

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Попов Андрей Николаевич

Федеральный

Дата подписания: 03.07.2025 11:53:49

Уникальный программный ключ:

1e0c38dcc0aee73cee1e5c09c1d5873fc7497bc8

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«ПРИВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»**

## Теплотехника

### рабочая программа дисциплины (модуля)

Специальность 23.05.03 ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Направленность (профиль) Локомотивы

Квалификация **инженер путей сообщения**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:

зачеты 3

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр                         | <b>3</b> |       | Итого |       |
|---------------------------------|----------|-------|-------|-------|
| Вид занятий                     | уп       | рп    |       |       |
| Лекции                          | 16       | 16    | 16    | 16    |
| Лабораторные                    | 32       | 32    | 32    | 32    |
| Конт. ч. на аттест. в период ЭС | 0,15     | 0,15  | 0,15  | 0,15  |
| Итого ауд.                      | 48       | 48    | 48    | 48    |
| Контактная работа               | 48,15    | 48,15 | 48,15 | 48,15 |
| Сам. работа                     | 51       | 51    | 51    | 51    |
| Часы на контроль                | 8,85     | 8,85  | 8,85  | 8,85  |
| Итого                           | 108      | 108   | 108   | 108   |

Программу составил(и):

*к.т.н., доцент, Вилякина Е.В.*

Рабочая программа дисциплины

**Теплотехника**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - специалитет по специальности 23.05.03  
Подвижной состав железных дорог (приказ Минобрнауки России от 27.03.2018 г. № 215)

составлена на основании учебного плана: 23.05.03-24-1-ПСЖДл.plz.plx

Специальность 23.05.03 ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ Направленность (профиль) Локомотивы

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Естественные науки**

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., д.т.н., профессор Волков 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; приобретение навыков тепловых расчетов для решения предметно-профильных задач. |
| 1.2                                  | Задачами дисциплины является формирование умений и навыков по следующим направлениям:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1.3                                  | - знание основных понятий, законов и моделей технической термодинамики и тепломассообмена, основ теории горения;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1.4                                  | - знание и умение использования методов теоретического и экспериментального исследования в технической термодинамике и тепломассообмене;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1.5                                  | - умения выполнять тепловые расчеты для решения предметно-профильных задач,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1.6                                  | - умения применять методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов, явлений, проводить эксперименты по заданной методике и анализировать результаты                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ |         |
|--------------------------------------------------------------------|---------|
| Цикл (раздел) ОП:                                                  | Б1.О.18 |

| 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) |                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1                                                                              | Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования                                  |
| ОПК-1.2                                                                            | Применяет основные понятия и законы естественных наук для решения предметно-профильных задач                                                                                           |
| ОПК-1.3                                                                            | Применяет естественнонаучные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов, явлений; проводит эксперименты по заданной методике и анализирует результаты |

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

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.1   | <b>Знать:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 3.1.1 | основные понятия и законы теплотехники: технической термодинамики и тепломассообмена, основ теории горения, и их роль в решении предметно-профильных задач; методы получения, передачи и использования теплоты, методы теплосбережения, методику проведения и обработки результатов теплотехнического эксперимента |
| 3.2   | <b>Уметь:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 3.2.1 | использовать основные понятия и законы теплотехники для решения предметно-профильных задач; применять методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений, проводить теплотехнические эксперименты по заданной методике и обрабатывать их результаты                             |
| 3.3   | <b>Владеть:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 3.3.1 | навыками проведения тепловых расчетов для решения предметно-профильных задач; навыками применения методов теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений, навыками проведения теплотехнических экспериментов по заданной методике и навыками обработки их результатов              |

| 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/ | 2              | 2     |            |
| 1.2                                           | Определение параметров насыщенного водяного пара. /Лаб/                                                                                                               | 2              | 2     |            |
| 1.3                                           | Энергетика термодинамической системы. Взаимодействие системы с окружающей средой. Первое начало термодинамики. Термодинамические процессы. Политропные процессы. /Ср/ | 2              | 5     |            |
| 1.4                                           | Определение поверхностного натяжения воды в диапазоне температур. /Ср/                                                                                                | 2              | 4     |            |
| 1.5                                           | Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Теорема Карно. Понятие энтропии. Изменение энтропии газа в термодинамических процессах. T-S диаграммы. /Ср/                  | 2              | 4     |            |
| 1.6                                           | Вязкость жидкости в диапазоне температур. /Лаб/                                                                                                                       | 2              | 2     |            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                      |   |      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------|--|
| 1.7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Циклы энергетических установок. Изображения циклов в p-V и T-S диаграммах. Термодинамика потоков. /Ср/                                               | 2 | 4    |  |
| 1.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Исследование процесса адиабатного истечения газа через сужающееся сопло при имитационном моделировании. /Ср/                                         | 2 | 6    |  |
| 1.9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Реальные газы и пары. Водяной пар. i-S диаграмма водяного пара. Влажный воздух. Химическая термодинамика. /Ср/                                       | 2 | 4    |  |
| 1.10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Определение теплопроводности воздуха. /Ср/                                                                                                           | 2 | 4    |  |
| <b>Раздел 2. ОСНОВЫ ТЕПЛО-МАССООБМЕНА</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                      |   |      |  |
| 2.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Теория теплообмена. Виды теплообмена. Теплопроводность. Уравнение Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. /Лек/                          | 2 | 2    |  |
| 2.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Определение коэффициента теплового излучения твердого тела. /Ср/                                                                                     | 2 | 4    |  |
| 2.3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Конвекция. Конвективный теплообмен. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Теория подобия. Критерии подобия. Тепловое излучение. /Ср/ | 2 | 8    |  |
| 2.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Определение теплопроводности твердых материалов методом пластины. /Лаб/                                                                              | 2 | 4    |  |
| 2.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Теплопередача. Интенсификация теплообмена. Основы тепло-, массообмена, теплообменники. /Ср/                                                          | 2 | 8    |  |
| 2.6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Исследование процесса теплоотдачи при свободной конвекции вдоль вертикального цилиндрической поверхности методом имитационного моделирования. /Ср/   | 2 | 6    |  |
| <b>Раздел 3. ТОПЛИВО И ОСНОВЫ ГОРЕНИЯ, ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                      |   |      |  |
| 3.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Топливо. Виды топлива. Основы горения. Применение теплоты в отрасли. /Ср/                                                                            | 2 | 11   |  |
| 3.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Исследование коэффициента излучения электропроводящих материалов калориметрическим методом при имитационном моделировании процесса теплообмена. /Ср/ | 2 | 5    |  |
| <b>Раздел 4. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                      |   |      |  |
| 4.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка к лекциям /Ср/                                                                                                                            | 2 | 2    |  |
| 4.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка к лабораторным работам /Ср/                                                                                                               | 2 | 8    |  |
| 4.3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка и выполнение контрольной работы /Ср/                                                                                                      | 2 | 8,6  |  |
| <b>Раздел 5. КОНТАКТНЫЕ ЧАСЫ НА АТТЕСТАЦИЮ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                      |   |      |  |
| 5.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Контрольная работа /КА/                                                                                                                              | 2 | 0,4  |  |
| 5.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Зачет /КЭ/                                                                                                                                           | 2 | 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), как правило, с использованием ЭИОС или путем проверки письменных работ, предусмотренных рабочими программами дисциплин 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>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                      |   |      |  |

| <b>6.1.1. Основная литература</b> |                                                     |                                                              |                           |                                                                           |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                   | 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 | <a href="https://urait.ru/bcode/449806">https://urait.ru/bcode/449806</a> |
| Л1.2                              | Калекин В. С.,<br>Михайлец С. Н.                    | Гидравлика и теплотехника: Учебное пособие для вузов         | Москва:<br>Юрайт,<br>2020 | <a href="https://urait.ru/bcode/457000">https://urait.ru/bcode/457000</a> |

| <b>6.1.2. Дополнительная литература</b> |                     |                                                             |                           |                                                                           |
|-----------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                         | 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 | <a href="https://urait.ru/bcode/451802">https://urait.ru/bcode/451802</a> |
| Л2.2                                    | Белов Г. В.         | Термодинамика в 2 ч. Часть 1: Учебник и практикум для вузов | Москва:<br>Юрайт,<br>2020 | <a href="https://urait.ru/bcode/451800">https://urait.ru/bcode/451800</a> |

## **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 Естественнаучный 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». |
| 7.10 |                                                                                   |

Приложение  
к рабочей программе дисциплины

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)  
**«Теплотехника»**

Направление подготовки / специальность

**23.05.03 Подвижной состав железных дорог**

---

*(код и наименование)*

Направленность (профиль)/специализация

**Локомотивы**

---

*(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 (3 семестр – очное обучение, 2 курс – заочное обучение).*

### Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины

| Код и наименование компетенции                                                                                                                               | Код индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1. Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования | ОПК-1.2. Применяет основные понятия и законы естественных наук для решения предметно-профильных задач                                                                                           |
|                                                                                                                                                              | ОПК-1.3. Применяет естественнонаучные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов, явлений, проводит эксперименты по заданной методике и анализирует результаты |

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

| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                            | Результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                               | Оценочные материалы (семестр 3/ курс 2) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| ОПК-1.2. Применяет основные понятия и законы естественных наук для решения предметно-профильных задач                                                                                           | Обучающийся знает:<br>основные понятия и законы теплотехники: технической термодинамики и тепломассообмена, основ теории горения, и их роль в решении предметно-профильных задач                                                                | Тесты п. 2.1.1<br>Вопросы п. 2.1.2      |
|                                                                                                                                                                                                 | Обучающийся умеет:<br>использовать основные понятия и законы теплотехники для решения предметно-профильных задач                                                                                                                                | Задания п. 2.2.1                        |
|                                                                                                                                                                                                 | Обучающийся владеет:<br>навыками проведения тепловых расчетов для решения предметно-профильных задач                                                                                                                                            | Задания п. 2.3.1                        |
| ОПК-1.3. Применяет естественнонаучные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов, явлений, проводит эксперименты по заданной методике и анализирует результаты | Обучающийся знает:<br>методы получения, передачи и использования теплоты, методы теплосбережения, методику проведения и обработки результатов теплотехнического эксперимента                                                                    | Тесты п. 2.1.3<br>Вопросы п. 2.1.4      |
|                                                                                                                                                                                                 | Обучающийся умеет:<br>применять методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений, проводить теплотехнические эксперименты по заданной методике и обрабатывать их результаты                                | Задания п. 2.2.2                        |
|                                                                                                                                                                                                 | Обучающийся владеет:<br>навыками применения методов теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений, навыками проведения теплотехнических экспериментов по заданной методике и навыками обработки их результатов | Задания п.2.3.2                         |

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

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

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

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

Проверяемый образовательный результат:

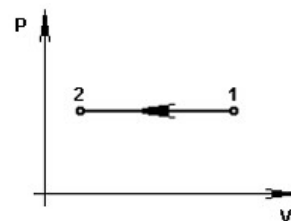
| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                  | Образовательный результат                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1.2. Применяет основные понятия и законы естественных наук для решения предметно-профильных задач | Обучающийся знает:<br>основные понятия и законы теплотехники: технической термодинамики и теплообмена, основ теории горения, и их роль в решении предметно-профильных задач |

#### 2.1.1 Примеры тестовых заданий

- Предметом технической термодинамики являются ...
  - закономерности взаимного превращения тепловой и механической энергии и свойства тел, участвующих в этих превращениях
  - закономерности взаимного превращения тепловой и механической энергии и масса тел, участвующих в этих превращениях
  - закономерности взаимного превращения тепловой и механической энергии и объем тел, участвующих в этих превращениях
  - закономерности взаимного превращения тепловой и механической энергии и сила притяжения тел, участвующих в этих превращениях

- Если  $T_1 = 1000 \text{ K}$ ,  $v_1 = 3 \text{ м}^3/\text{кг}$ ,  $T_2 = 10 \text{ K}$ , то  $v_2 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}^3/\text{кг}$ .

- 0,3
- 300
- 0,03
- 30

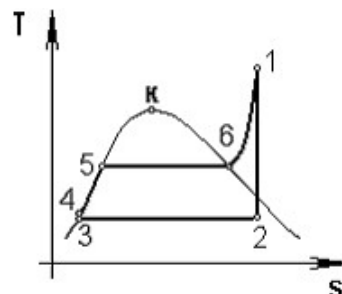


- Найдите работу, совершаемую двумя молями идеального газа при его изобарном нагревании на  $100^\circ\text{C}$  (Дж).  
 $R = 8,3 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$ :

- 166
- 1660
- 830
- 0,166

- Теплота в цикле Ренкина, представленном на графике, отводится в процессе ...

- 1–2
- 2–3
- 6–1
- 5–6



- Отношение массы водяного пара  $m_v$ , содержащегося во влажном воздухе, к массе сухого воздуха  $m_a$  называется ...

- влажностным
- относительной влажностью
- абсолютной влажностью
- точкой росы

- Тепловой двигатель за один цикл получает от нагревателя  $100 \text{ кДж}$  теплоты и отдает холодильнику  $60 \text{ кДж}$ . Чему равен КПД этого двигателя (%):

- 25
- 40
- 60
- 0,4

- Коэффициент температуропроводности вычисляется по формуле ...

<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 средства подлежат актуализации с учетом развития науки, образования, культуры, экономики, техники, технологий и социальной сферы. Ответственность за нераспространение содержания оценочных средств среди обучающихся университета несут заведующий кафедрой и преподаватель – разработчик оценочных средств.

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

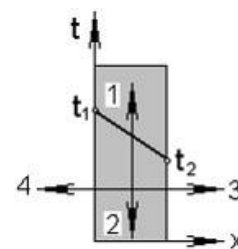
$$b) \quad a = \frac{c \cdot \rho}{\lambda}$$

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

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

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

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

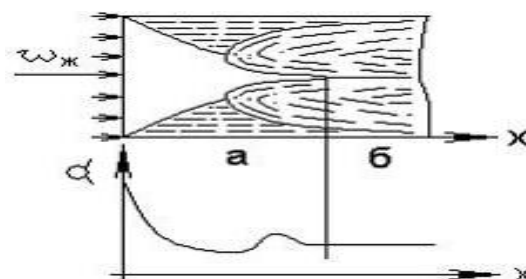


9. Конвективный теплообмен - это сложный вид теплообмена, при котором совместно протекают процессы:

- 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



$$T = 1000 \text{ K}$$

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

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

### 2.1.2 Примеры вопросов

1. Параметры состояния. Уравнение МКТ, уравнение состояния.
2. Законы идеальных газов.
3. Энергетика термодинамической системы.
4. Теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры.
5. Термодинамические процессы. Политропный процесс. Уравнение политропного процесса.
6. Энтальпия. Изменение энтальпии в термодинамических процессах.
7. Энтропия. Изменение энтропии в термодинамических процессах.
8. Цикл Карно. Термический КПД цикла Карно. Необратимый цикл Карно.
9. Реальные газы Уравнение Ван-Дер-Ваальса.
10. Изотермические поверхности. Температурный градиент.
11. Теплопроводность в газах, жидкостях, металлах.
12. Основной закон теплопроводности.
13. Свободная и вынужденная конвекция.
14. Основное уравнение теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи
15. Горение топлива. Физический процесс горения топлива.
16. Вопросы экологии при использовании теплоты.
17. Последствия парникового эффекта.

ОПК-1.3. Применяет естественнонаучные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов, явлений, проводит эксперименты по заданной методике и анализирует результаты

Обучающийся знает:  
методы получения, передачи и использования теплоты, методы теплосбережения, методику проведения и обработки результатов теплотехнического эксперимента

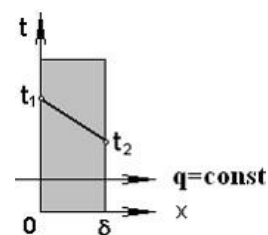
### 2.1.3 Примеры тестовых заданий

1. Сколько льда (кг) растает, если лед массой 5 кг и температурой  $0^{\circ}\text{C}$  опустить в воду массой 10 кг и температурой  $0^{\circ}\text{C}$ :
  - a) 1
  - b) 10
  - c) 0
  - d) 5
2. Найдите работу, совершаемую двумя молями идеального газа при его изобарном нагревании на  $100^{\circ}\text{C}$  (Дж).  
 $R=8,3\text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$ :
  - a) 166
  - b) 1660
  - c) 830
  - d) 83
3. Какой должна быть температура холодильника тепловой машины ( $^{\circ}\text{C}$ ), чтобы максимальное значение КПД равнялось 50%? Температура нагревателя  $327^{\circ}\text{C}$ :
  - a) 260
  - b) 27
  - c) 327
  - d) 300
4. Тепловой двигатель с КПД 50% за один цикл отдает холодильнику 56 кДж теплоты. Какая работа им (кДж) совершается за один цикл:
  - a) 40
  - b) 27
  - c) 56
  - d) 17
5. Если  $\varepsilon = 16$ ,  $k = 1,5$  то термический КПД карбюраторного ДВС (с подводом теплоты при  $v = \text{const}$ ) равен ...

- a) 0,75
- b) 0,5
- c) 0,25
- d) 0

6. Если  $q = 1 \text{ кВт/м}^2$ ,  $\lambda = 50 \text{ Вт/(м·К)}$ ,  $\delta = 100 \text{ мм}$ ,  $t_1 = 500^\circ\text{C}$ , то для стенки, показанной на графике, температура  $t_2$  равна \_\_\_\_  $^\circ\text{C}$ .

- a) 498
- b) 500
- c) 502
- d) 102



7. Если  $\lambda_1 = 50 \text{ Вт/(м·К)}$ ,  $\lambda_2 = 30 \text{ Вт/(м·К)}$ , то плотность теплового потока  $q$  в  $\text{кВт/м}^2$  равна ...

- a) 377
- b) 37700
- c) 37,7
- d) 3770

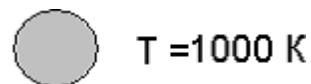
8. Если определяющая температура  $20^\circ\text{C}$ ,  $\alpha = 60 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ ,  $d = 0,1 \text{ м}$  то критерий подобия (число) Нуссельта, согласно таблице, равен ...

- a) 10
- b) 0,1
- c) 100
- d) 0,01

| $t, ^\circ\text{C}$ | $\lambda, \text{Вт/(мК)}$ |
|---------------------|---------------------------|
| 0                   | 0,55                      |
| 20                  | 0,6                       |
| 40                  | 0,63                      |
| 60                  | 0,66                      |

9. Если излучательная способность серого тела  $E = 5000 \text{ Вт/м}^2$  то коэффициент излучения тела в  $\text{Вт/(м}^2\text{К}^4)$  равен ...

- a) 4
- b) 2
- c) 5,67
- d) 0,5



10. Если  $G_1 = 10 \text{ кг/с}$ ,  $c'_{p1} = c''_{p1} = 4,2 \text{ кДж/(кг·К)}$ ,  $t''_1 = 70^\circ\text{C}$ ,  $t'_1 = 80^\circ\text{C}$ , то , то тепловой поток, отдаваемый горячим теплоносителем, в кВт равен ...

- a) 42
- b) 4,2
- c) 420

d) 0,42

### 2.1.4 Примеры вопросов

1. Смеси идеальных газов. Способы задания смеси.
2. Первое, второе начала термодинамики и его применение.
3. Уравнение энергии газового процесса и его применение.
4. Методики расчета циклов двигателей внутреннего сгорания.
5. Методики расчета циклов двигателей внешнего подвода теплоты.
6. Методики расчета циклов газотурбинных установок.
7. Водяной пар, методы расчета.
8. Влажный воздух, методы расчета.
9. Методики расчета циклов паросиловых установок.
1. Условия однозначности в процессах теплопроводности.
2. Стационарная теплопроводность плоской однослойной стенки при граничных условиях I рода.
3. Стационарная теплопроводность плоской многослойной стенки при граничных условиях I рода.
4. Стационарная теплопроводность цилиндрической однослойной стенки при граничных условиях I рода.
5. Стационарная теплопроводность цилиндрической многослойной стенки при граничных условиях I рода.
6. Теория подобия. Критерии подобия.
7. Теплопередача через плоскую однослойную стенку.
8. Теплопередача через плоскую многослойную стенку.
9. Теплопередача через цилиндрическую однослойную стенку.
10. Теплопередача через цилиндрическую многослойную стенку.
11. Методы расчета теплообменных аппаратов.
12. Холодильная установка. Принцип работы.
13. Тепловой насос. Принцип работы.
14. Термотрансформатор. Принцип работы.

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

Проверяемый образовательный результат:

| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                  | Образовательный результат                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1.2. Применяет основные понятия и законы естественных наук для решения предметно-профильных задач | Обучающийся умеет:<br>использовать основные понятия и законы теплотехники для решения предметно-профильных задач |

### 2.2.1 Примеры задач

1. Манометр, установленный на паровом котле, показывает давление 1,8 МПа. Каково абсолютное давление пара в котле, если атмосферное давление равно 0,099 МПа.
2. Вакуумметр показывает разрежение 80 кПа. Каково абсолютное давление в сосуде, если атмосферное давление по барометру составляет 0,1 МПа?
3. 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  $R = 259,8 \text{ Дж}/(\text{кг} \times \text{K})$ .
2. 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  $R = 188,9 \text{ Дж}/(\text{кг} \times \text{K})$ .
3. Компрессор качает воздух в воздухохранилище объемом  $V = 100 \text{ л}$ . Перед подкачиванием в воздухохранилище было атмосферное давление 750 мм рт. ст. и температура  $t_1 = -10^\circ\text{C}$ . После подкачивания давление в воздухохранилище стало  $p_2 = 8 \text{ бар}$  по манометру, а температура  $t_2 = 25^\circ\text{C}$ . Определить массу подкачанного воздуха.
4. 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.
5. 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.

6. 4 кг воздуха с начальным абсолютным давлением 1,2 МПа и начальной температурой  $-10^{\circ}\text{C}$  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.
7. 2 кг воздуха с начальным абсолютным давлением 0,12 МПа и начальной температурой  $20^{\circ}\text{C}$  сжимаются при постоянном давлении до удельного объема  $0,05 \text{ м}^3/\text{кг}$ . Определить работу сжатия, изменение внутренней энергии и количество отведенной теплоты от воздуха.
8. 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  $125^{\circ}\text{C}$ , чтобы достигнуть температуры воспламенения топлива  $650^{\circ}\text{C}$ ? Определить также работу, затрачиваемую на сжатие, и количество отводимой теплоты, отнесённых к  $1 \text{ кг}$  воздуха. Теплоёмкость воздуха считать не зависящей от температуры.
9. 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.
10. 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  $\lambda$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , 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  $t_2^{cm} = -1^{\circ}\text{C}$ .
11. Определить коэффициент теплопроводности кирпичной стенки толщиной 390 мм, если температура на внутренней поверхности  $300^{\circ}\text{C}$  и на наружной  $60^{\circ}\text{C}$ . Потери тепла через стенку  $q = 178 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .
12. Слой льда на поверхности воды имеет толщину 400 мм, а температура на верхней и нижней поверхностях равны  $0^{\circ}\text{C}$  и  $-15^{\circ}\text{C}$  соответственно. Определить тепловой поток через  $1 \text{ м}^2$  поверхности льда, если коэффициент теплопроводности льда равен  $\lambda_{\text{л}} = 2,25 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$ . Как измениться тепловой поток, если лед покроется слоем снега толщиной 250 мм с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{\text{с}} = 0,465 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$ , а температура на поверхности снега  $-20^{\circ}\text{C}$ .

ОПК-1.3. Применяет естественнонаучные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов, явлений, проводит эксперименты по заданной методике и анализирует результаты

Обучающийся умеет:

применять методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений, проводить теплотехнические эксперименты по заданной методике и обрабатывать их результаты

## 2.2.2 Примеры задач

1. Анализ продуктов сгорания показал следующий объёмный состав, %:  $\text{CO}_2 - 12,2$ ;  $\text{O}_2 - 7,1$ ;  $\text{CO} - 0,4$ ;  $\text{N}_2 - 80,3$ . Определить массовый состав входящих в смесь газов, газовую постоянную, удельный объём плотность смеси при абсолютном давлении  $p = 1 \text{ МПа}$  и температуре  $t = 250^{\circ}\text{C}$ . Определить также парциальные давления компонентов смеси.
2. Воздух, имея начальную температуру  $t_1 = 27^{\circ}\text{C}$  и абсолютное давление  $p_1 = 0,5 \text{ МПа}$ , 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.
3. Определить степень сжатия, давление и температуру в переходных точках идеального цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при постоянном объёме, а также термический КПД, удельные значения (на  $1 \text{ кг}$  рабочего тела) полезной работы, подведённой и отведённой теплоты, если известно, что абсолютное давление рабочего тела в начале сжатия  $p_1 = 95 \text{ кПа}$ , а в конце сжатия  $p_2 = 0,65 \text{ МПа}$ . Отношение давлений рабочего тела в процессе подведения теплоты 3,3. Температура в начале процесса сжатия  $50^{\circ}\text{C}$ . Рабочим телом считать сухой воздух.
4. Для теоретического одноступенчатого воздушного компрессора определить секундную работу, затрачиваемую на его привод, если подача компрессора при начальных параметрах воздуха ( $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$  и  $t_1 = 17^{\circ}\text{C}$ ) составляет  $V = 0,15 \text{ м}^3/\text{с}$ . Сжатие газа до конечного абсолютного давления  $p_2 = 0,5 \text{ МПа}$  протекает по политропе с показателем  $n = 1,2$ .
5. Пассажирский вагон имеет площадь ограждения кузова  $F = 225 \text{ м}^2$ . Приведённый коэффициент теплопередачи через ограждение вагона с учётом инфильтрации воздуха  $k = 2,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ . Какова будет средняя температура воздуха в вагоне при температуре наружного воздуха  $t_{\text{н}} = 5^{\circ}\text{C}$ , если отопительная система вагона имеет суммарную площадь теплообменной поверхности  $F = 25 \text{ м}^2$ , её температура  $t_{\text{ст}} = 40^{\circ}\text{C}$ ? Средний коэффициент

теплоотдачи от теплообменной поверхности системы отопления к воздуху  $\alpha = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Суммарная мощность дополнительных источников внутреннего тепловыделения в вагоне  $Q_{\text{вн.в}} = 2,8 \text{ кВт}$ .

6. Стальная стенка теплообменной поверхности парового котла толщиной  $\delta = 20 \text{ мм}$  омывается с одной стороны кипящей водой при абсолютном давлении  $p = 0,6 \text{ МПа}$ , а с другой стороны – дымовыми газами с температурой  $t_1 = 900^\circ\text{С}$ . Удельная паропроизводительность поверхности нагрева  $g = 21 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , сухого насыщенного пара. Определить коэффициент теплопередачи  $k$  и перепад температур в стенке  $\Delta t_{\text{ст}}$ , если коэффициент теплопроводности стали  $\lambda = 40 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .
7. Определить требуемые площади поверхностей прямоточного и противоточного теплообменников для охлаждения масла в количестве  $G_{\text{м}} = 0,93 \text{ кг}/\text{с}$  от  $t'_{\text{м}} = 65^\circ\text{С}$  до  $t''_{\text{м}} = 55^\circ\text{С}$ . Расход охлаждающей воды  $G_{\text{в}} = 0,55 \text{ кг}/\text{с}$ , а её температура на входе теплообменника –  $t'_w$ . Расчётный коэффициент теплопередачи –  $k$ . Теплоёмкость масла  $C_{\text{м}} = 2,5 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ . Теплоёмкость воды  $C_{\text{в}} = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ . Изобразить графики изменения температур воды и масла в теплообменнике.

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

|                                                                                                       |                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1.2. Применяет основные понятия и законы естественных наук для решения предметно-профильных задач | Обучающийся владеет: навыками проведения тепловых расчетов для решения предметно-профильных задач |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 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  $45^\circ\text{С}$ , показания пьезометра  $4,2 \text{ см}$ , если начальная температура  $20^\circ\text{С}$ ,  $h_0 = 3,3 \text{ см}$ .
2. Как определить коэффициент поверхностного натяжения, опишите методику определения коэффициента поверхностного натяжения воды в лабораторной работе №2. Определить коэффициент поверхностного натяжения при температуре  $38^\circ\text{С}$ , если показания пьезометра  $42 \text{ мм}$ .
3. Как зависит вязкость жидкости от температуры, опишите методику определения вязкости в лабораторной работе №3. Определить вязкость жидкости при температуре  $50^\circ\text{С}$ , если  $h_0 = 103 \text{ мм}$ ,  $h_1 = 20 \text{ мм}$ ,  $h_2 = 70 \text{ мм}$ ,  $\Delta t = 15,7 \text{ с}$ .
4. В пароперегревателе котельного агрегата за счёт подведённой теплоты  $q = 240 \text{ кДж}/\text{кг}$  к  $1 \text{ кг}$  водяного пара при постоянном давлении  $p = 2 \text{ МПа}$  температура пара повысилась до значения  $t = 300^\circ\text{С}$ . 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  $1 \text{ т}$  воды? Наружный воздух при барометрическом давлении  $B = 745 \text{ мм рт.ст.}$ , имея температуру  $t_1 = 10^\circ\text{С}$  и относительную влажность  $\phi = 50\%$ , в калорифере подогревается до температуры  $t_2 = 60^\circ\text{С}$ , 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  $p_1 = 15 \text{ бар}$  и  $t_1 = 450^\circ\text{С}$ . Давление в конденсаторе  $p_2 = 4 \text{ кПа}$ . Определить термический КПД цикла Ренкина и сравнить его с термическим КПД цикла Карно в том же интервале температур.
7. Воздух, имея давление по манометру  $p_1 = 0,4 \text{ МПа}$  и температуру  $t_1 = 130^\circ\text{С}$ , вытекает в атмосферу через сопло Лаваля. Массовый расход воздуха –  $G = 0,4 \text{ кг}/\text{с}$ . Определить теоретическую скорость истечения и основные размеры сопла (изобразить схему сопла в масштабе). Угол конуса расширяющейся части сопла принять равным  $10^\circ$ . Барометрическое давление  $B = 750 \text{ мм рт. ст.}$ . 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  $600^\circ\text{С}$  при одинаковых значениях начального абсолютного давления  $p_1 = 20 \text{ бар}$  и конечного давления  $p_2 = 5 \text{ кПа}$ . 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 теплотермометром средней удельный тепловой поток через ограждения изотермического вагона при температуре наружного воздуха  $t_{\text{н}} = 1^\circ\text{С}$  и температуре воздуха в вагоне  $t_{\text{в}} = 1^\circ\text{С}$  составил  $q = 8,5 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . 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  $\delta = 30 \text{ мм}$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda = 0,036 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ?
10. Определить требуемую минимальную толщину обмуровки газохода котла, чтобы температура её наружной



поверхности не превышала  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  при температуре газов в газохоте  $t_1 = 300^{\circ}\text{C}$ . Эквивалентный коэффициент теплопроводности обмуровки  $\lambda = 0,6\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ . Суммарный коэффициент теплоотдачи со стороны газов -  $\alpha_1 = 65\text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ , со стороны воздуха  $\alpha_2 = 16\text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ , а температура воздуха  $t_2 = 20^{\circ}\text{C}$ .

|                                                                                                                                                                                                               |           |                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1.3.<br>естественнонаучные методы<br>теоретического и<br>экспериментального<br>исследования объектов,<br>процессов, явлений, проводит<br>эксперименты по заданной<br>методике и анализирует<br>результаты | Применяет | Обучающийся владеет:<br>навыками применения методов теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений, навыками проведения теплотехнических экспериментов по заданной методике и навыками обработки их результатов |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 2.3.2 Примеры заданий

1. Как (и во сколько раз) изменится коэффициент теплоотдачи при турбулентном течении газа в трубе (лабораторная работа №7), если при прочих равных условиях за счет шероховатости поверхности трубы коэффициент гидравлического сопротивления  $\xi$  уменьшится 1,5 раза?
2. При турбулентном течении жидкости в трубе (лабораторная работа №7) теплообмен на стабилизированном участке описывается формулой  $Nu = cRe^{0.8}$ . Как (и во сколько раз) изменится средний температурный напор между стенкой и жидкостью  $\Delta T = T_w - T_f$ , если при постоянных плотностях теплового потока  $q_w$  и температуре жидкости на входе  $T_f$  увеличить ее скорость в 2 раза, а диаметр трубы увеличить в 2 раза?
3. Что нужно сделать в лабораторной работе №9, чтобы увеличить расход газа при истечении через сужающееся сопло неизменной геометрии в сверхкритической области истечения?
4. Сравните плотности потока излучения латунной пластины  $\varepsilon = 0,06$  (с прокатанной поверхностью) и пластины  $\varepsilon = 0,2$  (обработанной грубым наждаком) при температуре  $22^{\circ}\text{C}$ .
5. Определите плотность потока излучения абсолютно черного тела при температуре, для которой длина волны соответствует максимальной спектральной плотности излучения  $\lambda_{\max} = 0,48 \cdot 10^{-6}\text{ м}$ .
6. Определите температуру  $T_2$  поверхности наименьшего диаметра стенки калориметра ( $F_2 = 18,84 \cdot 10^{-3}\text{ м}^2$ ), выполненного из обыкновенного стекла толщиной  $\delta = 0,3\text{ мм}$  (коэффициент теплопроводности  $\lambda = 0,74\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ), если средняя температура охлаждающей воды  $t_2$  и поток излучения  $Q_{1-2}$ , передаваемого в воду, равны экспериментальным данным. Коэффициент теплоотдачи от стенки к воде  $\alpha = 1000\text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ . Стенку для расчета принять за плоскую. Оцените расхождение между указанными температурами, если допустить замену  $T_2$  на  $t_2$ .

## 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.