

**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.ДВ.3 "Термодинамическая эффективность теплового  
оборудования и теплообменных процессов в нем"**

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 **заочная**

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 "**Термодинамическая эффективность теплового оборудования и теплообменных процессов в нем**" 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  
"Теплотехники теплогазоснабжения и вентиляции"

---

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

<b>I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....</b>	<b>1</b>
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 .....	7
<b>II. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>8</b>
1. Общая трудоёмкость дисциплины .....	9
2. Содержание разделов дисциплины .....	9
3. Обеспечение содержания дисциплины.....	15
<b>III. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>16</b>
<b>IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ...</b>	<b>18</b>
1. Рекомендуемая литература .....	19
2. Рекомендуемые обучающие, справочно-информационные, контролирующие и прочие компьютерные программы, используемые при изучении дисциплины.....	19
3. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) .....	19
<b>V. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА .....</b>	<b>19</b>
Тематика расчетных работ .....	19
Вопросы к экзамену / зачету / зачету с оценкой.....	19
Примеры тестов для текущего контроля.....	20
Индивидуальное задание.....	21
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>22</b>
Приложение 1 .....	22
Приложение 2.....	24
Приложение 3.....	31
Лист регистрации изменений .....	32

# 1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
<p>Целью учебной дисциплины "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем" является освоение методики проведения анализа тепловой и эксергетической эффективности теплового оборудования и тепломассообменных процессов и использование его результатов в профессиональной деятельности. Для создания и эксплуатации 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"><li>1) приобретение понимания закономерностей процессов определяющих термодинамическую эффективность теплосиловых и холодильных установок;</li><li>2) знание видов энергии и их превращаемости в тепловых установках;</li><li>3) овладение методами анализа и расчета тепломассообменных процессов в элементах, блоках и теплотехническом оборудовании в целом;</li><li>4) развитие навыков самостоятельного ориентирования в широком круге теоретических вопросов в области теплотехнического оборудования, которые необходимы бакалавру для понимания происходящих процессов, эксплуатации теплового оборудования, оптимизации энерготехнологических процессов.</li></ol>	
3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО	
<p>Дисциплина "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем", относится к <i>вариативной (обязательной)</i> части учебного плана <u>Б1.В.ДВ.3</u></p>	
3.1	Требования к предварительной подготовке обучающихся:
<p>Дисциплина "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем" базируется на дисциплинах цикла Б2: Б2.Б1 Математика; Б2.Б5 Физика; Б2.Б4 Прикладная химия; Б2.Б2 Информатика; Б1.В.ОД2 Техническая термодинамика; Б1.В.ОД3 Тепломассообмен.</p>	
3.2	Приобретённые компетенции после изучения предшествующих дисциплин
<p>Для успешного освоения дисциплины "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем", студент должен:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Знать основные законы теории тепломассообмена и технической термодинамики, и применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов тепломассообмена и преобразования энергии в них. (ОПК-1);</li><li>2. Уметь выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);</li><li>3. Владеть основными законами геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимыми для выполнения и чтения чертежей теплового оборудования, составления конструкторской документации и деталей (ОПК-3); умением использовать нормативные правовые документы в профессиональной деятельности (ОПК-8);</li></ol>	
3.3	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:
<p>Изучение дисциплины "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем" необходимо для дальнейшего изучения таких дисциплин, как: дисциплины учебного плана бакалавриата: Б3.Б5 Технологические процессы</p>	

в строительстве; БЗ.В.ОД1 Основы обеспечения микроклимата зданий (включая теплофизику зданий), БЗ.В.ОД2 Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах ТГВ, БЗ.В.ОД3 Отопление, БЗ.В.ОД6 Генераторы тепла и автономное теплоснабжение зданий, БЗ.В.ОД7 Централизованное теплоснабжение, БЗ.В.ОД4 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 "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем" должны быть сформированы следующие компетенции:

**ПК-2:** владение методами проведения исследований термодинамической эффективности теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем, технологией проектирования энергоэффективного теплового оборудования и его узлов в соответствии с техническим заданием и с использованием специализированных программно-вычислительных комплексов;

**ПК-3:** способность проводить технико-экономическое обоснование проектных решений по созданию энергоэффективного теплового оборудования, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;

**ПК-13:** знание научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности;

**ПК-17:** владение методами опытной проверки энергоэффективности теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем;

**ПК-18:** владение методами мониторинга и оценки технического состояния теплового оборудования;

**ПК-19:** способность организовать профилактические осмотры, ремонт, приемку и освоение вводимого теплового оборудования, составлять заявки на оборудование и запасные части, готовить техническую документацию и инструкции по эксплуатации и ремонту теплоиспользующего оборудования, инженерных систем.

#### **Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность**

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

##### **1. Знать:**

- классический аппарат термодинамики для решения задач повышения эффективности теплотехнического оборудования.

##### **2. Уметь:**

- рассчитывать тепловые балансы и термодинамические характеристики теплотехнических систем и процессов, связанных с превращениями энергии.

##### **3. Владеть:**

- принципами проектирования и расчета энергоэффективного теплового оборудования.

#### **Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность**

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

##### **1. Знать:**

- какие методы термодинамических расчетов применяют для оценки качественной стороны энергетических превращений, а какие количественно оценивают превращаемость энергии.

- основные требования нормативных документов к эффективности теплового оборудования.

##### **2. Уметь:**

- проводить технико-экономическое обоснование проектных решений по созданию энергоэффективного теплового оборудования, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, контролировать соответствие разрабатываемых проектов современным требованиям, техническим условиям и другим нормативным документам.

**3. Владеть:**

- методиками определения термодинамической эффективности теплового оборудования и процессов превращения энергии, происходящих в этом оборудовании и его узлах.

**Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность**

В результате освоения компетенции **ПК-13** студент должен:

**1. Знать:**

- современные инновационные технологии производства различных видов энергии и ее использования.

**2. Уметь:**

- обосновывать степень энергетической эффективности теплового оборудования и его отдельных узлов.

**3. Владеть:**

- различными методами расчета термодинамической эффективности оборудования, в том числе эксергетическим методом.

**Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность**

В результате освоения компетенции **ПК-17** студент должен:

**4. Знать:**

- современные методы оценки термодинамической и эксергетической эффективности теплотехнического оборудования и процессов в нем.

**5. Уметь:**

- организовать опытную проверку энергоэффективности теплового оборудования и тепло-массообменных процессов в нем.

**6. Владеть:**

- различными методиками анализа и расчета термодинамической эффективности теплотехнического оборудования.

**Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность**

В результате освоения компетенции **ПК-18** студент должен:

**7. Знать:**

- современные средства мониторинга и технологию оценки технического состояния теплового оборудования.

**8. Уметь:**

- обоснованно оценивать (рассчитывать) показатели технического состояния теплового оборудования.

**9. Владеть:**

- различными методиками обследования и расчета технического состояния теплового оборудования.

**Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность**

В результате освоения компетенции **ПК-19** студент должен:

**10. Знать:**

- требования по проведению осмотров, ремонтов, приемки и ввода в эксплуатацию теплового оборудования.

**11. Уметь:**

- составлять техническую документацию и инструкции по эксплуатации и ремонту энергоэффективного теплоиспользующего оборудования.

**12. Владеть:**

- методиками анализа технологического совершенства теплотехнического оборудования.

**Экспериментально-исследовательская деятельность**

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

**4. Знать:**

- классический аппарат термодинамики для исследования эффективности теплотехнического оборудования и тепломассообменных процессов в нем.

**5. Уметь:**

- рассчитывать тепловые балансы и выполнять термодинамический и в том числе эксергетический анализ теплотехнических систем и процессов, связанных с превращениями энергии.

**6. Владеть:**

- принципами оптимизации энергоэффективности теплового оборудования.

**Экспериментально-исследовательская деятельность**

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

**1. Знать:**

- методы термодинамического анализа качественной и количественной оценки эффективности энергетических превращений в тепловом оборудовании.

- основные требования нормативных документов к эффективности теплового оборудования.

**2. Уметь:**

- проводить вариативные аналитические исследования проектных решений по созданию энергоэффективного теплового оборудования.

**3. Владеть:**

- методиками оптимизации термодинамической эффективности теплового оборудования и процессов превращения энергии, происходящих в этом оборудовании и его узлах.

**Экспериментально-исследовательская деятельность**

В результате освоения компетенции **ПК-13** студент должен:

**1. Знать:**

- современные методы аналитических исследований ценности различных видов энергии для ее практического использования в тепловом оборудовании.

**2. Уметь:**

- оценивать степень энергетической эффективности теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем.

**3. Владеть:**

- математическим аппаратом для расчета термодинамической эффективности оборудования, в том числе аппаратом для эксергетического анализа процессов превращения энергии.

**5. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ**

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

*Промежуточная аттестация в V 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						
<p>Общая трудоёмкость дисциплины составляет <b>7</b> зачётных единиц, <b>252</b> часа.                      Количество часов, выделяемых на контактную работу с преподавателем (лекции, практические занятия) и самостоятельную работу студента, определяется рабочим учебным планом (на основании базового учебного плана) и календарно-тематическим планом, которые разрабатываются и корректируются ежегодно</p>						
2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ						
№	Наименование разделов и тем (содержание)	Сем./Курс	Час.	Компетенции	Результаты освоения (знать, уметь, владеть)	Образовательные технологии
<b>Раздел 1 Термодинамический анализ и его приложение к оценке эффективности теплотехнического оборудования</b>						
1	<b>Тема 1.</b> Принципы эксергетического расчета как составляющей термодинамического анализа. Виды энергии и их превращаемость. Классификация видов эксергии. Эксергетический баланс и его составляющие.	5/III	4	ПК-2, ПК-13	<p><b>Знать:</b> - классификацию различных видов энергии и отличие понятий «энергия» и «эксергия».</p> <p>- принципы эксергетического анализа превращаемости различных видов энергии.</p> <p><b>Уметь:</b> определять эксергетическую эффективность термодинамических процессов и теплового оборудования в целом.</p> <p><b>Владеть:</b> методиками расчета эксергетического баланса теплового оборудования.</p>	Л, СР
2	<b>Тема 2.</b> Расчет эксергии различных видов. Эксергетические диаграммы состояния.	5/III	4	ПК-2, ПК-13	<p><b>Знать:</b> - классификацию различных видов эксергии.</p> <p>- принципы расчета различных видов эксергии и построения эксергетических диаграмм.</p> <p><b>Уметь:</b> определять эксергию потоков теплоты и вещества.</p> <p><b>Владеть:</b> методиками расчета эксергии потоков теплоты и вещества.</p>	Л, СР
<b>Итого:</b>			<b>8</b>	<b>Лекции –8; самостоятельная работа – 15</b>		
<b>Раздел 2. Термодинамическая эффективность двигателей внутреннего сгорания</b>						
3	<b>Тема 3.</b> Основные характеристики и эффективность циклов ДВС. Цикл с подводом теплоты в процессе $v = const$ . Цикл с подводом теплоты в процессе $p = const$ . Цикл с подводом теплоты в процессе при $v = const$ и $p = const$ , или цикл со смешанным подводом теплоты. Сравнение термических КПД циклов поршневых ДВС.	5/III	4	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<p><b>Знать:</b> основные принципы анализа термодинамической эффективности циклов двигателей внутреннего сгорания и процессов в этих циклах.</p> <p><b>Уметь:</b> определять термодинамическую эффективность циклов ДВС и отдельных процессов этих циклов.</p> <p><b>Владеть:</b> методиками проведения сравнительных исследований термодинамической эффективности циклов ДВС.</p>	Л, СР
<b>Итого:</b>			<b>4</b>	<b>Лекции – 4; самостоятельная работа –4</b>		

<b>Раздел 3. Термодинамическая эффективность газотурбинных установок</b>						
4	<b>Тема 4.</b> Газотурбинные установки (ГТУ). Цикл ГТУ с подводом теплоты в процессе $p = const$ . Цикл ГТУ с подводом теплоты в процессе при $v = const$ . Сравнение термодинамической эффективности циклов ГТУ.	5/III	2	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> основные принципы анализа термодинамической эффективности циклов газотурбинных установок и процессов в этих циклах. <b>Уметь:</b> определять термодинамическую эффективность циклов газотурбинных установок и отдельных процессов этих циклов. <b>Владеть:</b> методиками проведения сравнительных исследований термодинамической эффективности циклов газотурбинных установок.	Л, СР
5	<b>Тема 5.</b> Методы повышения эффективности газотурбинных установок. Термический КПД реактивных двигателей.	5/III	2	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19		
<b>Итого:</b>			<b>4</b>	<b>Лекции – 4; самостоятельная работа – 8</b>		
<b>Раздел 4. Термодинамическая эффективность паросиловых установок</b>						
6	<b>Тема 6.</b> Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина. Влияние основных параметров на величину КПД цикла Ренкина. Цикл со вторичным перегревом пара.	5/III	4	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18,	<b>Знать:</b> - основные принципы осуществления циклов Карно и Ренкина, бинарных циклов в реальных ПСУ; - влияние начальных и конечных параметров пара на термодинамическую эффективность циклов ПСУ; - из каких необратимых процессов состоит действительный цикл ПСУ; - тепловую схему ТЭЦ. <b>Уметь:</b> определять термодинамическую эффективность циклов ПСУ; - определять коэффициент использования теплоты топлива, внутренний относительный КПД насоса, паровой турбины и паротурбинной установки, эффективный КПД паротурбинной установки <b>Владеть:</b> методиками проведения сравнительных исследований термодинамической эффективности циклов ПСУ.	Л, СР
7	<b>Тема 7.</b> Регенеративный цикл паротурбинной установки. Бинарные циклы. Основы теплофикации. Внутренний относительный КПД паровой турбины. Эффективный КПД паротурбинной установки.	5/III	4	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19		
<b>Итого:</b>			<b>8</b>	<b>Лекции – 8; самостоятельная работа – 8</b>		
<b>Раздел 5. Термодинамическая эффективность циклов атомных электростанций, парогазовых и магнито-гидродинамических установок</b>						
8	<b>Тема 8.</b> Термодинамическая эффективность циклов атомных установок.	5/III	2	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> - схему двухконтурной атомной установки; - изображение цикла атомной установки на Ts-диаграмме. <b>Уметь:</b> определять термодинамическую эффективность цикла и удельный расход пара. <b>Владеть:</b> методиками расчета термодинамической эффективности цикла атомной установки.	Л, СР
9	<b>Тема 9.</b> Термодинамическая эффективность циклов парогазовых установок и циклов с магнито-гидродинамическими генераторами.	5/III	2	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> - схему парогазовой установки; - изображение цикла парогазовой установки на Ts-диаграмме; - по какому циклу можно получить максимальный КПД теплового	Л, СР

					двигателя; - как определяется коэффициент заполнения цикла; - схему газовой магнитогиродинамической установки <b>Уметь:</b> определять термодинамическую эффективность парогазового цикла. <b>Владеть:</b> методиками расчета термодинамической эффективности парогазового цикла.	
<b>Итого:</b>			<b>4</b>	<b>Лекции – 4; самостоятельная работа – 8</b>		
<b>Раздел 6. Термодинамическая эффективность циклов холодильных установок</b>						
10	<b>Тема 10.</b> Показатель энергоэффективности холодильных установок. Циклы воздушных, парожеторных и абсорбционных холодильных установок.	5/III	4	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> - на какие группы делятся холодильные установки; - как рассчитывается холодильный коэффициент; - схемы циклов воздушных, парожеторных, абсорбционных и пароконпрессорных холодильных установок, циклов систем кондиционирования; <b>Уметь:</b> анализировать термодинамическую эффективность холодильных установок с помощью Ts-диаграммы и рассчитывать их холодильный коэффициент. <b>Владеть:</b> методиками расчета и анализа термодинамической эффективности холодильных установок.	Л, СР
11	<b>Тема 11.</b> Цикл паровой компрессорной холодильной установки. Циклы систем кондиционирования Глубокое охлаждение. Сжижение газов.	5/III	4	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> - идеальную модель цикла Глубокое охлаждение; - знать идеальную модель цикла Глубокое охлаждение; - эффективные методы сжижения газов. <b>Уметь:</b> анализировать термодинамическую эффективность холодильных установок с помощью Ts-диаграммы и рассчитывать их холодильный коэффициент. <b>Владеть:</b> методиками расчета и анализа термодинамической эффективности холодильных установок.	
<b>Итого:</b>			<b>8</b>	<b>Лекции – 8; самостоятельная работа – 8</b>		
<b>Раздел 7. Термодинамическая эффективность теплонасосных установок</b>						
12	<b>Тема 12.</b> Принцип действия и классификация тепловых насосов. Математическая модель потоков энергии в теплонасосной установке. Эксергетическая эффективность теплового насоса и коэффициент преобразования энергии.	5/III	6	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> - современные инновационные технологии применения тепловых насосов для теплоснабжения зданий; - принцип действия и виды тепловых насосов; - построение циклов теплового насоса на Ts-диаграмме и is-диаграмме; - принципы термодинамического анализа потоков энергии и теплоносителей в тепловом насосе; <b>Уметь:</b> определять коэффициент преобразования энергии и эксергетический КПД теплонасосных установок. <b>Владеть:</b> методиками термического и эксергетического анализа теплонасосных установок.	Л, СР
13	<b>Тема 13.</b> Зависимость термодинамической эффективности теплонасосных установок от выбора рабочего вещества (хладоагента) и комплектации теплообменного оборудования.	5/III	4	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> - современные инновационные технологии совместного производства электрической, тепловой энергии и холода; - принципиальные схемы когенерации	
<b>Итого:</b>			<b>10</b>	<b>Лекции – 10; самостоятельная работа – 15</b>		
<b>Раздел 8. Термодинамическая эффективность когенерационных и тригенерационных установок</b>						
14	<b>Тема 14.</b> Когенерационные установки на основе использования газовых турбин и двигателей внутреннего сгорания. Терми-	5/III	4	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18,	<b>Знать:</b> - современные инновационные технологии совместного производства электрической, тепловой энергии и холода; - принципиальные схемы когенерации	Л, СР

	ческая модель энергетических потоков в когенерационной установке. Модель потоков эксергии энергоносителей в когенерационной установке. Термодинамическая эффективность когенерационной установки.			ПК-19	рационных и тригенерационных установок; - принципы термодинамического анализа потоков энергии и теплоносителей в когенерационной и тригенерационной установках; <b>Уметь:</b> определять термический и эксергетический КПД когенерационных и тригенерационных установок.	
15	<b>Тема 15.</b> Тригенерационные установки на основе использования газовых турбин и двигателей внутреннего сгорания. Термическая модель энергетических потоков в тригенерационной установке. Модель потоков эксергии энергоносителей в тригенерационной установке. Термодинамическая эффективность тригенерационной установки.	5/III	4	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Владеть:</b> методиками термического и эксергетического анализа когенерационных и тригенерационных установок.	
<b>Итого:</b>			<b>8</b>	<b>Лекции – 8; самостоятельная работа – 15</b>		
<b>Всего:</b>			<b>135</b>	<b>Лекции – 54; самостоятельная работа – 81</b>		
<b>Раздел 9 Практические занятия</b>						
16	<b>Раздел 1:</b> Определение потерь эксергии в процессах теплообмена. Эксергетические диаграммы и номограммы некоторых веществ.	5/III	4	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> - принципы расчета различных видов эксергии и построения эксергетических диаграмм; - принципы эксергетического анализа превращаемости различных видов энергии. <b>Уметь:</b> - определять эксергетическую эффективность термодинамических процессов и теплового оборудования в целом; - определять эксергию потоков теплоты и вещества. <b>Владеть:</b> - методиками расчета эксергетического баланса теплового оборудования; - методиками расчета эксергии потоков теплоты и вещества.	ПР
17	<b>Раздел 2:</b> Определение параметров в характерных точках цикла, полезной работы, количеств подведенной и отведенной теплоты, термического КПД цикла, термического КПД цикла Карно, среднего индикаторного давления для идеального поршневого двигателя с подводом теплоты при $v = const$ и при $p = const$ .	5/III	2	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> основные принципы анализа термодинамической эффективности циклов двигателей внутреннего сгорания и процессов в этих циклах. <b>Уметь:</b> определять термодинамическую эффективность циклов ДВС и отдельных процессов этих циклов. <b>Владеть:</b> методиками проведения сравнительных исследований термодинамической эффективности циклов ДВС.	ПР
18	<b>Раздел 2:</b> Определение параметров в характерных точках цикла, работ сжатия, расширения, полезной работы, количеств подве-	5/III	2	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18,		

	денной и отведенной теплоты, термического КПД цикла, среднего индикаторного давления для ДВС со смешанным подводом теплоты. Решение задач по сравнению термодинамической эффективности ДВС, работающих по различным циклам.			ПК-19		
19	<b>Раздел 2:</b> Самостоятельная расчетная работа «Термодинамическая эффективность циклов ДВС и тепломассообменных процессов в них»	5/III	15	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> основные принципы анализа термодинамической эффективности циклов двигателей внутреннего сгорания и процессов в этих циклах. <b>Уметь:</b> определять термодинамическую эффективность циклов ДВС и отдельных процессов этих циклов. <b>Владеть:</b> методиками проведения сравнительных исследований термодинамической эффективности циклов ДВС.	СР
20	<b>Раздел 3:</b> Определение параметров в характерных точках цикла, работ сжатия и расширения, полезной работы, количеств подведенной и отведенной теплоты, термического КПД цикла для идеального циклов ГТУ с подводом теплоты при $p = const$ и $v = const$ .	5/III	2	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> основные принципы анализа термодинамической эффективности циклов газотурбинных установок и процессов в этих циклах. <b>Уметь:</b> определять термодинамическую эффективность циклов газотурбинных установок и отдельных процессов этих циклов. <b>Владеть:</b> методиками проведения сравнительных исследований термодинамической эффективности циклов газотурбинных установок.	ПР
21	<b>Раздел 3:</b> Сравнение термических КПД циклов ГТУ идеального с подводом теплоты при $p = const$ , с предельной регенерацией, с учетом необратимости процессов сжатия в компрессоре и расширения в турбине.	5/III	2	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19		ПР
22	<b>Раздел 3:</b> Самостоятельная расчетная работа «Термодинамическая эффективность циклов газотурбинных установок и тепломассообменных процессов в них»	5/III	15	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19		СР
23	<b>Раздел 4:</b> Определение влияния основных параметров пара на термодинамическую эффективность идеального цикла паросиловых установок – цикла Ренкина.	5/III	2	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> - основные принципы осуществления цикла Ренкина в реальных ПСУ; - влияние начальных и конечных параметров пара на термодинамическую эффективность циклов ПСУ;	ПР
24	<b>Раздел 4:</b> Определение внутреннего относительного, эффективного КПД паротурбинной установки, состояния пара за турби-	5/III	2	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18,	- из каких необратимых процессов состоит действительный цикл ПСУ. <b>Уметь:</b> определять термодинамическую эффективность циклов	ПР

	ной, удельного расхода пара в паросиловой установке.			ПК-19	ПСУ; - определять коэффициент использования теплоты топлива, внутренний относительный КПД насоса, паровой турбины и паротурбинной установки, эффективный КПД паротурбинной установки <b>Владеть:</b> методиками проведения сравнительных исследований термодинамической эффективности циклов ПСУ.	
25	<b>Раздел 4:</b> Самостоятельная расчетная работа «Термодинамическая эффективность циклов паросиловых установок и тепломассообменных процессов в них»	5/III	15	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19		СР
26	<b>Раздел 5:</b> Определение относительных внутренних КПД паровой турбины, газовой турбины, насоса и компрессора идеального цикла парогазовой установки. Определение количеств теплоты, полученных рабочими телами и термического КПД парогазового цикла.	5/III	4	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> - схему парогазовой установки; - построение цикла парогазовой установки на Ts-диаграмме; - по какому циклу можно получить максимальный КПД теплового двигателя; - как определяется коэффициент заполнения цикла; <b>Уметь:</b> определять термодинамическую эффективность парогазового цикла. <b>Владеть:</b> методиками расчета термодинамической эффективности парогазового цикла.	ПР
27	<b>Раздел 6:</b> Определение холодильного коэффициента, удельной холодопроизводительности, расхода хладагента, термодинамических параметров хладагентов для различных холодильных установок.	5/III	4	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> - как рассчитывается холодильный коэффициент; - схемы циклов воздушных, пароэжекторных, абсорбционных и парокомпрессорных холодильных установок, циклов систем кондиционирования; <b>Уметь:</b> анализировать термодинамическую эффективность холодильных установок с помощью Ts-диаграммы и рассчитывать их холодильный коэффициент. <b>Владеть:</b> методиками расчета и анализа термодинамической эффективности холодильных установок.	ПР
28	<b>Раздел 7:</b> Определение коэффициента преобразования теплоты и эксергетического КПД парокомпрессорных ТНУ.	5/III	4	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> - современные инновационные технологии применения тепловых насосов для теплоснабжения зданий; - построение циклов теплового насоса на Ts-диаграмме и is-диаграмме; - принципы термодинамического анализа потоков энергии и теплоносителей в тепловом насосе; <b>Уметь:</b> определять коэффициент преобразования энергии и эксергетический КПД теплонасосных установок. <b>Владеть:</b> методиками термического и эксергетического анализа теплонасосных установок.	ПР

29	<b>Раздел 7:</b> Зависимость термодинамической эффективности теплонасосных установок от выбора рабочего вещества (хладоагента) и комплектации теплообменного оборудования.	5/III	4	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> - современные инновационные технологии применения тепловых насосов для теплоснабжения зданий; - построение циклов теплового насоса на Ts-диаграмме и is-диаграмме; - принципы термодинамического анализа потоков энергии и теплоносителей в тепловом насосе; <b>Уметь:</b> определять коэффициент преобразования энергии и эксергетический КПД теплонасосных установок. <b>Владеть:</b> методиками термического и эксергетического анализа теплонасосных установок.	ПР
31	<b>Раздел 8:</b> Расчет термодинамической эффективности когенерационных установок.	5/III	2	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> - современные инновационные технологии совместного производства электрической, тепловой энергии и холода; - принципиальные схемы когенерационных и тригенерационных установок; - принципы термодинамического анализа потоков энергии и теплоносителей в когенерационной и тригенерационной установках; <b>Уметь:</b> определять термический и эксергетический КПД когенерационных и тригенерационных установок. <b>Владеть:</b> методиками термического и эксергетического анализа когенерационных и тригенерационных установок	ПР
32	<b>Раздел 8:</b> Тригенерационные установки, сравнение их термодинамической эффективности с когенерационными.	5/III	2	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19	<b>Знать:</b> - современные инновационные технологии совместного производства электрической, тепловой энергии и холода; - принципиальные схемы когенерационных и тригенерационных установок; - принципы термодинамического анализа потоков энергии и теплоносителей в когенерационной и тригенерационной установках; <b>Уметь:</b> определять термический и эксергетический КПД когенерационных и тригенерационных установок. <b>Владеть:</b> методиками термического и эксергетического анализа когенерационных и тригенерационных установок	ПР
<b>Итого:</b>			<b>36</b>	<b>Практические занятия – 36; самостоятельная работа – 45</b>		

### 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование разделов и тем	Литература
1	<b>Раздел 1</b> Термодинамический анализ и его приложение к оценке эффективности теплотехнического оборудования	О-1, О-2, О-3, Д-7, М-1, М-3
2	<b>Раздел 2.</b> Термодинамическая эффективность двигателей внутреннего сгорания	О-1, О-2, О-3, О-5, Д-1, Д-2, Д-3, М-1, М-4
3	<b>Раздел 3.</b> Термодинамическая эффективность газотурбинных установок	О-1, О-2, О-3, О-5, Д-1, Д-2, Д-3, М-1, М-2, М-4
4	<b>Раздел 4.</b> Термодинамическая эффективность паросиловых установок	О-1, О-2, О-3, О-5, Д-1, Д-2, Д-3, М-1, М-2, М-4
5	<b>Раздел 5.</b> Термодинамическая эффективность циклов атомных электростанций, парогазовых и магнитогидродинамических установок	О-1, О-3, О-5, Д-1, Д-7, М-1, М-2
6	<b>Раздел 6.</b> Термодинамическая эффективность циклов холодильных установок	О-1, О-3, О-4, О-5, Д-1, Д-7, М-1, М-2
7	<b>Раздел 7.</b> Термодинамическая эффективность теплонасосных установок	О-1, О-3, О-4, О-5, Д-1, Д-7, М-1, М-2
8	<b>Раздел 8.</b> Термодинамическая эффективность когенерационных и тригенерационных установок	О-1, О-3, О-5, Д-1, Д-7, М-1, М-2

### III. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

3.1	В процессе освоения дисциплины "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем" используются следующие образовательные технологии:				
	лекции (Л), практические занятия (ПР), индивидуальные (групповые) академические консультации (АК), самостоятельная работа студентов (СР) по выполнению различных видов заданий.				
3.2	В процессе освоения дисциплины "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем" 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
<b>Раздел 1 Термодинамический анализ и его приложение к оценке эффективности теплотехнического оборудования</b>					
1	<b>Тема 1.</b> Принципы эксергетического расчета как составляющей термодинамического анализа. Виды энергии и их превращаемость. Классификация видов эксергии. Эксергетический баланс и его составляющие.	4	Л	ПЛ, АКС	ПК-2, ПК-13
2	<b>Тема 2.</b> Расчет эксергии различных видов. Эксергетические диаграммы состояния.	4	Л	ПЛ, АКС	ПК-2, ПК-13
<b>Раздел 2. Термодинамическая эффективность двигателей внутреннего сгорания</b>					
3	<b>Тема 3.</b> Основные характеристики и эффективность циклов ДВС. Цикл с подводом теплоты в процессе $v = const$ . Цикл с подводом теплоты в процессе $p = const$ . Цикл с подводом теплоты в процессе при $v = const$ и $p = const$ , или цикл со смешанным подводом теплоты. Сравнение термических КПД циклов поршневых ДВС.	4	Л	ЛВ, АКС	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19
<b>Раздел 3. Термодинамическая эффективность газотурбинных установок</b>					
4	<b>Тема 4.</b> Газотурбинные установки (ГТУ). Цикл ГТУ с подводом теплоты в процессе $p = const$ . Цикл ГТУ с подводом теплоты в процессе при $v = const$ . Сравнение термодинамической эффективности циклов ГТУ.	2	Л	ЛВ, АКС	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19
5	<b>Тема 5.</b> Методы повышения эффективности газотурбинных установок. Термический КПД реактивных двигателей.	2	Л	ЛВ, АКС	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19
<b>Раздел 4. Термодинамическая эффективность паросиловых установок</b>					
6	<b>Тема 6.</b> Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина. Влияние основных	4	Л	ЛВ, АКС	ПК-2, ПК-3, ПК-13,



	параметров на величину КПД цикла Ренкина. Цикл со вторичным перегревом пара.				ПК-17, ПК-18, ПК-19
7	<b>Тема 7.</b> Регенеративный цикл паротурбинной установки. Бинарные циклы. Основы теплофизики. Внутренний относительный КПД паровой турбины. Эффективный КПД паротурбинной установки.	4	Л	ЛВ, АКС	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19
<b>Раздел 5. Термодинамическая эффективность циклов атомных электростанций, парогазовых и магнито-гидродинамических установок</b>					
8	<b>Тема 8.</b> Термодинамическая эффективность циклов атомных установок.	2	Л	ЛВ	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19
9	<b>Тема 9.</b> Термодинамическая эффективность циклов парогазовых установок и циклов с магнито-гидродинамическими генераторами.	2	Л	ЛВ	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19
<b>Раздел 6. Термодинамическая эффективность циклов холодильных установок</b>					
10	<b>Тема 10.</b> Показатель энергоэффективности холодильных установок. Циклы воздушных, парожеткорных и абсорбционных холодильных установок.	4	Л	ЛВ, АКС	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19
11	<b>Тема 11.</b> Цикл паровой компрессорной холодильной установки. Циклы систем кондиционирования Глубокое охлаждение. Сжижение газов.	4	Л	ЛВ, АКС	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19
<b>Раздел 7. Термодинамическая эффективность теплонасосных установок</b>					
12	<b>Тема 12.</b> Принцип действия и классификация тепловых насосов. Математическая модель потоков энергии в теплонасосной установке. Эксергетическая эффективность теплового насоса и коэффициент преобразования энергии.	6	Л	ПЛ, АКС	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19
13	<b>Тема 13.</b> Зависимость термодинамической эффективности теплонасосных установок от выбора рабочего вещества (хладоагента) и комплектации теплообменного оборудования.	4	Л	ПЛ, АКС	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19
<b>Раздел 8. Термодинамическая эффективность когенерационных и тригенерационных установок</b>					
14	<b>Тема 14.</b> Когенерационные установки на основе использования газовых турбин и двигателей внутреннего сгорания. Термическая модель энергетических потоков в когенерационной установке. Модель потоков эксергии энергоносителей в когенерационной установке. Термодинамическая эффективность когенерационной установки.	4	Л	ПЛ, АКС	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19
15	<b>Тема 15.</b> Тригенерационные установки на основе использования газовых турбин и двигателей внутреннего сгорания. Термическая модель энергетических потоков в тригенерационной установке. Модель потоков эксергии энергоносителей в тригенерационной установке. Термодинамическая эффективность тригенерации.	4	Л	ПЛ, АКС	ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ПК-19

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

<b>1. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА</b>					
<b>Основная литература</b>					
№	Авторы, составители	Название	Издательство, год	Кол-во	Примечание
О.1	И. П. Базаров	Термодинамика: учебник	СПб.: Лань, 2010		Э.1
О.2		Эксергетические расчеты технических систем: Справочное пособие / Под ред. Долинского А.А., Бродянского В.М.	- Киев: Наукова думка, 1991. – 360 с. -	2	Кафедра ТТГВ, ДонНАСА
О.3	Нащокин В.В.	Техническая термодинамика и теплопередача. Учебн. пособие для неэнергетических специальностей вузов.	– М: «Высшая школа», 1975. – 496 с.: ил.	50	
О.4	П.А. Трубаев, Б.М. Гришко.	Тепловые насосы: Учеб. пособие	– Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 142 с.	Электронный вариант	
О.5	В.И. Кушнырев В.И. Лебедев, В.А. Павленко.	Техническая термодинамика и теплопередача. Учеб. для вузов	– М: Стройиздат, 1986. – 464 с.:	5	Библиотека ДонНАСА
<b>Дополнительная литература</b>					
№	Авторы, составители	Название	Издательство, год	Кол-во	Примечание
Д.1	Дрыжаков Е. В. и др.	Сборник задач по технической термодинамике и теплопередаче	М. Высшая школа, 1967. – 232 с.	15	Библиотека ДонНАСА
Д.2	Ривкин С.Л., Александров А.А.	Теплофизические свойства воды и водяного пара	М., Энергия, 1984. -80с.	5	Библиотека ДонНАСА
Д.3	В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк	Техническая термодинамика и теплопередача: учеб. пособие для бакалавров	М.: Юрайт, 2011		Э.1
Д.4	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
Д.5	Вукалович М.П., Ривкин С.Л., Александров А.А.	Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара.	– М: «Стандарты», 1969.	10	Библиотека ДонНАСА
Д.6	Рей Д., Макмайкл Д.	Тепловые насосы: Пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с., с ил.	– М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с., с ил.	Электронный вариант	
Д.7	Александров А.А., <a href="#">Орлов К.А.</a> , <a href="#">Очков В.Ф.</a>	Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики	Web-версия справочника Последнее обновление: 14 апреля 2017		<a href="http://twm.pei.ac.ru/rbt">http://twm.pei.ac.ru/rbt</a>
<b>Методические разработки</b>					
№	Авторы, составители	Название	Издательство, год	Кол-во	Примечание
М.1	Монах С.И.	Конспект лекций по курсу «Термо-	ДонНАСА, 2017.	Элек-	Библио-

		динамическая эффективность теплового оборудования и теплообменных процессов в нем»	– 120 с.	тронный вариант	тека 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 «Теплогазоснабжение и вентиляция»)	– Макеевка: ДонНАСА, 2017. – 127 с.	Электронный вариант	Кафедра ТТГВ ДонНАСА
М.3	Монах С.И., Выборнов Д.В.	Учебное пособие по расчету термодинамической эффективности теплонасосного оборудования	– Макеевка: ДонНАСА, 2017. – 80 с.	Электронный вариант	
М.4	Сербин В.А., Колосова Н.В.	Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Термодинамика»	Макеевка: ДонНАСА, 2015	40	Библиотека Кафедры ТТГВ

### Электронные образовательные ресурсы

Э.1	<a href="http://open.ifmo.ru/wiki/Термодинамика">http://open.ifmo.ru/wiki/Термодинамика</a>
Э.2	<a href="http://www.thermophysics.ru/modules.php?name=TopicsAd&amp;tpa=theme_cat&amp;pa=4">http://www.thermophysics.ru/modules.php?name=TopicsAd&amp;tpa=theme_cat&amp;pa=4</a>
Э.3	<a href="http://window.edu.ru/catalog/pdf">http://window.edu.ru/catalog/pdf</a>
Э.4	<a href="http://miceen.ru/about/intellect-sobstvennost/elektronnie-uchebno-metodicheskie-kompleksi">http://miceen.ru/about/intellect-sobstvennost/elektronnie-uchebno-metodicheskie-kompleksi</a>
Э.5	<a href="http://www.tgv.mgsu.ru">www.tgv.mgsu.ru</a>

### 2. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ, СПРАВОЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ И ПРОЧИЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРОГРАММЫ

П.1	Программы для расчета свойств и характеристик водяного пара: « <a href="#">STEAM</a> », « <a href="#">Таблица Вукаловича</a> ».
П.2	<a href="http://www.studmed.ru">www.studmed.ru</a> > Топливо, Энергетика > Техническая термодинамика Программа рассчитывает все энергетические характеристики процессов, термодинамические параметры состояния. Приведены все формулы для расчета термодинамических процессов.
П.3	<a href="https://www.twirpx.com">https://www.twirpx.com</a> 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 "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и теплообменных процессов в нем" обеспечена:

1	Мультимедийный проектор (ауд. 465, ауд. 141)
2	Ноутбук (ауд. 465, ауд. 141)

## 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 "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и теплообменных процессов в нем" предусмотрено 3 самостоятельных расчетных работы.

Тематика и содержание задания на самостоятельные расчетные работы приведены в приложении 2

### 2. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Термодинамический анализ. Принципы эксергетического расчета как составляющей термодинамического анализа.
2. Виды энергии и их превращаемость. Классификация видов эксергии.
3. Эксергетический баланс и его составляющие.

4. Расчет эксергии различных видов. Эксергетические диаграммы состояния.
5. Основные характеристики или параметры циклов поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС).
6. Цикл ДВС с подводом теплоты в процессе  $v = const$ .
7. Цикл ДВС с подводом теплоты в процессе  $p = const$ .
8. Цикл ДВС с подводом теплоты в процессе при  $v = const$  и  $p = const$ , или цикл со смешанным подводом теплоты.
9. Сравнение КПД циклов поршневых ДВС.
10. Цикл газотурбинной установки (ГТУ) с подводом теплоты в процессе  $p = const$ .
11. Цикл ГТУ с подводом теплоты в процессе при  $v = const$ .
12. Сравнение термодинамической эффективности циклов ГТУ.
13. Методы повышения термического КПД ГТУ.
14. Термический КПД реактивных двигателей.
15. Циклы паротурбинных установок. Цикл Карно для водяного пара.
16. Цикл Ренкина. Влияние основных параметров на величину КПД цикла Ренкина.
17. Термодинамическая эффективность цикла со вторичным перегревом пара.
18. Термодинамическая эффективность регенеративного цикла паросиловой установки (ПСУ).
19. Повышение термодинамической эффективности ПСУ. Бинарные циклы.
20. Повышение термодинамической эффективности ПСУ. Основы теплофикации.
21. Внутренний относительный КПД паровой турбины. Эффективный КПД паротурбинной установки.
22. Термодинамическая эффективность циклов атомных установок.
23. Термодинамическая эффективность циклов парогазовых установок.
24. Циклы установок с магнетогидродинамическими генераторами.
25. Термодинамическая эффективность холодильных установок.
26. Циклы воздушных, парожеткорных и абсорбционных холодильных установок.
27. Цикл паровой компрессорной холодильной установки. Глубокое охлаждение.
28. Принцип действия, классификация, термодинамическая эффективность тепловых насосов.
29. Математическая модель потоков энергии в теплонасосной установке.
30. Эксергетическая эффективность теплового насоса и коэффициент преобразования энергии.
31. Когенерационные установки на основе использования газовых турбин и двигателей внутреннего сгорания.
32. Термическая модель энергетических потоков в когенерационной установке.
33. Модель потоков эксергии энергоносителей в когенерационной установке.
34. Термодинамическая эффективность когенерационной установки.

### 3. ПРИМЕРЫ ТЕСТОВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Виды энергии полностью без ограничений превращаемые в любые другие виды энергии имеют энтропию \_\_\_\_\_

- А)  $S > 0$ ;  
 Б)  $S = 0$ ;  
 В)  $S < 0$ .

В реальном термодинамическом процессе получается работа \_\_\_\_\_.

- А) равная убыли эксергии;  
 Б) больше убыли эксергии;  
 В) меньше убыли эксергии.

Отношение полезной работы газотурбинной установки  $l_d$  к количеству затраченной теплоты  $q_{1d}$  называют \_\_\_\_\_.

- А) адиабатным КПД турбокомпрессора;  
 Б) эффективным КПД газотурбинной установки;

При равенстве количеств отведенной теплоты  $q_2$  и одинаковых максимальных температурах  $T_3$  соотношение КПД цикла ДВС с изохорным подводом теплоты и КПД цикла ДВС с изобарным подводом теплоты следующее:

- А)  $\eta_{t \text{ изобар}} < \eta_{t \text{ изохор}}$ ;  
Б)  $\eta_{t \text{ изобар}} > \eta_{t \text{ изохор}}$ ;  
В)  $\eta_{t \text{ изобар}} = \eta_{t \text{ изохор}}$ .

**Цикл реальной газотурбинной установки возможно осуществить при степени регенерации теплоты \_\_\_\_\_.**

- А)  $\sigma < 1$ ;  
Б)  $\sigma > 1$ ;  
В)  $\sigma = 1$ .

**При увеличении начального давления пара и одном и том же конечном давлении в конденсаторе КПД паросиловой установки \_\_\_\_\_.**

- А) увеличится, а расход пара – уменьшится;  
Б) уменьшится и расход пара – уменьшится;  
В) увеличится и расход пара – увеличится.

**Характеристикой эффективности парокомпрессионного теплового насоса является:**

- А) эксергетический КПД;  
Б) коэффициент преобразования энергии теплового насоса;  
В) адиабатный КПД компрессора.

#### 4. ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Задача 1. Для компрессионной аммиачной холодильной машины производительностью  $Q = 210000$  кДж/ч найти:

- 1) Холодильный коэффициент;
- 2) Удельную холодопроизводительность;
- 3) Холодопроизводительность 1 кг аммиака;
- 4) Работу, затраченную на 1 кг аммиака, и необходимую теоретическую мощность на установку;
- 5) Количество аммиака на установку;
- 6) Степень сухости аммиака перед испарителем.

Для расчета принять абсолютное давление в испарителе  $P_{1\text{абс}} = 2,94$  бар, абсолютное давление в конденсаторе  $P_{2\text{абс}} = 7,85$  бар. В конденсаторе переохлаждение отсутствует, в испарителе аммиак превращается в сухой насыщенный пар.

Решить аналитически, для решения использовать таблицы для насыщенного и перегретого пара аммиака.

#### 5. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Индивидуальным заданием является выполнение трех расчетно-графических работ по определению термодинамической эффективности циклов двигателей внутреннего сгорания, газотурбинных установок и паросиловых установок.

## ФОРМИРОВАНИЕ БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### *Формирование балльной оценки по дисциплине "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и теплообменных процессов в нем"*

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
<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>
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 пятый – 27 лекционных, 18 практических занятий, всего 45.

За посещение одного занятия студент набирает  $10/45=0,222$  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 ÷ 3	выполнение самостоятельных расчетных работ	автоматизированный тест-контроль	30	20
Модуль 2: Разделы 4 ÷ 8	выполнение самостоятельной расчетной работы	автоматизированный тест-контроль	10	20
<b>Всего</b>			<b>40</b>	<b>40</b>

## 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 7 Термодинамическая эффективность теплонасосных установок.	Подготовка научной публикации в соавторстве с преподавателем; написание реферата на тему «Современные инновационные технологии применения тепловых насосов для теплоснабжения зданий»	5
Раздел 8 Термодинамическая эффективность когенерационных и тригенерационных установок.	Подготовка и выступление с докладом на студенческой научной конференции на тему: «Современные инновационные технологии совместного производства электрической, тепловой энергии и холода»	5
<b>ИТОГО</b>		<b>10</b>

## 4. Промежуточная аттестация

Экзамен по результатам изучения учебной дисциплины "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем" в пятом 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-бальной 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 №1**

на самостоятельную расчетно-графическую работу №1 по курсу "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем" на тему «**Расчет термодинамической эффективности циклов ДВС**»  
студенту(ке) \_\_\_\_\_ № Зач.кн. \_\_\_\_\_

**Задача №1**

Для идеального цикла поршневого двигателя с подводом теплоты при  $v = const$  определить параметры всех основных точек, полезную работу, количество подведенной и отведенной теплоты, термический КПД цикла Карно по условиям задачи, термический КПД цикла, среднее индикаторное давление, если заданы:  $p_1$ ;  $T_1$ ; степень сжатия  $\varepsilon = v_1/v_2$ ; степень повышения давления  $\lambda = p_3/p_2$

.Рабочее тело – воздух с газовой постоянной  $R = 287$  Дж/кг·град, показатель адиабаты  $k = 1.4$ . Теплоемкость рабочего тела принять постоянной:  $c_p = 1,004$  кДж/кг·град;  $c_v = 0,716$  кДж/кг·град. Расчет вести на 1 кг рабочего тела. Результаты расчета свести в таблицу 1.

Таблица 1

Подведенная теплота $q_1, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	
Отведенная теплота: $q_2, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	
Полезно использованная теплота: $q, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	
Работа расширения, $l_1, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	
Работа сжатия, $l_2, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	
Полезная работа, $l, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	
Термический КПД цикла $\eta_t$	
КПД цикла Карно $\eta_{тК}$	
Отношение $\frac{\eta_t}{\eta_{тК}}$	

Исходные данные для расчета принять в соответствии с номером зачетной книжки по таблицам 2 и 3.



Таблица 2 – Данные, принимаемые по последней цифре зачетной книжки

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Начальное давление $p_1$ , МПа	0,1	0,3	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Начальная температура, $T_1$ , К	283	293	303	313	323	283	293	303	313	323

Таблица 3 – Данные, принимаемые по предпоследней цифре зачетной книжки

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
степень сжатия $\varepsilon = v_1/v_2$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Степень повышения давления $\lambda = p_3/p_2$	4,5	3,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5

### Задача №2

Для идеального цикла поршневого двигателя с подводом теплоты при  $p = const$  определить параметры всех основных точек, полезную работу, количество подведенной и отведенной теплоты, термический КПД цикла Карно по условиям задачи, термический КПД цикла, среднее индикаторное давление, если заданы:  $p_1$ ;  $T_1$ ; степень сжатия  $\varepsilon = v_1/v_2$ ; степень изобарного расширения  $\rho = v_3/v_2$ .

Рабочее тело – воздух с газовой постоянной  $R = 287$  Дж/кг·град, показатель адиабаты  $k = 1.4$ . Теплоемкость рабочего тела принять постоянной:  $c_p = 1,004$  кДж/кг·град;  $c_v = 0,716$  кДж/кг·град. Расчет вести на 1 кг рабочего тела. Результаты расчета свести в таблицу 1.

Исходные данные для расчета принять в соответствии с номером зачетной книжки по таблицам 4 и 5.

Таблица 4 – Данные, принимаемые по последней цифре зачетной книжки

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Начальное давление $p_1$ , МПа	0,1	0,3	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Начальная температура, $T_1$ , К	323	343	353	363	303	313	350	320	310	283

Таблица 5 – Данные, принимаемые по предпоследней цифре зачетной книжки

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
степень сжатия $\varepsilon = v_1/v_2$	12	10	11	14	15	16	17	18	8	9
степень изобарного расширения $\rho = v_3/v_2$	4,0	3,0	2,0	1,5	2,5	2,7	3,2	3,5	1,8	2,0

### Задача №3

В цикле поршневого двигателя со смешанным подводом теплоты при  $v = const$  определить параметры всех основных точек, полезную работу, количество подведенной и отведенной теплоты, термический КПД цикла Карно по условиям задачи, термический КПД цикла, среднее индикаторное давление, если заданы:  $p_1$ ;  $T_1$ ; степень сжатия  $\varepsilon = v_1/v_2$ ; степень повышения давления  $\lambda = p_3/p_2$ , степень предварительного расширения  $\rho = v_3/v_2$ . Рабочее тело – воздух с газовой постоянной  $R = 287$  Дж/кг·град, показатель адиабаты  $k = 1.4$ . Теплоемкость рабочего тела принять постоянной:  $c_p = 1,004$  кДж/кг·град;  $c_v = 0,716$  кДж/кг·град. Расчет вести на 1 кг рабочего тела. Результаты расчета свести в таблицу 1.

Исходные данные для расчета принять в соответствии с номером зачетной книжки по таблицам 6 и 7.

Таблица 6 – Данные, принимаемые по последней цифре зачетной книжки

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Начальное давление $p_1$ , МПа	0,1	0,3	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Начальная температура, $T_1$ , К	283	293	303	313	323	283	293	303	313	323

Таблица 7 – Данные, принимаемые по предпоследней цифре зачетной книжки

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
степень сжатия $\varepsilon = v_1/v_2$	12	10	11	14	15	16	17	18	8	9
Степень повышения давления $\lambda = p_3/p_2$	5,5	4,5	4,0	5,5	3,0	3,5	2,0	1,5	4,0	3,5
степень изобарного расширения $\rho = v_3/v_2$	4,0	3,0	2,0	1,5	2,5	2,7	3,2	3,5	1,8	2,0

## ЗАДАНИЕ №2

на самостоятельную расчетно-графическую работу №2 по курсу "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем" на тему «Расчет термодинамической эффективности циклов газотурбинных установок»

### Задача №1

В цикле газовой турбины с подводом теплоты при  $v = const$  начальные параметры рабочего тела  $p_1$  и  $T_1$ . Степень увеличения давления в адиабатном процессе сжатия  $\beta = p_2/p_1$ , показатель адиабаты  $k = 1,4$ . Температура в т.3 не должна превышать 1000 К. Рабочее тело – воздух. Теплоемкость рабочего тела принять постоянной:  $c_p = 1,004$  кДж/кг·град;  $c_v = 0,716$  кДж/кг·град. Расчет вести на 1 кг рабочего тела.

Определить параметры всех основных точек и результаты расчета свести в таблицу 1. Построить в масштабе цикл в  $pv$ -координатах и  $Ts$ -координатах – для чего определить изменение энтропии во всех процессах цикла и привести их в таблице 2.

Определить работу сжатия, работу расширения, полезную работу, количество подведенной и отведенной теплоты, термический КПД цикла. Результаты расчета свести в таблицу 3.

Исходные данные для расчета принять в соответствии с номером зачетной книжки по таблице 4.

Таблица 1

Номер характерной точки	Абсолютное давление, Р, МПа	Удельный объем, V, м <sup>3</sup> /кг	Абсолютная температура, Т, К
1			
2			
3			
4			

Таблица 2

Процесс	Характеристика процесса	Показатель политропы n	$\frac{c}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$\frac{\Delta s}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
1-2				
2-3				
3-4				
4-1				
				$\sum \Delta s \approx 0$

Таблица 3

Подведенная теплота $q_1, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	
Отведенная теплота: $q_2, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	
Полезно использованная теплота: $q, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	

Работа расширения, $l_1, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	
Работа сжатия, $l_2, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	
Полезная работа, $l, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	
Термический КПД цикла $\eta_t$	

Таблица 4 – Данные, принимаемые по последней цифре зачетной книжки

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Начальное давление $p_1$ , МПа	0,1	0,3	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Начальная температура, $T_1$ , К	283	293	303	313	323	283	293	303	313	323
Степень увеличения давления в адиабатном процессе сжатия $\beta = p_2/p_1$	13,5	13	12,5	12	11,5	9,5	10,5	10	9	8

### Задача №2

В идеальном цикле ГТУ с подводом теплоты при  $p = \text{const}$  начальные параметры рабочего тела  $p_1$  и  $T_1$ . Степень увеличения давления в адиабатном процессе сжатия  $\beta = p_2/p_1$ , показатель адиабаты  $k = 1,4$ . Температура в т.3 не должна превышать 1200 К. Рабочее тело – воздух. Теплоемкость рабочего тела принять постоянной:  $c_p = 1,004$  кДж/кг·град;  $c_v = 0,716$  кДж/кг·град. Расчет вести на 1 кг рабочего тела.

Определить параметры всех основных точек и результаты расчета свести в таблицу 1. Построить в масштабе цикл в  $pv$ -координатах и  $Ts$ -координатах – для чего определить изменение энтропии во всех процессах цикла и привести их в таблице 2.

Определить работу сжатия, работу расширения, полезную работу, количество подведенной и отведенной теплоты, термический КПД цикла. Результаты расчета свести в таблицу 3.

Исходные данные для расчета принять в соответствии с номером зачетной книжки по таблице 4.

### ЗАДАНИЕ №3

на самостоятельную расчетно-графическую работу №3 по курсу "Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем" на тему «Влияние параметров пара на эффективность цикла Ренкина» студенту(ке) \_\_\_\_\_ № Зач.кн. \_\_\_\_\_

В цикле Ренкина перед турбиной параметры пара составляют  $p_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  МПа и  $t_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  °С. После турбины давление пара равно  $p_2 = \underline{\hspace{2cm}}$  кПа.

Определить:

- термический КПД цикла Ренкина, работу цикла и расход пара на 1кВт-ч электроэнергии;
- термический КПД цикла Карно в том же интервале температур;
- изменение термического КПД цикла Ренкина при изменении одного из заданных параметров.

Результаты расчетов занести в таблицу 1.

Проанализировать полученные результаты расчетов.

Таблица 1 – Результаты расчетов

Параметры	Обозначение, единицы измерения	исходный вариант	сравнительный вариант		
			Var		
Давление перед турбиной			Var		
Температура перед турбиной				Var	
Давление после турбины					Var
Термический КПД цикла Ренкина					
Работа цикла					
Расход пара					
Степень сухости пара					

Примечание. Var – изменяемый параметр.

Исходные данные для расчета принять в соответствии с номером в списке группы.

№1	№2	№3	№4	№5
$p_1 = 3 \text{ МПа}$	$p_1 = 10 \text{ МПа}$	$p_1 = 2 \text{ МПа}$	$p_1 = 3,5 \text{ МПа}$	$p_1 = 4 \text{ МПа}$
$t_1 = 450 \text{ °С}$	$t_1 = 470 \text{ °С}$	$t_1 = 430 \text{ °С}$	$t_1 = 520 \text{ °С}$	$t_1 = 500 \text{ °С}$
$p_2 = 50 \text{ кПа}$	$p_2 = 18 \text{ кПа}$	$p_2 = 40 \text{ кПа}$	$p_2 = 30 \text{ кПа}$	$p_2 = 60 \text{ кПа}$
$p_1' = 6 \text{ МПа}$	$p_1' = 12 \text{ МПа}$	$p_1' = 2,2 \text{ МПа}$	$p_1' = 5 \text{ МПа}$	$p_1' = 6 \text{ МПа}$
$t_1' = 490 \text{ °С}$	$t_1' = 500 \text{ °С}$	$t_1' = 460 \text{ °С}$	$t_1' = 550 \text{ °С}$	$t_1' = 520 \text{ °С}$
$p_2' = 10 \text{ кПа}$	$p_2' = 12 \text{ кПа}$	$p_2' = 20 \text{ кПа}$	$p_2' = 16 \text{ кПа}$	$p_2' = 30 \text{ кПа}$

<p>№6</p> $p_I=4,5\text{МПа}$ $t_I=520^\circ\text{C}$ $p_2=25\text{кПа}$ $p_1=6\text{МПа}$ $t_1=560^\circ\text{C}$ $p_2=7\text{кПа}$	<p>№7</p> $p_I=5\text{МПа}$ $t_I=580^\circ\text{C}$ $p_2=14\text{кПа}$ $p_1=7\text{МПа}$ $t_1=600^\circ\text{C}$ $p_2=8\text{кПа}$	<p>№8</p> $p_I=6\text{МПа}$ $t_I=480^\circ\text{C}$ $p_2=25\text{кПа}$ $p_1=9\text{МПа}$ $t_1=520^\circ\text{C}$ $p_2=6\text{кПа}$	<p>№9</p> $p_I=7\text{МПа}$ $t_I=500^\circ\text{C}$ $p_2=18\text{кПа}$ $p_1=12\text{МПа}$ $t_1=540^\circ\text{C}$ $p_2=9\text{кПа}$	<p>№10</p> $p_I=9\text{МПа}$ $t_I=530^\circ\text{C}$ $p_2=40\text{кПа}$ $p_1=12\text{МПа}$ $t_1=550^\circ\text{C}$ $p_2=14\text{кПа}$
<p>№11</p> $p_I=7\text{МПа}$ $t_I=540^\circ\text{C}$ $p_2=18\text{кПа}$ $p_1=10\text{МПа}$ $t_1=560^\circ\text{C}$ $p_2=5\text{кПа}$	<p>№12</p> $p_I=2,8\text{МПа}$ $t_I=530^\circ\text{C}$ $p_2=25\text{кПа}$ $p_1=9\text{МПа}$ $t_1=550^\circ\text{C}$ $p_2=3\text{кПа}$	<p>№13</p> $p_I=8\text{МПа}$ $t_I=560^\circ\text{C}$ $p_2=12\text{кПа}$ $p_1=14\text{МПа}$ $t_1=580^\circ\text{C}$ $p_2=18\text{кПа}$	<p>№14</p> $p_I=2,6\text{МПа}$ $t_I=460^\circ\text{C}$ $p_2=40\text{кПа}$ $p_1=5\text{МПа}$ $t_1=550^\circ\text{C}$ $p_2=25\text{кПа}$	<p>№15</p> $p_I=9\text{МПа}$ $t_I=480^\circ\text{C}$ $p_2=90\text{кПа}$ $p_1=16\text{МПа}$ $t_1=550^\circ\text{C}$ $p_2=50\text{кПа}$
<p>№16</p> $p_I=2,6\text{МПа}$ $t_I=560^\circ\text{C}$ $p_2=20\text{кПа}$ $p_1=6\text{МПа}$ $t_1=580^\circ\text{C}$ $p_2=2\text{кПа}$	<p>№17</p> $p_I=13\text{МПа}$ $t_I=580^\circ\text{C}$ $p_2=70\text{кПа}$ $p_1=16\text{МПа}$ $t_1=600^\circ\text{C}$ $p_2=40\text{кПа}$	<p>№18</p> $p_I=3\text{МПа}$ $t_I=390^\circ\text{C}$ $p_2=35\text{кПа}$ $p_1=5\text{МПа}$ $t_1=470^\circ\text{C}$ $p_2=18\text{кПа}$	<p>№19</p> $p_I=12\text{МПа}$ $t_I=500^\circ\text{C}$ $p_2=90\text{кПа}$ $p_1=18\text{МПа}$ $t_1=540^\circ\text{C}$ $p_2=35\text{кПа}$	<p>№20</p> $p_I=2\text{МПа}$ $t_I=380^\circ\text{C}$ $p_2=40\text{кПа}$ $p_1=4,5\text{МПа}$ $t_1=430^\circ\text{C}$ $p_2=6\text{кПа}$
<p>№21</p> $p_I=7\text{МПа}$ $t_I=470^\circ\text{C}$ $p_2=20\text{кПа}$ $p_1=10\text{МПа}$ $t_1=520^\circ\text{C}$ $p_2=9\text{кПа}$	<p>№22</p> $p_I=14\text{МПа}$ $t_I=500^\circ\text{C}$ $p_2=25\text{кПа}$ $p_1=16\text{МПа}$ $t_1=540^\circ\text{C}$ $p_2=7\text{кПа}$	<p>№23</p> $p_I=3,5\text{МПа}$ $t_I=400^\circ\text{C}$ $p_2=18\text{кПа}$ $p_1=8\text{МПа}$ $t_1=450^\circ\text{C}$ $p_2=10\text{кПа}$	<p>№24</p> $p_I=7\text{МПа}$ $t_I=420^\circ\text{C}$ $p_2=16\text{кПа}$ $p_1=10\text{МПа}$ $t_1=480^\circ\text{C}$ $p_2=6\text{кПа}$	<p>№25</p> $p_I=2,4\text{МПа}$ $t_I=480^\circ\text{C}$ $p_2=14\text{кПа}$ $p_1=4,5\text{МПа}$ $t_1=540^\circ\text{C}$ $p_2=5\text{кПа}$

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 "Термодинамическая эффективность теплового  
оборудования и теплообменных процессов в нем"  
Направление «08.03.01 Строительство»  
Профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

1. Принципы эксергетического расчета как составляющей термодинамического анализа.
2. Термодинамическая эффективность когенерационной установки.
3. Задача. Определить влияние начального давления пара на термодинамическую эффективность паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина при начальной температуре пара  $t_1=500^{\circ}\text{C}$ . Задачу решить когда: 1) начальное давление  $P_1 = 20$  бар; 2)  $P_1 = 50$  бар; 3)  $P_1 = 100$  бар;

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.)

