. Знать:

- основные законы геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимые для освоения конструкционных особенностей теплотехнического оборудования.

2. Уметь:

- выполнять и читать чертежи теплообменного оборудования и его конструкций, составлять конструкторскую документацию.

3. Владеть:

- термодинамическими методами расчета и подбора теплообменного оборудования.

Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность

В результате освоения компетенции **ОПК-8** студент должен:

1. Знать:

- нормативные документы, регламентирующие теплотехнические расчеты теплообменного оборудования.

2. Уметь:

- в соответствии с нормативной документацией применять физико-математический аппарат технической термодинамики при организации тепловых технологических процессов, расчете и проектировании теплообменного оборудования.

3. Владеть:

- различными нормативными методиками расчета термодинамических процессов м циклов.

Экспериментально-исследовательская деятельность

В результате освоения компетенции **ОПК-1** студент должен:

1. Знать:

- какие основные закономерности технической термодинамики применяются при изучении преобразования энергии в различных процессах и циклах в теплотехническом оборудовании;

2. Уметь:

- применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования для изучения термодинамических процессов;

3. Владеть:

- методами анализа эффективности термодинамических процессов, протекающих в теплотехническом оборудовании.

Экспериментально-исследовательская деятельность

В результате освоения компетенции **ОПК-2** студент должен:

1. Знать:

- по каким принципам выявляются естественнонаучные сущности проблем эффективности преобразования энергии в термодинамических процессах и циклах.

2. Уметь:

- применять физико-математический аппарат при исследовании термодинамических процессов.

3. Владеть:

- методиками исследования термодинамических процессов.

Экспериментально-исследовательская деятельность

В результате освоения компетенции **ОПК-3** студент должен:

1. Знать:

- основные законы геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимые при исследованиях термодинамических процессов и циклов.

2. Уметь:

- выполнять и читать чертежи теплообменного оборудования и его конструкций, составлять конструкторскую документацию теплотехнических установок.

3. Владеть:

- различными методиками расчета и подбора теплообменного оборудования для исследования преобразования энергии в термодинамических процессах.

Экспериментально-исследовательская деятельность

В результате освоения компетенции **ОПК-8** студент должен:

1. Знать:

- действующую нормативную документацию, регламентирующую требования к теплообменному оборудованию.

2. Уметь:

- в соответствии с нормативной документацией применять физико-математический аппарат технической термодинамики при исследованиях тепловых процессов.

3. Владеть:

- различными нормативными методиками расчета теплообменного оборудования и термодинамических процессов в нем.

5. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ

Текущий контроль осуществляется лектором и преподавателем, ведущим практические и лабораторные работы, в соответствии с календарно-тематическим планом.

Промежуточная аттестация в IV семестре – экзамен

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации формируют рейтинговую оценку работы студента. Распределение баллов при формировании рейтинговой оценки работы студента осуществляется в соответствии с "Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов при кредитно-модульной системе организации учебного процесса в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры" (Приложение 1).

II. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **3,5** зачётных единиц, **126** часов.

Количество часов, выделяемых на контактную работу с преподавателем (лекции, лабораторные работы) и самостоятельную работу студента, определяется рабочим учебным планом (на основании базового учебного плана) и календарно-тематическим планом, которые разрабатываются и корректируются ежегодно.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование разделов и тем (содержание)	Сем./ Курс	Час.	Компетенции	Результаты освоения (знать, уметь, владеть)	Образовательные технологии
Раздел 1 Термодинамические параметры состояния. Термодинамический процесс. Теплота и работа.						
1	Основные термодинамические параметры состояния. Абсолютное давление, удельный объем, плотность, абсолютная температура (определения, обозначения, размерности). Термодинамическая система. Термодинамическое равновесие. Термодинами-	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	Знать: основы понятия технической термодинамики. Уметь: определять основные термодинамические параметры. Владеть: навыками определения значений основных термодинамических параметров.	Л

	ческий процесс (равновесный, обратимый, неравновесный, необратимый, круговой). Теплота и работа.					
Раздел 2 Уравнение состояния идеальных газов.						
2	Основные законы идеальных газов. Уравнение состояния идеальных газов. Универсальное уравнение состояния идеального газа.	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	Знать: Основные законы идеальных газов и уравнение состояния идеальных газов. Уметь: использовать основные законы и уравнение состояния идеальных газов при определении основных термодинамических параметров состояния. Владеть: методиками определения термодинамических параметров.	Л, СР
Раздел 3 Смеси идеальных газов.						
3	Основные свойства газовых смесей. Законы Дальтона и Амага. Газовая постоянная смеси газов, средняя молекулярная масса смеси газов (обозначения, размерности, расчетные формулы). Парциальные давления.	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	Знать: основные свойства и способности задания газовых смесей. Уметь: рассчитывать газовую постоянную, среднюю молекулярную массу смеси газов, парциальные давления компонентов смеси и пользоваться справочной литературой для этих расчетов. Владеть: математическим аппаратом для определения газовой постоянной, средней молекулярной массы смеси газов, парциальных давлений компонентов смеси.	Л, СР
Раздел 4 Реальные газы.						
4	Свойства реальных газов. Уравнения состояния реальных газов. Частные производные параметров состояния. Термические коэффициенты.	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	Знать: отличительные свойства реальных газов от идеальных, физический смысл частных производных параметров состояния. Уметь: определять термические коэффициенты сжатия, расширения, тепловой упругости. Владеть: математическим аппаратом для определения свойств реальных газов.	Л, СР
Раздел 5 Первый закон термодинамики.						
5	Закон сохранения и превращения энергии. Внутренняя энергия (физический смысл, единицы измерения). Аналитическое выражение работы процесса. Обратимые и необратимые процессы. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Энтальпия (физический смысл, единицы измерения).	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	Знать: аналитические выражения первого закона термодинамики и работы процесса. Уметь: определять располагаемую полезную работу в процессе расширения рабочего тела, изменение внутренней энергии и энтальпии в процессе и в цикле; Владеть: математическим аппаратом для определения работы процесса, изменения внутренней энергии и энтальпии.	Л, СР

Раздел 6 Теплоемкость газов. Энтропия.						
6	Удельная теплоемкость (обозначение, размерность). Массовая, объемная и молярная теплоемкости газов. Аналитические выражения для изобарной и изохорной теплоемкостей. Теплоемкость средняя и истинная. Уравнение Майера. Нелинейная зависимость теплоемкости от температуры. Теплоемкость смесей идеальных газов. Энтропия, вычисление энтропии идеального газа для обратимых и необратимых процессов. Тепловая T_s -диаграмма.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: аналитические выражения для определения удельной, изобарной, изохорной, истинной и средней теплоемкости. Вычисление энтропии идеального газа для обратимых и необратимых процессов.</p> <p>Уметь: использовать тепловую T_s-диаграмму для анализа термодинамических процессов.</p> <p>Владеть: методиками расчета истинной и средней теплоемкости смеси газов, энтропии идеального газа для обратимых и необратимых процессов.</p>	Л, СР
Раздел 7 Термодинамические процессы идеальных газов.						
7	Изохорный, изобарный, изотермный, адиабатный, политропный процессы (определения, уравнения процессов, показатели политропы, энергетические характеристики). Изображение процессов в pV и T_s -координатах.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: уравнения идеальных термодинамических процессов. Изображение процессов в pV и T_s-координатах.</p> <p>Уметь: определять энергетические характеристики, теплоемкости, показатели политропы рабочих тел в идеальных термодинамических процессах.</p> <p>Владеть: математическим аппаратом для определения в различных процессах начальных и конечных параметров состояния рабочего тела, теплоты и работы процесса, показателя политропы.</p>	Л, СР
Раздел 8 Второй закон термодинамики.						
8	Определения, математическая запись. Круговые термодинамические процессы или циклы. Термический КПД цикла и холодильный коэффициент циклов. Прямой обратимый и обратный обратимый циклы Карно. Теорема Карно. Обобщенный (регенеративный) цикл Карно. Математическое выражение второго закона термодинамики. Принцип возрастания энтропии и физический смысл второго закона термодинамики. Максимальная работа. Эксергия. Абсолютная термодинамическая температура. Среднеинтегральная температура. Тепловая теорема Нернста.	4/П	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: формулировку, физический смысл и математическую запись второго закона термодинамики; аналитические выражения для Термического и Холодильного КПД циклов; определение и физический смысл эксергии.</p> <p>Уметь: определять эффективность тепловых и холодильных машин.</p> <p>Владеть: методиками определения Термического и Холодильного КПД циклов; максимальной работы – эксергии; абсолютной термодинамической температуры рабочего тела и среднеинтегральной температуры процесса.</p>	Л, СР

Раздел 9 Водяной пар.						
9	Основные понятия и определения. p - v -диаграмма водяного пара. Основные параметры влажного насыщенного пара. Основные параметры перегретого пара. T - s -диаграмма водяного пара. Таблицы водяного пара. i - s -диаграмма водяного пара.	4/П	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: - Основные понятия при переходе вещества из одного агрегатного состояния в другое;</p> <p>- определение и параметры влажного насыщенного, ненасыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара;</p> <p>- построение и использование при исследованиях термодинамических циклов p-v-, T-s- и i-s-диаграмм.</p> <p>Уметь: - определять основные параметры жидкости, сухого насыщенного, влажного и перегретого пара.</p> <p>Владеть: - методиками аналитического определения параметров состояния пара и жидкости;</p> <p>- методиками определения термодинамических параметров состояния пара и жидкости по i-s-диаграмме и таблицам состояния воды и водяного пара.</p>	Л, СР
Раздел 10 Основные термодинамические процессы водяного пара.						
10	Общий метод исследования термодинамических процессов водяного пара. Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный процессы изменения состояния водяного пара. Изображение указанных процессов на p - v - T - s - и i - s -диаграмме водяного пара.	4/П	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: - закономерности протекания основных термодинамических процессов водяного пара.</p> <p>Уметь: решать задачи, связанные с термодинамическими процессами в области насыщенных и перегретых паров с помощью таблиц и i-s-диаграммы.</p> <p>Владеть: методом исследования термодинамических процессов водяного пара.</p>	Л, СР
Раздел 11 Истечение газов и паров.						
11	Первый закон термодинамики в применении к потоку движущегося газа. Работа проталкивания. Располагаемая работа при истечении газа. Адиабатный процесс истечения газа. Истечение капельной жидкости. Скорость истечения и секундный расход газа из суживающегося сопла. Критическое давление. Критическая скорость и максимальный секундный расход газа. Случаи истечения газа из суживающегося сопла. Истечение идеального газа из комбинированного сопла Лаваля. Истечение газов с учетом трения. Истечение водяного пара.	4/П	6	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: - первый закон термодинамики в применении к потоку движущегося газа;</p> <p>- закономерности изменения термодинамических параметров в каналах переменного сечения;</p> <p>- определение работы проталкивания, располагаемой работы, скорости и секундного расхода при истечении газов и капельных жидкостей;</p> <p>- закономерности истечения газов из суживающегося сопла и сопла Лаваля и истечения водяных паров.</p> <p>Уметь: - решать задачи по определению термодинамических параметров состояния при истечении капельных жидкостей, газов и водяных паров.</p> <p>Владеть: - методиками расчета термодинамических параметров состояния при истечении капельных жидкостей, газов и водяных паров.</p>	Л, СР

Раздел 12 Дросселирование газов и паров. Смешение газов.						
12	Дросселирование газа. Уравнение процесса дросселирования. Эффект Джоуля-Томпсона, температура инверсии. Дросселирование, или мятие, водяного пара. Смешение газов. Изменение энтропии идеальных газов при смешении.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: - изменение термодинамических параметров произвольного рабочего тела и водяного пара при дросселировании;</p> <p>- уравнение процесса дросселирования;</p> <p>- определение эффекта Джоуля-Томпсона для идеальных газов и реальных рабочих тел;</p> <p>- способы образования и расчет термодинамических параметров смесей газов.</p> <p>Уметь: определять изменение термодинамических параметров рабочих тел и пара при дросселировании и смешении.</p> <p>Владеть: математическим аппаратом для вычисления термодинамических параметров рабочих тел и пара при дросселировании и смешении.</p>	Л, СР
Раздел 13 Влажный воздух.						
13	Абсолютная влажность, влагосодержание, относительная влажность воздуха. Плотность, газовая постоянная и энтальпия влажного воздуха. <i>i-d</i> диаграмма влажного воздуха, процессы нагрева и охлаждения влажного воздуха, процессы насыщения воздуха влагой и процессы конденсации.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: знать характеристики влажного насыщенного и ненасыщенного воздуха. Изображение процессов влажного воздуха в <i>pv</i> и <i>id</i>-координатах.</p> <p>Уметь: определять влагосодержание, относительную и абсолютную влажность, плотность, газовую постоянную и энтальпию влажного воздуха.</p> <p>Владеть: методиками расчета параметров влажного воздуха по аналитическим зависимостям и по <i>i-d</i> диаграмме влажного воздуха.</p>	Л, СР
Итого:			36	Лекции – 36; самостоятельная работа – 12		
Раздел 14 Практические занятия						
14	Разделы 1 - 4: Технические расчеты по определению основных термодинамических параметров состояния, газовой постоянной, молекулярной массы смеси газов и парциального давления компонента смеси.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: Основные законы идеальных газов и уравнение состояния идеальных газов, основные свойства и способы задания газовых смесей.</p> <p>Уметь: - использовать основные законы и уравнение состояния идеальных газов при определении основных термодинамических параметров состояния;</p> <p>- рассчитывать газовую постоянную, среднюю молекулярную массу смеси газов, парциальные давления компонентов смеси и пользоваться справочной литературой для этих расчетов.</p> <p>Владеть: физико-математическим аппаратом для технических расчетов по определению основных термодинамических параметров состояния, газовой постоянной, молекулярной массы смеси и парциальных давлений компонентов смеси.</p>	ПР

15	Раздел 5: Определение изменения внутренней энергии, энтальпии рабочего тела; определение работы расширения в процессе.	4/П	1	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	Знать: аналитические выражения первого закона термодинамики и работы процесса; Уметь: определять располагаемую полезную работу в процессе расширения рабочего тела, изменение внутренней энергии и энтальпии в процессе и в цикле; Владеть: математическим аппаратом для определения работы процесса, изменения внутренней энергии и энтальпии.	ПР
16	Раздел 6: Определение средней теплоемкости смеси газов в заданном интервале температур, количества подведенной (или отведенной) в процессе теплоты, изменения энтропии при постоянной и переменной теплоемкости.	4/П	1	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	Знать: аналитические выражения для определения удельной, изобарной, изохорной, истинной и средней теплоемкости. Вычисление энтропии идеального газа для обратимых и необратимых процессов. Уметь: использовать тепловую Ts -диаграмму для анализа термодинамических процессов. Владеть: методиками расчета истинной и средней теплоемкости смеси газов, энтропии идеального газа для обратимых и необратимых процессов.	ПР
17	Раздел 7: Определение в процессах идеальных газов начальных и конечных параметров состояния рабочего тела, теплоты и работы процесса, изменений внутренней энергии, энтальпии, энтропии, показателя политропы.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	Знать: уравнения идеальных термодинамических процессов. Изображение процессов в pV и Ts -координатах. Уметь: определять энергетические характеристики, теплоемкости, показатели политропы рабочих тел в идеальных термодинамических процессах. Владеть: математическим аппаратом для определения в различных процессах начальных и конечных параметров состояния рабочего тела, теплоты и работы процесса, изменений внутренней энергии, энтальпии, энтропии, показателя политропы.	ПР
18	Раздел 8: Определение работоспособности – эксергии и потери эксергии вследствие необратимости процессов. Определение среднеинтегральной и среднеарифметической температуры в процессе, Термического и Холодильного КПД циклов	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	Знать: формулировку, физический смысл и математическую запись второго закона термодинамики; аналитические выражения для Термического и Холодильного КПД циклов; определение и физический смысл эксергии. Уметь: определять эффективность циклов тепловых и холодильных машин. Владеть: методиками определения Термического и Холодильного КПД циклов; максимальной работы – эксергии; абсолютной термодинамической температуры рабочего тела и среднеинтегральной температуры процесса.	ПР

19	Раздел 8: Расчет цикла с газовым рабочим телом: Определение параметров рабочего тела в характерных и промежуточных точках цикла, энергетических характеристик процессов и термодинамической эффективности цикла	4/II	3	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: уравнения идеальных термодинамических процессов. Изображение процессов в pV и Ts- координатах.</p> <p>Уметь: определять энергетические характеристики, теплоемкости, показатели политропы рабочих тел в идеальных термодинамических процессах, эффективность термодинамических циклов</p> <p>Владеть: математическим аппаратом для определения в различных процессах начальных и конечных параметров состояния рабочего тела, теплоты и работы процесса, изменений внутренней энергии, энтальпии, энтропии, показателя политропы, термического КПД циклов.</p>	СР
20	Раздел 9: Определение параметров влажного насыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара. Определение состояния пара по его параметрам и расхода теплоты на получение пара.	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: - определение и параметры влажного насыщенного, ненасыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара;</p> <p>- построение и использование при исследованиях термодинамических процессов pV-, Ts- и is-диаграмм.</p> <p>Уметь: - определять основные параметры жидкости, сухого насыщенного, влажного и перегретого пара.</p> <p>Владеть: - методиками аналитического определения параметров состояния пара и жидкости;</p> <p>- методиками определения термодинамических параметров состояния пара и жидкости по is-диаграмме и таблицам состояния воды и водяного пара.</p>	ПР
21	Раздел 10: Определение количества теплоты, сообщаемого пару (отводимого от пара), изменения внутренней энергии, энтальпии и работы расширения.	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: - закономерности протекания основных термодинамических процессов водяного пара.</p> <p>Уметь: решать задачи, связанные с термодинамическими процессами в области насыщенных и перегретых паров с помощью таблиц и is-диаграммы.</p> <p>Владеть: методом исследования термодинамических процессов водяного пара.</p>	ПР
22	Раздел 11: Определение скорости истечения и секундного расхода газа и водяного пара при истечении из суживающегося сопла и комбинированного сопла Лаваля. Определение состояния пара при истечении из комбинированного сопла и основных размеров сопла.	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: - первый закон термодинамики в применении к потоку движущегося газа;</p> <p>- закономерности изменения термодинамических параметров в каналах переменного сечения;</p> <p>- определение работы проталкивания, располагаемой работы, скорости и секундного расхода при истечении газов и капельных жидкостей;</p> <p>- закономерности истечения газов из суживающегося сопла и сопла Лаваля и истечения водяных паров.</p>	ПР

					<p>Уметь: - решать задачи по определению термодинамических параметров состояния при истечении капельных жидкостей, газов и водяных паров.</p> <p>Владеть: - методиками расчета термодинамических параметров состояния при истечении капельных жидкостей, газов и водяных паров.</p>	
23	<p>Раздел 12: Определение температуры пара, увеличения энтропии и потери полезной работы при дросселировании. Определение параметров смеси при смешении газов.</p>	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: -изменение термодинамических параметров произвольного рабочего тела и водяного пара при дросселировании; уравнение процесса дросселирования; определение эффекта Джоуля-Томпсона для идеальных газов и реальных рабочих тел;</p> <p>- способы образования и расчет термодинамических параметров смесей газов.</p> <p>Уметь: определять изменение термодинамических параметров рабочих тел пара при дросселировании и смешении.</p> <p>Владеть: математическим аппаратом для вычисления термодинамических параметров рабочих тел пара при дросселировании и смешении.</p>	ПР
24	<p>Раздел 13: Определение параметров влажного насыщенного и ненасыщенного воздуха. Расчет процессов влажного воздуха по аналитическим зависимостям и по $i-d$ диаграмме влажного воздуха.</p>	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: знать характеристики влажного насыщенного и ненасыщенного воздуха. Изображение процессов влажного воздуха в pv и id- координатах.</p> <p>Уметь: определять влагосодержание, относительную и абсолютную влажность, плотность, газовую постоянную и энтальпию влажного воздуха.</p> <p>Владеть: методиками расчета параметров влажного воздуха по аналитическим зависимостям и по $i-d$ диаграмме влажного воздуха.</p>	ПР
25	<p>Раздел 13: Расчет цикла с влажным воздухом: Определение параметров рабочего тела в характерных и промежуточных точках цикла, энергетических характеристик процессов и термодинамической эффективности цикла.</p>	4/II	3	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: знать характеристики влажного насыщенного и ненасыщенного воздуха. Изображение процессов влажного воздуха в pv и id- координатах.</p> <p>Уметь: определять энергетические характеристики, термодинамические параметры в характерных точках цикла, термодинамическую эффективность циклов</p> <p>Владеть: математическим аппаратом для определения начальных и конечных параметров состояния рабочего тела, теплоты и работы процесса, изменений внутренней энергии, энтальпии, энтропии, термического КПД циклов.</p>	СР
Итого:			18	Практические занятия – 36;		
				самостоятельная работа – 12		

Раздел 15. Лабораторный практикум						
26	Раздел 6: Определение изобарной теплоемкости воздуха.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: аналитические выражения для определения удельной, изобарной, изохорной, истинной и средней теплоемкости.</p> <p>Уметь: пользоваться справочными данными для определения теплоемкости вещества.</p> <p>Владеть: методиками расчета истинной и средней теплоемкости.</p>	ЛР
27	Раздел 7: Определение показателя политропы при расширении воздуха.	4/П	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: уравнение идеальных термодинамических процессов. Изображение процессов в $p\nu$ и Ts- координатах.</p> <p>Уметь: определять энергетические характеристики, показатели политропы рабочих тел в идеальных термодинамических процессах.</p> <p>Владеть: математическим аппаратом для определения в термодинамических процессах начальных и конечных параметров состояния рабочего тела, показателя политропы.</p>	ЛР
28	Раздел 9: Определение теплоты парообразования воды.	4/П	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: - физический смысл и определение теплоты парообразования;</p> <p>- определение и параметры влажного насыщенного, ненасыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара;</p> <p>Уметь: - определять основные параметры жидкости, сухого насыщенного, влажного и перегретого пара.</p> <p>Владеть: - методиками аналитического определения параметров состояния пара и жидкости;</p> <p>- методиками определения термодинамических параметров состояния пара по таблицам состояния воды и водяного пара.</p>	ЛР
29	Раздел 11: Исследование процессов истечения в докритическом режиме.	4/П	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p>Знать: - первый закон термодинамики в применении к потоку движущегося газа;</p> <p>- закономерности изменения термодинамических параметров в каналах переменного сечения;</p> <p>- определение работы проталкивания, располагаемой работы, скорости и секундного расхода при истечении газов;</p> <p>Уметь: - решать задачи по определению термодинамических параметров состояния при истечении капельных жидкостей, газов и водяных паров.</p> <p>Владеть: - методиками расчета термодинамических параметров состояния при истечении газов.</p>	ЛР
30	Раздел 12: Исследование процесса дросселирования газа.	4/П	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3,	<p>Знать: - изменение термодинамических параметров рабочего тела при дросселировании;</p>	ЛР

			ОПК-8	- уравнение процесса дросселирования; Уметь: определять изменение термодинамических параметров рабочих тел при дросселировании. Владеть: математическим аппаратом для вычисления термодинамических параметров рабочих тел при дросселировании.
Итого:			18	
3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ				
№	Наименование разделов и тем	Литература		
1	Раздел 1 Термодинамические параметры состояния. Термодинамический процесс. Теплота и работа.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6, Д-1		
2	Раздел 2 Уравнение состояния идеальных газов.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6		
3	Раздел 3 Смеси идеальных газов.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6		
4	Раздел 4 Реальные газы.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6, Д-1		
5	Раздел 5 Первый закон термодинамики.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6, Д-1		
6	Раздел 6 Теплоемкость газов. Энтропия.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6, Д-1		
7	Раздел 7 Термодинамические процессы идеальных газов.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6, Д-1		
8	Раздел 8 Второй закон термодинамики.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6, Д-1		
9	Раздел 9 Водяной пар.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-6 Д-2, Д-4		
10	Раздел 10 Основные термодинамические процессы водяного пара.	О-1, О-2, О-3, О-4, Д-3		
11	Раздел 11 Истечение газов и паров.	О-1, О-2, О-3, О-4		
12	Раздел 12 Дросселирование газов и паров. Смешение газов.	О-1, О-2, О-3, О-4		
13	Раздел 13 Влажный воздух.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6, Д-2		

III. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

3.1	В процессе освоения дисциплины "Техническая термодинамика" используются следующие образовательные технологии: лекции (Л), практические занятия (ПР), лабораторные работы (ЛР), индивидуальные (групповые) академические консультации (АК), самостоятельная работа студентов (СР) по выполнению различных видов заданий.				
3.2	В процессе освоения дисциплины " Техническая термодинамика " используются следующие интерактивные образовательные технологии: анализ конкретных ситуаций (АКС), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ). Лекционный материал представлен в виде слайд-презентации в формате "Power Point". Для наглядности используются материалы различных Web-материалов, справочных изданий и т.п. При изложении теоретического материала используются такие принципы дидактики высшей школы, как чёткая последовательность и систематичность, логическое обоснование, взаимосвязь теории и практики, наглядность и т.п. В конце каждой лекции предусмотрен отрезок времени для ответов на проблемные вопросы.				
3.3	Используемые интерактивные формы и методы обучения по дисциплине				
№	Наименование разделов и тем	Кол-во часов	Вид учебных занятий	Используемые интерактивные технологии	Формируемые компетенции
Раздел 1 Термодинамические параметры состояния. Термодинамический процесс. Теплота и работа.					
1	Основные термодинамические параметры состояния. Абсолютное давление, удельный объем, плотность, абсолютная температура Термодинамическая система. Тер-	2	Л	ПЛ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3

	модинамическое равновесие. Термодинамический процесс Теплота и работа.				
Раздел 2 Уравнение состояния идеальных газов.					
2	Основные законы идеальных газов. Уравнение состояния идеальных газов. Универсальное уравнение состояния идеального газа.	2	Л	ЛВ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
Раздел 3 Смеси идеальных газов.					
3	Основные свойства газовых смесей. Законы Дальтона и Амага. Газовая постоянная смеси газов, средняя молекулярная масса смеси газов. Парциальные давления.	2	Л	ЛВ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
Раздел 4 Реальные газы.					
4	Свойства реальных газов. Уравнения состояния реальных газов. Частные производные параметров состояния. Термические коэффициенты.	2	Л	ЛВ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
Раздел 5 Первый закон термодинамики.					
5	Закон сохранения и превращения энергии. Внутренняя энергия. Аналитическое выражение работы процесса. Обратимые и необратимые процессы. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Энтальпия.	2	Л	АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
Раздел 6 Теплоемкость газов. Энтропия.					
6	Удельная теплоемкость. Массовая, объемная и мольная теплоемкости газов. Аналитические выражения для изобарной и изохорной теплоемкостей. Теплоемкость средняя и истинная. Уравнение Майера. Теплоемкость смесей идеальных газов. Энтропия. Тепловая Ts -диаграмма.	2	Л	ПЛ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
Раздел 7 Термодинамические процессы идеальных газов.					
7	Изохорный, изобарный, изотермный, адиабатный, политропный процессы. Изображение процессов в pV и Ts - координатах.	2	Л	АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
Раздел 8 Второй закон термодинамики.					
8	Определения, математическая запись. Круговые термодинамические процессы или циклы. Термический КПД и холодильный коэффициент циклов. Прямой обратимый и обратный обратимый циклы Карно. Теорема Карно. Обобщенный (регенеративный) цикл Карно. Математическое выражение второго з-на термодинамики. Принцип возрастания энтропии. Максимальная работа. Эксергия. Абсолютная термодинамическая температура. Среднеинтегральная температура. Тепловая теорема Нернста.	4	Л	АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
Раздел 9 Водяной пар.					
9	Основные понятия и определения. pV -диаграмма водяного пара. Основные параметры влажного насыщенного и перегретого пара. Ts -диаграмма водяного пара. Таблицы водяного пара. is -диаграмма водяного пара.	4	Л	АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
Раздел 10 Основные термодинамические процессы водяного пара.					
10	Общий метод исследования термодинамических процессов водяного пара. Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный процессы изменения состояния	4	Л	АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8

	водяного пара. Изображение указанных процессов на p - T - и i - s -диаграмме водяного пара.				
Раздел 11 Истечение газов и паров.					
11	Первый закон термодинамики в применении к потоку движущегося газа. Работа проталкивания. Располагаемая работа при истечении газа. Адиабатный процесс истечения газа. Истечение капельной жидкости. Скорость истечения и секундный расход газа из суживающегося сопла. Критическое давление. Критическая скорость и максимальный секундный расход газа. Случаи истечения газа из суживающегося сопла. Истечение идеального газа из комбинированного сопла Лавала. Истечение газов с учетом трения. Истечение водяного пара.	6	Л	ЛВ, АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
Раздел 12 Дросселирование газов и паров. Смещение газов.					
12	Дросселирование газа. Уравнение процесса дросселирования. Эффект Джоуля-Томпсона, температура инверсии. Дросселирование, или мятие, водяного пара. Смещение газов. Изменение энтропии идеальных газов при смешении.	2	Л	ПЛ, АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
Раздел 13 Влажный воздух.					
13	Абсолютная влажность, влагосодержание, относительная влажность воздуха. Плотность, газовая постоянная и энтальпия влажного воздуха. i - d диаграмма влажного воздуха. процессы нагрева и охлаждения влажного воздуха, процессы насыщения воздуха влагой и процессы конденсации.	2	Л	ПЛ, АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8

IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА					
Основная литература					
№	Авторы, составители	Название	Издательство, год	Кол-во	Примечание
О.1	Нащокин В.В.	Техническая термодинамика и теплопередача. Учебн. пособие для неэнергетических специальностей вузов.	– М: «Высшая школа», 1975. – 496 с.: ил.	50	
О.2	Алабовский А.Н., Недужий И.А.	Техническая термодинамика и теплопередача:	Учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. И доп. – Киев: «Вища школа», 1990. – 255 с.: ил.	5	Библиотека ДонНАСА
О.3	В. А. Кудинов, Э. М.Карташов, Е. В. Стефанюк	Техническая термодинамика и теплопередача: учеб. для бакалавров	М.: Юрайт, 2011		Э.1
О.4	Вукалович М.П., Ривкин С.Л., Александров А.А.	Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара.	– М: «Стандарты», 1969.	10	Библиотека ДонНАСА
О.5	Дрыжаков Е. В. и др.	Сборник задач по технической термодинамике и теплопередаче	М. Высшая школа, 1967. – 232 с.	15	Библиотека ДонНАСА
О.6	Александров А.А., Орлов К.А., Очков В.Ф.	Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики	Web-версия справочника Последнее обновление: 14 апреля 2017		http://twf.mpei.ac.ru/rbt р

Дополнительная литература					
№	Авторы, составители	Название	Издательство, год	Кол-во	Примечание
Д.1	И. П. Базаров	Термодинамика: учебник	СПб.: Лань, 2010		Э.1
Д.2	Ривкин С.Л., Александров А.А.	Теплофизические свойства воды и водяного пара	М., Энергия, 1984. -80с.	5	Библиотека ДонНАСА
Д.3	В.И. Кушнырев В.И. Лебедев, В.А. Павленко.	Техническая термодинамика и теплопередача. Учеб. для вузов	– М: Стройиздат, 1986. – 464 с.:	5	Библиотека ДонНАСА
Методические разработки					
№	Авторы, составители	Название	Издательство, год	Кол-во	Примечание
М.1	Монах С.И.	Конспект лекций по курсу «Техническая термодинамика»	ДонНАСА, 2017. – 112 с.	Электронный вариант	Библиотека ДонНАСА
М.2	Монах С.И., Выборнов Д.В., Колосова Н.В., Шацков А.О.	Учебное пособие по термодинамическим расчетам циклов идеального газа, водяного пара и влажного воздуха (для студентов высших учебных заведений и специалистов специальности «Теплогасоснабжение и вентиляция»)	– Макеевка: ДонНАСА, 2017. – 186 с.	Электронный вариант	Кафедра ТТГВ ДонНАСА
М.3	Монах С.И., Колосова Н.В., Шацков А.О.	Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ в курсе «Техническая термодинамика» (для студентов высших учебных заведений и специалистов специальности «Теплогасоснабжение и вентиляция»)	– Макеевка ДонНАСА, 2017. – 69с.	50	Библиотека ДонНАСА
М.4	Сербин В.А., Колосова Н.В.	Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Термодинамика»	Макеевка: ДонНАСА, 2015	40	Библиотека Каф. ТТГВ
Электронные образовательные ресурсы					
Э.1	http://open.ifmo.ru/wiki/Термодинамика				
Э.2	http://www.thermophysics.ru/modules.php?name=TopicsAd&tpa=theme_cat&pa=4				
Э.3	http://window.edu.ru/catalog/pdf				
Э.4	http://mileen.ru/about/intellect-sobstvennost/elektronnie-uchebno-metodicheskie-kompleksi				
Э.5	www.tgv.mgsu.ru				
2. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ, СПРАВОЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ И ПРОЧИЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРОГРАММЫ					
П.1	<p>Программа «Психрометрическая I-d диаграмма (диаграмма Молье)» используется для расчета процессов обработки влажного воздуха.</p> <p>Возможно отображение до 10 состояний влажного воздуха, переход между которыми определяется соответствующими процессами. Для каждого состояния может указываться расход сухого воздуха. Определяется массовый расход воздуха, используемый в дальнейших вычислениях. В выходную таблицу выводятся фактические значения объемного расхода воздуха, соответствующие текущим параметрам, характеризующим его состояние.</p> <p>Новое состояние можно вычислить, задав два параметра, либо определив процесс и его конечные параметры в ячейках входной таблицы. Выходная таблица содержит алфавитно-цифровую информацию, предназначенную для вывода на печать.</p> <p>На диаграмме отображаются следующие процессы: нагрев, охлаждение, адиабатическое охлаждение, пароувлажнение, смешение и общий процесс, определяемый двумя заданными состояниями.</p>				

П.2	www.studmed.ru › Топливо, Энергетика › Техническая термодинамика Программа рассчитывает все энергетические характеристики процессов, термодинамические параметры состояния. Приведены все формулы для расчета термодинамических процессов.
П.3	https://www.twirpx.com Программа для расчета различных термодинамических циклов. Программа рассчитывает все энергетические характеристики, параметры в характерных точках, строит тепловую и рабочую диаграмму.
3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	
Дисциплина "Техническая термодинамика" обеспечена:	
1	Мультимедийный проектор (ауд. 465, ауд. 141)
2	Ноутбук (ауд. 465, ауд. 141)
3	Лабораторное оборудование для исследования термодинамических параметров и процессов (ауд. 140): Лабораторные установки: «Определение изобарной теплоемкости воздуха»; «Определение показателя политропы при расширении воздуха»; «Определение теплоты парообразования воды»; «Исследование процессов истечения в докритическом режиме»; «Исследование процесса дросселирования газа».

V. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Оценочные средства по дисциплине разработаны в соответствии с "Положением о фонде оценочных средств в ГОУ ВПО ДонНАСА".	
1. ТЕМАТИКА РАСЧЕТНОЙ РАБОТЫ	
Согласно учебному плану, по дисциплине "Техническая термодинамика" предусмотрено 2 самостоятельных расчетных работы.	
Тематика и содержание задания на самостоятельные расчетные работы приведены в приложении 2	
2. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные термодинамические параметры состояния. Абсолютное давление, удельный объем, плотность, абсолютная температура (определения, обозначения, размерности). 2. Термодинамическая система. Термодинамическое равновесие. Термодинамическое состояние системы. 3. Термодинамический процесс (равновесный, обратимый, неравновесный, необратимый, круговой). 4. Теплота и работа как взаимопревращаемые формы энергии. 5. Основные законы идеальных газов. 6. Уравнение состояния идеальных газов. 7. Универсальное уравнение состояния идеального газа. 8. Основные свойства газовых смесей. Законы Дальтона и Амага. Парциальные давления. 9. Газовая постоянная смеси газов, средняя молекулярная масса смеси газов (обозначения, размерности, расчетные формулы). 10. Свойства реальных газов. 11. Уравнения состояния реальных газов. 12. Частные производные параметров состояния. 13. Термические коэффициенты. 14. Первый закон термодинамики - Закон сохранения и превращения энергии. 15. Внутренняя энергия (физический смысл, единицы измерения). 16. Аналитическое выражение работы процесса. 17. Обратимые и необратимые процессы. 18. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. 19. Энтальпия (физический смысл, единицы измерения). 20. Удельная теплоемкость (обозначение, размерность). Массовая, объемная и мольная теплоемкости газов. 21. Аналитические выражения для изобарной и изохорной теплоемкостей. Уравнение Майера. 	

22. Теплоемкость средняя и истинная. Нелинейная зависимость теплоемкости от температуры – формула для расчета.
23. Теплоемкость смесей идеальных газов.
24. Энтропия, вычисление энтропии идеального газа для обратимых и необратимых процессов.
25. Тепловая Ts -диаграмма.
26. Термодинамические процессы идеальных газов. Изохорный процесс (определения, уравнение процесса, показатель политропы, энергетические характеристики). Изображение процесса в pV и Ts -координатах.
27. Термодинамические процессы идеальных газов. Изобарный процесс (определения, уравнение процесса, показатель политропы, энергетические характеристики). Изображение процесса в pV и Ts -координатах.
28. Термодинамические процессы идеальных газов. Изотермный процесс (определения, уравнение процесса, показатель политропы, энергетические характеристики). Изображение процесса в pV и Ts -координатах.
29. Термодинамические процессы идеальных газов. Адиабатный процесс (определения, уравнение процесса, показатель политропы, энергетические характеристики). Изображение процесса в pV и Ts -координатах.
30. Термодинамические процессы идеальных газов. Политропный процесс (определения, уравнение процесса, показатель политропы, энергетические характеристики). Изображение процесса в pV и Ts -координатах.
31. Второй закон термодинамики (определения, математическая запись, расшифровка символов).
32. Круговые термодинамические процессы или циклы. Термический КПД цикла и холодильный коэффициент циклов (вывод аналитического выражения).
33. Прямой обратимый цикл Карно.
34. Обратный обратимый цикл Карно.
35. Теорема Карно.
36. Обобщенный (регенеративный) цикл Карно.
37. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах.
38. Математическое выражение второго з-на термодинамики.
39. Принцип возрастания энтропии и физический смысл второго закона термодинамики.
40. Максимальная работа. Эксергия.
41. Абсолютная термодинамическая температура. Среднеинтегральная температура.
42. Тепловая теорема Нернста.
43. Водяной пар. Основные понятия и определения. pV -диаграмма водяного пара.
44. Основные параметры влажного насыщенного пара.
45. Основные параметры перегретого пара.
46. Ts -диаграмма водяного пара. Таблицы водяного пара.
47. is -диаграмма водяного пара.
48. Основные термодинамические процессы водяного пара. Общий метод исследования термодинамических процессов водяного пара.
49. Изохорный процесс изменения состояния водяного пара. Изображение процесса на pV - Ts - и is -диаграмме водяного пара.
50. Изобарный процесс изменения состояния водяного пара. Изображение процесса на pV - Ts - и is -диаграмме водяного пара.
51. Изотермический процесс изменения состояния водяного пара. Изображение процесса на pV - Ts - и is -диаграмме водяного пара.
52. Адиабатный процесс изменения состояния водяного пара. Изображение процесса на pV - Ts - и is -диаграмме водяного пара.
53. Истечение газов и паров. Первый закон термодинамики в применении к потоку движущегося газа.
54. Истечение газов и паров. Работа проталкивания. Располагаемая работа при истечении газа.
55. Адиабатный процесс истечения газа.
56. Истечение капельной жидкости.

57. Скорость истечения и секундный расход газа из суживающегося сопла.
58. Критическое давление. Критическая скорость и максимальный секундный расход газа.
59. Случаи истечения газа из суживающегося сопла.
60. Истечение идеального газа из комбинированного сопла Лаваля.
61. Истечение газов с учетом трения.
62. Истечение водяного пара.
63. Дросселирование газа. Уравнение процесса дросселирования.
64. Эффект Джоуля-Томпсона при дросселировании, температура инверсии.
65. Дросселирование, или мятие, водяного пара.
66. Смешение газов.
67. Изменение энтропии идеальных газов при смешении.
68. Влажный воздух. Абсолютная влажность, влагосодержание, относительная влажность воздуха.
69. Плотность, газовая постоянная и энтальпия влажного воздуха.
70. i-d диаграмма влажного воздуха, процессы нагрева и охлаждения влажного воздуха, процессы насыщения воздуха влагой и процессы конденсации.

3. ПРИМЕРЫ ТЕСТОВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Кинетическая составляющая внутренней энергии тела определяется его _____.

- А) давлением;
- Б) температурой;
- В) удельным объемом.

«Подведенная к рабочему телу энергия в форме теплоты расходуется на изменение внутренней энергии тела и на совершение телом внешней работы» - это формулировка:

- А) II закона термодинамики;
- Б) III закона термодинамики;
- В) I закона термодинамики.

Для любого конечного процесса изменения состояния идеального газа в интервале температур от t_1 до t_2 для вычисления изменения внутренней энергии ($u_2 - u_1$) в этом процессе используют:

- А) истинную теплоемкость;
- Б) среднюю изобарную теплоемкость в интервале температур от t_1 до t_2 ;
- В) среднюю изохорную теплоемкость в интервале температур от t_1 до t_2 .

Дополните определение: _____ называется отношение элементарного количества теплоты, сообщаемое термодинамической системе в каком-либо процессе, к бесконечно малой разнице температур.

- А) Истинной теплоемкостью;
- Б) Средней теплоемкостью;
- В) Средней теплоемкостью в интервале температур от t_1 до t_2 .

В адиабатном процессе, если газ расширяется – _____.

- А) его температура и внутренняя энергия возрастают;
- Б) его температура и внутренняя энергия убывают;
- В) его температура и внутренняя энергия остаются постоянными.

Закон, позволяющий указать направление теплового потока и устанавливающий максимально возможный предел превращения теплоты в работу в тепловых машинах – это и есть _____.

- А) первый закон термодинамики;
- Б) второй закон термодинамики;
- В) третий закон термодинамики.

Дополните теорему Карно: «Действительный термический КПД обратимого цикла Карно не зависит от свойств рабочего тела и является функцией только _____ теплоотдатчика и теплоприемника».

- А) давлений;

Б) удельных объемов;

В) температур.

Полная эксергия тела – это:

А) максимальная теплота, подведенная к телу при заданных условиях;

Б) максимальная теплота, отведенная от тела при заданных условиях;

В) максимальная полезная работа, которую можно получить при заданных условиях.

Какой пар нельзя получить над поверхностью жидкости даже при значительном подводе теплоты –

А) сухой насыщенный;

Б) влажный насыщенный;

В) перегретый.

В результате процесса дросселирования реального газа его температура _____.

А) повышается;

Б) понижается;

В) не изменяется;

Г) может понижаться, повышаться или оставаться неизменной.

4. ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Задача 1. 1 кг водяного пара из начального состояния А, которое характеризуется $P_1=0,6$ бар и $t_1=120^\circ\text{C}$, переходит при $t=\text{const}$ в промежуточное состояние В, в котором $x_2=0,87$, после чего при $x=\text{const}$ переходит в конечное состояние С, для которого известно, что $i_3=2500$ кДж/кг.

Пользуясь is -диаграммой водяного пара, НЕОБХОДИМО:

1. определить параметры водяного пара в характерных точках А,В,С;

2. рассчитать изменение внутренней энергии пара в суммарном процессе;

3. найти теплоту и работу, необходимые для перехода пара из начального состояния А в конечное состояние С;

4. изобразить схематично процесс в p - и T -координатах.

5. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Индивидуальным заданием является выполнение двух расчетно-графических работ по термодинамическому расчету циклов идеального газа и влажного воздуха.

ФОРМИРОВАНИЕ БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формирование балльной оценки по дисциплине "Техническая термодинамика"

При организации обучения по кредитно-модульной системе для определения уровня знаний студентов используется модульно-рейтинговая система их оценки, которая предполагает последовательное и систематическое накопление баллов за выполнение всех запланированных видов работ.

В соответствии с "Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов при кредитно-модульной системе организации учебного процесса в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры" (от 30.11.2015 г.) распределение баллов, формирующих рейтинговую оценку работы студента, осуществляется следующим образом:

- для дисциплин с промежуточной аттестацией в форме "экзамен"

Виды работ	Максимальное количество баллов
Посещаемость	10
Текущий контроль	40
Модульный контроль	40
Творческий рейтинг	10
ИТОГО	100
Промежуточная аттестация (экзамен с оценкой)	40*

* - проводится в случае:

1) несогласия студента с итоговой семестровой оценкой, соответствующей диапазону накопительных баллов 60-89, и желания её повысить;

2) если сумма накопительных баллов составляет диапазон 35-59 при условии выполнения в полном объёме заданий текущего контроля.

1. Посещаемость

В соответствии с утверждённым учебным планом по направлению 08.03.01 "Строительство", профиль "Теплогазоснабжение и вентиляция" по дисциплине предусмотрено:

• семестр четвертый – 18 лекционных, 9 практических и 9 лабораторных занятий, всего 36.

За посещение одного занятия студент набирает $10/36=0,28$ балла.

2. Текущий и модульный контроль

Наименование раздела/ темы, выносимых на контроль	Форма проведения контроля		Количество баллов, максимально	
	текущий контроль	модульный контроль	текущий контроль	модульный контроль
Модуль 1: Разделы 1 ÷ 7	защита лабораторных работ; выполнение расчетной работы	автоматизированный тест-контроль	10	20
Модуль 2: Разделы 8 ÷ 13	защита лабораторных работ; выполнение расчетной работы	автоматизированный тест-контроль	30	20
Всего			40	40

3. Творческий рейтинг

Распределение баллов осуществляется по решению методической комиссии кафедры и результат распределения баллов за соответствующие виды работ представляются в виде следующей таблицы:

Наименование раздела / темы дисциплины	Вид работы	Количество баллов
Раздел 8 Эксергия, потери эксергии. Раздел 12 Эффект Джоуля-Томпсона, температура инверсии.	Подготовка научной публикации в соавторстве с преподавателем; написание реферата	5
	Подготовка и выступление с докладом на студенческой научной конференции	5
ИТОГО		10

4. Промежуточная аттестация

Экзамен по результатам изучения учебной дисциплины "Техническая термодинамика" в четвертом семестре осуществляется в письменной форме по экзаменационным билетам, включающим два теоретических вопроса и задачу.

Оценка по результатам экзамена выставляется по следующим критериям:

- правильный ответ на первый вопрос – 10 баллов;
- правильный ответ на второй вопрос – 10 баллов;
- правильное решение задачи – 20 баллов;

Итого – 40 баллов.

В случае частично правильного ответа на вопрос или решение задачи, студенту начисляется определяемое преподавателем количество баллов.

Соответствие 100-балльной шкалы оценивания академической успеваемости государственной шкале и шкале ECTS приведено ниже

СУММА БАЛЛОВ	ШКАЛА ECTS	Оценка по государственной шкале	
		экзамен	зачёт
90-100	A	"отлично" (5)	"зачтено"
80-89	B	"хорошо" (4)	
75-79	C		
70-74	D	"удовлетворительно" (3)	
60-69	E		
35-59	FX	"неудовлетворительно" (2)	"не зачтено"
0-34	F		

**ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ**

Кафедра Теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции
Дисциплина Тепломассообмен

Курс _____ Группа _____ Семестр _____

ЗАДАНИЕ

на самостоятельную расчетно-графическую работу №1 по курсу «Техническая термодинамика» на тему «**Расчет цикла с газовым рабочим телом**»
студенту(ке) _____

1кг газа _____ выполняет термодинамический цикл, схема которого и выходные данные приведены на рисунке (см. индивидуальное задание, примеры которого приведены ниже).

Используя исходные данные необходимо:

- определить основные параметры в характерных точках и результаты расчетов свести в табл. 1,
 - определить показатель политропы политропного процесса и фактическое значение показателя адиабаты, приняв теплоемкость средней в интервале минимальной и максимальной температур цикла, считая ее зависимость от температуры нелинейной. Результаты свести в табл. 2;
 - определить для каждого промежуточного процесса изменение внутренней энергии Δu , энтальпии Δi , энтропии Δs , а также теплоту q и работу процесса l . Результаты свести в табл. 3;
 - определить подведенную и отведенную теплоту, а также теплоту и работу цикла, его термический КПД. Результаты свести в табл. 4;
 - построить рассчитанный рабочий цикл в p - v - координатах, для чего определить для каждого частного процесса одну - две промежуточные точки. Результаты расчетов параметров промежуточных точек свести в табл. 5;
 - построить рассчитанный рабочий цикл в T - s - координатах, используя изменение энтропии в частных процессах, принимая условно, что значение энтропии в начальной точке соответствующего процесса равно нулю.
- Определить для каждого промежуточного процесса 1-2 промежуточные точки, результаты расчетов свести в табл.6.

Таблица 1

Параметры	Абсол. давл. p , бар	Удельный объём v , m^3/kg	Температура	
			T , К	t , °C
Точки				
1				
2				
3				
4				
5				

Таблица 2

Темпер. цикла, °C		Сред. теплоемк.	
миним.	макс.	C_p	C_v

Фактический показатель		R , $\frac{Дж}{кг \cdot град}$	μ , $\frac{кг}{кмоль}$
политропы	адиабаты		

Таблица 3

Параметры	Δu	Δi	q	l	Δs
Процесс	кДж/кг				кДж/кг·град
1-2					
2-3					
3-4					
4-5					
5-1					
Σ					

Таблица 4

Показатель	Обозн.	Размерн.	Велич.
Подвед. теплота			
Отведен. теплота			
Теплота цикла			
Работа цикла			
Термич. ККД цикла			

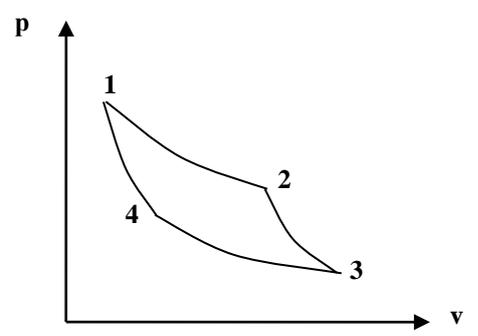
Таблица 5

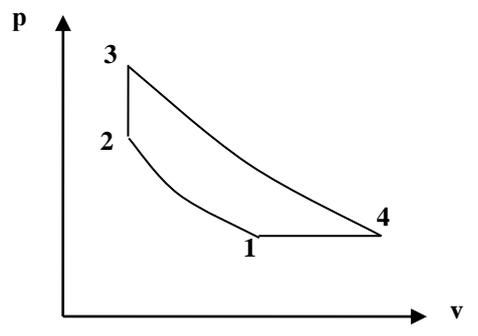
Процесс	Промежут. точки	Значения параметров в промежуточных точках	
		P, бар	v , м ³ /кг
1-2	1' 1''		
2-3	2' 2''		
3-4	3' 3''		
4-5	4' 4''		
5-1	5' 5''		

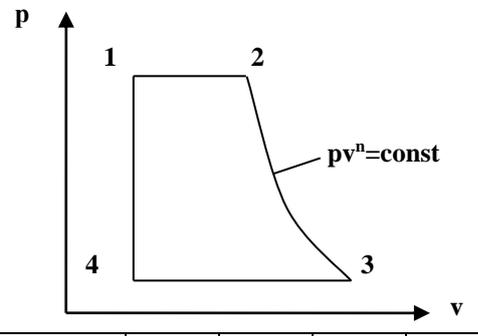
Таблица 6

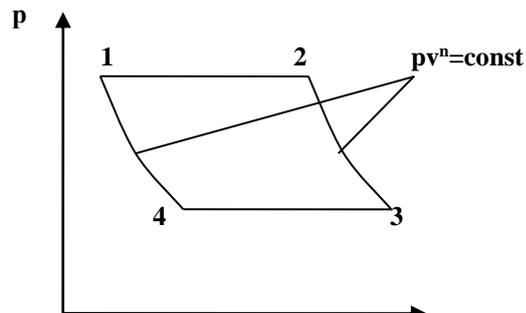
Процесс	Промежут. точки	Задано	Определено
		T, К	ΔS , кДж/кг·град
1-2	1' 1''		
2-3	2' 2''		
3-4	3' 3''		
4-5	4' 4''		
5-1	5' 5''		

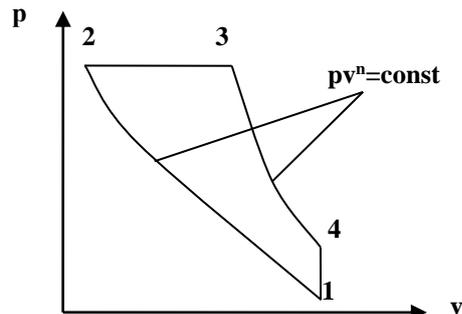
					Вариант № 1 $P_{1абс}$, ат $P_{2абс}$, ат $P_{3абс}$, ат v_1 , м ³ /кг Процессы 1-2 и 3-4 – адиабатные ($dq=0$); Процесс 2-3 – изотермный ($T=const$); Процесс 4-1 – изохорный ($v=const$)					
Предпоследняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P_{1абс}$, ат	6	7	5	8	10	9	12	11	14	15
$P_{2абс}$, ат	20	18	15	21	22	20	25	24	27	29
$P_{3абс}$, ат	11	9	10	12	14	13	15	16	17	20
v_1 , м ³ /кг	0,11	0,12	0,15	0,11	0,12	0,105	0,1	0,14	0,13	0,09

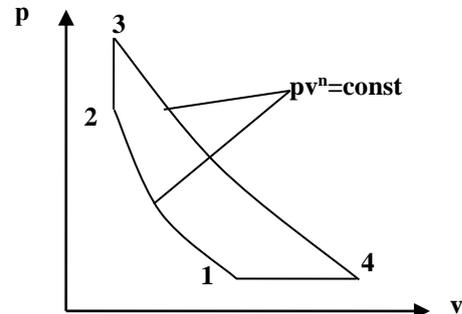
						<p align="center">Вариант № 2</p> $P_{1абс}$, ат $P_{2абс}$, ат t_3 , °С t_4 , °С 1-2 и 3-4: изотермные ($T=const$); 2-3 и 4-1: адиабатные ($dq=0$)				
Предпоследняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P_{1абс}$, ат	12	13	10	11	15	14	10	9	8	16
$P_{2абс}$, ат	4	7	4	5	7	8	5	3	2	9
t_3 , °С	14	15	10	12	17	20	11	10	2	22
T_2 , °С	280	300	250	252	300	310	291	240	225	342

						<p align="center">Вариант № 3</p> $P_{1абс}$, ат $P_{2абс}$, ат t_3 , °С v_1 , м ³ /кг 1-2 и 3-4: адиабатные ($dq=0$); 2-3: изохорный ($v=const$); 4-1: изобарный ($p=const$)				
Предпоследняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P_{1абс}$, ат	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	1,5
$P_{2абс}$, ат	11	10,5	11	11,5	12	12,5	13	14	15	8,5
t_3 , °С	290	295	300	310	315	320	330	340	350	250
v_1 , м ³ /кг	0,4	0,45	0,47	0,49	0,5	0,51	0,52	0,54	0,55	0,35

						<p align="center">Вариант № 4</p> $P_{1абс}$, ат $P_{2абс}$, ат t_1 , °С t_2 , °С $n = 1,2$				
Предпоследняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P_{1абс}$, ат	34	30	25	20	37	38	32	28	24	35
$P_{2абс}$, ат	24	20	15	10	27	29	22	18	14	24
t_1 , °С	200	190	150	120	220	230	205	180	140	205
t_2 , °С	300	280	240	200	310	320	305	260	250	295

						<p>Вариант № 5</p> $P_{1абс}$, ат $P_{2абс}$, ат t_1 , °С t_3 , °С $n = 1,3$				
Предпоследняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P_{1абс}$, ат	0,9	1,2	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
$P_{2абс}$, ат	4,9	5,0	5,5	6	7	6,5	7,5	8	9	10
t_1 , °С	0	4	5	10	10	20	25	30	50	70
t_3 , °С	200	204	210	210	220	225	235	240	250	300

						<p>Вариант № 6</p> $P_{1абс}$, ат $P_{2абс}$, ат t_1 , °С t_3 , °С $n = 1,2$				
Предпоследняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P_{1абс}$, ат	1	1,5	2	2,5	0,8	0,9	3	3,5	4	4,5
$P_{2абс}$, ат	4	4,8	5,5	6	4	3,9	7	8	9	9,5
t_1 , °С	25	30	40	35	30	20	50	40	30	45
t_3 , °С	195	200	205	205	190	190	250	210	220	245

						<p>Вариант № 7</p> $P_{1абс}$, ат $P_{2абс}$, ат t_2 , °С v_1 , м ³ /кг $n = 1,2$				
Предпоследняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P_{1абс}$, ат	15	16	17	18	19	20	14	12	13	10
$P_{2абс}$, ат	24	26	26	28	27	29	23	21	22,5	19
t_2 , °С	145	155	160	180	190	200	140	135	130	125
v_1 , м ³ /кг	0,45	0,47	0,49	0,5	0,52	0,53	0,49	0,5	0,48	0,51

						<p>Вариант № 8</p> $P_{1абс}, ат$ $P_{2абс}, ат$ $v_2, м^3/кг$ $t_1, °C$ $n = 1,1$				
Предпоследняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P_{1абс}, ат$	1,5	1,7	1,8	1,9	2	2,3	2,4	2,5	2,3	3
$P_{2абс}, ат$	3	3,1	3	3,4	3,2	3,3	3,5	3,7	3,8	4,2
$v_2, м^3/кг$	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,12	0,14	0,14	0,13	0,15
$t_1, °C$	25	30	32	35	34	35	40	45	50	55

						<p>Вариант № 9</p> $P_{1абс}, ат$ $P_{2абс}, ат$ $t_3, °C$ $v_1, м^3/кг$ $n = 1,3$				
Предпоследняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P_{1абс}, ат$	3	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	5	5,5	6
$P_{2абс}, ат$	20	18	19	19,5	20	21	22	21,5	23,5	24
$t_3, °C$	300	290	282	280	310	320	330	330	340	350
$v_1, м^3/кг$	0,3	0,34	0,35	0,33	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25

						<p>Вариант № 10</p> $P_{1абс}, ат$ $t_1, °C$ $t_2, °C$ $v_4, м^3/кг$				
Предпоследняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P_{1абс}, ат$	10	12	13	14	15	18	22	23	24	20
$t_1, °C$	140	150	160	170	185	198	220	230	250	200
$t_2, °C$	290	300	310	320	325	343	370	400	420	350
$v_4, м^3/кг$	0,09	0,1	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,12

ЗАДАНИЕ

на самостоятельную расчетно-графическую работу №2 по курсу «Техническая термодинамика» на тему «Расчет цикла с влажным воздухом» студенту(ке) _____

Влажный воздух из начального состояния, в котором _____, и _____ выполняет процесс _____ до _____, затем процесс _____ до _____, после чего при _____ переходит в конечное состояние, в котором _____.

Необходимо:

1. Описать методику нахождения характерных точек на $i-d$ – диаграмме влажного воздуха.

2. С помощью $i-d$ - диаграммы влажного воздуха определить характеристики влажного воздуха в начальном (1), двух промежуточных (2,3) и конечном (4) состояниях. Результаты свести в таблицу 1.

Таблица 1 – Характеристики влажного воздуха в характерных точках.

Характеристика	Обозначение	Единицы измерения	Характерные точки			
			1	2	3	4
Энтальпия						
Влагосодержание						
Температура						
Температура точки росы						
Температура «мокрого» термометра						
Относительная влажность						
Парциальное давление водяного пара						

3. Используя найденные характеристики влажного воздуха:

- определить тепловую мощность, выделяемую (или поглощаемую) влажным воздухом при переходе из начального (1) в конечное (4) состояние, если начальный расход воздуха составляет $V' =$ _____ м³/ч, а атмосферное давление равно $B =$ _____ мм.рт.ст.;

- изменение плотности влажного воздуха при переходе из начального (1) в конечное (4) состояние;

- количество влаги, поглощаемой (или выделяемой) заданным количеством воздуха, расходуемого в результате суммарного процесса за $\tau =$ _____ часов.

4. Выполнить выкопировку суммарного процесса.

5. Используя таблицы воды и водяного пара, определить характеристики насыщенного водяного пара в характерных точках:

- в точке _____ (в зависимости от температуры)

- в точке _____ (в зависимости от давления пара p_n).

Результаты свести в таблицу 2.

Примечание. Если значение температуры и (или) давления пара в рекомендованной точке будет отсутствовать в таблицах, характеристики сухого насыщенного пара принимать по ближайшему табличному значению p_n .

Например:

- фактическое значение $p_n = 8,8$ кПа, характеристики пара по таблицам принимать при $p_n = 9,0$ кПа.

- фактическое значение $t = 32^{\circ}\text{C}$, характеристики пара по таблицам принимать при $t = 30^{\circ}\text{C}$.

Таблица 2 – Характеристики насыщенного пара

Вариант	Характерная точка	Определенный параметр	Характеристики насыщенного водяного пара							
			$p_{\text{п.}}$ кПа	$t_{\text{н.}}$ $^{\circ}\text{C}$	v'	v''	i'	i''	s'	s''
					м ³ /кг		кДж/кг		кДж/(кг град)	
		$t =$ $^{\circ}\text{C}$								
		$p_{\text{п.}} =$ кПа								

Заведующий кафедрой _____ (подпись) _____ (Ф.И.О.)

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Министерство образования и науки Донецкой Народной Республики
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Донбасская национальная академия строительства и архитектуры"

Факультет инженерных и экологических систем в строительстве
Кафедра «Теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине «Техническая термодинамика»

Направление «08.03.01 Строительство»

Профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

1. Влажный воздух. Плотность, газовая постоянная и энтальпия влажного воздуха.
2. Круговые термодинамические процессы или циклы. Термический КПД цикла и холодильный коэффициент циклов (вывод аналитического выражения).
3. **Задача.** 1 кг водяного пара из начального состояния А, которое характеризуется $p_1=0,6$ бар и $t_1=120^\circ\text{C}$, переходит при $t=\text{const}$ в промежуточное состояние В, в котором $x_2=0,87$, после чего при $x=\text{const}$ переходит в конечное состояние С, для которого известно, что $i_3=2500$ кДж/кг.

Пользуясь i -диаграммой водяного пара, НЕОБХОДИМО:

1. определить параметры водяного пара в характерных точках А,В,С;
2. рассчитать изменение внутренней энергии пара в суммарном процессе;
3. найти теплоту и работу, необходимые для перехода пара из начального состояния А в конечное состояние С;
4. изобразить схематично процесс в p - v - и T - s -координатах.

Утверждено на заседании кафедры «___» _____ 2017 года, протокол № 1

Ведущий лектор _____ Монах С.И.
(подпись) (Ф.И.О.)

Заведующий кафедрой _____ Лукьянов А.В.
(подпись) (Ф.И.О.)

