


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Бойко Елена Григорьевна  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 09.10.2024 16:55:11  
Уникальный программный ключ:  
e69eb689122030af7d22cc354bf0eb9d453ecf8f

Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья  
Инженерно-технологический институт  
Кафедра Энергообеспечения сельского хозяйства

«Утверждаю»  
И.о. заведующего кафедрой  
  
И.В.Савчук

« 31 » мая 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
Теплотехника

для направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия  
образовательная программа "Электрооборудование и электротехнологии  
предприятий и производств"

Уровень высшего образования – бакалавриат

Форма обучения: очная, заочная

Тюмень, 2024

При разработке рабочей программы учебной дисциплины в основу положены:

- 1) ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 35.03.06 «Агроинженерия» утвержденный Министерством образования и науки РФ «23» августа 2017 г., приказ № 813
- 2) Учебный план основной образовательной программы «Электрооборудование и электротехнологии предприятий и производств» одобрен Ученым советом ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья от «31» мая 2024г. Протокол № 14

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) одобрена на заседании кафедры Энергообеспечения сельского хозяйства от «31» мая 2024г. Протокол № 9

Заведующий кафедрой  И.В.Савчук

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) одобрена методической комиссией института от «31» мая 2024г. Протокол № 8

Председатель методической комиссии института  С.М. Каюгина

**Разработчик \*:**

Ставицкий А.В., ст. преподаватель каф. Энергообеспечения с/х, к.т.н.

Директор института:  Н.Н.Устинов

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

| <i>Код компетенции</i> | Результаты освоения  | Индикатор достижения компетенции  | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине   |
|------------------------|--|---|---|
| ПК-1                   | Способен осуществлять сбор исходных материалов, необходимых для разработки планов механизации (автоматизации) производственных процессов и эксплуатации сельскохозяйственной техники | ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Определяет ресурсы, необходимые для внедрения разработанных мер по повышению эффективности эксплуатации теплотехнического оборудования | <p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- законы переноса тепловой энергии и массы вещества, величины характеризующие процессы теплопереноса теплопроводностью, конвекцией, излучением.</li> <li>- основные формулы и законы теплотехники</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-определять термодинамические параметры состояния.</li> <li>- использовать базовые знания в области теплотехники для эксплуатации теплообменных аппаратов.</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-методами теоретического и экспериментального определения величин интенсивности теплового потока, теплопроводности и конвекции.</li> </ul> |

**2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Данная дисциплина относится к *Блоку 1* части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для изучения дисциплины необходимы знания в области: *математики, физики, начертательной геометрии. инженерной графики.*

*Теплотехника* является предшествующей дисциплиной для дисциплин: *электропривод и электрооборудование, машины и оборудование в животноводстве.*

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре по очной форме обучения, 3 курсе в 6 семестре – заочной форме обучения.

### 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов (3 зачетные единицы).

| Вид учебной работы                                 | Очная форма | Заочная форма |
|--|-------------|---------------|
|  | семестр     | семестр       |
|  | 5           | 6             |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                  | 48          | 14            |
| В том числе:                                       | -           | -             |
| Лекционного типа                                   | 24          | 6             |
| Семинарского типа                                  | 24          | 8             |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>              | 60          | 94            |
| В том числе:                                       | -           | -             |
| Проработка материала лекций, подготовка к занятиям | 30          | 70            |
| Самостоятельное изучение тем                       | 6           |               |
| Реферат  | 14          | -             |
| Контрольные работы                                 | 10          | 24            |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)      | зачет       | зачет         |
| Общая трудоемкость:<br>часов                       | 108         | 108           |
| зачетных единиц                                    | 3           | 3             |

### 4. Содержание дисциплины

#### 4.1. Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины  | Содержание раздела   |
|-------|----------------------------------|--|
| 1     | 2                                | 3  |
| 1.    | <b>Техническая термодинамика</b> | Предмет технической термодинамики и ее методы. Связь термодинамики с другими отраслями знаний. Основные задачи курса. Рабочее тело. Основные параметры состояния. Термодинамическая система. Равновесное и неравновесное состояния. Уравнение состояния. Теплота и работа как формы передачи энергии. Термодинамический процесс. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы (циклы). Смеси идеальных газов. Способы задания состава смеси. Соотношение между массовыми и объемными долями. Вычисления массовых и объемных долей. Вычисление параметров состояния смеси. Определение кажущейся молекулярной массы и газовой постоянной смеси.<br>Теплоемкость. Массовая, объемная и молярная теплоемкости. Теплоемкости при постоянных объемах и давлениях. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Средняя и истинная теплоемкости. Формулы и таблицы для определения теплоемкостей. Теплоемкость смеси идеальных газов.<br>Первый закон термодинамики. Сущность закона. Формулировки |

|    |                           |   |
|----|---------------------------|---|
|    |                           | <p>закона. Аналитическое выражение закона для открытых и закрытых систем. Определение работы и теплоты через термодинамические параметры состояния <math>P - V</math>- диаграмма. Энтальпия.</p> <p>Второй закон термодинамики. Основные формулировки закона. Аналитическое выражение закона. Энтропия. <math>TS</math> - диаграмма.</p> <p>Общие понятия о термодинамическом процессе. Общие методы исследования процессов изменения состояния рабочих тел. Изображение процессов в координатах <math>pV</math> и <math>Ts</math>. Основные термодинамические процессы: изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, как частные случаи политропного процесса.</p> <p>Общее понятие о круговом процессе. Прямой и обратный циклы Карно, их анализ. Термодинамический КПД и холодильный коэффициент.</p> <p>Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Циклы с изохорным и изобарным подводами теплоты. Изображение циклов в <math>pV</math> и <math>Ts</math> диаграммах</p> <p>Термодинамические и эксергетические КПД циклов. Сравнительный анализ циклов ДВС.</p> <p>Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Циклы с изохорным и изобарным подводами теплоты. Регенеративные циклы ГТУ. Изображение циклов в <math>pV</math> и <math>Ts</math> диаграммах. Термодинамические и эксергетические КПД циклов. Сравнительный анализ циклов ГТУ.</p> <p>Цикл идеального компрессора. Классификация компрессоров и принцип их действия. Индикаторная диаграмма. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие. Полная работа и мощность на привод компрессора. Многоступенчатое сжатие. Изображение термодинамических циклов в <math>pV</math> и <math>Ts</math> диаграммах.</p> <p>Циклы холодильных установок. Классификация холодильных установок. Рабочие тела. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Цикл воздушной холодильной установки. Циклы паровой и компрессионной установок. Понятие об абсорбционных и парожеторных холодильных установках.</p> <p>Тепловой насос. Принцип работы теплового насоса. Кондиционер.</p> <p>Физическое состояние вещества. Процесс парообразования в <math>pV</math> и <math>Ts</math> координатах. Термодинамические таблицы воды и водяного пара. Расчет термодинамических процессов водяного пара с помощью таблиц и <math>h_s</math> диаграммы. Принципиальная схема паросиловой установки. Цикл Ренкина. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Изображение цикла в <math>Ts</math> и <math>h_s</math> диаграммах. Пути повышения экономичности паросиловых установок. Теплофикационный цикл.</p> <p>Определение понятия «Влажный воздух». Основные величины, характеризующие состояния влажного воздуха. <math>hd</math> диаграмма влажного воздуха. Расчет основных процессов (подогрев, сушка, смеси воздуха и различных паров).</p> |
| 2. | <b>Теория теплообмена</b> | <p>Предмет и задачи теории. Значение теплообмена в сельскохозяйственных и промышленных процессах. Основные понятия и определения. Способы переноса теплоты: теплопроводность, конвекция и излучение. Основные понятия и определения. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Теплопроводность однослойной и многослойной плоских стенок, цилиндрической и сферической стенок.</p> <p>Конвективный теплообмен. Основные понятия и определения. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи.</p> <p>Теплообмен излучением. Основные понятия и определения. Тепловой баланс лучистого теплообмена. Закон теплового излучения. Теплообмен излучением между телами.</p> <p>Сложный теплообмен. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую, цилиндрическую, сферическую стенки. Коэффициент теплопередачи. Тепловая изоляция.</p> <p>Назначение, классификация и схемы теплообменных аппаратов.</p>  |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | Принцип расчета теплообменных аппаратов. Средний температурный напор. Современные конструкции трубчатых и пластинчатых теплообменных аппаратов. |
|--|--|---|

#### 4.2. Разделы дисциплины и виды занятий

очная форма обучения

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекционн<br>о<br>типа | Семинарског<br>о<br>типа | СР | Всего,<br>часов |
|-------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|----|-----------------|
| 1     | 2                               | 3                     | 4                        | 5  | 6               |
| 1.    | Техническая термодинамика       | 12                    | 12                       | 30 | 54              |
| 2     | Теория теплообмена              | 12                    | 12                       | 30 | 54              |
|       | Итого:                          | 24                    | 24                       | 60 | 108             |

заочная форма обучения

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекционн<br>о<br>типа | Семинарског<br>о<br>типа | СР | Всего,<br>часов |
|-------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|----|-----------------|
| 1     | 2                               | 3                     | 4                        | 5  | 6               |
| 1.    | Техническая термодинамика       | 2                     | 4                        | 44 | 50              |
| 2     | Теория теплообмена              | 4                     | 4                        | 50 | 58              |
|       | Итого:                          | 6                     | 8                        | 94 | 108             |

#### 4.3. Занятия семинарского типа

| № п/п | № раздела дисциплины | Тема  | Трудоемкость (час) |         |
|-------|----------------------|---|--------------------|---------|
|       |                      |   | очная              | заочная |
| 1     | 2                    | 3   | 4                  | 5       |
| 1.    | 1                    | Методы измерения температуры                                  | 2                  | 2       |
| 2     |                      | Методы измерения давления                                     | 2                  | -       |
| 3     |                      | Методы измерения скоростей движения и расхода рабочего тела   | 2                  | -       |
| 4     |                      | Определение показателя политропы                              | 2                  | -       |
| 5     |                      | Определение относительной и абсолютной влажностей воздуха     | 2                  | 2       |
| 6     |                      | Устройство и принцип работы компрессорной холодильной машины. | 2                  | -       |
| 7     | 2                    | Определение коэффициента теплопроводности твердого тела       | 2                  | 2       |
| 8     |                      | Определение коэффициента теплоотдачи горизонтальной трубы     | 2                  | -       |
| 9     | 2                    | Исследование центробежного вентилятора                        | 2                  | 2       |
| 10    |                      | Теплокалориферы   | 2                  | -       |
| 11    |                      | Испытание одноконтурного холодильного агрегата                | 2                  | -       |
| 12    |                      | Теплогенераторы   | 2                  | -       |
|       |                      | Итого:  | 24                 | 8       |

#### 4.4. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

не предусмотрено ОПОП.

### 5. Организация самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

#### 5.1. Типы самостоятельной работы и её контроль

| Тип самостоятельной работы                         | Форма обучения |         | Текущий контроль                     |
|--|----------------|---------|--------------------------------------|
|  | очная          | заочная |                                      |
| Проработка материала лекций, подготовка к занятиям | 30             | 70      | тестирование                         |
| Самостоятельное изучение тем                       | 6              |         | тестирование<br>или<br>собеседование |
| Курсовой проект (работа)                           | -              | -       | -                                    |
| Расчетно-графические работы                        | -              | -       | -                                    |
| Контрольные работы                                 | 10             | 24      | защита                               |
| Реферат  | 14             | -       | собеседование                        |
| всего часов:                                       | 60             | 94      |                                      |

#### 5.2. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы:

1. Ивакина Е.А. Методические рекомендации по дисциплине "Техническая термодинамика" для самостоятельной работы для студентов очной формы обучения и студентов ИДО по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия». - Тюмень: ГАУСЗ, 2017. - 156 с.
2. Ивакина Е.А. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Теплотехника" для студентов очной и заочной формы обучения для направления подготовки 35.03.06. «Агроинженерия». – Тюмень: ГАУСЗ, 2016. – 46 с.

#### 5.3. Темы, выносимые на самостоятельное изучение

1. Предмет технической термодинамики. Основные понятия и определения.
2. Уравнение состояния идеального газа.
3. Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах. Смеси идеальных газов.

#### 5.4. Темы рефератов

1. Использование вторичных энергоресурсов и отходов в качестве энергетического топлива.
2. Смешанные системы теплоснабжения (на примере использования котельной, ветрогенератора, гелиоустановки и др.).
3. Прогнозы располагаемых запасов топлива и их исчерпания.
4. Проблемы добычи и транспорта энергетического топлива.
5. Ядерное топливо. Прогнозы располагаемых запасов и их исчерпания.
6. Проблемы производства и транспорта ядерного топлива.
7. Проблемы экологической безопасности при производстве и транспорте ядерного топлива.
8. Газификация углей. Проблемы и перспективы.
9. Перспективы применения ПГУ на базе газификации твердых топлив
10. Искусственное композиционное жидкое топливо из угля и эффективность его использования
11. Рабочие тела циклов. Бинарные циклы.

12. Работа ТЭС в условиях рынка электроэнергии.
13. Совершенствование схем и оборудования ТЭС
14. Использование турбинных экономайзеров в блоках повышенной эффективности
15. Газо-турбинные надстройки ТЭЦ
16. Воздействие энергетики на климат Земли
17. Аккумуляция тепловой и электрической энергии

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 6.1 Перечень компетенций и оценочные средства индикатора достижения компетенций

| Код компетенции | Индикатор достижения компетенции  | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине   | Наименование оценочного средства |
|-----------------|---|---|----------------------------------|
| <b>ПК-1</b>     | <b>ИД-3<sub>ПК-1</sub></b> Определяет ресурсы, необходимые для внедрения разработанных мер по повышению эффективности эксплуатации теплотехнического оборудования | <p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- законы переноса тепловой энергии и массы вещества, величины характеризующие процессы теплопереноса теплопроводностью, конвекцией, излучением.</li> <li>- основные формулы и законы теплотехники</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-определять термодинамические параметры состояния.</li> <li>- использовать базовые знания в области теплотехники для эксплуатации теплообменных аппаратов.</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-методами теоретического и экспериментального определения величин интенсивности теплового потока, теплопроводности и конвекции.</li> </ul> | Тест                             |

### 6.2. Шкалы оценивания

#### Шкала оценивания тестирования на зачете

| % выполнения задания | Результат  |
|----------------------|------------|
| 50 – 100             | зачтено    |
| менее 50             | не зачтено |

### 6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

Указаны в приложении 1.



## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Румянцев, А.А. Теплотехника: учебное пособие / А.А. Румянцев, А.В. Ставицкий: авторы-составители. –Тюмень, 2021. 116с.

### **б) дополнительная литература**

1. 1. Круглов Г.А. Теплотехника : учебное пособие ./ Г.А.Круглов, Р.И.Булгакова, Е.С.Круглова. 2-е изд., стер.- СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 208с.
2. Теплофизика, теплотехника, теплообмен. Механика жидкостей и газов : лабораторный практикум / В.А. Арутюнов [и др.].. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2007. — 85 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/56121.html> (дата обращения: 30.05.2020).
3. Теплотехника : учебное пособие / . — Волгоград : Волгоградский институт бизнеса, 2009. — 206 с. — ISBN 978-5-9061-7245-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/11352.html> .
4. Лифенцева Л.В. Теплотехника : учебное пособие / Лифенцева Л.В.. — Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2010. — 188 с. — ISBN 978-5-89289-658-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/14394.html> (дата обращения: 30.05.2020).
5. Сборщиков Г.С. Теплофизика и теплотехника. Теплофизика : практикум /Сборщиков Г.С., Чибизова С.И.. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2012. —104 с.— ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/56201.html> (дата обращения: 30.05.2020).

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"**

6. Электронно – библиотечная система «Лань» -режим доступа: <http://e.lanbook.com> приказ № 183/13 от 01.04.2013 г.
7. [www.edu.ru](http://www.edu.ru)
8. [www.energy.ihed.ras.ru](http://www.energy.ihed.ras.ru)
9. [www.nait.ru](http://www.nait.ru)
10. [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
11. [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Ставицкий А.В. Теплотехника: учебное пособие по выполнению контрольных работ для студентов заочной формы обучения направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / А.В.Ставицкий.– Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2021. - 56 с.

## **10. Перечень информационных технологий**

1. Операционная система Windows (лицензионное программное обеспечение)
2. Пакет прикладных программ MS Office 2007 (университетская лицензия)
3. ЭИОС Moodle

## **11. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Холодильный аппарат, теплогенератор, калорифер, центробежный вентилятор, термометры, анемометры, барометры, барографы, шкаф нагревательный, гигрометры, манометры, насос Камбовского. Проектор, экран настенный. - 1-32 Лаборатория теплотехники

## **12. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается:

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению: размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий; присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы), использование версии сайта для слабовидящих ЭБС IPR BOOKS и специального мобильного приложения IPR BOOKS WV-Reader (программы не визуального доступа к информации, предназначенной для мобильных устройств, работающих на операционной системе Android и iOS, которая не требует специально обученного ассистента, т.к. люди с ОВЗ по зрению работают со своим устройством привычным способом, используя специальные штатные программы для незрячих людей, с которыми IPR BOOKS WV-Reader имеет полную совместимость);
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху: надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата: возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в отдельных организациях.

Министерство науки и высшего образования РФ

ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Инженерно-технологический институт

Кафедра Энергообеспечения сельского хозяйства

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по учебной дисциплине Теплотехника

для направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия  
образовательная программа "Электрооборудование и электротехнологии  
предприятий и производств"

Уровень высшего образования – бакалавриат

Разработчик: к.т.н. ст. преподаватель, А.В. Ставицкий

Утверждено на заседании кафедры

протокол № 9 от « 31 » мая 2024г.

Заведующего кафедрой  И.В.Савчук

Тюмень, 2024

**КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ОЦЕНКИ  
знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие  
этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины  
ТЕПЛОТЕХНИКА**

**1. Вопросы для собеседования по темам разделов**

***Раздел 1. Техническая термодинамика***

1. Термодинамическая система. Параметры состояния термодинамической системы. Уравнение состояния.
2. Термодинамический процесс. Равновесные, неравновесные, обратимые и необратимые процессы.
3. Первый закон термодинамики.
4. Основное термодинамическое тождество. Энтальпия.
5. Термодинамический анализ круговых циклов. Прямые и обратимые циклы. Термический КПД и холодильный коэффициент циклов.
6. Цикл Карно.  $T - s$  диаграмма. Изображение процессов в  $T - s$  диаграммах.
7. Второй закон термодинамики. Изменение энтропии в термодинамических процессах.
8. Теплоёмкость газов и газовых смесей. Зависимость теплоёмкости от температуры.
9. Изотермический и изохорный процессы.
10. Адиабатный процесс. Работа в процессе.
11. Реальные газы. Уравнение состояния реальных газов.
12. Водяной пар. Процесс парообразования. Параметры воды, влажного, сухого и перегретого пара.

***Раздел 2. Теория теплообмена***

1. Одноступенчатый компрессор. Работа, расходуемая на сжатие газа в компрессоре.
2. Циклы ДВС. Цикл поршневого двигателя с подводом теплоты при  $V = \text{const}$ .
3. Цикл поршневого двигателя с подводом теплоты при  $P = \text{const}$  и смешанный цикл.
4. Циклы газотурбинных установок.
5. Циклы паросиловых установок.
6. Элементарные и сложные виды теплообмена.
7. Тепловой поток. Температурное поле. Температурный градиент.
8. Основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности.
9. Конвективный теплообмен. Формула Ньютона. Коэффициент теплоотдачи.
10. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
11. Граничные условия уравнения теплопроводности. Теплопроводность плоской двуслойной и многослойной стенки.
12. Теплопередача через однослойную плоскую стенку.

**Процедура оценивания собеседования**

Используется фронтальный опрос, который предполагает работу преподавателя одновременно со всей аудиторией, и проводится в виде беседы по вопросам. При отборе вопросов и постановке перед студентами учитывается следующее:

- задается не более пяти, они должны непосредственно относиться к проверяемой теме;
- формулировка вопроса должна быть однозначной и понятной отвечающему;
- недопустимо предлагать студентам вопросы, требующие множества ответов, т.е.

вопросы открытой формы или так называемые «тестовые» вопросы с ответом «да/нет».

В конце опроса преподаватель дает заключительные комментарии по качеству ответов всех студентов.

### Критерии оценки собеседования

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Зачтено</b>    | Студент ответил на все предложенные вопросы, показав хорошие знания по изученной теме, продемонстрировал владение материалом по теоретическим вопросам и/или допустил несущественные неточности/ошибки при ответе. |
| <b>Не зачтено</b> | Студент ответил не на все предложенные вопросы; продемонстрировал неполное владение материалом по теоретическим вопросам и допустил несколько существенных ошибок при ответе.                                      |

### 2. Темы выносимые на самостоятельное изучение

1. Предмет технической термодинамики. Основные понятия и определения.
2. Уравнение состояния идеального газа.
3. Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах. Смеси идеальных газов.

2.1. Вопросы, для темы, выносимые на самостоятельное изучение;

1. Что называется теплопроводностью?
2. Какие существуют изопроцессы, их описания.
3. Теплообмен и теплопередача, описание явления.

### 3. Вопросы к зачету при проведении в устной форме

| Наименование компетенции   | Вопросы  |
|--|--|
| <p style="text-align: center;"><b>ПК-1</b></p> <p>Способен осуществлять сбор исходных материалов, необходимых для разработки планов механизации (автоматизации) производственных процессов и эксплуатации сельскохозяйственной техники</p> | <p><b>Знать</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и работа изменения объема. Аналитическое выражение 1-ого закона термодинамики через энтальпию.</li> <li>2. Политропный процесс. Изменения внутренней энергии, энтальпии, энтропии. Работа процесса. Теплота, участвующая в процессе. Изображение процесса в P-V и T – S координатах, при разных показателях политропы.</li> <li>3. Теплоемкость. Основные определения. Массовая, объемная и молярная теплоемкости газов. Истинная и средняя теплоемкости. Аналитические выражения для теплоемкости. Зависимость от температуры.</li> <li>4. Диаграмма H-d влажного воздуха. Определение основных показателей влажного воздуха по</li> </ol> |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>диаграмме.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Адиабатный процесс. Изменение внутренней энергии, энтальпии, работа процесса, изображение процесса P-V и T-S координатах.</li> <li>6. Схема паросиловой установки Ренкина. Изображения цикла Ренкина в T-S и PV координатах. Выражение для термического КПД и его анализ.</li> <li>7. Второй закон термодинамики. Круговые термодинамические процессы-циклы, понятия о термическом к.п.д.. Свойства обратимых и необратимых циклов.</li> <li>8. Влажный воздух. Параметры влажного воздуха. H-d диаграмма влажного воздуха.</li> <li>9. Внутренняя энергия идеального и реального газов.</li> <li>10. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Пути повышения экономичности паросиловых установок.</li> <li>11. Расчет термодинамических процессов водяного пара с помощью таблиц и H-d диаграммы.</li> <li>12. Основные положения теории пограничного слоя. Уравнение теплоотдачи на границе потока и стенки.</li> <li>13. Компрессоры. Циклы идеального одноступенчатого и многоступенчатого компрессоров. Преимущество многоступенчатого сжатия.</li> <li>14. Водяной пар. Процесс парообразования в PV и TS координатах. Цикл Ренкина.</li> <li>15. Влажный воздух. Основные параметры, характеризующие состояние влажного воздуха.</li> <li>16. Уравнения основных термодинамических процессов.</li> <li>17. Одноступенчатый компрессор. Изображение индикаторной диаграммы компрессора в P-V координатах. Производительность компрессора. Влияние конечного давления на производительность компрессоров.</li> <li>18. Рекуперативные теплообменники. Изменение температур теплоносителей для схемы движения - прямоток. Определение среднего температурного напора и величины теплопередающей поверхности.</li> <li>19. Расчет рекуперативных теплообменников.</li> <li>20. Предмет технической термодинамики и ее задачи.</li> <li>21. Теплопроводность. Закон Фурье, физический смысл коэффициента</li> </ol> |
|--|--|

теплопроводности.

22. Теплопередача через многослойную плоскую стенку. Уравнение теплопроводности.
23. Факторы, влияющие на теплообмен при конденсации и кипении.
24. Теплопередача. Уравнение теплопередачи, физический смысл коэффициента теплопередачи.
25. Теплопроводность плоской стенки. Уравнение теплового потока.
26. Уравнения, положенные в основу расчета теплообменных аппаратов. Порядок конструктивного расчета теплообменников.
27. Рекуперативные теплообменники. Расчет поверхности нагрева рекуперативного теплообменника.
28. Теплопередача через многослойную плоскую стенку. Выражения для плотности теплового потока. Факторы, влияющие на коэффициент теплопроводности материалов.
29. Теплопроводность цилиндрической многослойной стенки. Выражение для плотности теплового потока.

**Уметь**

30. Определять Физический смысл коэффициента теплопередачи на основании анализа размерности.
31. Рассчитать основное расчетное уравнение.
32. Способы передачи теплоты: теплопроводность, конвекция и тепловое излучение – основные расчетные выражения для плотности теплового потока.
33. Теплопроводность. Определение плотности теплового потока через многослойную плоскую стенку.

**Владеть**

**Задача 1.** Газ массой  $m = 1$  имеет начальные параметры - давление  $P_1$  и температуру  $t_1$ . После политропного изменения состояния газа объём его стал  $V_2$  давление  $P_2$ . Определить начальный объём  $V_1$ , конечную температуру  $T_2$  газа, показатель политропы  $n$ , теплоёмкость процесса  $C$ , работу расширения газа  $l$ , изменение внутренней энергии  $\Delta U$  и изменение энтропии  $\Delta S$ .

**Задача 2.** Определить параметры рабочего тела в характерных точках идеального цикла поршневого двигателя с изохорно - изобарным подводом теплоты (смешанный цикл), если известны давление  $P_1$ , и температура  $t_1$  рабочего тела в начале сжатия. Степень сжатия  $\varepsilon$ , степень предварительного расширения  $\rho$ , степень

|  |  |
|--|--|
|  | <p>повышения давления заданы <math>\lambda</math>.</p> <p><b>Задача 3.</b> Определить потери тепла за 1 час с одного метра длины горизонтально расположенной цилиндрической трубы, охлаждаемой свободным потоком воздуха, если известны наружный диаметр <math>d</math> трубы, температура стенки трубы <math>t_c</math> температура воздуха <math>t_b</math> в помещении.</p> <p><b>Задача 5.</b> Плоская стальная стенка толщиной <math>\delta c</math> омывается с одной стороны горячими газами с температурой <math>t_1</math>, с другой стороны водой с температурой <math>t_2</math>. Определить коэффициент теплопередачи <math>K</math> от газов к воде, удельный тепловой поток <math>q</math> и температуры обеих</p> |
|--|--|

### Процедура оценивания зачета

Для оценивания знаний студентов во время зачета составлен список из вопросов. Зачет проходит в письменной форме и в форме собеседования. Студенту достается вариант задания путем собственного случайного выбора и предоставляется 20 минут на подготовку. Защита готового решения происходит в виде собеседования, на что отводится 10 минут. Задание состоит из 2 теоретических вопросов, требующих письменного ответа.

### Шкала оценивания зачета

– оценка «зачтено» выставляется, если студент обладает достаточно полным знанием курса теплотехники; его ответ представляет грамотное изложение учебного материала по существу; отсутствуют существенные неточности в формулировании понятий, подтвержденные примерами; оба вопроса освещены полностью или доводятся до логического завершения при наводящих/дополнительных вопросах преподавателя;

– оценка «не зачтено» выставляется, если студент не знает значительную часть материала; допустил существенные ошибки в процессе изложения ответа; не умеет выделить главное и сделать вывод; приводит ошибочные определения; ни один вопрос не рассмотрен до конца, наводящие вопросы не помогают.

## 4. Тестовые вопросы для зачета

### *Знать*

1. Как называется процесс, в котором вся подведенная теплота идет на совершение работы?
2. Теплоемкость, равная отношению количества теплоты, выделяющейся или поглощаемой в процессе к изменению температуры при условии, что разность температур – величина постоянная, называется:
3. Что такое сухой насыщенный пар?
4. Что такое влажность пара?
5. Что такое перегрев пара?



6. Что такое влажный воздух?
7. Что такое насыщенный влажный воздух?
8. Что такое абсолютная влажность воздуха?
9. Какими параметрами определяется влажный пар?
10. Что такое работа?
11. Что такое теплота?
12. Принцип действия термодвигателя основан на изменении:
13. Изохорный процесс - частный случай какого процесса?
14. Изотермический процесс - частный случай какого процесса?
15. Адиабатный процесс - частный случай какого процесса?
16. Изобарный процесс - частный случай какого процесса?
17. К какому процессу относится уравнение  $v = \text{const}$ ?
18. К какому процессу относится уравнение  $p = \text{const}$ ?
19. К какому процессу относится уравнение  $T = \text{const}$ ?
20. К какому процессу относится уравнение  $q = \text{const}$ ?
21. К какому процессу относится уравнение  $c = \text{const}$ ?
22. Как называется процесс, в котором работа совершается лишь за счет уменьшения внутренней энергии?
23. Как называется процесс, в котором подведенная к рабочему телу теплота равна изменению энтальпии?
24. Общая количественная мера для всех форм движения материи:
25. Параметр состояния, изменение которого происходит только под действием энергии, передаваемой в виде теплоты:
26. Полное давление смеси равно сумме парциальных давлений компонентов – это закон:
27. Процесс, график которого в диаграмме (энтропия – температура) – это отрезок вертикальной прямой
28. Процесс, в котором вся подведенная к рабочему телу теплота превращается в работу
29. Величина, которая остается постоянной в политропном процессе:
30. Свойства реальных газов отклоняются от законов идеальных газов тем заметнее, чем больше их:
31. Пар, температура которого больше температуры насыщения при данном давлении
32. Температура, выше которой, невозможно одновременное существование жидкой и газообразной фазы
33. Процесс понижения давления в движущемся потоке газа при прохождении его через препятствие:
34. Укажите единицу измерения величины, измеряемой произведением  $p\Delta V$
35. Какому количеству теплоты (МДж) эквивалентна работа, совершаемая за 1ч двигателем мощностью 2 кВт?
36. Какой процесс называется изотермическим? Процесс, происходящий
37. Внутренняя энергия заданной массы  $m$  идеального газа зависит только от
38. Сколько льда (кг) растает, если лед массой 5 кг и температурой  $0^\circ\text{C}$  опустить в воду массой 10 кг и температурой  $0^\circ\text{C}$ ?
39. Взято по одному молю гелия, неона и аргона при одинаковой температуре. У какого газа внутренняя энергия самая большая?
40. Укажите все верные утверждения. Работа – это
41. Какая работа (Дж) совершается при изохорном нагревании одного моля идеального газа на  $20\text{ K}$ ?
42. Как изменяется температура кристаллического тела с момента начала плавления до его окончания?

43. Вода превращается в лед при постоянной температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . Поглощается или выделяется при этом энергия?
44. Какие из следующих процессов приводят к увеличению внутренней энергии тела?
45. Из приведенных выражений выберите для изохорного процесса уравнение этого процесса, выражение I закона термодинамики и выражение для работы по расширению газа
46. Какое давление измеряется с помощью манометра?
47. Как называется термодинамический процесс, в котором вся подведенная теплота расходуется на увеличение внутренней энергии?
48. Уравнение, описывающее состояние идеального газа вида  $pV=mRT$ , называется:
49. Какое из перечисленных ниже понятий не является параметром состояния рабочего тела?
50. Как называется процесс, в котором удельная теплоемкость является величиной постоянной?
51. Какие взаимные превращения энергии рассматривает техническая термодинамика?
52. Какой параметр состояния сохраняется постоянным в изотермическом процессе?
53. Какие параметры связывает уравнение состояния идеального газа Клайперона?
54. На что расходуется теплота, подведенная к телу?
55. Какое соотношение между теплоемкостями при постоянном давлении ( $C_p$ ) и при постоянном объеме ( $C_v$ )?
56. При определении давления смеси газов, что нужно делать с известными парциальными давлениями отдельных газов?
57. В каких циклах процессы расширения в диаграмме давление-объем ( $p$ - $V$  диаграмма) находятся ниже процессов сжатия?
58. Термический коэффициент полезного действия характеризует эффективность каких циклов?
59. Что делается с энтропией в необратимых процессах?
60. Какие процессы рассматриваются в циклах Карно?
61. Какой водяной пар имеет степень сухости равную единице?
62. С повышением давления, что происходит с температурой кипения жидкостей?
63. Чем характеризуется эффективность холодильных циклов?
64. В каких единицах измеряется влагосодержание влажного воздуха?
65. В идеальном газе пренебрегают
66. Какому значению по шкале Кельвина соответствует температура  $150^{\circ}\text{C}$ ?
67. Газ сжимают в соответствии с уравнением  $pV = \text{const}$ . Как изменяется при этом температура газа?
68. Газ нагревают в соответствии с уравнением  $V/T = \text{const}$ . Как изменяется при этом его давление?
69. Укажите все верные утверждения, относящиеся к плавлению и кристаллизации.
70. Внутренняя энергия идеального газа в герметично закрытом сосуде уменьшается при:
71. Какое примерно значение температуры по шкале Цельсия соответствует температуре  $400\text{K}$  по абсолютной шкале?
72. Частицы вещества участвуют в непрерывном тепловом хаотическом движении." Это положение молекулярно-кинетической теории строения вещества относится к:  
**Уметь**
73. При повышении давления на жидкость температура ее кипения
74. При понижении температуры газа в запаянном сосуде давление газа уменьшается. Это уменьшение давления объясняется тем, что:
75. Висящее на морозе мокрое бельё сначала становится твёрдым (вода кристаллизуется), а затем постепенно высыхает. Кристаллы льда, минуя жидкую фазу, сразу переходят из твёрдого состояния в газообразное. При таком переходе:

76. Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при изотермическом расширении?
77. Какие из приведённых ниже утверждений являются признаками идеального газа?
78. Внутренняя энергия идеального газа в герметично закрытом сосуде уменьшается при:
79. Как изменяется внутренняя энергия вещества при кристаллизации?
80. Укажите правильные утверждения. При переходе вещества из жидкого состояния в газообразное:
81. При замерзании воды энергия:
82. После того как пар, имеющий температуру 120 °С, впустили в воду при комнатной температуре, внутренняя энергия:
83. Зимой некоторые предметы покрываются инеем. При образовании инея водяной пар, находящийся в воздухе, минуя жидкую фазу, сразу переходит из газообразной в твёрдую фазу. При этом переходе:
84. На столе под лучами Солнца стоят три одинаковых кувшина, наполненных водой. Кувшин 1 закрыт пробкой, кувшин 2 открыт, а стенки кувшина 3 пронизаны множеством пор, по которым вода медленно просачивается наружу. Сравните установившуюся температуру воды в этих кувшинах.

#### ***Владеть***

85. Хаотичность теплового движения молекул газа приводит к тому, что:
86. Какое из приведённых утверждений неверно?
87. Какие из этих методов измерения температуры существуют?
88. Какие из этих приборов контактные?
89. Какие существуют манометрические термометры?
90. Какие из этих оправ используют в ртутных термометрах?
91. Вакуум-это:
92. Что применяется для измерения вакуума?
93. Куда будет протекать жидкость при разности давлений в кольцевом манометре?
94. Для измерения какого параметра применяют мембранные манометры?
95. Расход жидкости, газа и пара ведут с помощью каких двух групп приборов?
96. Каких видов бывают расходомеры? Перечислите все варианты.
97. В каких единицах измеряют расход газа?
98. Какой металл используют в качестве чувствительного элемента в термометрах сопротивления?
99. Для измерения чего используются оптические пирометры?
100. Формула основного закона теплопроводности:

### **Процедура оценивания зачета**

Зачет проходит в форме тестирования использованием электронной среды lms-test. В соответствии с расписанием (графиком промежуточной аттестации) открывается доступ к прохождению тестирования для всех студентов группы. Студенту предоставляется первая попытка длительностью в 45 минут на решение тестового задания, состоящего из 30 вопросов. После ответов на тестовые задания, студент завершает первую попытку. Не менее чем через 10 после завершения первой попытки, студенту предоставляется вторая попытка длительностью в 45 минут на решение тестового задания, состоящего из 30 вопросов. После ответов на тестовые задания, студент завершает вторую попытку. При оценке решения тестирования учитывается наилучший результат.

### **Шкала оценивания зачета**

| Оценка  | Описание                                       |
|---------|--|
| Зачтено | Наилучший результат тестирования: не менее 50% |

## 5. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Выбор заданий для выполнения контрольной работы по курсу «Теплотехника» студентов очной формы обучения по направлению подготовки «Агроинженерия» в пятом семестре обучения производится индивидуально преподавателем.

**Задачи для выполнения контрольной работы для очной формы обучения по разделам**

### Раздел №1. Техническая термодинамика

**Задача 1.** Газ массой  $m=1$  имеет начальные параметры - давление  $P_1$  и температуру  $t_1$ . После политропного изменения состояния газа объём его стал  $V_2$  давление  $P_2$ . Определить начальный объём  $V_1$ , конечную температуру  $T_2$  газа, показатель политропы  $n$ , теплоёмкость процесса  $C$ , работу расширения газа  $l$ , изменение внутренней энергии  $\Delta U$  и изменение энтропии  $\Delta S$ . Определить эти же величины, если изменение состояния газа происходит по изотерме до того же значения конечного объёма  $V_2$ . Сделать и записать выводы по полученным расчётным данным. Показать процессы в  $p$ - $V$  и  $T$ - $s$  - диаграммах.

### Раздел №2. Теория теплообмена

**Задача 2.** Плоская стальная стенка толщиной  $\delta c$  омывается с одной стороны горячими газами с температурой  $t_1$ , с другой стороны водой с температурой  $t_2$ . Определить коэффициент теплопередачи  $K$  от газов к воде, удельный тепловой поток  $q$  и температуры обеих поверхностей стенки, если известны коэффициенты теплопередачи от газа к стенке  $\alpha_1$  и от стенки к воде  $\alpha_2$ ; коэффициент теплопроводности стали  $\lambda c=58$  Вт/(мК). Определить также все указанные выше величины, если стенка со стороны воды покрыта слоем накипи толщиной  $\delta n$ ; коэффициент теплопроводности накипи  $\lambda n=1$  Вт/(мК). Для указанных вариантов построить эпюры температур от  $t_1$  до  $t_2$ . Объяснить в чём заключается вред отложения накипи стальных поверхностях нагрева.

### Процедура оценивания контрольных работ

Контрольная работа по дисциплине «Теплотехника», проводится для студентов очной формы обучения. За работу выставляется оценка «зачтено/не зачтено». Контрольная работа выполняется в пятом семестре обучения.

В состав каждой контрольной работы входят задачи, требующие графического описания процессов. Объем работы составляет 2 задачи из 2 разделов дисциплины. Вариант выбирают индивидуально преподавателем исходя из номера студента по журналу.

При оценке уровня выполнения контрольной работы, установлены следующие критерии:

- умение работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой;
- умение собирать и систематизировать практический материал;
- умение самостоятельно осмысливать проблему на основе существующих методик;
- умение логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы;
- умение анализировать и обобщать материал;
- умение пользоваться глобальными информационными ресурсами и правильно их преподнести в контрольной работе.

При оценке определяется полнота, точность и последовательность изложения мыслей при решении задач, наличие достаточных пояснений, число и характер ошибок (существенные или несущественные), а так же процент правильно решенных задач.

Существенные ошибки связаны с недостаточной глубиной и осознанностью решения (например, студент неправильно сделал перевод из не основных единиц измерения в основные, допустил ошибки при выводе расчетной формулы, получил не правильное значение величины).

Несущественные ошибки определяются неполнотой решения (например, студентом упущен из вида какой – либо нехарактерный факт при решении задачи) к ним можно отнести описки, допущенные по невнимательности.

### **Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, в случае, если контрольная работа выполнена по своему варианту, приведены рисунки, таблицы и иллюстрации, необходимые для решения и при этом правильно или с не значительными недочетами контрольной работы;

- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он при решении задач допущены грубые ошибки или недочеты.

## **6. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ**

Выбор заданий для выполнения контрольной работы по курсу «Теплотехника» студентов заочной формы обучения по направлению подготовки «Агроинженерия» в шестом семестре обучения производится по последней цифре или сумме последних цифр зачетной книжки.

**Задача 1.** Газ массой  $m= 1$  имеет начальные параметры - давление  $P_1$  и температуру  $t_1$ . После политропного изменения состояния газа объём его стал  $V_2$  давление  $P_2$ . Определить начальный объём  $V_1$ , конечную температуру  $T_2$  газа, показатель политропы  $n$ , теплоёмкость процесса  $C$ , работу расширения газа  $l$ , изменение внутренней энергии  $\Delta U$  и изменение энтропии  $\Delta S$ . Определить эти же величины, если изменение состояния газа происходит по изотерме до того же значения конечного объёма  $V_2$ . Сделать и записать выводы по полученным расчётным данным. Показать процессы в **p-V** и **T-s** - диаграммах.

Контрольный вопрос. Каковы общая формулировка и математическое определение первого закона термодинамики? Дайте определение и объясните физическую сущность величин, входящих в уравнение первого закона термодинамики.

**Задача 2.** Определить параметры рабочего тела в характерных точках идеального цикла поршневого двигателя с изохорно - изобарным подводом теплоты (смешанный цикл), если известны давление  $P_1$  и температура  $t_1$  рабочего тела в начале сжатия. Степень сжатия  $\epsilon$ , степень предварительного расширения  $\rho$ , степень повышения давления заданы  $\lambda$ . Определить работу, получаемую от цикла, подведённую и отведённую теплоту, термический КПД цикла и изменение энтропии отдельных процессов цикла. За рабочее тело принять воздух, считая его теплоёмкость в расчётных интервалах температур постоянной. Построить на "миллиметровке" в масштабе этот цикл в координатах P-V и T-S. Дать к полученным графикам соответствующие пояснения.

Контрольный вопрос. Приведите основные формулировки второго закона термодинамики.

**Задача 3.** Показать сравнительным расчётом целесообразность применение пара высоких начальных параметров и низкого конечного давления на примере паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина, определив располагаемый теплоперепад, термический КПД цикла и удельный расход пара для двух различных значений начальных и конечных параметров пара.

Указать конечное значение степени сухости. Изобразить схему простейшей паросиловой установки и дать краткое описание её работы. Представить цикл Ренкина в диаграммах P-V и T-S. Задачу решать с помощью H-s диаграммы.

Представить графическое решение задачи в H-s диаграмме.

**Задача 4.** Определить потери тепла за 1 час с одного метра длины горизонтально расположенной цилиндрической трубы, охлаждаемой свободным потоком воздуха, если известны наружный диаметр  $d$  трубы, температура стенки трубы  $t_c$  температура воздуха  $t_b$  в помещении.

Контрольный вопрос. Какими основными безразмерными числами (критериями) подобия определяется конвективная теплопередача и каков физический смысл этих чисел подобия?

**Задача 5.** Плоская стальная стенка толщиной  $\delta_c$  омывается с одной стороны горячими газами с температурой  $t_1$ , с другой стороны водой с температурой  $t_2$ . Определить коэффициент теплопередачи  $K$  от газов к воде, удельный тепловой поток  $q$  и температуры обеих поверхностей стенки, если известны коэффициенты теплопередачи от газа к стенке  $\alpha_1$  и от стенки к воде  $\alpha_2$ ; коэффициент теплопроводности стали  $\lambda_c=58$  Вт/(мК). Определить также все указанные выше величины, если стенка со стороны воды покрыта слоем накипи толщиной  $\delta_n$ ; коэффициент теплопроводности накипи  $\lambda_n= 1$  Вт/(мК). Для указанных вариантов построить эпюры температур от  $t_1$  до  $t_2$ . Объяснить в чём заключается вред отложения накипи стальных поверхностях нагрева.

Контрольный вопрос. В чём различие между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи, и какова связь между ними.

### Индивидуальные задания для контрольной работы заочной формы обучения

Таблица 1- Номера вариантов, включаемых в задание (задача) 1

| Вариант задания | Род газа | $t_1, ^\circ\text{C}$ | $P_1, \text{кгс/см}^2$ | $m, \text{кг}$ | $P_2, \text{кгс/см}^2$ | $V_2, \text{м}^3/\text{кг}$ |
|-----------------|----------|-----------------------|------------------------|----------------|------------------------|-----------------------------|
| 1               | воздух   | 4                     | 20                     | 1              | 20                     | 0,21                        |
| 2               | воздух   | 0                     | 1                      | 1              | 8                      | 0,14                        |
| 3               | воздух   | 15                    | 1                      | 1              | 1,6                    | 0,83                        |
| 4               | воздух   | 150                   | 25                     | 1              | 60                     | 0,024                       |
| 5               | воздух   | 250                   | 50                     | 1              | 70                     | 0,025                       |
| 6               | воздух   | 0                     | 1                      | 1              | 16                     | 0,039                       |
| 7               | воздух   | 172                   | 1                      | 1              | 4                      | 0,33                        |

|    |        |      |      |   |      |       |
|----|--------|------|------|---|------|-------|
| 8  | воздух | 617  | 45   | 1 | 11   | 0,25  |
| 9  | воздух | 45   | 0,9  | 1 | 32,6 | 0,08  |
| 10 | воздух | 1627 | 32,6 | 1 | 2,7  | 1     |
| 11 | воздух | 57   | 0,85 | 1 | 37,6 | 0,08  |
| 12 | воздух | 1907 | 60,2 | 1 | 2,2  | 1,1   |
| 13 | воздух | 27   | 0,95 | 1 | 4    | 0,33  |
| 14 | воздух | 20   | 1    | 1 | 3    | 0,4   |
| 15 | воздух | 409  | 5,1  | 1 | 1    | 1,25  |
| 16 | воздух | 30   | 1    | 1 | 12,3 | 0,15  |
| 17 | воздух | 2102 | 47,1 | 1 | 3,8  | 0,9   |
| 18 | воздух | 20   | 0,95 | 1 | 30,8 | 0,07  |
| 19 | воздух | 1857 | 30,8 | 1 | 3,8  | 0,9   |
| 20 | воздух | 47   | 1    | 1 | 40   | 0,07  |
| 21 | воздух | 2507 | 81,4 | 1 | 3,56 | 0,9   |
| 22 | воздух | 17   | 6    | 1 | 3    | 0,9   |
| 23 | воздух | 20   | 6    | 1 | 1,1  | 3,3   |
| 24 | воздух | 0    | 0,8  | 1 | 29   | 0,077 |
| 25 | воздух | 1313 | 46,4 | 1 | 1,43 | 1,2   |
| 26 | воздух | 17   | 1    | 1 | 2,8  | 0,83  |
| 27 | воздух | 30   | 3    | 1 | 97,2 | 0,025 |
| 28 | воздух | 1577 | 164  | 1 | 1    | 1,25  |
| 29 | воздух | 24   | 1    | 1 | 3    | 0,39  |
| 30 | воздух | 1327 | 6    | 1 | 1,1  | 3,65  |

Таблица 2- Номера вариантов, включаемых в задание (задача) 2

| Вариант задания | $P_1$ , кгс/см <sup>2</sup> | $t_1$ , °C | $\varepsilon$ | $\rho$ | $\lambda$ |
|-----------------|-----------------------------|------------|---------------|--------|-----------|
| 1               | 0,8                         | 87         | 7             | 1      | 3,2       |
| 2               | 0,9                         | 45         | 13            | 2,2    | 1         |
| 3               | 0,85                        | 57         | 15            | 1,4    | 1,6       |
| 4               | 1                           | 30         | 6             | 1      | 3,1       |
| 5               | 0,95                        | 20         | 12            | 1,4    | 1         |
| 6               | 1                           | 47         | 14            | 1,5    | 1,4       |
| 7               | 1                           | 15         | 16            | 1,4    | 1,6       |
| 8               | 0,8                         | 0          | 13            | 1,3    | 1,6       |
| 9               | 1                           | 20         | 12            | 1,3    | 1,7       |
| 10              | 0,9                         | 30         | 14            | 2      | 1         |
| 11              | 0,8                         | 20         | 13            | 1      | 1,5       |
| 12              | 1                           | 27         | 5             | 1      | 3,2       |
| 13              | 0,95                        | 25         | 12            | 1,4    | 1         |
| 14              | 0,8                         | 7          | 12            | 1,3    | 1,7       |
| 15              | 1                           | 45         | 13            | 2,02   | 1         |
| 16              | 0,85                        | 50         | 14            | 1,4    | 1,5       |
| 17              | 0,9                         | 45         | 15            | 1,5    | 1,3       |
| 18              | 1                           | 27         | 11            | 1,4    | 1,6       |
| 19              | 0,85                        | 87         | 6             | 1      | 3,1       |
| 20              | 0,95                        | 23         | 12            | 1,3    | 1         |
| 21              | 1                           | 17         | 13            | 1,3    | 1,5       |
| 22              | 0,95                        | 45         | 12            | 2,1    | 1         |
| 23              | 0,9                         | 20         | 13            | 2,2    | 1         |
| 24              | 0,85                        | 37         | 15            | 1,3    | 1,5       |
| 25              | 0,8                         | 17         | 7             | 1      | 3,2       |
| 26              | 1                           | 57         | 7             | 1      | 3,2       |
| 27              | 0,95                        | 45         | 13            | 2,2    | 1         |
| 28              | 0,9                         | 37         | 14            | 2,2    | 1         |



|    |      |    |    |     |     |
|----|------|----|----|-----|-----|
| 29 | 0,85 | 67 | 15 | 2,2 | 1   |
| 30 | 1    | 7  | 7  | 1   | 3,2 |

Таблица 3- Номера вариантов, включаемых в задание (задача) 3

| Вариант задания | Параметры пара 1 вар.                |                     |                                      | Параметры пара 2 вар.                |                     |                                      |
|-----------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
|                 | P <sub>1</sub> , кгс/см <sup>2</sup> | t <sub>1</sub> , °C | P <sub>2</sub> , кгс/см <sup>2</sup> | P <sub>1</sub> , кгс/см <sup>2</sup> | t <sub>1</sub> , °C | P <sub>2</sub> , кгс/см <sup>2</sup> |
| 1               | 24,7                                 | 350                 | 0,098                                | 24,7                                 | 450                 | 0,090                                |
| 2               | 98                                   | 327                 | 0.039                                | 98                                   | 427                 | 0.039                                |
| 3               | 98                                   | 327                 | 0.039                                | 98                                   | 527                 | 0.039                                |
| 4               | 98                                   | 327                 | 0.039                                | 98                                   | 627                 | 0.039                                |
| 5               | 98                                   | 327                 | 0.039                                | 98                                   | 727                 | 0.039                                |
| 6               | 19.6                                 | 400                 | 0.039                                | 24.9                                 | 400                 | 0.039                                |
| 7               | 19.6                                 | 400                 | 0.039                                | 58.7                                 | 400                 | 0.039                                |
| 8               | 19.6                                 | 400                 | 0.039                                | 98.0                                 | 400                 | 0.039                                |
| 9               | 29.4                                 | 400                 | 0.98                                 | 29.4                                 | 400                 | 0.098                                |
| 10              | 29.4                                 | 400                 | 0.98                                 | 29.4                                 | 400                 | 0.078                                |
| 11              | 29.4                                 | 400                 | 0.98                                 | 29.4                                 | 400                 | 0.059                                |
| 12              | 29.4                                 | 400                 | 0.98                                 | 29.4                                 | 400                 | 0.039                                |
| 13              | 29.4                                 | 400                 | 0.98                                 | 29.4                                 | 400                 | 0.019                                |
| 14              | 24.7                                 | 350                 | 0.098                                | 39.2                                 | 350                 | 0.098                                |
| 15              | 35                                   | 450                 | 0.04                                 | 35                                   | 600                 | 0.04                                 |
| 16              | 35                                   | 450                 | 0.04                                 | 200                                  | 450                 | 0.04                                 |
| 17              | 35                                   | 450                 | 0.04                                 | 200                                  | 600                 | 0.04                                 |
| 18              | 35                                   | 450                 | 0.04                                 | 90                                   | 450                 | 0.04                                 |
| 19              | 35                                   | 450                 | 0.04                                 | 90                                   | 650                 | 0.04                                 |
| 20              | 35                                   | 450                 | 0.04                                 | 300                                  | 650                 | 0.04                                 |
| 21              | 24.7                                 | 350                 | 0.098                                | 240                                  | 565                 | 0.098                                |
| 22              | 35                                   | 435                 | 0.04                                 | 90                                   | 435                 | 0.04                                 |
| 23              | 90                                   | 535                 | 0.04                                 | 130                                  | 565                 | 0.04                                 |
| 24              | 130                                  | 565                 | 0.04                                 | 200                                  | 565                 | 0.04                                 |
| 25              | 29                                   | 400                 | 0.04                                 | 90                                   | 600                 | 0.04                                 |
| 26              | 125                                  | 450                 | 0.98                                 | 130                                  | 650                 | 0.098                                |
| 27              | 90                                   | 480                 | 0.98                                 | 130                                  | 727                 | 0.098                                |
| 28              | 130                                  | 565                 | 0.98                                 | 240                                  | 600                 | 0.098                                |

|    |     |     |      |     |     |       |
|----|-----|-----|------|-----|-----|-------|
| 29 | 240 | 580 | 0.98 | 300 | 727 | 0.098 |
| 30 | 200 | 650 | 0.98 | 240 | 750 | 0.098 |

h-s диаграмма

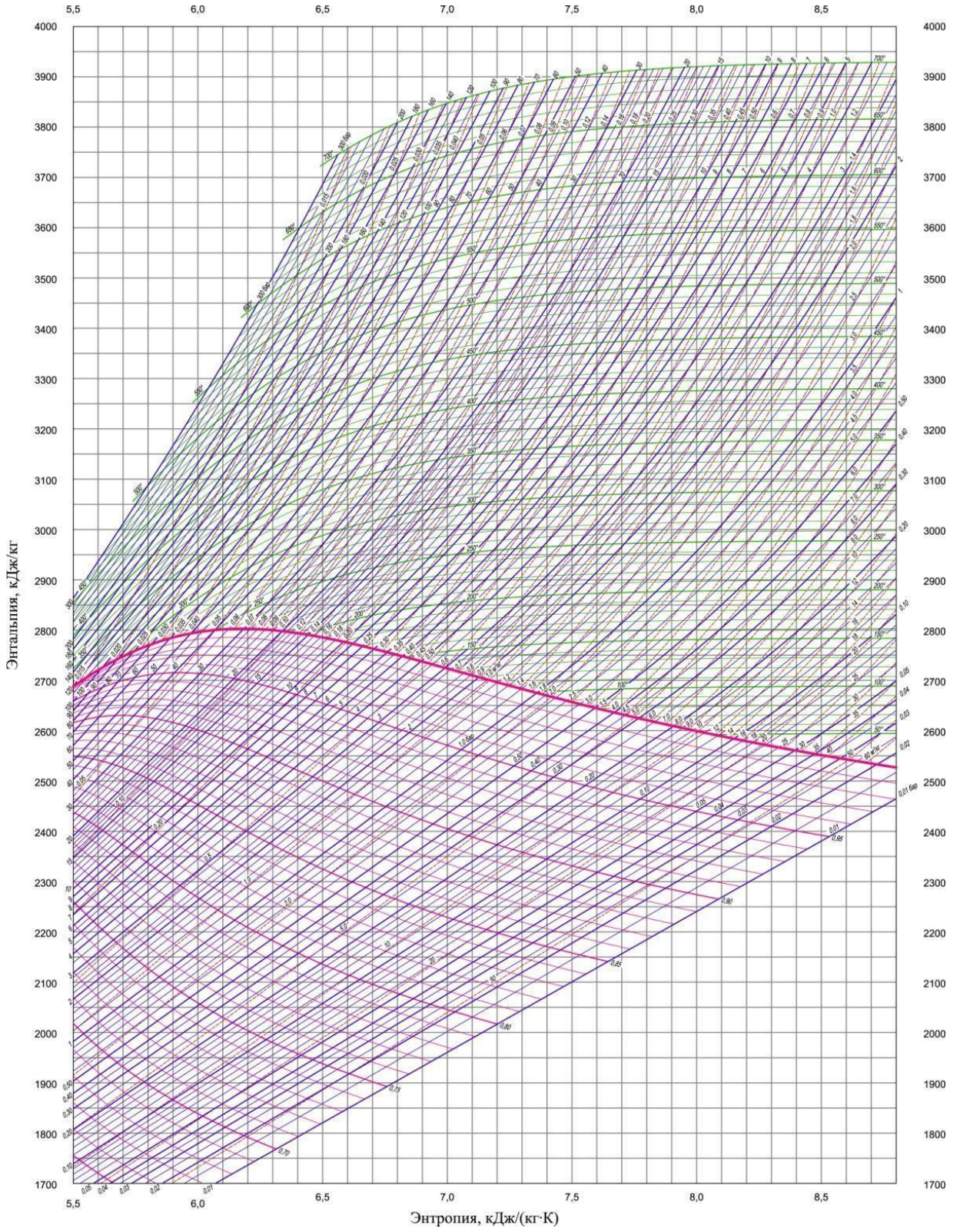


Таблица 4- Номера вариантов, включаемых в задание (задача) 4

| Вариант задания | d, мм | t <sub>c</sub> °C | t <sub>B</sub> °C |
|-----------------|-------|-------------------|-------------------|
| 1               | 17    | 100               | 15                |
| 2               | 21.3  | 150               | 20                |
| 3               | 26.8  | 200               | 25                |
| 4               | 33.5  | 250               | 30                |
| 5               | 42    | 300               | 15                |
| 6               | 48    | 350               | 20                |
| 7               | 60    | 400               | 25                |
| 8               | 75.5  | 450               | 30                |
| 9               | 57    | 100               | 15                |
| 10              | 76    | 150               | 20                |
| 11              | 89    | 200               | 25                |
| 12              | 108   | 250               | 30                |
| 13              | 133   | 300               | 10                |
| 14              | 159   | 350               | 15                |
| 15              | 17    | 400               | 20                |
| 16              | 21.3  | 330               | 25                |
| 17              | 26.8  | 300               | 30                |
| 18              | 33.5  | 200               | 10                |
| 19              | 42.3  | 150               | 15                |
| 20              | 48    | 100               | 20                |
| 21              | 60    | 150               | 25                |
| 22              | 75.5  | 200               | 30                |
| 23              | 57    | 250               | 10                |
| 24              | 76    | 300               | 15                |
| 25              | 89    | 350               | 20                |
| 26              | 108   | 400               | 25                |
| 27              | 133   | 100               | 30                |
| 28              | 159   | 200               | 10                |

|    |     |     |    |
|----|-----|-----|----|
| 29 | 200 | 400 | 30 |
| 30 | 150 | 300 | 25 |

Таблица 5- Номера вариантов, включаемых в задание (задача) 5

| Вариант задания | $\delta$ , мм | $\delta_n$ , мм | $\alpha_1$<br>$Bm/(m^2 \cdot K)$ | $\alpha_2$<br>$Bm/(m^2 \cdot K)$ | $t_1$<br>$^{\circ}C$ | $t_2$<br>$^{\circ}C$ |
|-----------------|---------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| 1               | 1             | 10              | 186                              | 4419                             | 1200                 | 220                  |
| 2               | 2             | 5               | 174                              | 3489                             | 1100                 | 200                  |
| 3               | 1             | 4               | 163                              | 2907                             | 1000                 | 180                  |
| 4               | 1             | 3               | 151                              | 2326                             | 900                  | 160                  |
| 5               | 1             | 2               | 140                              | 1744                             | 800                  | 140                  |
| 6               | 2             | 10              | 70                               | 1163                             | 850                  | 150                  |
| 7               | 1             | 9               | 81                               | 2326                             | 950                  | 160                  |
| 8               | 2             | 6               | 93                               | 3489                             | 1050                 | 170                  |
| 9               | 1             | 7               | 105                              | 4652                             | 1150                 | 180                  |
| 10              | 2             | 6               | 116                              | 5815                             | 1250                 | 190                  |
| 11              | 1             | 7               | 58                               | 1163                             | 900                  | 225                  |
| 12              | 2             | 6               | 47                               | 1140                             | 800                  | 200                  |
| 13              | 1             | 5               | 35                               | 1116                             | 700                  | 175                  |
| 14              | 2             | 4               | 24                               | 1093                             | 600                  | 150                  |
| 15              | 1             | 3               | 12                               | 1070                             | 500                  | 125                  |
| 16              | 2             | 8               | 64                               | 2560                             | 575                  | 110                  |
| 17              | 1             | 7               | 58                               | 2442                             | 675                  | 120                  |
| 18              | 2             | 6               | 52                               | 3326                             | 775                  | 130                  |
| 19              | 1             | 5               | 47                               | 2210                             | 875                  | 140                  |
| 20              | 2             | 4               | 41                               | 2093                             | 975                  | 150                  |
| 21              | 1             | 2               | 47                               | 3489                             | 1000                 | 100                  |
| 22              | 2             | 3               | 58                               | 4652                             | 900                  | 125                  |
| 23              | 1             | 5               | 70                               | 4071                             | 1050                 | 135                  |
| 24              | 2             | 6               | 52                               | 5234                             | 950                  | 150                  |
| 25              | 0.5           | 7               | 64                               | 2326                             | 800                  | 200                  |
| 26              | 1             | 5               | 76                               | 2442                             | 850                  | 210                  |
| 27              | 2             | 8               | 49                               | 3605                             | 975                  | 175                  |
| 28              | 0.5           | 5               | 17                               | 1163                             | 400                  | 100                  |

|    |     |   |    |      |     |     |
|----|-----|---|----|------|-----|-----|
| 29 | 1   | 8 | 24 | 1454 | 500 | 120 |
| 30 | 1.5 | 4 | 29 | 1745 | 600 | 140 |

### **Процедура оценивания контрольных работ**

Контрольная работа по дисциплине «Теплотехника», проводится для студентов заочной формы обучения. За работу выставляется оценка «зачтено/не зачтено». Контрольная работа выполняется в шестом семестре обучения.

В состав каждой контрольной работы входят не только задачи, требующие графического описания процессов или анализа явлений в конкретной ситуации. Объем работы составляет 5. Варианты задачи выбирают по таблице исходя из последних одной или двух цифр № зачетной книжки студента, которая содержится в методическом указании дисциплины.

При оценке уровня выполнения контрольной работы, установлены следующие критерии:

- умение работать с объектами изучения, справочной и энциклопедической литературой;
- умение собирать и систематизировать практический материал;
- умение самостоятельно осмысливать проблему на основе существующих методик;
- умение логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы;
- умение анализировать и обобщать материал;
- умение пользоваться глобальными информационными ресурсами и правильно их преподнести в контрольной работе.

При оценке определяется полнота, точность и последовательность изложения мыслей при решении задач, наличие достаточных пояснений, число и характер ошибок (существенные или несущественные), а так же процент правильно решенных задач.

Существенные ошибки связаны с недостаточной глубиной и осознанностью решения (например, студент неправильно сделал перевод из не основных единиц измерения в основные, допустил ошибки при выводе расчетной формулы, получил не правильное значение величины).

Несущественные ошибки определяются неполнотой решения (например, студентом упущен из вида какой – либо нехарактерный факт при решении задачи) к ним можно отнести описки, допущенные по невнимательности.

#### **Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, в случае, если контрольная работа выполнена по своему варианту, приведены рисунки, таблицы и иллюстрации, необходимые для решения и при этом правильно или с незначительными недочетами решил не менее 5 задач контрольной работы;

- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он решил менее 5 задач или при решении задач допущены грубые ошибки или недочеты.