

Документ подписан простой электронной подписью  
 Информация о владельце:  
 ФИО: Гаранин Максим Александрович  
 Должность: Ректор  
 Дата подписания: 20.11.2025 11:02:18  
 Уникальный программный ключ:  
 7708e3a47e66a8ee02711b298d7c78bd1e40bf88

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ПРИВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»**

## Термодинамика и теплопередача

### рабочая программа дисциплины (модуля)

Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства  
 Специализация Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование

Квалификация **инженер**  
 Форма обучения **очная**  
 Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:  
 зачеты 4

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр<br>на курсе>) | 4 (2.2) |       | Итого |       |
|---|---------|-------|-------|-------|
| Неделя                                    | 16 1/6  |       |       |       |
| Вид занятий                               | уп      | рп    | уп    | рп    |
| Лекции                                    | 16      | 16    | 16    | 16    |
| Лабораторные                              | 16      | 16    | 16    | 16    |
| Практические                              | 16      | 16    | 16    | 16    |
| Конт. ч. на аттест. в<br>период ЭС        | 0,25    | 0,25  | 0,25  | 0,25  |
| В том числе инт.                          | 24      | 24    | 24    | 24    |
| Итого ауд.                                | 48      | 48    | 48    | 48    |
| Контактная работа                         | 48,25   | 48,25 | 48,25 | 48,25 |
| Сам. работа                               | 51      | 51    | 51    | 51    |
| Часы на контроль                          | 8,75    | 8,75  | 8,75  | 8,75  |
| Итого                                     | 108     | 108   | 108   | 108   |

Программу составил(и):

*к.т.н., доцент, Вилякина Е.В.*

Рабочая программа дисциплины

**Термодинамика и теплопередача**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - специалитет по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства (приказ Минобрнауки России от 11.08.2020 г. № 935)

составлена на основании учебного плана: 23.05.01-25-4-НТТСп.pli.plx

Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства Направленность (профиль) Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Естественные науки**

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., д.т.н., профессор Волов В.Т.

| 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) |  |
|--------------------------------------|--|
| 1.1                                  | Цель дисциплины – теоретическая и практическая подготовка обучающихся по методам получения, передачи и использования теплоты; формирование у обучающихся научного мышления, в частности правильного понимания границ применимости различных теплотехнических понятий, законов и умения оценить степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных или теоретических методов исследования. |
| 1.2                                  | Задачами дисциплины является формирование умений и навыков по следующим направлениям:  |
| 1.3                                  | - знание основных понятий, законов и методов технической термодинамики и теплопередачи;  |
| 1.4                                  | - знание и умение использования методов теоретического и экспериментального исследования в технической термодинамике и теплопередаче   |

| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ |         |
|--|---------|
| Цикл (раздел) ОП:  | Б1.О.21 |

| 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)   |  |
|--|--|
| ОПК-1 Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных, математических и технологических моделей |  |
| ОПК-1.8 Дает описание технологическим процессам на основе знаний методов получения, передачи и использования теплоты   |  |

**В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен**

|       |   |
|-------|---|
| 3.1   | <b>Знать:</b>   |
| 3.1.1 | основные понятия и законы технической термодинамики и теплопередачи, методы получения, передачи и использования теплоты, методы теплосбережения для описания технологических процессов              |
| 3.2   | <b>Уметь:</b>   |
| 3.2.1 | использовать основные понятия и законы технической термодинамики и теплопередачи, методы получения, передачи и использования теплоты, методы теплосбережения для описания технологических процессов |
| 3.3   | <b>Владеть:</b>   |
| 3.3.1 | навыками проведения тепловых расчетов и навыками применения методов теоретического и экспериментального исследования объектов   |

| 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) |  |                |       |            |
|---|--|----------------|-------|------------|
| Код занятия                                   | Наименование разделов и тем /вид занятия/  | Семестр / Курс | Часов | Примечание |
|   | <b>Раздел 1. ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ</b>  |                |       |            |
| 1.1   | Основные понятия и определения термодинамики. Термодинамическая система. Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа. Газовые смеси. Теплоемкость. /Лек/  | 4              | 2     |            |
| 1.2   | Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа. Газовые смеси. Теплоемкость. /Пр/  | 4              | 2     |            |
| 1.3   | Определение параметров насыщенного водяного пара. /Лаб/  | 4              | 2     |            |
| 1.4   | Энергетика термодинамической системы. Взаимодействие системы с окружающей средой. Первое начало термодинамики. Термодинамические процессы. Политропные процессы. /Лек/ | 4              | 2     |            |
| 1.5   | Энергетика термодинамической системы. Взаимодействие системы с окружающей средой. Первое начало термодинамики. Термодинамические процессы. Политропные процессы. /Пр/  | 4              | 2     |            |
| 1.6   | Определение поверхностного натяжения воды в диапазоне температур. /Лаб/  | 4              | 2     |            |
| 1.7   | Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Теорема Карно. Понятие энтропии. Изменение энтропии газа в термодинамических процессах. T-S диаграммы. /Лек/                  | 4              | 2     |            |
| 1.8   | Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Теорема Карно. Понятие энтропии. Изменение энтропии газа в термодинамических процессах. T-S диаграммы. /Пр/                   | 4              | 2     |            |
| 1.9   | Вязкость жидкости в диапазоне температур. /Лаб/  | 4              | 2     |            |
| 1.10  | Циклы энергетических установок. Изображения циклов в p-V и T-S диаграммах. Термодинамика потоков. /Лек/  | 4              | 2     |            |

|  |   |   |      |  |
|--|---|---|------|--|
| 1.11   | Циклы энергетических установок. Термодинамика потоков. Сравнительный анализ термодинамических циклов. /Пр/  | 4 | 2    |  |
| 1.12   | Исследование процесса адиабатного истечения газа через сужающееся сопло при имитационном моделировании. /Лаб/   | 4 | 2    |  |
| 1.13   | Реальные газы и пары. Водяной пар. i-S диаграмма водяного пара. Влажный воздух. Химическая термодинамика. /Лек/                                       | 4 | 2    |  |
| 1.14   | Реальные газы и пары. Водяной пар. i-S диаграмма водяного пара. Влажный воздух. /Пр/  | 4 | 2    |  |
| 1.15   | Определение теплопроводности воздуха. /Лаб/   | 4 | 2    |  |
| <b>Раздел 2. ОСНОВЫ ТЕПЛО-МАССООБМЕНА</b>  |   |   |      |  |
| 2.1  | Теория теплообмена. Виды теплообмена. Теплопроводность. Уравнение Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. /Лек/                           | 4 | 2    |  |
| 2.2  | Теория теплообмена. Теплопроводность. Уравнение Фурье. /Пр/   | 4 | 2    |  |
| 2.3  | Определение коэффициента теплового излучения твердого тела. /Лаб/   | 4 | 2    |  |
| 2.4  | Конвекция. Конвективный теплообмен. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Теория подобия. Критерии подобия. Тепловое излучение. /Лек/ | 4 | 2    |  |
| 2.5  | Конвекция. Конвективный теплообмен. Теория подобия. Критерии подобия. Тепловое излучение. /Пр/  | 4 | 2    |  |
| 2.6  | Определение теплопроводности твердых материалов методом пластины. /Лаб/   | 4 | 2    |  |
| 2.7  | Теплопередача. Интенсификация теплообмена. Основы тепло-, массообмена, тепломассообменные устройства. /Лек/   | 4 | 2    |  |
| 2.8  | Теплопередача. Интенсификация теплообмена. Основы тепло-, массообмена, тепломассообменные устройства. /Пр/  | 4 | 2    |  |
| 2.9  | Исследование процесса теплоотдачи при свободной конвекции вдоль вертикального цилиндрической поверхности методом имитационного моделирования. /Лаб/   | 4 | 2    |  |
| <b>Раздел 3. ТОПЛИВО И ОСНОВЫ ГОРЕНИЯ, ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b>   |   |   |      |  |
| 3.1  | Топливо. Виды топлива. Основы горения. Применение теплоты в отрасли. /Ср/   | 4 | 6    |  |
| <b>Раздел 4. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА</b>  |   |   |      |  |
| 4.1  | Подготовка к лекциям /Ср/   | 4 | 9    |  |
| 4.2  | Подготовка к практическим работам /Ср/  | 4 | 18   |  |
| 4.3  | Подготовка к лабораторным работам /Ср/  | 4 | 18   |  |
| <b>Раздел 5. КОНТАКТНЫЕ ЧАСЫ НА АТТЕСТАЦИЮ</b>   |   |   |      |  |
| 5.1  | Зачет /КЭ/  | 4 | 0,25 |  |
| <b>5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b>  |   |   |      |  |
| <p>Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.</p> <p>Формы и виды текущего контроля по дисциплине (модулю), виды заданий, критерии их оценивания, распределение баллов по видам текущего контроля разрабатываются преподавателем дисциплины с учетом ее специфики и доводятся до сведения обучающихся на первом учебном занятии.</p> <p>Текущий контроль успеваемости осуществляется преподавателем дисциплины (модуля) в рамках контактной работы и самостоятельной работы обучающихся. Для фиксирования результатов текущего контроля может использоваться ЭИОС.</p> |   |   |      |  |
| <b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>   |   |   |      |  |
| <b>6.1. Рекомендуемая литература</b>   |   |   |      |  |

| 6.1.1. Основная литература   |  |  |                           |                            |
|--|--|--|---------------------------|----------------------------|
|  | Авторы, составители  | Заглавие   | Издательство, год         | Эл. адрес                  |
| Л1.1   | Кудинов В. А.,<br>Карташов Э. М.,<br>Стефанюк Е. В.  | Техническая термодинамика и теплопередача: Учебник для вузов | Москва:<br>Юрайт,<br>2020 | https://urait.ru/bcode/449 |
| Л1.2   | Калекин В. С.,<br>Михайлец С. Н.   | Гидравлика и теплотехника: Учебное пособие для вузов         | Москва:<br>Юрайт,<br>2020 | https://urait.ru/bcode/457 |
| 6.1.2. Дополнительная литература   |  |  |                           |                            |
|  | Авторы, составители  | Заглавие   | Издательство, год         | Эл. адрес                  |
| Л2.1   | Белов Г. В.  | Термодинамика в 2 ч. Часть 2: Учебник и практикум для вузов  | Москва:<br>Юрайт,<br>2020 | https://urait.ru/bcode/457 |
| Л2.2   | Белов Г. В.  | Термодинамика в 2 ч. Часть 1: Учебник и практикум для вузов  | Москва:<br>Юрайт,<br>2020 | https://urait.ru/bcode/457 |
| 6.2 Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) |  |  |                           |                            |
| 6.2.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения                             |  |  |                           |                            |
| 6.2.1.1  | MS Office  |  |                           |                            |
| 6.2.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем                                  |  |  |                           |                            |
| 6.2.2.1  | База данных для теплоэнергетиков: https://q-teplota.ru/  |  |                           |                            |
| 6.2.2.2  | Естественнонаучный образовательный портал: http://en.edu.ru/   |  |                           |                            |
| 6.2.2.3  | Международная профессиональная база данных «SpringerMaterials»: https://materials.springer.com/  |  |                           |                            |
| 6.2.2.4  | Консультант плюс   |  |                           |                            |
| 6.2.2.5  | Гарант АСПИЖТ  |  |                           |                            |
| 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)   |  |  |                           |                            |
| 7.1  | Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование для предоставления учебной информации большой аудитории и/или звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное).                                |  |                           |                            |
| 7.2  | Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование и/или звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное) |  |                           |                            |

|     |  |
|-----|--|
| 7.3 | Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета. |
| 7.4 | Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.   |
| 7.5 | Лаборатория, оснащенная специальным лабораторным оборудованием:  |
| 7.6 | стенд ТКО теплотехника и термодинамика;  |
| 7.7 | лабораторный комплекс ЛКТ-6М №25 «Теплопроводность и диффузия газов»;  |
| 7.8 | лабораторный комплекс ЛКТ-7 № 15 «Свойства жидкости»;  |
| 7.9 | лабораторный комплекс ЛКТТ-7М №3 «Коэффициент теплового излучения твердого тела».  |

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

**«Термодинамика и теплотехника»**

Направление подготовки / специальность

**23.05.01 Наземные транспортно-технологические  
средства**

---

*(код и наименование)*

Направленность (профиль)/специализация

**Подъемно-транспортные, строительные, дорожные  
средства и оборудование**

---

*(наименование)*

# О г л а в л е н и е

1. Пояснительная записка.
2. Типовые контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций.
3. Методические материалы, определяющие процедуру и критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации.



## 1. Пояснительная записка

Цель промежуточной аттестации – оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине, обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Формы промежуточной аттестации: *зачет (4 семестр – очное обучение).*

Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины

| Код и наименование компетенции   | Код индикатора достижения компетенции  |
|--|--|
| ОПК-1 Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных, математических и технологических моделей | ОПК-1.8 Дает описание технологическим процессам на основе знаний методов получения, передачи и использования теплоты |

Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Результаты обучения по дисциплине   | Оценочные материалы (семестр 4, курс - 2) |
|--|---|---|
| ОПК-1.8 Дает описание технологическим процессам на основе знаний методов получения, передачи и использования теплоты | Обучающийся знает:<br>основные понятия и законы технической термодинамики и теплопередачи, методы получения, передачи и использования теплоты, методы теплосбережения для описания технологических процессов              | Тесты п. 2.1.1                            |
|  | Обучающийся умеет:<br>использовать основные понятия и законы технической термодинамики и теплопередачи, методы получения, передачи и использования теплоты, методы теплосбережения для описания технологических процессов | Задания п. 2.2.1                          |
|  | Обучающийся владеет:<br>навыками проведения тепловых расчетов и навыками применения методов теоретического и экспериментального исследования объектов   | Задания п. 2.3.1                          |

Промежуточная аттестация (зачет) проводится в одной из следующих форм:

- 1) собеседование;
- 2) выполнение заданий в ЭИОС университета.

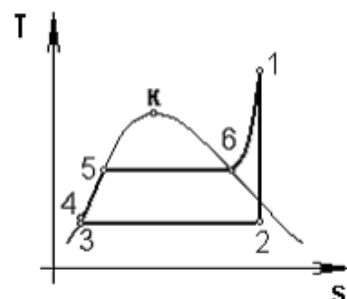
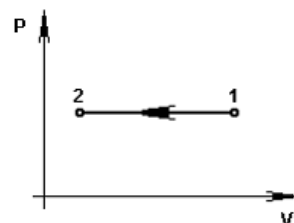
## 2. Типовые<sup>1</sup> контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций

<sup>1</sup> Приводятся типовые вопросы и задания. Оценочные средства, предназначенные для проведения аттестационного мероприятия, хранятся на кафедре в достаточном для проведения оценочных процедур количестве вариантов. Оценочные

## 2.1 Типовые вопросы (задания) для оценки знаний в качестве образовательного результата

Проверяемый образовательный результат:

| Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Образовательный результат  |
|---|--|
| ОПК-1.8 Дает описание технологическим процессам на основе знаний методов получения, передачи и использования теплоты  | Обучающийся знает:<br>основные понятия и законы технической термодинамики и теплопередачи, методы получения, передачи и использования теплоты, методы теплосбережения для описания технологических процессов |
| <b>2.1.1 Примеры тестовых заданий</b>   |  |
| <p>1. Предметом технической термодинамики являются ...</p> <p>a) закономерности взаимного превращения тепловой и механической энергии и свойства тел, участвующих в этих превращениях</p> <p>b) закономерности взаимного превращения тепловой и механической энергии и масса тел, участвующих в этих превращениях</p> <p>c) закономерности взаимного превращения тепловой и механической энергии и объем тел, участвующих в этих превращениях</p> <p>d) закономерности взаимного превращения тепловой и механической энергии и сила притяжения тел, участвующих в этих превращениях</p> |  |
| <p>2. Если <math>T_1 = 1000 \text{ K}</math>, <math>v_1 = 3 \text{ м}^3/\text{кг}</math>, <math>T_2 = 10 \text{ K}</math>, то <math>v_2 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}^3/\text{кг}</math>.</p> <p>a) 0,3</p> <p>b) 300</p> <p>c) 0,03</p> <p>d) 30</p>  |  |
| <p>3. Найдите работу, совершаемую двумя молями идеального газа при его изобарном нагревании на <math>100^\circ\text{C}</math> (Дж). <math>R=8,3 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}</math>:</p> <p>a) 166</p> <p>b) 1660</p> <p>c) 830</p> <p>d) 0,166</p>   |  |
| <p>4. Теплота в цикле Ренкина, представленном на графике, отводится в процессе ...</p> <p>a) 1–2</p> <p>b) 2–3</p> <p>c) 6–1</p> <p>d) 5–6</p>  |  |
| <p>5. Отношение массы водяного пара <math>m_{\text{п}}</math>, содержащегося во влажном воздухе, к массе сухого воздуха <math>m_{\text{в}}</math> называется ...</p> <p>a) влагосодержанием</p> <p>b) относительной влажностью</p> <p>c) абсолютной влажностью</p> <p>d) точкой росы</p>  |  |
| <p>6. Тепловой двигатель за один цикл получает от нагревателя 100 кДж теплоты и отдает холодильнику 60 кДж. Чему равен КПД этого двигателя (%):</p> <p>a) 25</p> <p>b) 40</p> <p>c) 60</p> <p>d) 0,4</p>  |  |
| <p>7. Коэффициент температуропроводности вычисляется по формуле ...</p> <p>a) <math>a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}</math></p>   |  |



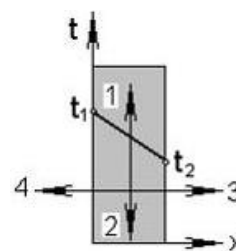
b)  $a = \frac{c \cdot \rho}{\lambda}$

c)  $a = \frac{\lambda}{c \cdot \nu}$

d)  $a = -\frac{\lambda}{c \cdot \rho}$

8. Направление вектора теплового потока на рисунке обозначено цифрой ...

- a) 4
- b) 1
- c) 2
- d) 3

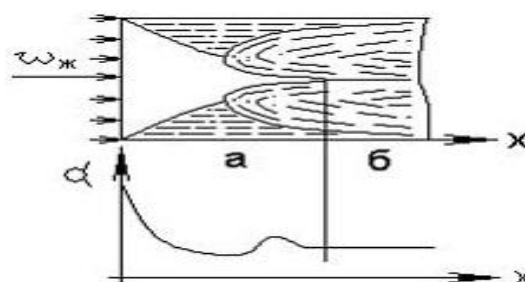


9. Конвективный теплообмен - это сложный вид теплообмена, при котором совместно протекают процессы:

- a) теплообмена и массообмена
- b) конвекции и теплоотдачи
- c) теплопроводности и конвекции
- d) теплопередачи и конвекции

10. В качестве определяющей температуры при расчете средней теплоотдачи внутри трубы применительно к рисунку принимается ...

- a) средняя арифметическая температура жидкости на входе и выходе из трубы
- b) температура жидкости на входе в трубу
- c) температура жидкости на выходе из трубы
- d) средняя арифметическая температура жидкости и стенки трубы



11. Тепловой поток, излучаемый на всех длинах волн с единицы поверхности тела по всем направлениям, называется:

- a) тепловым излучением
- b) излучательной способностью
- c) интенсивностью излучения
- d) интегральным лучистым потоком

12. Если излучательная способность серого тела  $E = 5670 \text{ Вт/м}^2$ , то интегральный коэффициент излучения (степень черноты) равен ...

- a) 0,01
- b) 1
- c) 0,1
- d) 22



$T = 1000 \text{ K}$   
 $C_0 = 5,67 \text{ Вт/(м}^2\text{K}^4)$

13. Если  $d_{\text{нар}} = 1 \text{ м}$ ,  $d_{\text{кр}} = 0,9 \text{ м}$  то утолщение теплоизоляции на трубе приводит к \_\_\_\_\_ суммарного термического сопротивления теплопередачи.

- a) уменьшению
- b) увеличению
- c) увеличению во второй степени
- d) увеличению в геометрической прогрессии

14. Самопроизвольный процесс проникновения одного вещества в другое в направлении установления внутри них равновесного распределения концентраций называют:

- a) потоком массы
- b) конвекцией
- c) диффузией
- d) массообменом

15. В каких теплообменных аппаратах передача теплоты от нагревающей жидкости к нагреваемой происходит сквозь твердую разделительную стенку:

- a) рекуперативных
- b) смешивающих
- c) регенеративных
- d) смесительных

## 2.2 Типовые задания для оценки умений в качестве образовательного результата

Проверяемый образовательный результат:

| Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Образовательный результат   |
|--|---|
| ОПК-1.8 Дает описание технологическим процессам на основе знаний методов получения, передачи и использования теплоты | Обучающийся умеет:<br>использовать основные понятия и законы технической термодинамики и теплопередачи, методы получения, передачи и использования теплоты, методы теплосбережения для описания технологических процессов |

### 2.2.1 Примеры задач

- Манометр, установленный на паровом котле, показывает давление 1,8 МПа. Каково абсолютное давление пара в котле, если атмосферное давление равно 0,099 МПа.
- Вакуумметр показывает разрежение 80 кПа. Каково абсолютное давление в сосуде, если атмосферное давление по барометру составляет 0,1 МПа?
- В баллоне содержится 2 килограмма кислорода при давлении 8,3 МПа и температуре 15° С. Вычислить вместимость (емкость) баллона. Величину удельной газовой постоянной для кислорода принять равной  $R = 259,8 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ .
- Резервуар вместимостью 4 м<sup>3</sup> заполнен углекислым газом. Найти массу этого газа и его вес, если избыточное давление, показываемое манометром, присоединенным к резервуару, равно 40 кПа, температура газа - 80° С, а атмосферное (барометрическое) давление равно 102,4 кПа. Удельная газовая постоянная для углекислого газа равна  $R = 188,9 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ .
- Компрессор качает воздух в воздухохоборник объемом  $V = 100 \text{ л}$ . Перед подкачиванием в воздухохоборнике было атмосферное давление 750 мм рт. ст. и температура  $t_1 = -10^\circ\text{C}$ . После подкачивания давление в воздухохоборнике стало  $p_2 = 8 \text{ бар}$  по манометру, а температура  $t_2 = 25^\circ\text{C}$ . Определить массу подкачанного воздуха.
- Задан объемный состав смеси газов ( $r_{CO_2} = 10\%$ ,  $r_{CO} = 2\%$ ,  $r_{N_2} = 60\%$ ,  $r_{O_2} = 28\%$ ). Определить до какого давления по манометру нужно сжать эту смесь, чтобы при температуре  $t = 100^\circ\text{C}$  масса  $m = 20 \text{ кг}$  имела объем  $V = 1,2 \text{ м}^3$ . Барометрическое давление 750 мм рт. ст.
- 2 кг кислорода с начальным абсолютным давлением 6 МПа и начальной температурой 17 °С расширяются изотермически до конечного давления 0,1 МПа. Определить объем кислорода в начале и в конце расширения и работу расширения.
- 4 кг воздуха с начальным абсолютным давлением 1,2 МПа и начальной температурой -10°С сжимаются адиабатно до конечного давления 0,2 МПа. Определить объем и температуру воздуха в конце сжатия, работу сжатия и изменение внутренней энергии, если показатель адиабаты 1,4.
- 2 кг воздуха с начальным абсолютным давлением 0,12 МПа и начальной температурой 20 °С сжимаются при постоянном давлении до удельного объема 0,05 м<sup>3</sup>/кг. Определить работу сжатия, изменение внутренней энергии и количество отведенной теплоты от воздуха.
- До какого давления надо сжать воздух в политропном процессе со средним показателем  $n = 1,3$  в цилиндре двигателя внутреннего сгорания (дизеля) при начальном абсолютном давлении 100 кПа и температуре 125°С, чтобы достигнуть температуры воспламенения топлива 650°С? Определить также работу, затрачиваемую на сжатие, и количество отводимой теплоты, отнесенных к 1кг воздуха. Теплоёмкость воздуха считать не зависящей от температуры.
- Воздух, имея начальную температуру  $t_1 = 27^\circ\text{C}$  и абсолютное давление  $p_1 = 1 \text{ МПа}$ , изотермически расширяется до давления  $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$ , а затем нагревается в изохорном процессе до тех пор, пока давление не станет равным  $p_1$ . Требуется определить удельный объем воздуха в конце изохорного подвода теплоты, а также изменения удельных значений внутренней энергии, энтальпии и энтропии в изохорном процессе. Теплоемкость воздуха считать не зависящей от температуры. Изобразить процессы в  $p$ - $v$   $T$ - $S$  диаграммах.
- Вычислить плотности теплового потока  $q$  через плоскую стенку толщиной  $\delta = 110 \text{ мм}$ , выполненную из указанных ниже изоляционных материалов (применяемых в вагоностроении), коэффициенты теплопроводности которых  $\lambda$ ,  $\text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$ , связанных с температурой следующими зависимостями: шевелин  $\lambda = 0,060 + 0,002 \cdot t$ ; мипора  $\lambda = 0,035 + 0,002 \cdot t$ ; полистинол ПСБ-С  $\lambda = 0,038 + 0,0036 \cdot t$ ; полиуретан ППУ-3С  $\lambda = 0,004 + 0,0035 \cdot t$ . Температуры поверхностей стенки соответственно равны  $t_1^{cm} = 21^\circ\text{C}$  и  $t_2^{cm} = -1^\circ\text{C}$ .
- Определить коэффициент теплопроводности кирпичной стенки толщиной 390 мм, если температура на внутренней поверхности 300°С и на наружной 60°С. Потери тепла через стенку  $q = 178 \text{ Вт/м}^2$ .
- Слой льда на поверхности воды имеет толщину 400 мм, а температура на верхней и нижней поверхностях равны 0°С и -15°С соответственно. Определить тепловой поток через 1 м<sup>2</sup> поверхности льда, если коэффициент теплопроводности льда равен  $\lambda_l = 2,25 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$ . Как измениться тепловой поток, если лед покроется слоем снега толщиной 250 мм с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_1 = 0,465 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$ , а температура на поверхности снега - 20°С.

## 2.3 Типовые задания для оценки навыков в качестве образовательного результата

|  |  |
|--|--|
| ОПК-1.8 Дает описание технологическим процессам на основе знаний методов получения, передачи и использования теплоты | Обучающийся владеет: навыками проведения тепловых расчетов и навыками применения методов теоретического и экспериментального исследования объектов |
|--|--|

### 2.3.1 Примеры заданий

1. Как зависит давление насыщенного пара от температуры? Опишите методику определения давления насыщенного пара в лабораторной работе 1. Определите давление насыщенного водяного пара при температуре  $45^{\circ}\text{C}$ , показания пьезометра 4,2 см, если начальная температура  $20^{\circ}\text{C}$ ,  $h_0 = 3,3$  см.
2. Как определить коэффициент поверхностного натяжения, опишите методику определения коэффициента поверхностного натяжения воды в лабораторной работе №2. Определить коэффициент поверхностного натяжения при температуре  $38^{\circ}\text{C}$ , если показания пьезометра 42 мм.
3. Как зависит вязкость жидкости от температуры, опишите методику определения вязкости в лабораторной работе №3. Определить вязкость жидкости при температуре  $50^{\circ}\text{C}$ , если  $h_0 = 103$  мм,  $h_1 = 20$  мм,  $h_2 = 70$  мм,  $\Delta t = 15,7$  с.
4. В пароперегревателе котельного агрегата за счёт подведённой теплоты  $q = 240$  кДж/кг к 1 кг водяного пара при постоянном давлении  $p = 2$  МПа температура пара повысилась до значения  $t = 300^{\circ}\text{C}$ . Определить постоянные пара и его параметры до пароперегревателя (температуру, удельный объём, энтальпию, внутреннюю энергию и энтропию). Решение задачи иллюстрировать  $i$ - $S$  диаграммой.
5. Какое количество воздуха необходимо пропустить через сушильную камеру, чтобы от материала, помещенного в нее, отвести 1 т воды? Наружный воздух при барометрическом давлении  $B = 745$  мм рт.ст., имея температуру  $t_1 = 10^{\circ}\text{C}$  и относительную влажность  $\phi = 50\%$ , в калорифере подогревается до температуры  $t_2 = 60^{\circ}\text{C}$ , а затем воздух поступает в сушильную камеру и выходит из нее при относительной влажности  $\phi = 90\%$ . Решение задачи иллюстрировать в  $i$ - $d$  диаграмме.
6. Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина с начальными параметрами  $p_1 = 15$  бар и  $t_1 = 450^{\circ}\text{C}$ . Давление в конденсаторе  $p_2 = 4$  кПа. Определить термический КПД цикла Ренкина и сравнить его с термическим КПД цикла Карно в том же интервале температур.
7. Воздух, имея давление по манометру  $p_1 = 0,4$  МПа и температуру  $t_1 = 130^{\circ}\text{C}$ , вытекает в атмосферу через сопло Лаваля. Массовый расход воздуха –  $G = 0,4$  кг/с. Определить теоретическую скорость истечения и основные размеры сопла (изобразить схему сопла в масштабе). Угол конуса расширяющейся части сопла принять равным  $10^{\circ}$ . Барометрическое давление  $B = 750$  мм рт.ст. Определить также располагаемую мощность струи при истечении. Истечение считать адиабатным, скорость воздуха перед соплом и потери на трение не учитывать.
8. Вычислить и показать графически зависимость термического КПД цикла Ренкина паросиловой установки от начальной температуры пара, приняв ее равной 400, 450, 500, 550 и  $600^{\circ}\text{C}$  при одинаковых значениях начального абсолютного давления  $p_1 = 20$  бар и конечного давления  $p_2 = 5$  кПа. Показать также влияние повышения начальной температуры пара в цикле на изменение степени влажности пара, выходящего из парового двигателя. Решение задачи иллюстрировать в  $i$ - $S$  диаграмме.
9. По данным тепловых измерений тепломером средней удельный тепловой поток через ограждения изотермического вагона при температуре наружного воздуха  $t_n = 1^{\circ}\text{C}$  и температуре воздуха в вагоне  $t_v = 1^{\circ}\text{C}$  составил  $q = 8,5$  Вт/м<sup>2</sup>. На сколько процентов изменится количество тепла, поступающего в вагон за счёт теплопередачи через ограждения, если при прочих равных условиях на его поверхность наложить дополнительный слой изоляции из пиаатерма толщиной  $\delta = 30$  мм с коэффициентом теплопроводности  $\lambda = 0,036$  Вт/(м·К)?
10. Определить требуемую минимальную толщину обмуровки газохода котла, чтобы температура её наружной поверхности не превышала  $50^{\circ}\text{C}$  при температуре газов в газоходе  $t_1 = 300^{\circ}\text{C}$ . Эквивалентный коэффициент теплопроводности обмуровки  $\lambda = 0,6$  Вт/(м·К). Суммарный коэффициент теплоотдачи со стороны газов -  $\alpha_1 = 65$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), со стороны воздуха  $\alpha_2 = 16$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), а температура воздуха  $t_2 = 20^{\circ}\text{C}$ .

### 2.4 Перечень вопросов для подготовки обучающихся к промежуточной аттестации

1. Основные понятия термодинамики. Уравнение МКТ, уравнение состояния.
2. Параметры состояния.
3. Законы идеальных газов.
4. Смеси идеальных газов. Способы задания смеси.
5. Энергетика термодинамической системы.
6. Теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры.
7. Термодинамические процессы.
8. Политропный процесс. Уравнение политропного процесса.
9. Первое и второе начала термодинамики.
10. Уравнение энергии газового процесса.

11. Энтальпия. Изменение энтальпии в термодинамических процессах.
12. Энтропия. Изменение энтропии в термодинамических процессах.
13. Термодинамические циклы. Термический КПД цикла.
14. Цикл Карно. Термический КПД цикла Карно. Необратимый цикл Карно.
15. Обратный цикл Карно.
16. Теорема Карно.
17. Течение газов Закон обращения воздействия. Сопла, диффузоры.
18. Определение скорости истечения газа из сопла. Критические параметры.
19. Определение работы идеального одноступенчатого компрессора.
20. Многоступенчатый компрессор.
21. Реальный компрессор.
22. Циклы двигателей внутреннего сгорания.
23. Циклы двигателей внешнего подвода теплоты.
24. Регенеративные циклы.
25. Реальные газы Уравнение Ван-Дер-Ваальса.
26. Водяной пар. I-S диаграмма водяного пара.
27. Влажный воздух. I-d диаграмма влажного воздуха.
28. Химическая термодинамика. Первое начало термодинамики применительно к химическим процессам.
29. Циклы газотурбинных установок.
30. Циклы паросиловых установок.
1. Изотермические поверхности. Температурный градиент.
2. Теплопроводность в газах, жидкостях, металлах.
3. Основной закон теплопроводности.
4. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
5. Частные случаи дифференциального уравнения теплопроводности.
6. Условия однозначности в процессах теплопроводности.
7. Физические свойства жидкости (газа).
8. Стационарная теплопроводность плоской однослойной стенки при граничных условиях I рода.
9. Стационарная теплопроводность плоской многослойной стенки при граничных условиях I рода.
10. Стационарная теплопроводность цилиндрической однослойной стенки при граничных условиях I рода.
11. Стационарная теплопроводность цилиндрической многослойной стенки при граничных условиях I рода.
12. Свободная и вынужденная конвекция.
13. Основное уравнение теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи
14. Теория подобия. Критерии подобия.
15. Теплопередача через плоскую однослойную стенку.
16. Теплопередача через плоскую многослойную стенку.
17. Теплопередача через цилиндрическую однослойную стенку.
18. Теплопередача через цилиндрическую многослойную стенку.
19. Основное уравнение теплопередачи.
20. Интенсификация теплопередачи путем увеличения коэффициента теплоотдачи.
21. Интенсификация теплопередачи за счет оребрения стенок.
22. Дифференциальное уравнение теплоотдачи.
23. Теплообмен излучением. Законы теплового излучения.
24. Тепломассообменные устройства.
25. Уравнение теплового баланса теплообменного аппарата.
26. Что называют топливом. Его состав. Какие виды топлива вы знаете?
27. Какие используются моторные топлива для поршневых ДВС.
28. Сжигание топлива.
29. Горение топлива. Физический процесс горения топлива.
30. Вопросы экологии при использовании теплоты.
31. Токсичные газы продуктов сгорания.

32. Последствия парникового эффекта.
33. Холодильная установка. Принцип работы. Виды холодильных установок.
34. Эжектор. Принцип работы
35. Тепловой насос. Принцип работы
36. Термотрансформатор. Принцип работы.
37. Криогенная техника.

### **3. Методические материалы, определяющие процедуру и критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации**

#### **Критерии формирования оценок по ответам на вопросы, выполнению тестовых заданий**

- оценка **«отлично»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на вопросы составляет 100 – 90% от общего объема заданных вопросов;
- оценка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на вопросы – 89 – 76% от общего объема заданных вопросов;
- оценка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на тестовые вопросы – 75–60 % от общего объема заданных вопросов;
- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов – менее 60% от общего объема заданных вопросов.

#### **Критерии формирования оценок по результатам выполнения заданий**

**«Отлично/зачтено»** – ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов.

**«Хорошо/зачтено»** – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов.

**«Удовлетворительно/зачтено»** – ставится за работу, если обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и двух недочетов.

**«Неудовлетворительно/не зачтено»** – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки «удовлетворительно» или правильно выполнено менее 2/3 всей работы.

*Виды ошибок:*

- *грубые ошибки: незнание основных понятий, правил, норм; незнание приемов решения задач; ошибки, показывающие неправильное понимание условия предложенного задания.*
- *негрубые ошибки: неточности формулировок, определений; нерациональный выбор хода решения.*
- *недочеты: нерациональные приемы выполнения задания; отдельные погрешности в формулировке выводов; небрежное выполнение задания.*

#### **Критерии формирования оценок по зачету**

**«Зачтено»** – студент приобрел необходимые умения и навыки, продемонстрировал навык практического применения полученных знаний, не допустил логических и фактических ошибок; студент приобрел необходимые умения и навыки, продемонстрировал навык практического применения полученных знаний, но допустил незначительные ошибки и неточности.

**«Не зачтено»** – студент демонстрирует фрагментарные знания изучаемого курса; отсутствуют необходимые умения и навыки, допущены грубые ошибки.