

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт транспорта и логистики  
Кафедра двигателей внутреннего сгорания

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института транспорта и логистики  
Быкадоров В.В.  
«14» 09 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА»**

Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Специализация «Автомобильная техника в транспортных технологиях»

Лист согласования рабочей программы учебной дисциплины

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) «Термодинамика и теплопередача». – 40 с.

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) «Термодинамика и теплопередача» разработана с учетом ФГОС ВО: Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – специалитет по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11 августа 2020 г. № 935.

СОСТАВИТЕЛИ:

д-р. техн. наук, проф. кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Киреев А.Н.,  
старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Ковтун А.С.,  
канд. техн. наук, доц. кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Данилейченко А.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры «Двигатели внутреннего сгорания»

« 12 » 04 2023г., протокол № 8

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.А.Данилейченко  
Переутверждена: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г., протокол № \_\_\_\_

Согласована (для обеспечивающей кафедры): \_\_\_\_\_ Быкадоров В.В.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института транспорта и логистики

« 14 » 04 2023г., протокол № 8

Председатель учебно-методической комиссии института



Е.И.Иванова

© Киреев А.Н., Ковтун А.С.,

Данилейченко А.А., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год



## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Целью изучения дисциплины – изучение законов и методов получения, преобразования, передачи и использования тепловой энергии (теплоты) в тепломеханических агрегатах (тепловых машинах, двигателях технологического оборудования, аппаратах и устройствах) и их системах.

Задачи дисциплины – формирование багажа знаний, которые позволят будущему специалисту правильно выполнять теплотехнические расчеты, повышать качество и эффективность работы тепломеханических агрегатов и технологического оборудования, новых технологических процессов.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» входит в обязательную часть модуля профессиональных дисциплин.

Основывается на базе дисциплин: физика, математика. Содержание дисциплины служит основой для изучения профессиональных дисциплин и ВКР.

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

|                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла                                                                                           | <b>УК-2.1. Знает виды ресурсов и ограничений для решения профессиональных задач; основные методы оценки разных способов решения задач; действующее законодательство и правовые нормы.</b><br><b>УК-2.2. Умеет проводить анализ поставленной цели и формулировать задачи, которые необходимо решить для ее достижения; анализировать альтернативные варианты для достижения намеченных результатов; использовать нормативно-правовую документацию в сфере профессиональной деятельности.</b><br><b>УК-2.3. Владеет методиками разработки цели и задач проекта; методами оценки потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта; навыками работы с нормативноправовой документацией</b> | <b>знать</b> основные законы термодинамики и тепломассообмена применительно к объектам профессиональной деятельности;<br><b>уметь</b> применять основные законы термодинамики и тепломассообмена при расчете объектов профессиональной деятельности; проводить измерение показателей транспортнотехнологических средств;<br><b>владеть навыками</b> анализа и расчета термодинамических и тепловых процессов объектов профессиональной деятельности. |
| ОПК-3. Способен самостоятельно решать практические задачи с использованием нормативной и правовой базы в сфере своей профессиональной деятельности с учетом по- | <b>ОПК-3.1. Знает методы решения практических задач с использованием нормативной и правовой базы в сфере своей профессиональной деятельности с учетом последних достижений науки и техники.</b><br><b>ОПК-3.2. Умеет решать практические задачи с использованием нормативной и правовой базы в сфере своей профессиональной деятельности с учетом последних достижений науки и техники.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>знать:</b> основные законы термодинамики и тепломассообмена; основные положения и методы термодинамики и теплообмена; методы получения и преобразования, передачи и использования теплоты в тепломеханических агрегатах, тепловых машинах и двигателях, в технологических процессах двигателестроения, автомобилестроения, локомотивостроения, литейного производства, механической обработки металлов и пр.; методы расчета                      |

|                                    |                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| следних достижений науки и техники | ОПК-3.3. Владеет навыками решения практических задач с использованием нормативной и правовой базы в сфере своей профессиональной деятельности с учетом последних достижений науки и техники. | термодинамических и тепловых процессов, возникающих в тепломеханических агрегатах (тепловых машинах, двигателях, технологическом оборудовании и пр.) процессов сушки, вытекания, дросселирования, нагнетание газа (пара) и пр.;<br><b>уметь:</b> определять параметры рабочего состояния тела тепловых машин, двигателей, аппаратов; проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин, технологического оборудования; рассчитывать рабочие тепловые процессы в тепловых машинах и технологическом оборудовании; рассчитывать процессы тепломассообмена в тепловых машинах и технологическом оборудовании; выполнять расчеты теплообменников.<br><b>владеть навыками:</b> анализа и расчета термодинамических и тепловых процессов в тепловых двигателях, агрегатах, технологическом оборудовании и приборах. |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы                                                                                                                                                                                                                     | Объем часов (зач. ед.)    |                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                        | Очная форма               | Заочная форма             |
| <b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>                                                                                                                                                                                                  | <b>108</b><br>(3 зач. ед) | <b>108</b><br>(3 зач. ед) |
| <b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b><br><b>в том числе:</b>                                                                                                                                                         | <b>51</b>                 | <b>10</b>                 |
| Лекции                                                                                                                                                                                                                                 | 34                        | 6                         |
| Семинарские занятия                                                                                                                                                                                                                    | -                         | -                         |
| Практические занятия                                                                                                                                                                                                                   | -                         | -                         |
| Лабораторные работы                                                                                                                                                                                                                    | 17                        | 4                         |
| Курсовая работа (курсовой проект)                                                                                                                                                                                                      | -                         | -                         |
| Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i> ) | -                         | -                         |
| <b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>                                                                                                                                                                                         | <b>57</b>                 | <b>98</b>                 |
| Форма аттестации                                                                                                                                                                                                                       | зачет                     | зачет                     |

##### 4.2. Содержание разделов дисциплины

**Тема 1.** Исходные положения технической термодинамики: 1. Предмет и методы. 2. Основные понятия и определения. 3. Параметры состояния. 4. Уравнения состояния газов. 5. Работа и теплота в термодинамическом процессе. 6. Теплоемкость. 7. Газовые смеси.

**Тема 2.** Основные законы термодинамики: 1. Первый закон термодинамики. 2. Второй закон термодинамики. 3. Циклы Карно. 4. Математическое выражение второго закона термодинамики. 5. Изменение энтропии в изолированной термоди-

намической системе. 6. Максимальная работа (эксергия). 7. Основные термодинамические процессы.

**Тема 3.** Свойства и процессы реальных газов. 1. Общие свойства. 2. Свойства и процессы воды и водного пара. Свойства и процессы влажного воздуха.  $h$ - $d$  диаграмма влажного воздуха.

**Тема 4.** Термодинамика потока. 1. Первый закон термодинамики для потока газа. 2. Истечение газов и паров. 3. Дросселирование газов и паров. 4. Нагнетания газов и паров.

**Тема 5.** Циклы теплосиловых установок. 1. Циклы двигателей внутреннего сгорания. 2. Циклы газовых турбин. 3. Циклы паросиловых установок. 4. Циклы холодильных установок и тепловых насосов. Термодинамические и тепловые процессы в технологических машинах и оборудовании.

#### 4.3. Лекции

| № п/п         | Название темы                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Объем часов |               |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Очная форма | Заочная форма |
| 1             | Исходные положения технической термодинамики: Предмет и методы. Основные понятия и определения. Параметры состояния. Уравнения состояния газов. Работа и теплота в термодинамическом процессе. Теплоемкость. Газовые смеси                                                                    | 7           | 1             |
| 2             | Основные законы термодинамики: Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Циклы Карно. Математическое выражение второго закона термодинамики. Изменение энтропии в изолированной термодинамической системе. Максимальная работа (эксергия). Основные термодинамические процессы. | 7           | 2             |
| 3             | Свойства и процессы реальных газов. Общие свойства. Свойства и процессы воды и водного пара. Свойства и процессы влажного воздуха. $h$ - $d$ диаграмма влажного воздуха.                                                                                                                      | 7           | 1             |
| 4             | Термодинамика потока. Первый закон термодинамики для потока газа. Истечение газов и паров. Дросселирование газов и паров. Нагнетания газов и паров.                                                                                                                                           | 7           | 1             |
| 5             | Циклы теплосиловых установок. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Циклы газовых турбин. Циклы паросиловых установок. Циклы холодильных установок и теплосиловых насосов. Термодинамические и тепловые процессы в технологических машинах и оборудовании.                                   | 6           | 1             |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>34</b>   | <b>6</b>      |

#### 4.4. Практические (семинарские) занятия

Не предусмотрены учебным планом

#### 4.5. Лабораторные работы

| № п/п | Название темы                                              | Объем часов |               |
|-------|------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|       |                                                            | Очная форма | Заочная форма |
| 1.    | Определение объемной изобарной теплоемкости воздуха        | 1,7         | 2             |
| 2.    | Исследование термодинамических процессов идеального газа   | 1,7         |               |
| 3.    | Определение теплоемкости веществ при различной температуре | 1,7         |               |
| 4.    | Измерение давления манометрами различных типов             | 1,7         |               |

|     |                                                                                                           |           |          |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|
| 5.  | Определение коэффициента теплоотдачи от поверхности цилиндра к воздуху в условиях свободной конвекции     | 1,7       |          |
| 6.  | Исследование работы теплооб-менного аппарата при параллельном токе и противотоке                          | 1,7       | 2        |
| 7.  | Исследование особенностей лучистого теплообмена между твердыми телами                                     | 1,7       |          |
| 8.  | Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов методом пластины                   | 1,7       |          |
| 9.  | Определение коэффициента теплоотдачи методом регулярного теплового режима                                 | 1,7       |          |
| 10. | Исследование работы водо-воздушного теплообменного аппарата при свободном и вынужденном движении воздуха. | 1,7       |          |
| 11. | <b>Итого:</b>                                                                                             | <b>17</b> | <b>4</b> |

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

| № п/п | Название темы                   | Вид СРС         | Объем часов |               |
|-------|---------------------------------|-----------------|-------------|---------------|
|       |                                 |                 | Очная форма | Заочная форма |
| 1     | Изучение лекционных тем         | Изучение лекций | 19          | 40            |
| 2     | Анализ термодинамических циклов | Изучение лекций | 18          | 18            |
| 3     | Расчет теплообменника           | Изучение лекций | 20          | 40            |
|       | <b>ИТОГО:</b>                   |                 | <b>57</b>   | <b>98</b>     |

#### 4.7. Курсовые работы/проекты. Не предусмотрено учебным планом.

### 5. Образовательные технологии

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

### 6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущим лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- тестирование, опрос, задачи;
- контрольные работы;
- защита лабораторных работ.



Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме письменного зачета (включает в себя ответ на теоретические вопросы и решение задач) либо в сочетании различных форм (компьютерного тестирования, решения задач). Студенты, выполнившие 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по шкале, приведенной в таблице.

| Характеристика знания предмета и ответов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Зачеты     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. | зачтено    |
| Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                      |            |
| Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.                                    |            |
| Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.                           | не зачтено |

## **7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:**

### **а) основная литература:**

1. Куликов Ю. А. Теплопередача: учебник / Ю. А. Куликов.- Луганск:, Из-во Ноулинж, 2018. – 142 с.
2. Куликов Ю. А. Теоретические основы термодинамики и тепломассообмена: учебник / Ю. А. Куликов.- Луганск: Изд-во «Ноулинж», 2015. – 360 с. ISBN 978-966-8827-93-0.
3. Куликов Ю.А. Теоретические основы тепломассообмена: Учебник/ Ю.А.Куликов. – Луганск: Изд-во «Ноулидж», 2014. – 235с. ISBN 978-966-8827-85-3.
4. Сторчеус Ю.В. Термодинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Сторчеус Ю. В., Ковтун А. С.; - Луганск: изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2015. – 93 с. : табл. 2. ил. 34. библиограф. назв. 17.

### **б) дополнительная литература:**

5. Куликов Ю.А., Ажило А.Г., Гончаров А.В., Быкадоров В.В. Оробцов Т.А. (под ред. проф., дтн, Куликова Ю.А.) Компактные теплообменники из пучков



- труб с винтовым оребрением для транспортных машин. Монография.- Луганск: Изд-во «Элтон-2», 2011. – 201с. ISBN 978-617-563-105-8.
6. Куликов Ю.А. Теоретические основы теплопередачи. Учебное пособие Луганск: Издательство ВНУ им. В.Даля, 2005.-116 с.
  7. Куликов Ю.А. Теоретические основы термодинамики. Учебное пособие Луганск: Издательство «Элтон- 2», 2005.-208 с.
  8. Куликов Ю. А., Быкадоров В.В., Котнов А.С., Ажиппо А.Г., Грибиниченко М.В., Гончаров А.В., Томачинский Ю.Н., Пыхтя В.А., Верховодов А.А. (под ред. проф., д.т.н, Куликова Ю.А.) Теплоэнергетические системы транспортных машин: монография/ -Луганск: Изд-во «Элтон- 2», 2009. – 365 с. ISBN 978-617-563-012-0.
  9. Кириллин В.А., Техническая термодинамика: учебник для вузов / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - 502 с. - ISBN 978-5-383-00939-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента":[сайт].  
-URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009390.html>
  - 10.Александров А.А., Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок: учебное пособие для вузов / Александров А.А. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01110-2 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента":[сайт].  
-URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011102.html>
  - 11.Мирам А.О., Техническая термодинамика. Тепломассообмен / А.О. Мирам, В.А. Павленко - М. : Издательство АСВ, 2017. - 352 с. - ISBN 978-5-93093-841-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html>
  - 12.Теплообменные аппараты и системы охлаждения газотурбинных и комбинированных установок [Электронный ресурс]: Учебник для вузов / В.Л. Иванов, А.И. Леонтьев, Э.Л. Манушин, М.И. Осипов; Под ред. А.И. Леонтьева - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN570382138.html>
  13. Исаев С.И., Теория тепломассообмена : учебник для вузов / С.И. Исаев и др.; под ред. А.И. Леонтьева - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. - 462 с. - ISBN 978-5-7038-4527-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента":[сайт].  
- URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703845271.html>
  14. Валуева Е.П., Особенности гидродинамики и теплообмена при течении в микроканальных технических устройствах / Е.П. Валуева, А.Б. Гаряев, А.В. Клименко - М.: Издательский дом МЭИ, 2016. - 88 с. - ISBN 978-5-383-01068-6 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010686.html>
  15. Горбачев М.В., Тепломассообмен: учебное пособие / Горбачев М.В. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. - 443 с. (Серия "Учебники НГТУ") - ISBN 978-5-7782-2803-0 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778228030.html>
  16. Крайнов А.Ю. Основы теплопередачи. Теплопередача через слой вещества : учеб. пособие.— Томск: STT, 2016. — 48 с. <https://ftf.tsu.ru/wp-content/uploads/A.YU.-Krajnov-Osnovy-teploperedachi.-Teploperedacha-cherez-sloj-veshhestva.pdf>
  17. Баранов, В.М. Б 241 Термодинамика и теплопередача: Учебное пособие: 2-е издание, переработанное / В.М. Баранов, А.Ю.Коньков. – Хабаровск: Изда-

тельство ДВГУПС, 2004. – 91 с. <http://www.vixri.com/d2/Baranov%20-%20Termodinamika%20I%20Teploperedacha.pdf>

**в) методические указания:**

18. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.03 – Энергетическое машиностроение специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Сост.: Ю.А.Куликов, А.А.Данилейченко. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2019. – 93 с.
19. Методические указания к выполнению индивидуального задания по дисциплине "Теоретические основы теплотехники" для студентов всех специальностей / Сост.: Н.Г. Банников, В.А. Волков, Ю.А.Куликов, А.Н.Киншак, В.А. Рыбальченко - Луганск: Изд-во ВНУ им. Даля, 2014.-25 с.
20. Методические указания к выполнению домашнего задания «Расчет теплообменных аппаратов» по дисциплине «Основы теплотехники» для студентов всех специальностей / Сост.: Ю.А.Куликов, Ю.А.Шманев. - Луганск: Изд-во ВНУ им. Даля, 2013.-30с.
21. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Прикладная термодинамика» для студентов инженерных специальностей / Сост.: А.С Ковтун. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В.Даля, 2018. – 17с.
22. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.03 – Энергетическое машиностроение специальности «Двигатели внутреннего сгорания») / Сост.: Ю.А.Куликов, А.А.Данилейченко. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2019. – 105 с.
23. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» для студентов инженерных специальностей / Сост.: А.С Ковтун. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В.Даля, 2019. – 24с.

**в) Интернет-ресурсы:**

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант-студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся в академических аудиториях.

Освоение дисциплины предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Практические занятия: проводятся с использованием раздаточного материала, наглядных пособий, демонстрационных плакатов. Прочее: комплект электронных раздаточных материалов выдается студентам в электронной форме.

Лабораторные работы: лаборатория ДВС, оснащенная специализированными лабораторными стендами (Стенд «Всетин» с ДВС, стенды с дизелями 5Д2, 6ЧН12/14, 1Ч12/14, 5Д4, стенд СДТА, стенд «Motorpal», стенд с ДВС 4ЧН8,5/11 с волновым обменником давления, наглядное пособие двигатель ТВ3-117 и СПГТ, лабораторные стенды 1, 2, 3, 4 по теплотехнике, лабораторное контрольно-измерительное оборудование, наглядные пособия), плакаты со схемами лабораторных работ, шаблоны отчетов по лабораторным работам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет (комплект электронных раздаточных материалов выдается студентам в электронной форме).

Программное обеспечение:

| Функциональное назначение | Бесплатное программное обеспечение    | Ссылки                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Офисный пакет             | Libre Office 6.3.1                    | <a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>                                                              |
| Операционная система      | UBUNTU 19.04                          | <a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>                                                                                          |
| Браузер                   | Firefox Mozilla                       | <a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>                                                                                                                                                   |
| Браузер                   | Opera                                 | <a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>                                                                                                                                                                                   |
| Почтовый клиент           | Mozilla Thunderbird                   | <a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>                                                                                                                                                 |
| Файл-менеджер             | Far Manager                           | <a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>                                                                                                                                               |
| Архиватор                 | 7Zip                                  | <a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>                                                                                                                                                                                 |
| Графический редактор      | GIMP (GNU Image Manipulation Program) | <a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a><br><a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a><br><a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a> |
| Редактор PDF              | PDFCreator                            | <a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>                                                                                                                                                       |
| Аудиоплеер                | VLC                                   | <a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>                                                                                                                                                                   |

# Оценочные средства по учебной дисциплине

## «Термодинамика и теплопередача»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Формулировка контролируемой компетенции                                                                                                                                    | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Этапы формирования (семестр изучения) |
|-------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1.    | УК-2                           | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | <p>УК-2.1. Знает виды ресурсов и ограничений для решения профессиональных задач; основные методы оценки разных способов решения задач; действующее законодательство и правовые нормы</p> <p>УК-2.2. Умеет проводить анализ поставленной цели и формулировать задачи, которые необходимо решить для ее достижения; анализировать альтернативные варианты для достижения намеченных результатов; использовать нормативно-правовую документацию в сфере профессиональной деятельности.</p> <p>УК-2.3. Владеет методиками разработки цели и задач проекта; методами оценки потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта; навыками работы с нормативно правовой документацией</p> | <p>Тема 1. Исходные положения технической термодинамики. Предмет и методы. Основные понятия и определения. Параметры состояния. Уравнения состояния газов. Работа и теплота в термодинамическом процессе. Теплоемкость. Газовые смеси</p> <p>Тема 2. Основные законы термодинамики. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Циклы Карно. Математическое выражение второго закона термодинамики. Изменение энтропии в изолированной термодинамической системе. Максимальная работа (эксергия). Основные термодинамические процессы.</p> <p>Тема 3. Свойства и процессы реальных газов. Общие свойства. Свойства и процессы воды и водяного пара. Свойства и процессы влажного воздуха. h-d диаграмма влажного воздуха.</p> <p>Тема 4 Термодинамика потока. Пер-</p> | 5                                     |

|    |       |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |
|----|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|    |       |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>вый закон термодинамики для потока газа. Истечение газов и паров. Дросселирование газов и паров. Нагнетания газов и паров.</p> <p>Тема 5 Циклы теплосиловых установок. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Циклы газовых турбин. Циклы паросиловых установок. Циклы холодильных установок и тепловых насосов. Термодинамические и тепловые процессы в технологических машинах и оборудовании.</p>                                                                                                                               |   |
| 2. | ОПК-3 | Способен в сфере своей профессиональной деятельности проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные и результаты испытаний | <p>ОПК-3.1. Знает методы решения практических задач с использованием нормативной и правовой базы в сфере своей профессиональной деятельности с учетом последних достижений науки и техники.</p> <p>ОПК-3.2. Умеет решать практические задачи с использованием нормативной и правовой базы в сфере своей профессиональной деятельности с учетом последних достижений науки и техники.</p> <p>ОПК-3.3. Владеет навыками решения практических задач с использованием нормативной и правовой базы в сфере своей про-</p> | <p>Тема 1. Исходные положения технической термодинамики. Предмет и методы. Основные понятия и определения. Параметры состояния. Уравнения состояния газов. Работа и теплота в термодинамическом процессе. Теплоемкость. Газовые смеси</p> <p>Тема 2. Основные законы термодинамики. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Циклы Карно. Математическое выражение второго закона термодинамики. Изменение энтропии в изолированной термодинамической системе. Максимальная работа (эксергия). Основные термодина-</p> | 5 |

|  |  |  |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  |  | <p>фессииональной деятельности с учетом последних достижений науки и техники.</p> | <p>мические процессы.</p> <p>Тема 3. Свойства и процессы реальных газов. Общие свойства. Свойства и процессы воды и водного пара. Свойства и процессы влажного воздуха. h-d диаграмма влажного воздуха.</p> <p>Тема 4 Термодинамика потока. Первый закон термодинамики для потока газа. Истечение газов и паров. Дросселирование газов и паров. Нагнетания газов и паров.</p> <p>Тема 5 Циклы теплосиловых установок. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Циклы газовых турбин. Циклы паросиловых установок. Циклы холодильных установок и тепловых насосов. Термодинамические и тепловые процессы в технологических машинах и оборудовании.</p> |  |
|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)                                                                                                                                                        | Перечень планируемых результатов                                                                                                                                                                                                                       | Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины              | Наименование оценочного средства                                       |
|-------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | УК-2                           | <p>УК-2.1. Знает виды ресурсов и ограничений для решения профессиональных задач; основные методы оценки разных способов решения задач; действующее законодательство и правовые нормы</p> <p>УК-2.2. Умеет прово-</p> | <p><b>знать:</b> основные законы термодинамики и тепло-массообмена; основные положения и методы термодинамики и теплообмена; методы получения и преобразования, передачи и использования теплоты в тепломеханических агрегатах, тепловых машинах и</p> | <p>Тема 1,<br/>Тема 2,<br/>Тема 3,<br/>Тема 4,<br/>Тема 5</p> | <p>Лабораторная работа, контрольная работа, индивидуальное задание</p> |

|    |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                    |                                                                 |
|----|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|    |       | <p>дить анализ поставленной цели и формулировать задачи, которые необходимо решить для ее достижения; анализировать альтернативные варианты для достижения намеченных результатов; использовать нормативно-правовую документацию в сфере профессиональной деятельности.</p> <p>УК-2.3. Владеет методиками разработки цели и задач проекта; методами оценки потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта; навыками работы с нормативно правовой документацией</p> | <p>двигателях, в технологических процессах двигателестроения, автомобилестроения, локомотивостроения, литейного производства, механической обработки металлов и пр.; методы расчета термодинамических и тепловых процессов, возникающих в тепломеханических агрегатах (тепловых машинах, двигателях, технологическом оборудовании и пр.) процессов сушки, вытекания, дросселирования, нагнетание газа (пара) и пр.;</p> <p><b>уметь:</b> определять параметры рабочего состояния тела тепловых машин, двигателей, аппаратов; проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин, технологического оборудования; рассчитывать рабочие тепловые процессы в тепловых машинах и технологическом оборудовании; рассчитывать процессы тепломассообмена в тепловых машинах и технологическом оборудовании; выполнять расчеты теплообменников.</p> <p><b>владеть навыками:</b> анализа и расчета термодинамических и тепловых процессов в тепловых двигателях, агрегатах, технологическом оборудовании и приборах.</p> |                                                    |                                                                 |
| 2. | ОПК-3 | <p>ОПК-3.1. Знает методы решения практических задач с использованием нормативной и правовой базы в сфере своей профессиональной деятельности с учетом последних достижений науки и техники.</p> <p>ОПК-3.2. Умеет решать практические задачи с использованием нормативной и право-</p>                                                                                                                                                                                            | <p><b>знать</b> основные законы термодинамики и тепломассообмена применительно к объектам профессиональной деятельности;</p> <p><b>уметь</b> применять основные законы термодинамики и тепломассообмена при расчете объектов профессиональной деятельности; проводить измерение показателей транспортнотехнологических машин и ком-</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Тема 1,<br>Тема 2,<br>Тема 3,<br>Тема 4,<br>Тема 5 | Лабораторная работа, контрольная работа, индивидуальное задание |



|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                     |  |  |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | вой базы в сфере своей профессиональной деятельности с учетом последних достижений науки и техники.<br>ОПК-3.3. Владеет навыками решения практических задач с использованием нормативной и правовой базы в сфере своей профессиональной деятельности с учетом последних достижений науки и техники. | плексов;<br><b>владеть навыками</b> анализа и расчета термодинамических и тепловых процессов объектов профессиональной деятельности |  |  |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

### Оценочные средства по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»

Вопросы при защите лабораторных работ:

1. Что такое процесс теплопроводности?
2. Каковы единицы измерения коэффициента теплопроводности? Почему сыпучие, пористые и волокнистые материалы имеют низкие значения коэффициента теплопроводности?
3. Как записывается уравнение Фурье для плоской однослойной стенки при стационарном режиме?
4. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры в данном случае? Чем это объяснить?
5. Может ли рассматриваемый материал иметь другие величины коэффициента теплопроводности? Если да, то в каких условиях? В каких пределах? Почему?
6. Что называется конвективным теплообменом?
7. Как записывается уравнение теплоотдачи (уравнение Ньютона - Рихмана)?
8. Каковы физический смысл и единицы измерения коэффициента теплоотдачи?
9. От каких величин зависит коэффициент теплоотдачи?
10. Какие условия лежат в основе теории подобия?
11. Что такое критерий подобия?
12. Какими критериями подобия характеризуется конвективный теплообмен, в чем их физический смысл?
13. Какое уравнение называется критериальным?
14. Что такое степень черноты?
15. От каких факторов зависит величина коэффициента теплоотдачи?
16. Как Вы могли бы изменить величину коэффициента теплоотдачи в данной установке?
17. Что Вы понимаете под сложным теплообменом?
18. Как определяется коэффициент сложного теплообмена?
19. Почему у вертикальной трубы коэффициент теплоотдачи при прочих равных условиях меньше, чем у горизонтальной?
20. Как записывается уравнение теплопередачи?
21. Физический смысл и единицы измерения коэффициента теплопередачи.
22. Что такое средний температурный напор и как он вычисляется?

23. Каковы особенности работы теплообменника по схемам «прямоток» и «противоток»?
24. Объяснить устройство лабораторной установки по исследованию работы теплообменного аппарата.
25. Обстоятельно, с подробностями, объяснить, почему схема противотока выгоднее?
26. Как оцениваете Вы полученные величины коэффициента теплопередачи в сравнении со справочно-литературными данными? Причины расхождения?
27. Как изменяется коэффициент теплопередачи в процессе эксплуатации теплообменника и по каким причинам?
28. Как Вы могли бы повысить эффективность данного теплообменника?
29. Каковы основные особенности лучистого теплообмена?
30. Какое тело называется абсолютно белым, абсолютно прозрачным?
31. В чем сущность законов Планка и Вина?
32. В чем сущность закона Стефана-Больцмана?
33. В чем сущность закона Кирхгофа?
34. Что такое степень черноты? От каких факторов она зависит?
35. Как приблизительно изменится количество излучаемой энергии при установке двух экранов?
36. Что такое излучательная способность тела?
37. В чем основные особенности излучения газов?
38. Какие критерии подобия конвективного теплообмена используются в данной лабораторной работе? Каков их физический смысл?
39. Что называется теплообменным аппаратом? По какой схеме он работает?
40. Почему при вынужденном движении воздуха коэффициент теплопередачи больше, чем при свободном?
41. С какой целью трубы теплообменника выполнены ребристыми? Почему ребра выполнены со стороны воздуха, а не воды?
42. Что такое конвективный теплообмен?
43. Как записывается уравнение теплоотдачи (уравнение Ньютона-Рихмана)?
44. Каков физический смысл единицы измерения коэффициента теплоотдачи?
45. От каких величин зависит коэффициент теплоотдачи?
46. Что такое критерий подобия?
47. Какими критериями подобия характеризуется конвективный теплообмен, в чем их физический смысл?
48. Что такое тепловой регулярный режим?
49. Как связаны темп охлаждения с величиной коэффициента теплоотдачи?
10. Как влияет вид конвекции на коэффициент теплоотдачи?
50. Какова физическая сущность передачи тепла при теплопроводности?
51. Что такое температурное поле?
52. Что такое температурный градиент?
53. Как записывается уравнение Фурье?
54. Что такое термическое сопротивление плоской стенки?
55. Что такое удельный тепловой поток?
56. Объясните методику определения  $k$  в данной лабораторной работе.
57. Как зависит  $X$  от температуры в данном случае? Чем это можно объяснить?
58. Бывают ли иные зависимости  $A$  от температуры?

59. Какие единицы применяются для измерения давления?
60. Объясните устройство и принцип работы манометра с трубчатой пружиной.
61. Объясните принцип работы прибора ИКД-27.
62. Как подсчитывается абсолютное давление?
63. Какие бывают приборы для измерения давления, кроме использованных в данной лабораторной работе?
64. Как связаны между собой различные единицы измерения давления?
65. Объясните принцип работы шарикового клапана.
66. В чем различается назначение регулирующего и предохранительного клапана?
67. Как определяется абсолютное давление в сосуде, если известно показание вакуумметра  $p$ , подсоединенного к сосуду?
68. В чем физическая сущность абсолютного давления с точки зрения молекулярно-кинетической теории газов?
69. Какие термодинамические параметры относятся к основным?
70. Какие физические условия в термодинамике называются нормальными?
71. Объясните принцип работы манометра.
72. Приведите примеры использования в технике предохранительных клапанов.
73. Какие типы предохранительных клапанов (кроме шарикового) используются в технике?
74. Какие единицы измерения давления используются при решении задач с помощью уравнения состояния идеального газа?
75. Какие единицы измерения давления являются основными в СИ и МКГСС? .
76. Какие внесистемные единицы измерения давления Вы знаете?
77. В чем различие между технической и физической атмосферой?
78. Приведите пример из техники, когда необходимо поддерживать постоянное давление?
79. Что называется удельной теплоемкостью? В каких единицах она измеряется?
80. В чем физическая сущность метода измерения теплоемкости используемого в данной лабораторной работе?
81. Какая связь между единицами измерения теплоемкости в системах единиц СИ и МКГСС?
82. Чему равна теплоемкость воды при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  в единицах СИ и МКГСС?
83. Какое вещество из используемых в теплотехнике имеет наибольшую теплоемкость?
84. Почему в лабораторной установке ампула с образцом отделена от окружающей среды адиабатической оболочкой (теплоизоляцией)?
85. Какой пар называется насыщенным, перегретым?
86. Что такое влажный насыщенный пар, сухой насыщенный пар?
87. Что такое степень сухости?
88. На что расходуется подводимое тепло при парообразовании?
89. Как изображается процесс парообразования ( $p = \text{const}$ ) в диаграммах  $p, v$  и  $\Gamma, s$ ?
90. Как определяются параметры пара и воды с помощью диаграммы  $h, s$ ?
91. Как определяются параметры влажного пара с помощью таблиц?

92. В чем заключается удобство диаграммы  $h, s$  ?
93. Каков характер изотерм, изохор, изобар в координатах  $T, s, h, s_l$  Ю. Как исследовать процесс дросселирования с помощью диаграммы  $h, s$  !
94. Как изменяется величина располагаемой работы адиабатного процесса, если перед его осуществлением происходит дросселирование? Почему?
95. Почему с помощью обычно применяемых в технике манометров измеряется избыточное давление, а не абсолютное?
96. Как определяется абсолютное давление на основе измеренного избыточного давления?
97. Какое давление (абсолютное или избыточное) приводится в диаграммах и таблицах термодинамических свойств воды и водяного пара?
98. Как по диаграмме  $h, s$  определить температуру насыщения по заданному давлению?
99. Как связан знак относительной ошибки с условиями эксперимента (нагрев или охлаждение)?
100. Может ли вода кипеть при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? При  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
101. Может ли происходить парообразование при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? При  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
102. Что такое критическое состояние вещества? Каковы основные параметры воды в критическом состоянии?
103. Как записывается уравнение политропного процесса?
104. Чему равны значения показателя политропы соответственно для адиабатного, изотермического, изобарного и изохорного процесса?
105. Как изображается адиабатный процесс расширения в диаграмме  $T, s$  ?
106. Чему равна площадь под кривой процесса в диаграммах  $p, v$  и  $T, s$  ?
107. Как изображается адиабатный процесс сжатия в диаграмме  $p, v$  (сравнить с изотермическим)?
108. Как записывается математическое выражение первого закона термодинамики для неподвижной массы газа?
109. Чему равна работа газа при адиабатном расширении?
110. Как подсчитывается работа политропного расширения (сжатия)?
111. Как учитываются различные виды потерь при совершении газом работы?
112. Какое давление следует использовать при расчете термодинамических процессов: абсолютное или избыточное? Почему?
113. В каких единицах должна быть измерена температура при расчетах с помощью уравнений состояния? Почему?
114. Почему в данной работе оказывается возможным пренебречь изменением массы газа? Велика ли (сколько процентов) при этом погрешность?
115. Что такое теплоемкость газа и от каких факторов она зависит?
116. Что такое средняя теплоемкость, как она обозначается?
117. Что больше: изобарная теплоемкость или изохорная? Почему?
118. Какие единицы измерения имеют массовая, объемная и киломолярная теплоемкости?
119. Как найти объемную теплоемкость, если известна соответствующая массовая теплоемкость?
120. Как зависит теплоемкость газа от температуры?
121. Может ли воздух иметь другую теплоемкость? Если да, то при каких условиях?

Выполняется в соответствии с методическими указаниями к лабораторным занятиям по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.03 – Энергетическое машиностроение специальности “Двигатели внутреннего сгорания”) / Сост.: Ю.А.Куликов, А.А.Данилейченко. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2019. – 93 с.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству лабораторная работа

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                                                          |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                  | Лабораторная работа выполнена на высоком уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны на 90-100 % вопросов/задач)     |
| 4                                  | Лабораторная работа выполнена на среднем уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны на 75-89 % вопросов/задач)      |
| 3                                  | Лабораторная работа выполнена на низком уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны на 50-74 % вопросов/задач)       |
| 2                                  | Лабораторная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны менее чем на 50 %) |

### Практические занятия:

#### *Контрольная задача 1*

Газообразные продукты сгорания топлива охлаждаются в изобарном процессе от температуры  $t_1$  до температуры  $t_2$ . Состав газов задан в объемных долях:  $r_{N_2}$ ,  $r_{CO_2}$  и  $r_{H_2O}$ .

Найти количество теплоты, отдаваемое 1 м<sup>3</sup> продуктов сгорания. Объем определен при нормальных условиях. Исходные данные принять по табл. 1.1 в зависимости от шифра (номера варианта). Расчет выполнить с использованием средних теплоемкостей.

Таблица 1.1. Исходные данные

| Последняя цифра шифра | Объемный состав, % |           |            | Предпоследняя цифра шифра | Температуры     |                 |
|-----------------------|--------------------|-----------|------------|---------------------------|-----------------|-----------------|
|                       | $r_{CO_2}$         | $r_{N_2}$ | $r_{H_2O}$ |                           | $t_1, ^\circ C$ | $t_2, ^\circ C$ |
| 1                     | 17                 | 72        | 11         | 1                         | 800             | 200             |
| 2                     | 25                 | 67        | 8          | 2                         | 700             | 300             |
| 3                     | 19                 | 75        | 6          | 3                         | 1 500           | 400             |
| 4                     | 15                 | 64        | 21         | 4                         | 1 400           | 500             |
| 5                     | 16                 | 70        | 14         | 5                         | 1 300           | 600             |
| 6                     | 14                 | 57        | 29         | 6                         | 1 200           | 200             |
| 7                     | 14                 | 73        | 13         | 7                         | 1 100           | 300             |
| 8                     | 10                 | 70        | 20         | 8                         | 1 000           | 400             |
| 9                     | 14                 | 79        | 7          | 9                         | 900             | 500             |
| 0                     | 11                 | 73        | 16         | 0                         | 800             | 600             |

#### *Контрольная задача 2*

В одноступенчатом поршневом компрессоре с объемной подачей  $Q_V$  сжимается смесь газов от давления  $P_1 = 100$  кПа до давления  $P_2$ . Начальная температура газовой смеси  $t_1$ , ее состав задан массовыми долями  $g_{H_2}$ ,  $g_{CO}$ ,  $g_{CO_2}$ ,  $g_{N_2}$ . Подача компрессора приведена к нормальным условиям ( $P_o = 101,3$  кПа и  $t_o = 0$  °C).

Определить удельный объем и удельную энтропию газовой смеси перед сжатием.

Рассчитать для изотермического, адиабатного и политропного (с показателем политропы  $n$ ) процессов сжатия:

- температуру, удельный объем и удельную энтропию смеси газов в конце процесса сжатия;
- теоретическую мощность привода;
- расход охлаждающей воды  $G$ , кг/ч, при повышении температуры воды в рубашке компрессора на  $10$  °C.

Расчет выполнить без учета влияния вредного пространства, принимая теплоемкость смеси газов постоянной в каждом из процессов.

Построить в масштабе рабочий процесс компрессора в диаграммах  $P\vartheta$  и  $TS$ . Исходные данные приведены в табл. 1.2. в зависимости от шифра (номера варианта).

Таблица 1.2. Исходные данные

| Последняя цифра шифра | Состав смеси, массовые доли газов, % |          |            |           | Предпоследняя цифра шифра | $P_2$ , кПа | $n$  | $t_1$ , °C | $Q_V$ , м³/ч |
|-----------------------|--------------------------------------|----------|------------|-----------|---------------------------|-------------|------|------------|--------------|
|                       | $g_{H_2}$                            | $g_{CO}$ | $g_{CO_2}$ | $g_{N_2}$ |                           |             |      |            |              |
| 1                     | 30                                   | 5        | 10         | 60        | 1                         | 500         | 1,1  | 5          | 30           |
| 2                     | 15                                   | 10       | 15         | 60        | 2                         | 550         | 1,12 | 10         | 50           |
| 3                     | 20                                   | 15       | 15         | 50        | 3                         | 600         | 1,14 | 15         | 80           |
| 4                     | 35                                   | 20       | 10         | 35        | 4                         | 650         | 1,16 | 20         | 100          |
| 5                     | 10                                   | 40       | 5          | 45        | 5                         | 700         | 1,18 | 30         | 120          |
| 6                     | 15                                   | 30       | 15         | 40        | 6                         | 750         | 1,2  | 5          | 150          |
| 7                     | 25                                   | 15       | 20         | 40        | 7                         | 800         | 1,23 | 10         | 200          |
| 8                     | 20                                   | 25       | 5          | 50        | 8                         | 850         | 1,26 | 20         | 250          |
| 9                     | 20                                   | 10       | 15         | 55        | 9                         | 900         | 1,29 | 25         | 300          |
| 0                     | 30                                   | 15       | 10         | 45        | 0                         | 1000        | 1,32 | 30         | 400          |

### Контрольная задача 3

Рассчитать цикл поршневого ДВС по заданным начальным параметрам состояния рабочего тела ( $P_1$ ,  $t_1$ ) и параметрам цикла ( $\varepsilon_{ц}$ ,  $\lambda_{ц}$ ,  $\rho_{ц}$ ). В качестве рабочего тела принять воздух.

При расчете определить основные параметры состояния ( $P$ ,  $\vartheta$ ,  $T$  и  $S$ ) в характерных точках цикла, подведенную и отведенную удельную теплоту, термический КПД и удельную работу цикла.

Построить цикл в масштабе в диаграммах  $P\vartheta$  и  $TS$ .

Исходные данные принять в соответствии с табл. 1.3.

Таблица 1.3. Исходные данные

| Параметры цикла   | Последняя цифра шифра |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                   | 0                     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| $\varepsilon_{ц}$ | 7                     | 18  | 13  | 8   | 20  | 15  | 9   | 23  | 12  | 6   |
| $\lambda_{ц}$     | 1,8                   | 1,0 | 1,2 | 1,7 | 1,0 | 1,3 | 2,0 | 1,0 | 1,4 | 1,9 |

|             |                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\rho$      | 1,0                              | 2,0 | 1,5 | 1,0 | 2,3 | 1,7 | 1,0 | 1,9 | 1,5 | 1,0 |
|             | <b>Предпоследняя цифра шифра</b> |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| $P_1$ , кПа | 95                               | 120 | 100 | 150 | 180 | 110 | 98  | 102 | 96  | 95  |
| $t_1$ , °C  | 40                               | 30  | 25  | 27  | 17  | 20  | 35  | 27  | 7   | 0   |

#### Контрольная задача 4

Для цикла ГТУ с изобарным подводом теплоты определить параметры ( $P$ ,  $\vartheta$ ,  $T$  и  $S$ ) рабочего тела (воздуха) в характерных точках цикла, подведенную и отведенную удельную теплоту, удельную работу цикла и термический КПД, теоретическую мощность ГТУ.

Начальное давление  $P_1 = 0,1$  МПа, начальная температура  $t_1 = 27$  °C. Степень повышения давления в компрессоре  $\beta_{ц}$ , температура рабочего тела перед турбиной  $t_3$  и расход рабочего тела  $m_t$  выбрать по табл. 1.4 в зависимости от шифра (номера варианта). Изобразить цикл в масштабе в диаграммах  $P\vartheta$  и  $TS$ .

Таблица 1.4. Исходные данные

| Параметры    | Последняя цифра шифра     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|              | 0                         | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| $\beta_{ц}$  | 6                         | 6,5 | 7   | 7,5 | 8   | 8,5 | 9   | 10  | 11  | 12  |
|              | Предпоследняя цифра шифра |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|              | 0                         | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| $t_3$ , °C   | 600                       | 625 | 650 | 675 | 700 | 725 | 750 | 775 | 800 | 825 |
| $m_t$ , кг/с | 20                        | 25  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 |

#### Контрольная задача 5

Рассчитать идеальный цикл паросиловой установки – цикл Ренкина по заданным начальным параметрам перегретого водяного пара ( $P_1$ ,  $t_1$ ) и давлению пара в конденсаторе ( $P_2$ ).

Определить параметры состояния воды и водяного пара ( $P$ ,  $t$ ,  $\vartheta$ ,  $h$ ,  $S$ ,  $x$ ) в характерных точках цикла (рис. 6.1), удельную работу цикла, термический КПД и удельный расход пара. При этом не учитывать удельную работу, затрачиваемую в насосе.

Изобразить цикл в  $P\vartheta$  и  $TS$  – диаграммах. Показать стрелками процессы подвода и отвода теплоты, а штриховкой – удельную работу цикла.

Исходные данные принять по табл. 1.5.

Состояние пара в точке 5' характеризуется давлением  $P_1$  и степенью сухости  $x_5$ .

Таблица 1.5. Исходные данные

| Параметры цикла | Последняя цифра шифра     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                 | 0                         | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| $P_1$ , МПа     | 4,5                       | 2,0 | 3,0 | 3,5 | 1,5 | 2,5 | 4,0 | 5,0 | 3,5 | 2,0 |
| $t_1$ , °C      | 490                       | 480 | 450 | 470 | 440 | 420 | 430 | 500 | 410 | 450 |
|                 | Предпоследняя цифра шифра |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|                 | 0                         | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| $P_2$ , кПа     | 4,0                       | 3,0 | 4,5 | 45  | 5,0 | 30  | 20  | 7,5 | 40  | 10  |
| $x_5$ , %       | 87                        | 95  | 96  | 92  | 98  | 95  | 88  | 97  | 95  | 90  |

#### Контрольная задача 6

В качестве рабочего вещества в холодильной машине холодопроизводительностью  $\Phi$ , кВт, используется хладон R12, который при температуре  $t_1$  поступает в компрессор и сжимается в адиабатном процессе до состояния сухого насыщенного пара при температуре  $t_2$ .

Конденсация хладона происходит полностью без переохлаждения конденсата перед терморегулирующим вентилем.

Найти холодильный коэффициент, массовый расход хладона и теоретическую мощность привода компрессора.

Изобразить цикл холодильной машины в масштабе в диаграмме  $TS$  и ее схему.

Исходные данные принять по табл. 1.6

Таблица 1.6. Исходные данные

| Последняя цифра шифра | $t_1$ , °C | Предпоследняя цифра шифра | $\Phi$ , кВт | $t_c$ , °C |
|-----------------------|------------|---------------------------|--------------|------------|
| 1                     | 0          | 1                         | 10           | 15         |
| 2                     | – 5        | 2                         | 20           | 20         |
| 3                     | – 10       | 3                         | 30           | 25         |
| 4                     | – 15       | 4                         | 40           | 30         |
| 5                     | – 18       | 5                         | 50           | 35         |
| 6                     | – 20       | 6                         | 60           | 15         |
| 7                     | – 25       | 7                         | 80           | 20         |
| 8                     | – 30       | 8                         | 100          | 25         |
| 9                     | – 35       | 9                         | 120          | 30         |
| 0                     | – 40       | 0                         | 150          | 35         |

### Контрольная задача 7

Рассчитать цикл (определить параметры в узловых точках, холодильный коэффициент, холодопроизводительность и теоретическую мощность привода компрессора) аммиачной холодильной машины. Температуру кипения  $t_1$ , температуру конденсации  $t_2$  и массовый расход аммиака  $m$  принять по табл. 1.7.

Состояние пара на входе в компрессор – сухой насыщенный, переохлаждение конденсата отсутствует, сжатие пара является адиабатным.

Изобразить цикл в масштабе в диаграмме  $TS$ .

Таблица 1.7. Исходные данные

| Последняя цифра шифра | $t_1$ , °C | Предпоследняя цифра шифра | $m$ , кг/ч | $t_2$ , °C |
|-----------------------|------------|---------------------------|------------|------------|
| 1                     | – 22       | 1                         | 30         | 35         |
| 2                     | – 35       | 2                         | 50         | 30         |
| 3                     | – 30       | 3                         | 80         | 25         |
| 4                     | – 25       | 4                         | 100        | 20         |
| 5                     | – 20       | 5                         | 150        | 15         |
| 6                     | – 18       | 6                         | 200        | 35         |
| 7                     | – 15       | 7                         | 250        | 30         |
| 8                     | – 10       | 8                         | 300        | 25         |
| 9                     | – 12       | 9                         | 400        | 20         |
| 0                     | – 28       | 0                         | 500        | 15         |

### Контрольная задача 8

По горизонтальному трубопроводу внутренним диаметром  $d_1$  и толщиной стенки  $\delta_1$  движется горячая вода со скоростью  $g$  и средней температурой  $t_1$ . Для снижения теплотерь предусмотрена тепловая изоляция теплопроводностью  $\lambda_2$  и



толщиной  $\delta_2$ . Трубопровод охлаждается в условиях свободной конвекции атмосферного воздуха температурой  $t_2$  и лучистого теплообмена на наружной поверхности тепловой изоляции. Коэффициент теплового излучения поверхности изоляции  $\varepsilon = 0,95$ . Теплопроводность стали  $\lambda_1 = 45 \text{ Вт/(м·К)}$ .

Определить температуры поверхностей трубопровода и изоляции, линейный коэффициент теплопередачи и линейную плотность теплового потока.

Определить критический диаметр изоляции и сделать вывод о ее эффективности.

Построить в масштабе температурный график, исходные данные принять по табл. 1.8.

Таблица 1.8. Исходные данные к задаче 8

| Последняя цифра шифра | $t_1$ ,<br>°C | $q$ ,<br>м/с | $\delta_2$ ,<br>мм | Предпоследняя цифра<br>шифра | $t_2$ ,<br>°C | $d_1$ ,<br>мм | $\delta_1$ ,<br>мм | $\lambda_2$ ,<br>Вт/(м·К) |
|-----------------------|---------------|--------------|--------------------|------------------------------|---------------|---------------|--------------------|---------------------------|
| 1                     | 90            | 0,5          | 40                 | 1                            | -20           | 21            | 2                  | 0,05                      |
| 2                     | 110           | 1,0          | 50                 | 2                            | -10           | 28            | 2                  | 0,075                     |
| 3                     | 130           | 1,5          | 60                 | 3                            | 0             | 34            | 2                  | 0,1                       |
| 4                     | 150           | 2,0          | 70                 | 4                            | 10            | 41            | 2                  | 0,15                      |
| 5                     | 170           | 2,5          | 80                 | 5                            | 20            | 51            | 3                  | 0,2                       |
| 6                     | 90            | 0,5          | 40                 | 6                            | -20           | 70            | 3                  | 0,25                      |
| 7                     | 110           | 1,0          | 50                 | 7                            | -10           | 83            | 3                  | 0,3                       |
| 8                     | 130           | 1,5          | 60                 | 8                            | 0             | 101           | 4                  | 0,35                      |
| 9                     | 150           | 2,0          | 70                 | 9                            | 10            | 126           | 4,5                | 0,4                       |
| 0                     | 170           | 2,5          | 80                 | 0                            | 20            | 150           | 4,5                | 0,5                       |

### Контрольная задача 9

Выбрать типоразмер секционного водоводяного подогревателя, устанавливаемого в системе теплоснабжения сельскохозяйственного объекта, и определить число секций, принятых к установке.

Построить температурные графики сетевой и нагреваемой воды.

Тепловую мощность подогревателя  $\Phi$ , температуры сетевой воды на входе в подогреватель  $t_1'$  и на выходе  $t_1''$ , а также температуры нагреваемой воды на входе в подогреватель  $t_2'$  и на выходе  $t_2''$  принять по табл. 1.9. в зависимости от номера варианта.

Таблица 1.9. Исходные данные

| Последняя цифра шифра | $\Phi$ , кВт | Предпоследняя цифра шифра | Температура, °C |         |        |         |
|-----------------------|--------------|---------------------------|-----------------|---------|--------|---------|
|                       |              |                           | $t_1'$          | $t_1''$ | $t_2'$ | $t_2''$ |
| 1                     | 160          | 1                         | 70              | 20      | 60     | 10      |
| 2                     | 200          | 2                         | 70              | 25      | 60     | 5       |
| 3                     | 300          | 3                         | 70              | 30      | 55     | 5       |
| 4                     | 400          | 4                         | 70              | 35      | 60     | 10      |
| 5                     | 500          | 5                         | 70              | 20      | 55     | 5       |
| 6                     | 600          | 6                         | 70              | 25      | 60     | 10      |
| 7                     | 700          | 7                         | 70              | 30      | 60     | 5       |
| 8                     | 800          | 8                         | 70              | 35      | 55     | 5       |
| 9                     | 900          | 9                         | 70              | 30      | 60     | 10      |
| 0                     | 1 000        | 0                         | 70              | 35      | 60     | 5       |

## Критерии и шкала оценивания по оценочному средству практические занятия

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                                              |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                  | Задания выполнены на высоком уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны на 90-100 % вопросов/задач)     |
| 4                                  | Задания выполнены на среднем уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны на 75-89 % вопросов/задач)      |
| 3                                  | Задания выполнены на низком уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны на 50-74 % вопросов/задач)       |
| 2                                  | Задания выполнены на неудовлетворительном уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны менее чем на 50 %) |

### Комплект заданий к контрольной работе:

#### Вариант 1

1. Предмет термодинамики. Термодинамический метод. Термодинамические параметры состояния.
2. В сосуде емкостью 1000 литров содержится при давлении  $p = 1,2$  атм, температуре  $t = 20^\circ\text{C}$  газовая смесь, состоящая по объему из 20% азота и 80% окиси углерода. Определить вес составляющей газовой смеси.

#### Вариант 2

1. Рабочее тело и его параметры. Уравнение состояния.
2. Определить удельный расход пара в паросиловой установке, работающей по циклу Ренкина, если параметры пара перед турбиной  $p = 30$  бар,  $t = 460$  C, а давление в конденсаторе  $p = 0,04$  бар.

#### Вариант 3

1. Работа газа. Вычисление работы. Графическое представление.
2. Манометр, установленный на барабане парового котла, показывает 8 кг/см. Чему равно абсолютное давление в котле, если барометрическое давление  $B = 700$  мм.рт.ст.

#### Вариант 4

1. Основные законы идеальных газов
2. На изобарное сжатие 1 кг кислорода ( $O_2$ ) затрачена работа 100 кДж. Определить давление кислорода, если в начале сжатия его объем равен 0,4 м<sup>3</sup>/кг, а температура в конце сжатия равна  $30^\circ\text{C}$ .

#### Вариант 5

1. Сравнение термодинамических циклов поршневых ДВС при  $\epsilon = \text{idem}$ .
2. В 1 кг воздуха в изохорном процессе подводится 500 кДж тепла. Давление газа при этом возрастает от 30 бар до 70 бар. Определить конечную температуру воздуха, считая теплоемкость постоянной.

#### Вариант 6

1. Работа и теплота в термодинамическом процессе.
2. Определить абсолютное давление в сосуде, если показание присоединенного к нему ртутного манометра равно 1 бар, а атмосферное давление по ба-

рометру составляет 750 мм.рт.ст. Температура в месте установки приборов равно 0 С.

#### Вариант 7

1. Уравнения состояния для реальных газов.
2. В 1 кг воздуха в изохорном процессе подводится 500кДж тепла. Давление газа при этом возрастает от 30 бар до 70 бар. Определить конечную температуру воздуха, считая теплоемкость постоянной.

#### Вариант 8

1. Анализ изохорного и изобарного процессов.
2. Вследствие адиабатного сжатия воздуха его температура повышается с 30 С до 31<sup>0</sup> С. при этом затрачена работа 0,2 кДж. Определить массу сжигаемого воздуха, считая теплоемкость постоянной.

#### Вариант 9

1. Цикл поршневых ДВС со смешанным подводом теплоты.
2. Массовая теплоемкость воздуха при постоянном давлении  $C = 1000 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ . Найти модульную теплоемкость воздуха в процессе при постоянном объеме ( $M = 29 \text{ кг/кмоль}$ ).

#### Вариант 10

1. Какие рабочие диапазоны температур различных термопар?
2. Определить полезную работу цикла Карно, если при адиабатном сжатии абсолютная температура рабочего тела повысилась в 2,5 раза, а в цикле подводится 350 кДж тепла.

#### Вариант 11

1. Энтропия.
2. Определить средний температурный напор в противоточном воздушно-гелиевом теплообменнике энергетического атомного реактора. Гелий охлаждается от 730 до 440 С и нагревается воздух от 390 до 670 С.

#### Вариант 12

1. Коэффициент теплопроводности, его физический смысл.
2. Определить работу цикла Карно, если при адиабатном сжатии абсолютная температура рабочего тела повысилась в 2 раза, в цикле проводится 180 кДж тепла.

#### Вариант 13

1. Цикл Карно. Его значение. Термический к.п.д. цикла Карно
2. Определить подведенное тепло  $q$  в цикле газотурбинной установки со сгоранием при  $p = \text{const}$ , если степень повышения в компрессоре 10, а показатель адиабаты 1,4. Тепло, отданное холодному источнику, 25 кДж/кг.

#### Вариант 14

1. H-d диаграмма влажного воздуха.
2. Манометр, установленный на сосуде с кислородом, показывает давление 820 мм.рт.ст., а барометрическое давление равно 740 мм.рт.ст. Определить плотность кислорода при температуре 20 С.

#### Вариант 15

1. Температурное поле и температурный градиент. Закон Фурье.

2. Определить потерю теплоты путем конвекции вертикальным паропроводом диаметром 15 мм и высотой 2 м, если температура наружной стенки – 160 С, а температура окружающего воздуха 30 С.

Вариант 16

1. Второй закон термодинамики и его формулировки.
2. Определить потерю теплоты путем конвекции вертикальным паропроводом диаметром  $d=15$  мм и высотой  $h=2$  м, если температура наружной стенки  $t_n=160$  С, а температура окружающего воздуха  $t=30$  С

Вариант 17

1. Реальные рабочие тела. Фазовые переходы. Диаграмма  $p$ - $t$ .
2. При расширении азота совершается работа 150 кДж. Определить конечное давление газа, если его начальное давление равно 650 кПа, а температура газа в процессе расширения не изменяется  $h=0,5$  м.

Вариант 18

1. Графический метод расчета паровых процессов  $H$ - $S$  ( $I$ - $S$ ) диаграмма.
2. Температура воздуха 10 С. Определить относительную влажность воздуха при нагреве его до температуры 40 С, если влагосодержание воздуха при 10 С, равно 2

Вариант 19

1. Общий вид критериального уравнения теплоотдачи. Определяющие и определяемые критерии.
2. Вследствие адиабатного сжатия воздуха его температура повышается с 30 С до 310 С. при этом затрачена работа 0,2 кДж. Определить массу сжигаемого воздуха, считая теплоемкость постоянной.

Вариант 20

1. Цикл Карно. Его значение
2. Вследствие адиабатного сжатия воздуха его температура повышается с 30 С до 310 С. при этом затрачена работа 0,2 кДж. Определить массу сжигаемого воздуха, считая теплоемкость постоянной.

Вариант 21

1. Обработка результатов экспериментальных исследований с использованием теории подобия.
2. В 1 кг воздуха в изохорном процессе подводится 500 кДж тепла. Давление газа при этом возрастает от 30 бар до 70 бар. Определить конечную температуру воздуха, считая теплоемкость постоянной.

Вариант 22

1. Лучистый теплообмен. Закон Стефана-Больцмана.
2. Манометр, установленный на сосуде с кислородом, показывает давление 820 мм.рт.ст., а барометрическое давление равно 740 мм.рт.ст. Определить плотность кислорода при температуре 20 С.

Вариант 23

1. Цикл компрессорной холодильной машины.
2. При расширении азота совершается работа 150 кДж. Определить конечное давление газа, если его начальное давление равно 650 кПа, а температура газа в процессе расширения не изменяется  $h=0,5$  м.

## Вариант 24

1. Основы работы теплообменных аппаратов.
2. Определить подведенное тепло  $q$  в цикле газотурбинной установки со сгоранием при  $p = \text{const}$ , если степень повышения в компрессоре 10, а показатель адиабаты  $K=1,4$ . Тепло, отданное холодному источнику,  $q = 25 \text{ кДж/кг}$ .

### Пример контрольного тестирования по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»

#### 1. Закон Бойля – Мариотта утверждает что:

- 1) при  $p = \text{const}$ ,  $v_i / T_i = \text{const}$ ;
- 2) при  $T = \text{const}$ ,  $v_i \cdot p_i = \text{const}$ ;
- 3) при  $V = \text{const}$ ,  $p_i / T_i = \text{const}$ ;
- 4)  $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ .

#### 2. Закон Гей – Люсака утверждает что:

- 1) при  $p = \text{const}$ ,  $\frac{v_i}{T_i} = \text{const}$ ;
- 2) при  $T = \text{const}$ ,  $p_i \cdot v_i = \text{const}$ ;
- 3) при  $V = \text{const}$ ,  $\frac{p_i}{T_i} = \text{const}$ ;
- 4)  $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ .

#### 3. Закон Шарля утверждает что:

- 1) при  $T = \text{const}$ ,  $p_i \cdot v_i = \text{const}$ ;
- 2) при  $V = \text{const}$ ,  $\frac{p_i}{T_i} = \text{const}$ ;
- 3) при  $p = \text{const}$ ,  $\frac{v_i}{T_i} = \text{const}$ ;
- 4)  $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ .

#### 4. Уравнение Клапейрона I вида имеет вид:

- 1)  $p \cdot V_\mu = \mu \cdot R \cdot T$ ;
- 2)  $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ ;
- 3)  $p \cdot V = n \cdot \mu \cdot R \cdot T$ ;
- 4)  $p \cdot v = R \cdot T$ .

#### 5. Уравнение Менделеева представлено выражением:

- 1)  $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ ;
- 2)  $p \cdot V_\mu \cdot n = n \cdot \mu \cdot R \cdot T$ ;
- 3)  $p \cdot V_\mu = \mu \cdot R \cdot T$ ;
- 4)  $p \cdot V = n \cdot \mu \cdot R \cdot T$ .

#### 6. Уравнение Менделеева – Клапейрона представлено выражением:

- 1)  $p \cdot v = R \cdot T$ ;
- 2)  $p \cdot V_\mu = \mu \cdot R \cdot T$ ;

3)  $p \cdot V_\mu = \mu \cdot R \cdot T$ ;      4)  $p \cdot V = n \cdot \mu \cdot R \cdot T$ .

**7. Уравнение состояние идеального газа записывается в виде:**

1)  $p \cdot m = V \cdot R \cdot T$ ;      2)  $m \cdot R = p \cdot V \cdot T$ ;  
3)  $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ ;      4)  $T \cdot R = m \cdot p \cdot V$ .

**8. Величина  $\mu R$  называется:**

- 1) удельная газовая постоянная;
- 2) термический коэффициент полезного действия;
- 3) универсальная газовая постоянная;
- 4) холодильный коэффициент.

**9. Термодинамическая система, не обменивающаяся теплотой с окружающей средой, называется:**

- 1) открытой;
- 2) закрытой;
- 3) изолированной;
- 4) адиабатной.

**10. Термодинамическая система, не обменивающаяся с окружающей средой веществом, называется:**

- 1) закрытой;
- 2) замкнутой;
- 3) теплоизолированной;
- 4) изолированной.

**11. Термодинамическая система, не обменивающаяся с окружающей средой ни энергией, ни веществом, называется:**

- 1) адиабатной;
- 2) закрытой;
- 3) замкнутой;
- 4) теплоизолированной.

**12. Термодинамический процесс, протекающий как в прямом, так и в обратном направлении называется:**

- 1) равновесным;
- 2) обратимым;
- 3) неравновесным;
- 4) необратимым.

**13. Термодинамический процесс, в котором рабочее тело, пройдя ряд состояний, возвращается в начальное состояние, называется:**

- 1) необратимым;
- 2) равновесным;
- 3) обратимым;
- 4) неравновесным.

**14. Закон Авогадро утверждает, что все идеальные газы при одинаковых  $p$  и  $T$  в равных объёмах содержат одинаковое число:**

- 1) атомов;
- 2) молекул;
- 3) степеней свободы;
- 4) молей.

**15. Удельная массовая теплоёмкость определяется по формуле:**

- 1)  $\mu c = \frac{\partial Q}{n \cdot dt}$ ;
- 2)  $C = \frac{\partial Q}{dt}$ ;
- 3)  $c = \frac{\partial Q}{m \cdot dt}$ ;
- 4)  $c' = \frac{\partial Q}{V \cdot dt}$ .

**16. Удельная объёмная теплоёмкость определяется по формуле:**

- 1)  $c = \frac{\partial Q}{m \cdot dt}$ ;
- 2)  $c' = \frac{\partial Q}{V \cdot dt}$ ;
- 3)  $\mu c = \frac{\partial Q}{n \cdot dt}$ ;
- 4)  $C = \frac{\partial Q}{dt}$ .

**17. Удельная молярная теплоёмкость определяется по формуле:**

- 1)  $\mu c = \frac{\partial Q}{n \cdot dt}$ ;
- 2)  $c' = \frac{\partial Q}{V \cdot (t_2 - t_1)}$ ;
- 3)  $c = \frac{\partial Q}{m \cdot dt}$ ;
- 4)  $C = \frac{\partial Q}{dt}$ .

**18. Средняя удельная массовая теплоёмкость определяется по формуле:**

- 1)  $\bar{c}' = \frac{\partial Q}{V \cdot (t_2 - t_1)}$ ;
- 2)  $\bar{\mu c} = \frac{\partial Q}{n \cdot (t_2 - t_1)}$ ;
- 3)  $\bar{c} = \frac{\partial Q}{m \cdot (t_2 - t_1)}$ ;
- 4)  $C = \frac{\partial Q}{dt}$ .

**19. Истинная удельная молярная теплоёмкость определяется по формуле:**

- 1)  $\bar{c} = \frac{\partial Q}{\underbrace{m \cdot (t_2 - t_1)}_0}$ ;
- 2)  $\bar{c}' = \frac{\partial Q}{\underbrace{V \cdot (t_2 - t_1)}_0}$ ;
- 3)  $\bar{\mu c} = \frac{\partial Q}{\underbrace{n \cdot (t_2 - t_1)}_0}$ ;
- 4)  $\bar{C} = \frac{\partial Q}{dt}$ .

**20. Теплоёмкость, определенная при постоянном давлении называется:**

- 1) изохорной;
- 2) изобарной;
- 3) истинной;
- 4) средней.

**21. Закон Майера утверждает что:**

- 1)  $\mu c_v = 4.115 \cdot z$ ;
- 2)  $\mu c_p = \mu c_v + \mu R$ ;

$$3) c_p + c_v = R; \quad 4) k = \frac{\mu C_p}{\mu C_v} = \frac{C_p}{C_v}.$$

**22. Уравнение для расчета удельной молярной изохорной теплоёмкости имеет вид:**

$$1) \mu c_p = k \cdot \mu c_v; \quad 2) \mu c_p = \mu c_v + \mu R; \\ 3) \mu c = \frac{\partial Q}{n \cdot dt}; \quad 4) \mu c_v = 4.115 \cdot z.$$

**23. Выражение для определения удельной массовой теплоёмкости смеси имеет вид:**

$$1) c'_{CM} = \sum_1^n r_i \cdot c'_i; \quad 2) c_{CM} = \sum_1^n g_i \cdot c_i; \\ 3) \mu c_{CM} = \sum_1^n \chi_i \cdot \mu c_i; \quad 4) c = \frac{\partial Q}{m \cdot dt}.$$

**24. Выражение для определения удельной объёмной теплоёмкости смеси имеет вид:**

$$1) c'_{CM} = \sum_1^n r_i \cdot c'_i; \quad 2) \mu c_{CM} = \sum_1^n \chi_i \cdot \mu c_i; \\ 3) c = \frac{\partial Q}{V \cdot dt}; \quad 4) c_{CM} = \sum_1^n g_i \cdot c_i.$$

**25. Выражение для определения удельной молярной теплоёмкости смеси имеет вид:**

$$1) \mu c = \frac{\partial Q}{n \cdot dt}; \quad 2) c_{CM} = \sum_1^n g_i \cdot c_i; \\ 3) \mu c_{CM} = \sum_1^n \chi_i \cdot \mu c_i; \quad 4) c'_{CM} = \sum_1^n r_i \cdot c'_i.$$

**26. Математическое выражение первого закона термодинамики для изолированных систем имеет вид:**

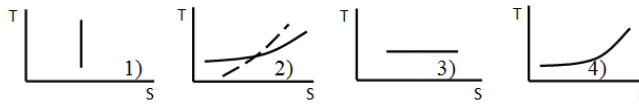
$$1) \frac{\delta Q}{T} = dS; \quad 2) dh = \delta q + v \cdot dp; \\ 3) dh = c_p \cdot dT; \quad 4) \delta Q = dU + \delta \ell.$$

**27. Уравнение первого закона термодинамики через энтальпию рассчитывается по формуле:**

$$1) \frac{\delta Q}{T} = dS; \quad 2) dh = \delta u + v \cdot dp; \\ 3) dh = c_p \cdot dT; \quad 4) \delta Q = dU + \delta \ell.$$

**28. Изображение изохорного процесса на диаграмме в координатах T – S имеет вид:**





**29. Связь между параметрами для изохорного процесса имеет вид:**

- 1)  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$ ;
- 2)  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}$ ;
- 3)  $p_1 \cdot v_1 = p_2 \cdot v_2$ ;
- 4)  $\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1} = \frac{T_2}{T_1}$ .

**29. Связь между параметрами для изохорного процесса имеет вид:**

- 1)  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$ ;
- 2)  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}$ ;
- 3)  $p_1 \cdot v_1 = p_2 \cdot v_2$ ;
- 4)  $\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1} = \frac{T_2}{T_1}$ .

**30. Уравнение для расчёта работы расширения газа в изохорном процессе имеет вид:**

- 1)  $L = 0$ ;
- 2)  $L = m \cdot c_p \cdot (T_1 - T_2)$ ;
- 3)  $L = m \cdot p_1 \cdot v_1 \cdot \ln \frac{v_2}{v_1}$ ;
- 4)  $L = m \cdot c_v \cdot (T_1 - T_2)$ .

**31. Изменение энтальпии газа в изохорном процессе представлено:**

- 1)  $\Delta h = 0$ ;
- 2)  $\Delta h = c_{II} \cdot (T_2 - T_1)$ ;
- 3)  $\Delta h = c_p \cdot (T_1 - T_2)$ ;
- 4)  $\Delta h = c_p \cdot (T_2 - T_1)$ .

**32. Уравнение для изменения энтропии в изохорном процессе имеет вид:**

- 1)  $\Delta S = m \cdot c_v \cdot \ln \frac{v_2}{v_1}$ ;
- 2)  $\Delta S = 0$ ;
- 3)  $\Delta S = m \cdot c_v \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$ ;
- 4)  $\Delta S = m \cdot c_p \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}$ .

**33. Уравнение для расчета теплоты в изохорном процессе имеет вид:**

- 1)  $Q = m \cdot c_v \cdot \Delta t$ ;
- 2)  $Q = m \cdot (c_v + R) \cdot \Delta t$ ;
- 3)  $Q = m \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{v_2}{v_1}$ ;
- 4)  $Q = m \cdot R \cdot T_2 \cdot \ln \frac{p_1}{p_2}$ .

**34. Уравнение для расчета подведенной теплоты в изобарном процессе имеет вид:**

- 1)  $Q = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1)$ ;
- 2)  $Q = m \cdot c_v \cdot (T_1 - T_2)$ ;

$$3) Q = m \cdot p_1 \cdot v_1 \cdot \ln \frac{v_2}{v_1}; \quad 4) Q = m \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{v_2}{v_1}.$$

**35. Связь между параметрами изобарного процесса представлено выражением:**

$$1) \frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}; \quad 2) \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1} = \frac{T_2}{T_1};$$

$$3) p_1 \cdot v_1 = p_2 \cdot v_2; \quad 4) \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольная работа

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                    |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                  | Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100 % вопросов/задач)     |
| 4                                  | Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89 % вопросов/задач)      |
| 3                                  | Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74 % вопросов/задач)       |
| 2                                  | Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50 %) |

**Индивидуальное задание:**

Требуется:

1. Определить параметры состояния рабочего тела в характерных точках цикла и заполнить таблицу

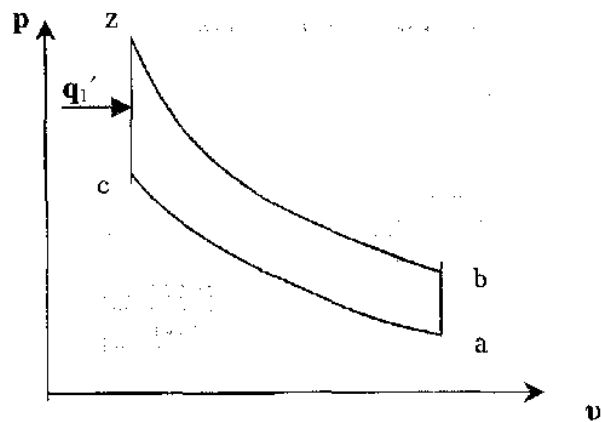
|   | Точка | p, кПа | v, м³/кг | T, К | t, °C |
|---|-------|--------|----------|------|-------|
| a |       |        |          |      |       |
| c |       |        |          |      |       |
| z |       |        |          |      |       |
| b |       |        |          |      |       |

2. Для каждого процесса, входящего в цикл, вычислить изменение внутренней энергии, энтальпии, энтропии, а также работу процесса и количество теплоты, участвующей в процессе.

3. Результаты вычислений термодинамических параметров процессов занести в таблицу, определить работу цикла, теплоту цикла, количество подведенной и отведенной теплоты, а также термический КПД цикла.

| Процесс | $\Delta u, \text{кДж/кг}$ | $\Delta h, \text{кДж/кг}$ | $\Delta s, \text{кДж/кг} \cdot \text{К}$ | $t, \text{кДж/кг}$ | $q, \text{кДж/кг}$ |
|---------|---------------------------|---------------------------|------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| a-c     |                           |                           |                                          |                    |                    |
| c-z     |                           |                           |                                          |                    |                    |
| z-b     |                           |                           |                                          |                    |                    |
| b-a     |                           |                           |                                          |                    |                    |
| Цикл    |                           |                           |                                          |                    |                    |

4. Построить заданный цикл в координатах T-s.



| Вариант | Газ             | $t_a, ^\circ\text{C}$ | $p_a, \text{кПа}$ | $\varepsilon$ | $\lambda$ | a-c     | z-b     | n    |
|---------|-----------------|-----------------------|-------------------|---------------|-----------|---------|---------|------|
| A-1     | H <sub>2</sub>  | 80                    | 200               | 6,0           | 6,2       | T=const | T=const | -    |
| A-2     | He              | 99                    | 250               | 6,5           | 5,9       | T=const | T=const | -    |
| A-3     | CH <sub>4</sub> | 80                    | 200               | 7,0           | 7,1       | T=const | dq=0    | -    |
| A-4     | SO <sub>2</sub> | 99                    | 250               | 7,5           | 6,7       | T=const | dq=0    | -    |
| A-5     | CO <sub>2</sub> | 80                    | 200               | 8,0           | 7,9       | T=const | n=const | 1,26 |
| A-6     | воздух          | 99                    | 260               | 8,5           | 7,5       | T=const | n=const | 1,26 |
| A-7     | N <sub>2</sub>  | 50                    | 140               | 7,0           | 3,6       | dq=0    | T=const | -    |
| A-8     | O <sub>2</sub>  | 15                    | 101               | 8,0           | 3,7       | dq=0    | T=const | -    |
| A-9     | воздух          | 70                    | 170               | 6,5           | 3,5       | dq=0    | T=const | -    |
| A-10    | H <sub>2</sub>  | 25                    | 101               | 9,5           | 3,4       | dq=0    | T=const | -    |
| A-11    | CO              | 30                    | 101               | 10,           | 3,3       | dq=0    | T=const | -    |
| A-12    | воздух          | 38                    | 150               | 7,5           | 3,8       | dq=0    | dq=0    | -    |

| Вариант | Газ             | $t_a$ , °C | $P_a$ , кПа | $\varepsilon$ | $q_1$ , кДж/кг | a-c              | z-b              | n    |
|---------|-----------------|------------|-------------|---------------|----------------|------------------|------------------|------|
| A-37    | He              | 99         | 250         | 5,5           | 5700           | $T=\text{const}$ | $T=\text{const}$ | -    |
| A-38    | SO <sub>2</sub> | 99         | 250         | 7,5           | 960            | $T=\text{const}$ | $dq=0$           | -    |
| A-39    | воздух          | 80         | 290         | 8,5           | 1700           | $T=\text{const}$ | $n=\text{const}$ | 1,26 |
| A-40    | O <sub>2</sub>  | 15         | 101         | 9,0           | 1200           | $dq=0$           | $T=\text{const}$ | -    |
| A-41    | воздух          | 70         | 170         | 6,5           | 1200           | $dq=0$           | $T=\text{const}$ | -    |
| A-42    | H <sub>2</sub>  | 85         | 101         | 9,5           | 9900           | $dq=0$           | $T=\text{const}$ | -    |
| A-43    | CO              | 30         | 101         | 10            | 1300           | $dq=0$           | $dq=0$           | -    |
| A-44    | воздух          | 58         | 150         | 7,5           | 1500           | $dq=0$           | $dq=0$           | -    |
| A-45    | H <sub>2</sub>  | 66         | 160         | 6,5           | 1500           | $dq=0$           | $dq=0$           | -    |
| A-46    | CO <sub>2</sub> | 20         | 101         | 9,0           | 1400           | $dq=0$           | $n=\text{const}$ | 1,26 |
| A-47    | CH <sub>4</sub> | 42         | 150         | 7,0           | 4100           | $dq=0$           | $n=\text{const}$ | 1,26 |
| A-48    | O <sub>2</sub>  | 15         | 101         | 9,5           | 1300           | $dq=0$           | $n=\text{const}$ | 1,26 |
| A-49    | CO              | 20         | 101         | 8,0           | 1400           | $n=\text{const}$ | $T=\text{const}$ | 1,35 |
| A-50    | CO <sub>2</sub> | 25         | 101         | 7,5           | 1500           | $n=\text{const}$ | $T=\text{const}$ | 1,35 |
| A-51    | H <sub>2</sub>  | 42         | 130         | 7,0           | 9900           | $n=\text{const}$ | $T=\text{const}$ | 1,35 |
| A-52    | H <sub>2</sub>  | 66         | 160         | 6,5           | 3000           | $n=\text{const}$ | $T=\text{const}$ | 1,35 |
| A-53    | O <sub>2</sub>  | 13         | 101         | 9,0           | 1200           | $n=\text{const}$ | $dq=0$           | 1,35 |
| A-54    | воздух          | 25         | 101         | 7,5           | 1400           | $n=\text{const}$ | $dq=0$           | 1,35 |
| A-55    | CH <sub>4</sub> | 50         | 140         | 7,0           | 3800           | $n=\text{const}$ | $dq=0$           | 1,35 |
| A-56    | CO              | 70         | 170         | 6,5           | 1300           | $n=\text{const}$ | $dq=0$           | 1,35 |
| A-57    | H <sub>2</sub>  | 15         | 101         | 9,5           | 9500           | $n=\text{const}$ | $n=\text{const}$ | 1,30 |
| A-58    | He              | 20         | 101         | 8,0           | 4800           | $n=\text{const}$ | $n=\text{const}$ | 1,30 |
| A-59    | O <sub>2</sub>  | 18         | 150         | 7,0           | 1200           | $n=\text{const}$ | $n=\text{const}$ | 1,30 |
| A-60    | SO <sub>2</sub> | 80         | 170         | 6,5           | 1000           | $n=\text{const}$ | $n=\text{const}$ | 1,30 |

| Вариант | Газ             | $t_a$ , °C | $p_a$ , кПа | $\varepsilon$ | $\lambda$ | a-c              | z-b              | n    |
|---------|-----------------|------------|-------------|---------------|-----------|------------------|------------------|------|
| A-13    | H <sub>2</sub>  | 40         | 101         | 8,5           | 3,2       | $dq=0$           | $dq=0$           | -    |
| A-14    | N <sub>2</sub>  | 66         | 160         | 8,5           | 3,9       | $dq=0$           | $dq=0$           | -    |
| A-15    | CO <sub>2</sub> | 20         | 101         | 9,0           | 4,1       | $dq=0$           | $n=\text{const}$ | 1,26 |
| A-16    | CH <sub>4</sub> | 42         | 130         | 7,0           | 4,3       | $dq=0$           | $n=\text{const}$ | 1,26 |
| A-17    | O <sub>2</sub>  | 15         | 101         | 9,5           | 4,0       | $dq=0$           | $n=\text{const}$ | 1,26 |
| A-18    | SO <sub>2</sub> | 66         | 160         | 5,0           | 4,2       | $dq=0$           | $n=\text{const}$ | 1,26 |
| A-19    | CH <sub>4</sub> | 15         | 101         | 8,5           | 4,1       | $n=\text{const}$ | $T=\text{const}$ | 1,35 |
| A-20    | CO              | 20         | 101         | 8,0           | 3,8       | $n=\text{const}$ | $T=\text{const}$ | 1,35 |
| A-21    | CO <sub>2</sub> | 25         | 101         | 7,5           | 4,3       | $n=\text{const}$ | $T=\text{const}$ | 1,35 |
| A-22    | H <sub>2</sub>  | 42         | 130         | 7,0           | 3,7       | $n=\text{const}$ | $T=\text{const}$ | 1,35 |
| A-23    | He              | 66         | 160         | 6,5           | 3,2       | $n=\text{const}$ | $T=\text{const}$ | 1,35 |
| A-24    | N <sub>2</sub>  | 86         | 190         | 6,0           | 3,4       | $n=\text{const}$ | $T=\text{const}$ | 1,35 |
| A-25    | O <sub>2</sub>  | 15         | 101         | 9,0           | 3,7       | $n=\text{const}$ | $dq=0$           | 1,35 |
| A-26    | SO <sub>2</sub> | 20         | 101         | 8,0           | 4,2       | $n=\text{const}$ | $dq=0$           | 1,35 |
| A-27    | воздух          | 25         | 101         | 7,5           | 3,9       | $n=\text{const}$ | $dq=0$           | 1,35 |
| A-28    | CH <sub>4</sub> | 50         | 140         | 7,0           | 4,0       | $n=\text{const}$ | $dq=0$           | 1,35 |
| A-29    | CO              | 70         | 170         | 6,5           | 3,9       | $n=\text{const}$ | $dq=0$           | 1,35 |
| A-30    | CO <sub>2</sub> | 67         | 200         | 6,0           | 4,0       | $n=\text{const}$ | $dq=0$           | 1,35 |
| A-31    | H <sub>2</sub>  | 15         | 101         | 9,5           | 3,6       | $n=\text{const}$ | $n=\text{const}$ | 1,30 |
| A-32    | H <sub>2</sub>  | 20         | 101         | 8,0           | 3,3       | $n=\text{const}$ | $n=\text{const}$ | 1,30 |
| A-33    | N <sub>2</sub>  | 25         | 101         | 7,5           | 3,8       | $n=\text{const}$ | $n=\text{const}$ | 1,30 |
| A-34    | O <sub>2</sub>  | 58         | 150         | 7,0           | 3,5       | $n=\text{const}$ | $n=\text{const}$ | 1,30 |
| A-35    | SO <sub>2</sub> | 80         | 180         | 6,5           | 3,9       | $n=\text{const}$ | $n=\text{const}$ | 1,30 |
| A-36    | воздух          | 67         | 210         | 6,0           | 3,6       | $n=\text{const}$ | $n=\text{const}$ | 1,30 |

Выполняется по методическим указаниям к выполнению индивидуального задания по дисциплине "Теоретические основы теплотехники" [Электронный ресурс]: для студентов всех специальностей / Сост.: Н.Г. Банников, В.А. Волков, Ю.А.Куликов, А.Н.Кинцак, В.А. Рыбальченко - Луганск: Изд-во ВЛУ им. Даля, 2010.-25 с.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству индивидуальное задание

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                  | Задание представлено на высоком уровне (студент полностью представил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.). Изложение и оформление текста полностью соответствует требованиям оформления технического текста |
| 4                                  | Задание представлено на среднем уровне (студент в целом изложил рассматриваемую проблематику, привел мало аргументов в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.). Изложение и оформление текста в основном соответствует требованиям оформления технического текста                          |
| 3                                  | Задание представлено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.). Изложение и оформление текста частично соответствует требованиям оформления технического текста                     |
| 2                                  | Задание представлено на неудовлетворительном уровне или не представлено (студент не готов, не выполнил задание и т.п.). Изложение и оформление текста полностью не соответствует требованиям оформлению технического текста                                                                                     |

### Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет):

#### БИЛЕТ № 1

##### Теоретическая часть.

1. Предмет термодинамики. Термодинамический метод. Термодинамические параметры состояния.
2. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.

##### Практическая часть.

В сосуде емкостью 1000 литров содержится при давлении  $p = 1,2$  атм, температуре  $t = 20^\circ\text{C}$  газовая смесь, состоящая по объему из 20% азота и 80% окиси углерода. Определить вес составляющей газовой смеси.

#### БИЛЕТ № 2

##### Теоретическая часть:

1. Рабочее тело и его параметры. Уравнение состояния.
2. Компрессионная холодильная установка. Et цикл и холодильный коэффициент..

##### Практическая часть:

Определить удельный расход пара в паросиловой установке, работающей по циклу Ренкина, если параметры пара перед турбиной  $p = 30 \text{ бар}$ ,  $t = 460^\circ\text{C}$ , а давление в конденсаторе  $p = 0,04 \text{ бар}$ .

### БИЛЕТ № 3

#### Теоретическая часть.

1. Работа газа. Вычисление работы. Графическое представление.
2. Анализ условия подобия на примере дифференциального уравнения теплоотдачи.

#### Практическая часть.

Манометр, установленный на барабане парового котла, показывает 8 кг/см. Чему равно абсолютное давление в котле, если барометрическое давление  $B = 700$  мм.рт.ст.

### БИЛЕТ № 4

#### Теоретическая часть:

1. Основные законы идеальных газов.
2. Моделирование на основе теории подобия.

#### Практическая часть:

На изобарное сжатие 1 кг кислорода ( $O_2$ ) затрачена работа 100 кДж. Определить давление кислорода, если в начале сжатия его объем равен 0,4 м<sup>3</sup>/кг, а температура в конце сжатия равна 30° С.

### БИЛЕТ № 5

#### Теоретическая часть.

1. Смеси идеальных газов. Уравнение состояния для газовой смеси.
2. Сравнение термодинамических циклов поршневых ДВС при  $\epsilon = idem$

#### Практическая часть.

В 1 кг воздуха в изохорном процессе подводится 500 кДж тепла. Давление газа при этом возрастает от 30 бар до 70 бар. Определить конечную температуру воздуха, считая теплоемкость постоянной.

### БИЛЕТ № 6

#### Теоретическая часть:

1. Первый закон термодинамики.
2. Цикл поршневых ДВС с подводом тепла  $p = const$ .

#### Практическая часть:

Определить абсолютное давление в сосуде, если показание присоединенного к нему ртутного манометра равно 1 бар, а атмосферное давление по барометру составляет 750 мм.рт.ст. Температура в месте установки приборов равно 0° С.

### БИЛЕТ № 7

#### Теоретическая часть.

1. Смеси идеальных газов. Уравнение состояния для газовой смеси.
2. Сравнение термодинамических циклов поршневых ДВС при  $\epsilon = idem$

#### Практическая часть.

В 1 кг воздуха в изохорном процессе подводится 500 кДж тепла. Давление газа при этом возрастает от 30 бар до 70 бар. Определить конечную температуру воздуха, считая теплоемкость постоянной.

### БИЛЕТ № 8

#### Теоретическая часть:

1. Анализ изохорного и изобарного процессов.
2. Сопло и диффузор. Изменение параметров газа по длине сопла. Профиль сопла.

**Практическая часть:**

Вследствие адиабатного сжатия воздуха его температура повышается с 30 С до 310 С ; при этом затрачена работа 0,2 кДж. Определить массу сжигаемого воздуха, считая теплоемкость постоянной.

**БИЛЕТ № 9****Теоретическая часть.**

1. Энтропия.
2. Цикл поршневых ДВС со смешанным подводом теплоты.

**Практическая часть.**

Массовая теплоемкость воздуха при постоянном давлении  $C = 1000 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ . Найти модульную теплоемкость воздуха в процессе при постоянном объеме ( $M=29 \text{ кг/кмоль}$ ).

**БИЛЕТ № 10****Теоретическая часть:**

1. Круговые процессы. Прямой цикл и его термический к.п.д.
2. Теплопередача. Элементарные виды теплообмена. Общий вид уравнения теплопередачи.

**Практическая часть:**

Определить полезную работу и цикла Карно, если при адиабатном сжатии абсолютная температура рабочего тела повысилась в 2,5 раза, а в цикле подводится 350 кДж тепла.

**БИЛЕТ № 11****Теоретическая часть.**

1. Обратный круговой процесс. Холодильный коэффициент.
2. Температурное поле и температурный градиент. Закон Фурье.

**Практическая часть.**

Определить средний температурный напор в противоточном воздушно- гелиевом теплообменнике энергетического атомного реактора. Гелий охлаждается от 730 до 440 С и нагревается воздух от 390 до 670 С.

**БИЛЕТ № 12****Теоретическая часть:**

1. Цикл Карно. Его значение. Термический к.п.д. цикла Карно.
2. Теплопроводность плоской стенки. Коэффициент теплопроводности.

**Практическая часть:**

Каково значение коэффициента теплопроводности материала стенки, если при  $d = 30 \text{ мм}$  и  $t = 30 \text{ С}$ . Количество теплоты, проходящее через стенку  $100 \text{ Вт/м}^2$

**БИЛЕТ № 13****Теоретическая часть.**

1. Общие свойства обратимых и необратимых циклов. Энтропия. Принцип возрастания энтропии.
2. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности.

**Практическая часть.**

Определить работу цикла Карно, если при адиабатном сжатии абсолютная температура рабочего тела повысилась в 2 раза, в цикле проводится 180 кДж тепла.

**БИЛЕТ № 14**

**Теоретическая часть:**

1. Содержание II закона термодинамики и его формулировки.
2. Теплопроводность плоской стенки.

**Практическая часть:**

Определить подведенное тепло  $q$  в цикле газотурбинной установки со сгоранием при  $p = \text{const}$ , если степень повышения в компрессоре 10, а показатель адиабаты  $K=1,4$ . Тепло, отданное холодному источнику,  $q = 25 \text{ кДж/кг}$ .

**БИЛЕТ № 15****Теоретическая часть.**

1. Особенности и схемы энергобаланса характерных групп политропных процессов.
2. Теплопередача при омывании плиты.

**Практическая часть.**

Определить потерю теплоты путем конвекции вертикальным паропроводом диаметром 15 мм и высотой 2 м, если температура наружной стенки 160 С, а температура окружающего воздуха 30 С.

**БИЛЕТ № 16****Теоретическая часть:**

1. Диаграммы состояния воды и водяного пара  $p-v$ ,  $T-S$ ,  $h-S$ .
2. Основы теории подобия. Критерий подобия. Критериальные зависимости.

**Практическая часть:**

Манометр, установленный на сосуде с кислородом, показывает давление 820 мм.рт.ст., а барометрическое давление равно 740 мм.рт.ст. Определить плотность кислорода при температуре 20 С.

**БИЛЕТ № 17****Теоретическая часть.**

1. Графический метод расчета паровых процессов.
2. Общий вид критериального уравнения теплоотдачи. Определяющие и определяемые критерии.

**Теоретическая часть.**

Определить потерю теплоты путем конвекции вертикальным паропроводом диаметром 15 мм и высотой 2 м, если температура наружной стенки 160 С, а температура окружающего воздуха 30 С.

**БИЛЕТ № 18****Теоретическая часть:**

1. Географический метод расчета паровых процессов.
2. Общий вид критериального уравнения теплоотдачи. Определяющие и определяемые критерии.

**Практическая часть:**

Определить потерю теплоты путем конвекции вертикальным паропроводом диаметром  $d=15 \text{ мм}$  и высотой  $h=2 \text{ м}$ , если температура наружной стенки  $t=160 \text{ С}$ , а температура окружающего воздуха  $t = 30 \text{ С}$

**БИЛЕТ № 19****Теоретическая часть.**

1. Работа идеального поршневого компрессора. Влияние вредного объема.



2. Лучистый теплообмен. Закон Стефана-Больцмана. Учет лучистого теплообмена в расчетах.

**Практическая часть.**

При расширении азота совершается работа 150 кДж. Определить конечное давление газа, если его начальное давление равно 650 кПа, а температура газа в процессе расширения не изменяется 0,5м.

**БИЛЕТ № 20**

**Теоретическая часть:**

1. Цикл компрессорной холодильной машины.
2. Т- S диаграмма водяного пара.

**Практическая часть:**

Температура воздуха 10 С. Определить относительную влажность воздуха при нагреве его до температуры 40 С, если влагосодержание воздуха при 10 С, равно 2 г/кг.