



Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник УРОПС

Фонд оценочных средств  
(приложение к рабочей программе модуля)  
**«ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОМАССОБМЕН»**

основной профессиональной образовательной программы бакалавриата  
по направлению подготовки

**08.03.01 СТРОИТЕЛЬСТВО**  
Профиль программы  
**«ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ»**

ИНСТИТУТ

морских технологий, энергетики и строительства

РАЗРАБОТЧИК

кафедра энергетики

## 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы Достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
ОПК-3 Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства	ОПК-3.1 Описание основных сведений об объектах и процессах профессиональной деятельности посредством использования профессиональной терминологии	Техническая термодинамика и тепломассообмен	<p><u>Знать:</u> теоретические основы в области технической термодинамики и тепломассообмена для работы в сфере своей профессиональной деятельности.</p> <p><u>Уметь:</u> с учетом знаний в области технической термодинамики и тепломассообмена проводить описание объектов профессиональной деятельности.</p> <p><u>Владеть:</u> навыками проектирования и технического обслуживания оборудования систем теплоснабжения и кондиционирования зданий и сооружений; навыками анализа и предоставления отчета об объектах и процессах профессиональной деятельности.</p>

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- индивидуальные задания по отдельным темам;
- задания и контрольные вопросы по лабораторным работам;
- тестовые задания.

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, соответственно относятся:

- экзаменационные вопросы по дисциплине.

### **3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

3.1 Индивидуальные задания по отдельным темам дисциплины разработаны кафедрой и изданы в виде отдельной брошюры внутривузовского издания (см.: Теоретические основы теплотехники: методические указания и индивидуальные задания для СРС / В.В. Селин, Е.А. Беркова; КГТУ. – Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2007. – 38 с.).

К решению предлагаются задачи по двум разделам: техническая термодинамика и теория тепломассообмена. Первый раздел включает 41 задачу по 11 темам, второй раздел – 16 задач по четырем темам. Для самостоятельного решения разработано 30 вариантов заданий. Каждому студенту вариант задания и номера задач определяются преподавателем. Студенты очной и очно-заочной форм обучения выполняют 10 задач по темам 1.1, 1.2, 1.4, 1.6, 1.7, 1.9 и 1.10 из первого раздела и 6 задач по темам 2.1-2.4 из второго раздела (Приложение №1).

Консультации по выполнению индивидуальных заданий и проверка их выполнения проводятся преподавателями в часы индивидуальных консультаций. По результатам собеседований студент, самостоятельно выполнивший задания и продемонстрировавший понимание физического смысла рассмотренных процессов, получает оценку «зачтено».

3.2 Задания по лабораторным работам выдаются в лаборатории теоретических основ теплотехники. Перед началом выполнения работы студент изучает задание и после краткой беседы с преподавателем приступает к её выполнению. По окончании работы студент предварительно знакомит преподавателя с полученными результатами и получает его согласие на оформление отчета, которое осуществляется во внеаудиторное время. Учебно-методическое пособие к лабораторному практикуму разработано на кафедре и размещено в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета (см.: Беркова, Е.А. Техническая термодинамика и тепломассообмен: учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по выполнению лабораторных работ для студентов бакалавриата направления подготовки 08.03.01 Строительство / Е.А. Беркова. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 60 с.).

Защита отчета проводится либо на очередном лабораторном занятии, либо в часы индивидуальных или групповых консультаций преподавателя. Студент, защитивший отчёты по всем лабораторным работам с ответами на контрольные вопросы, получает оценку «зачтено». Задания и контрольные вопросы по лабораторным работам представлены в Приложении № 2.

3.3 Тестовые задания по дисциплине представлены в Приложении № 3.

Целью тестирования является закрепление, углубление и систематизация знаний студентов, полученных на занятиях и в процессе самостоятельной работы; проведение тестирования позволяет ускорить контроль за усвоением знаний и объективизировать процедуру оценки

знаний студента. Оценивание осуществляется по следующим критериям, приведенным в Таблице 2: «зачтено» – 41-100 % правильных ответов на заданные вопросы; «не зачтено» – 0-40 % правильных ответов.

#### 4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. К экзамену допускаются студенты получившие положительную оценку по результатам практических занятий, лабораторных занятий, тестирования и самостоятельной работы. Экзамен по дисциплине проводится при условии выполнения всех индивидуальных заданий, успешной защиты лабораторных работ и успешного прохождения тестирования по дисциплине.

4.2 Экзаменационный билет содержит три вопроса (два – по технической термодинамике и один – по тепломассообмену), относящиеся соответственно к темам:

- основные понятия, определения и законы термодинамики, идеальный газ и его свойства, термодинамические процессы для идеального газа;
- реальный газ и его свойства, термодинамика потока, циклы теплосиловых и холодильных установок;
- законы тепломассообмена и теплообменные аппараты.

Типовые экзаменационные вопросы приведены в Приложении № 4.

4.3 Экзаменационная оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно») является экспертной, зависит от уровня освоения студентом тем дисциплины (наличия и сущности ошибок, допущенных студентом при ответе на экзаменационные вопросы) и выставляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 2.

Универсальная система оценивания результатов обучения, приведенная в таблице 2, включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100 - балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему.

Таблица 2 – Система и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Критерий	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1. Системность и полнота знаний в отношении изуча-</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями	Обладает минимальным набором знаний, необходи-	Обладает набором знаний, достаточным для	Обладает полной знаний и системным

Система оценок	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Критерий	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>емых объектов</b>	ми, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	мым для системного взгляда на изучаемый объект	системного взгляда на изучаемый объект	взглядом на изучаемый объект
<b>2. Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

## 5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Техническая термодинамика и тепломассообмен» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»).

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры энергетике (протокол № 4 от 29.03.2022 г.)

Заведующий кафедрой



В.Ф. Белей

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры строительства (протокол № 5 от 19.04.2022 г.)

Заведующий кафедрой



В.А. Пименов

## ТИПОВЫЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

### *Часть 1. Техническая термодинамика*

#### *Тема 1.1 Параметры состояния*

Задача 2. Избыточное давление в паровом котле измеряется пружинным манометром и составляет  $p_n$  кПа. Барометрическое давление по ртутному барометру составляет  $p_{\text{бар}}$  мм рт. ст. при температуре  $0^\circ\text{C}$ . Определить абсолютное давление пара в котле  $p$  в кПа, Па, МПа, барах.

Задача 3. Избыточное давление в сосуде, измеряемое пружинным манометром  $p_n$  МПа. Атмосферное давление по ртутному барометру при  $t^\circ\text{C}$  составляет  $p_{\text{бар}}$  мм рт. ст. Определить абсолютное давление в сосуде в МПа, Па, барах.

Задача 4. Ртутный вакуумметр, присоединенный к конденсатору паровой турбины, показывает разрежение  $p_v$  мм рт. ст. при температуре  $t_1^\circ\text{C}$ . Атмосферное давление по ртутному барометру  $p_{\text{бар}}$  мм рт. ст. при  $t_2^\circ\text{C}$ . Определить абсолютное давление  $p$  в конденсаторе в мм рт. ст., Па, барах.

#### *Тема 1.2 Закон сохранения энергии*

Задача 5. Сколько килограммов свинца  $m_c$  можно нагреть от температуры  $t_1^\circ\text{C}$  до температуры плавления  $t_2 = 327^\circ\text{C}$  посредством удара молотом массой  $m_m$  кг при падении его с высоты  $h_m$  м? Предполагается, что вся энергия падения молота превращается в теплоту, которая поглощается свинцом. Теплоемкость свинца  $c_p = 0,1256$  кДж/(кг·К).

Задача 6. Современная паротурбинная электростанция мощностью  $N$  МВт работает в году  $\tau$  суток с КПД  $\eta$ . Теплота сгорания топлива  $Q_n^p$  кДж/кг. Определить суточный  $V_{\text{сут}}$  и годовой  $V_g$  расходы топлива.

Задача 7. Определить годовой расход ядерного горючего на АЭС той же мощности, что и в предыдущей задаче, если 1 кг урана при расщеплении выделяет  $(Q_n^p)^y = 825 \cdot 10^8$  кДж/кг теплоты.

#### *Тема 1.4 Термодинамические процессы для идеального газа*

Задача 11. Газовая смесь состоит из  $m_{N_2}$  кг, азота,  $m_{CO_2}$  кг углекислого газа и  $m_{CO}$  кг окиси углерода. Начальные параметры смеси  $p_1$  МПа и  $t_1^\circ\text{C}$ . В процессе  $T = \text{const}$  смесь расширяется до давления  $p_2$  МПа. Определить работу расширения смеси  $L$ , количество подведенной теплоты  $Q$ , объем в конце расширения  $V_2$  и парциальные давления газов в начальном со-

стоянии. Определить также изменение внутренней энергии  $\Delta U$  и энтальпии  $\Delta H$  смеси. Построить процесс в  $p$ - $V$  и  $T$ - $S$  диаграммах.

Задача 12. Сосуд вместимостью  $V_1$  л содержит газ при абсолютном давлении  $p_1 = 1$  МПа и температуре  $t_1$  °С. Определить массу газа, конечную температуру, изменение энтропии и количество теплоты, которое необходимо подвести, чтобы повысить давление в процессе при постоянном объеме до  $p_2 = 2$  МПа. Определить также изменение внутренней энергии и энтальпии газа. Удельную теплоемкость принять переменной. Построить процесс в  $p$ - $V$  и  $T$ - $S$  диаграммах.

Задача 13. В цилиндре двигателя объемом  $V_1$  л находится газ со свойствами воздуха при абсолютном давлении  $p_1$  МПа и температуре  $t_1 = 1500$  °С. От воздуха отводится теплота при постоянном давлении до температуры  $t_2$  °С. Определить массу воздуха, конечный объем, изменение внутренней энергии, количество отнятой теплоты, изменение энтальпии, работу сжатия и изменение энтропии. Теплоемкость считать переменной. Построить процесс в  $p$ - $V$  и  $T$ - $S$  диаграммах.

Задача 14. В компрессор ГТУ входит  $m$  кг воздуха с начальными параметрами  $p_1$  МПа и  $t_1 = 27$  °С. Воздух сжимается адиабатно до  $p_2$  МПа. Определить начальный и конечный объемы, конечную температуру, работу сжатия, располагаемую работу сжатия, изменение внутренней энергии, энтальпии и энтропии. Теплоемкость принять постоянной. Построить процесс в  $p$ - $V$  и  $T$ - $S$  диаграммах.

#### *Тема 1.6 Реальные газы и пары*

Задача 21. Состояние водяного пара характеризуется давлением  $p$  МПа и влажностью  $y$ . Найти температуру, удельный объем, энтропию, энтальпию и внутреннюю энергию пара.

Задача 23. Определить теплоту, необходимую для перегрева пара в пароперегревателе котла до температуры  $t$  °С при постоянном давлении  $p$  МПа. Построить процесс в  $h$ - $s$  диаграмме.

Задача 24. В пароперегреватель парового котла поступает влажный пар со степенью сухости  $x_1$ , где происходит его перегрев при постоянном давлении  $p_1$  МПа до температуры  $t$  °С. Затем пар адиабатно расширяется без потерь в турбине до давления  $p_2 = 0,003$  МПа. Построить процесс в  $h$ - $s$  диаграмме, определить все параметры пара до и после расширения, а также теплоту, подведенную к пару, и располагаемую работу адиабатного расширения.

#### *Тема 1.7 Термодинамика потока*

Задача 25. Воздух с начальными параметрами  $p_1$  МПа и  $t_1$  °С вытекает через сопло в атмосферу ( $p_2 = 0,1$  МПа). Определить тип сопла, скорость и параметры воздуха на выходе из сопла, а также площадь выходного сечения, если расход воздуха  $G$  кг/с. Потерями, теплооб-



менном со стенками и скоростью на входе в сопло пренебречь. Принять  $k = 1,4$ .

Задача 26. Определить длину расширяющейся части сопла Лавала, через которое происходит истечение воздуха с начальными параметрами  $p_1$  МПа и  $t_1$  °С в количестве  $G$  кг/с в среду с атмосферным давлением  $p_2 = 0,1$  МПа. Угол конусности принять равным  $\alpha = 10^\circ$ , коэффициент скорости сопла  $\varphi = 0,95$ . Скоростью на входе в сопло пренебречь.

Задача 27. Как велика скорость истечения перегретого пара через сопло Лавала, если начальные параметры его  $p_1$  МПа и  $t_1$  °С, а конечное давление  $p_2$  МПа, коэффициент скорости  $\varphi = 0,95$ . Чему была бы равна эта скорость, если бы сопло было суживающимся? Теплообменом со стенками и скоростью на входе в сопло пренебречь. Принять  $\beta_k = 0,546$ . Построить процесс в  $h-s$  диаграмме.

Задача 28. Перегретый пар на входе в сопло имеет параметры  $p_1$  МПа и  $t_1$  °С. Давление пара за соплом  $p_2$  МПа. Истечение происходит без теплообмена с окружающей средой, коэффициент скорости сопла  $\varphi = 0,95$ . Определить тип сопла, состояние пара за соплом, действительную скорость истечения и площадь выходного сечения сопла, если расход пара через сопло  $G = 0,5$  кг/с. Критическое отношение давлений принять равным  $\beta_k = 0,546$ . Скоростью пара на входе в сопло пренебречь.

Задача 29. В клапанах турбины перегретый пар с параметрами  $p_1$  МПа и  $t_1$  °С дросселируется до давления  $p_2$  МПа, а затем адиабатно расширяется до  $p_3 = 0,004$  МПа. Определить потерю теоретической мощности турбины вследствие дросселирования, если расход пара  $G = 10$  кг/с. Построить процесс в  $h-s$  диаграмме.

### 1.9 Циклы теплосиловых установок

Задача 32. Сравнить термический КПД циклов Ренкина, осуществленных при одинаковых начальных и конечных давлениях  $p_1$  МПа и  $p_2$  МПа, если в одном случае пар влажный со степенью сухости  $x = 0,9$ , в другом – пар сухой насыщенный, в третьем – перегретый с температурой  $t_1$  °С. Построить процессы расширения пара в турбине в  $h-s$  диаграмме.

Задача 33. Сравнить термический КПД двух паросиловых установок, работающих на паре с параметрами  $p_1$  МПа и  $t_1$  °С, если у одной из них турбина работает на выхлоп в атмосферу ( $p_2 = 0,1$  МПа) и котел питается водой из внешнего источника с температурой  $t_{пв} = 30$  °С, а у другой имеется конденсатор с абсолютным давлением  $p_2 = 0,004$  МПа, а котел питается конденсатом отработавшего пара. Построить процессы в  $h-s$  диаграмме.

Задача 34. Паротурбинная установка мощностью  $N = 200$  МВт работает на паре следующих параметров: начальное давление  $p_1$  МПа, температура  $t_1$  °С. Промежуточный перегрев осуществляется при давлении  $p_{пе}$  МПа до первоначальной температуры  $t_{пе} = t_1$ . Давление в конденсаторе  $p_2 = 0,004$  МПа. Температура питательной воды  $t_{пв}$  °С. Определить часовой рас-

ход топлива  $B$  кг/ч, если его теплота сгорания  $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 30$  МДж/кг, а КПД парогенератора  $\eta_{\text{пг}} = 0,91$ . Прочими потерями пренебречь. Работу насоса учесть.

Задача 35. Турбина мощностью  $N = 24$  МВт работает при параметрах пара:  $p_1$  МПа,  $t_1$  °С и  $p_2 = 0,004$  МПа. Для подогрева питательной воды из турбины отбирается пар при  $p_{\text{отб}}$  МПа. Определить термический КПД регенеративного цикла и удельный расход пара на 1 кВт·ч выработанной энергии. Сравнить эти показатели с такими же показателями для цикла без регенерации. Вычислить величину экономии от введения регенеративного подогрева.

Задача 36. На ТЭЦ установлена теплофикационная турбина мощностью  $N = 12$  МВт, в которой работает пар с начальными параметрами  $p_1$  МПа,  $t_1$  °С, противодавление  $p_2 = 0,2$  МПа. Отработанный пар отправляется на производство и полностью возвращается на ТЭЦ в виде конденсата при температуре насыщения. Определить часовой расход топлива  $B$  кг/ч, если КПД парогенератора  $\eta_{\text{пг}} = 0,90$ , теплота сгорания топлива  $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 29,3$  МДж/кг. Каков был бы суммарный часовой расход топлива, если бы выработка энергии производилась отдельно: электроэнергии – в конденсационной установке с давлением пара в конденсаторе  $p_2 = 0,004$  МПа и теплоты – в отопительной котельной. КПД всех парогенераторов и котлов  $\eta_{\text{пг}} = 0,90$ .

#### *1.10 Циклы холодильных установок*

Задача 37. В воздушной холодильной установке поступающий из холодильной камеры (рефрижератора) в компрессор воздух имеет температуру  $t_3$  °С при давлении  $p_2 = 0,1$  МПа. В компрессоре воздух адиабатно сжимается до давления  $p_1$  МПа, а затем при постоянном давлении охлаждается в охладителе до температуры  $t_1$  °С. После охладителя воздух поступает в детандер, где адиабатно расширяется до давления  $p_2$ , после чего снова направляется в холодильную камеру, где отбирает теплоту  $q_2$  от охлаждаемого вещества и нагревается до температуры  $t_3$ . Определить температуру воздуха за компрессором  $t_4$ ; температуру воздуха, поступающего в холодильную камеру  $t_2$ ; теоретическую удельную работу, затраченную на осуществление цикла; теоретическую удельную холодопроизводительность; теоретический холодильный коэффициент цикла; холодильный коэффициент цикла Карно в том же интервале температур. Определить также расход холодильного агента и теоретическую мощность, необходимую для привода компрессора, если холодопроизводительность установки должна составлять  $Q = 200$  кВт. Теплоемкость воздуха считать постоянной и равной  $c_p = 1,012$  кДж/(кг·К),  $k = 1,4$ .

Задача 38. Компрессор холодильной установки всасывает пар фреона-12 при  $t_3$  °С и степени сухости  $x_1$  и изоэнтропийно сжимает его до давления, при котором степень сухости  $x_2 = 1$ . Из компрессора фреон-12 поступает в конденсатор, где охлаждается водой с температурой на входе  $t_{1в}$  °С, а на выходе  $t_{2в} = 20$  °С. В дроссельном вентиле жидкий фреон-12 дросселируется до состояния влажного насыщенного пара, после чего направляется в испаритель, из

которого выходит со степенью сухости  $x_1$ . Теплота, необходимая для испарения фреона-12, подводится из охлаждаемой камеры. Определить теоретическую мощность двигателя холодильной установки, часовой расход фреона-12 и охлаждающей воды, если холодопроизводительность установки  $Q = 60$  кВт.

Варианты индивидуальных заданий по разделу техническая термодинамика представлены в таблице 1.1-1.3.

Таблица 1.1 – Варианты 1-10 индивидуальных заданий по технической термодинамике

Номера задач	Обозначение величины	Номера вариантов									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	$p_H \cdot 10^{-2}$	90	90	96	96	98	98	75	75	75	75
	$p_{бар}^0$	745	750	755	760	765	770	745	750	755	760
3	$p_H$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
	$t$	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40
	$p_{бар}^t$	765	770	745	750	755	760	765	770	745	750
4	$p^I_{в}$	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
	$t_1$	15	20	25	30	35	40	45	15	20	25
	$p^I_{бар}$	755	760	765	770	745	750	755	760	765	770
	$t_2$	25	30	35	40	45	20	15	20	25	30
5	$t_1$	5	10	15	20	25	30	35	5	10	15
	$m_M$	200	250	150	300	200	250	150	300	200	250
	$h_M$	1	2	3	1	2	3	4	2	1	1
6	$N \cdot 10^{-2}$	6	12	24	36	48	6	12	24	36	48
	$\tau$	330	330	330	330	330	320	320	320	320	320
	$\eta$	0,34	0,36	0,38	0,4	0,42	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42
	$Q_H^P \cdot 10^{-3}$	27	26	25	24	28	29	24	25	26	27
11	$m_{N_2}$	2	2	3	1	4	5	6	7	8	2
	$m_{CO_2}$	4	3	1	2	3	4	1	2	1	6
	$m_{CO}$	4	5	6	7	3	1	3	1	1	2
	$p_1$	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	$t_1$	7	17	27	37	47	57	67	7	17	27
	$p_2$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
12	$V_1$	100	150	250	300	350	400	100	150	250	300
	Газ	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
	$t_1$	27	27	27	27	27	37	37	37	37	37
13	$V_1$	100	150	200	250	300	350	400	450	100	150
	$p_1$	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	$t_2$	100	150	250	300	350	400	450	500	600	650
14	$m$	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
	$p_1$	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,12
	$p_2$	0,5	0,6	0,7	0,4	1,0	1,2	1,4	0,8	1,5	1,8
21	$p$	20,0	18,0	16,0	14,0	12,0	10,0	8,0	7,0	6,0	5,0
	$y$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,1
23	$t$	100	120	150	200	200	210	250	250	260	270
	$p$	0,01	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27
24	$x_1$	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
	$p_1$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	$t$	200	300	310	320	330	340	350	360	370	380
25	$p_1$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2
	$t_1$	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
	$G$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,4	0,8

Номера задач	Обозначение величины	Номера вариантов									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
26	$p_1$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
	$t_1$	500	600	700	800	900	500	600	700	800	900
	G	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,7
27	$p_1$	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
	$t_1$	500	450	400	350	300	500	450	400	350	300
	$p_2 \cdot 10^2$	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4	0,6
28	$p_1$	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,7
	$t_1$	260	260	260	270	270	270	280	280	280	290
	$p_2$	0,3	0,35	0,4	0,45	0,3	0,35	0,4	0,45	0,3	0,35
29	$p_1$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	$t_1$	200	250	300	350	400	200	250	300	350	400
	$p_2$	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
32	$p_1$	3,0	2,2	2,0	1,6	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,5
	$p_2$	0,05	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,05	0,05
	$t_1$	300	300	300	250	250	250	200	200	200	200
33	$p_1$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	$t_1$	250	300	350	400	450	250	300	350	400	450
34	$p_1$	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	$t_1$	565	560	555	550	545	565	560	555	550	545
	$p_{не}$	3,0	2,8	3,0	2,8	2,2	2,0	1,8	2,2	2,0	1,8
	$t_{пв}$	160	150	160	150	160	150	160	150	160	150
35	$p_1$	4,0	3,5	3,0	4,0	3,5	3,0	4,0	3,5	3,0	4,5
	t	450	440	435	420	400	450	440	435	420	480
	$p_{отб}$	0,24	0,20	0,18	0,12	0,24	0,20	0,18	0,12	0,24	0,4
36	$p_1$	3,5	3,0	3,5	3,0	3,0	3,5	3,0	3,0	3,5	3,0
	$t_1$	435	420	400	450	435	420	400	450	430	420
37	$t_3$	-15	-15	-15	-15	-15	-20	-20	-20	-20	-20
	$p_1$	0,4	0,5	0,45	0,4	0,5	0,45	0,4	0,5	0,45	0,4
	$t_1$	10	10	20	20	15	15	10	10	20	20
38	$t_3$	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-12	-13	-14	-15
	$x_1 \cdot 10^2$	96,8	96,8	96,8	96,8	96,	97	97	97	97	97
	$t_{1в}$	8	10	12	8	10	12	8	10	12	8

Таблица 1.2 – Варианты 11-20 индивидуальных заданий по технической термодинамике

Номера задач	Обозначение величины	Номера вариантов									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	$p_n \cdot 10^{-2}$	75	75	48	51	51	51	54	58	60	62
	$p_{бар}^0$	765	770	745	750	755	760	765	770	745	750
3	$p_n$	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
	t	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40
	$p_{бар}^1$	755	760	765	770	745	750	755	760	765	770
4	$p_{1в}^1$	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
	$t_1$	30	35	40	45	15	20	25	30	35	40
	$p_{бар}^2$	745	750	755	760	765	770	745	750	755	760
5	$t_2$	35	40	45	15	20	25	30	35	40	45
	$t_1$	20	25	30	35	5	10	15	20	25	30
	$m_M$	150	300	200	250	150	300	200	250	150	300
6	$h_M$	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
	$N \cdot 10^{-2}$	6	12	24	36	48	6	12	24	36	48
	$\tau$	310	310	310	310	310	300	300	300	300	300
	$\eta$	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,34	0,36	0,38	0,35	0,40

Номера задач	Обозначение величины	Номера вариантов									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	$Q_H^P \cdot 10^{-3}$	28	29	24	25	26	27	28	29	24	25
11	$m_{N_2}$	3	2	4	6	2	5	3	10	2	9
	$m_{CO_2}$	2	4	3	2	7	5	8	2	11	5
	$m_{CO}$	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
	$p_1$	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	$t_1$	37	47	57	67	7	17	27	37	47	57
	$p_2$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
12	$V_1$	350	400	100	150	250	300	350	400	100	150
	Газ	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
	$t_1$	17	17	17	17	17	57	57	57	57	57
13	$V_1$	200	250	300	350	400	450	100	150	200	250
	$p_1$	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	$t_2$	500	550	450	400	350	300	250	150	100	150
14	$m$	3,0	2,5	2,0	1,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
	$p_1$	0,14	0,08	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,12	0,14	0,08
	$p_2$	2,1	1,2	2,0	2,4	2,8	1,6	2,5	3,0	3,5	2,0
21	$p$	4,0	3,0	2,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
	$y$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,1	0,2
23	$t$	280	290	300	310	320	350	360	370	380	390
	$p$	0,30	0,60	0,90	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0
24	$x_1$	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
	$p_1$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
	$t$	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480
25	$p_1$	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25
	$t_1$	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
	$G$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,4	0,5	0,6
26	$p_1$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
	$t_1$	200	300	400	500	600	200	300	200	300	400
	$G$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
27	$p_1$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
	$t_1$	400	480	460	440	420	400	380	360	340	320
	$p_2 \cdot 10^2$	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4
28	$p_1$	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5	0,7
	$t_1$	290	290	290	300	300	300	310	310	310	320
	$p_2$	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28
29	$p_1$	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	$t_1$	250	300	350	400	450	250	300	400	450	350
	$p_2$	0,5	0,4	0,6	0,7	0,8	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
32	$p_1$	2,8	2,6	2,4	1,8	1,4	1,2	0,8	0,6	0,45	0,4
	$p_2$	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
	$t_1$	400	400	400	350	350	350	300	300	300	300
33	$p_1$	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	$t_1$	250	300	350	400	450	250	300	350	400	450
34	$p_1$	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
	$t_1$	565	560	555	550	545	565	560	555	550	545
	$p_{не}$	3,0	2,8	3,0	2,8	2,2	2,0	1,8	2,2	2,0	1,8
	$t_{нв}$	160	150	160	150	160	150	160	150	160	150
35	$p_1$	5,0	5,5	4,5	5,0	5,5	4,5	5,0	5,5	4,5	6,0
	$t$	450	440	435	420	480	450	440	435	420	480
	$p_{орг}$	0,45	0,35	0,3	0,4	0,45	0,35	0,3	0,4	0,45	0,5
36	$p_1$	4,5	4,0	4,5	4,0	4,0	4,5	4,0	4,0	4,5	4,0
	$t_1$	435	420	400	450	435	420	400	450	430	420
37	$t_3$	-16	-16	-16	-16	-16	-18	-18	-18	-18	-18
	$p_1$	0,5	0,45	0,4	0,5	0,45	0,4	0,5	0,45	0,4	0,5

Номера задач	Обозначение величины	Номера вариантов									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	$t_1$	15	15	10	10	20	20	15	15	10	10
38	$t_3$	-16	-17	-18	-19	-20	-11	-12	-13	-14	-15
	$x_1 \cdot 10^2$	97	97	97	97	97	97,1	97,1	97,1	97,1	97,1
	$t_{1в}$	8	10	12	8	10	12	8	10	12	8

Таблица 1.3 – Варианты 21-30 индивидуальных заданий по технической термодинамике

Номера задач	Обозначение величины	Номера вариантов									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2	$p_H \cdot 10^{-2}$	64	65	40	35	25	28	26	28	25	25
	$p_{бар}^0$	755	760	765	770	745	750	755	760	770	765
3	$p_H$	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	1,52
	$t$	20	25	30	35	40	20	25	30	40	35
	$p_{бар}^1$	745	750	755	760	765	770	745	750	755	770
4	$p_{1в}^1$	200	220	240	260	280	300	320	340	360	280
	$t_1$	45	15	20	25	30	35	40	45	15	40
	$p_{бар}^2$	765	770	745	750	755	760	765	770	745	760
	$t_2$	15	20	25	30	35	40	45	15	20	30
5	$t_1$	35	5	10	15	20	25	30	35	5	15
	$m_M$	200	250	150	300	200	250	150	300	150	200
	$h_M$	4	4	3	2	1	1	2	3	4	2
6	$N \cdot 10^{-2}$	6	12	36	48	6	12	24	36	48	20
	$\tau$	340	340	340	340	330	330	330	330	330	334
	$\eta$	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,30
	$Q_H^p \cdot 10^{-3}$	26	27	28	29	24	25	26	28	29	27
11	$m_{N_2}$	1	1	1	2	2	5	10	3	2	4
	$m_{CO_2}$	2	3	1	2	2	5	3	2	10	5
	$m_{CO}$	2	1	3	1	1	5	2	10	3	6
	$p_1$	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1
	$t_1$	67	7	17	27	37	47	57	67	57	37
	$p_2$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,5
12	$V_1$	250	300	350	400	450	500	300	350	400	200
	Газ	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
	$t_1$	7	7	7	7	7	47	47	47	47	47
13	$V_1$	300	350	400	450	100	150	200	250	300	500
	$p_1$	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0
	$t_2$	250	300	350	400	450	500	550	600	500	200
14	$m$	7,0	7,5	8,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	4,5	5,0
	$p_1$	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,10
	$p_2$	3,0	3,6	4,2	2,4	4,0	4,8	5,6	3,2	0,3	4,0
21	$p$	0,3	0,2	0,1	0,08	0,06	0,04	0,02	0,01	0,08	0,01
	$y$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,1	0,2	0,3
23	$t$	400	400	420	450	500	350	360	370	380	400
	$p$	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8
24	$x_1$	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
	$p_1$	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
	$t$	490	500	510	520	530	540	560	570	580	500
25	$p_1$	0,26	0,27	0,28	0,29	0,35	0,45	0,55	0,65	0,70	0,75
	$t_1$	220	230	240	250	260	270	280	290	300	327
	$G$	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
26	$p_1$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2

Номера задач	Обозначение величины	Номера вариантов									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	$t_1$	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
	G	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
	$p_1$	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10
27	$t_1$	300	280	260	240	220	200	220	240	260	280
	$p_2 \cdot 10^2$	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4
	$p_1$	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,7
28	$t_1$	275	275	275	300	300	300	310	310	310	320
	$p_2$	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4
	$p_1$	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
29	$t_1$	250	300	350	400	450	300	350	400	450	500
	$p_2$	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
	$p_1$	0,35	0,28	0,26	0,24	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12	0,4
32	$p_2$	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05
	$t_1$	300	250	250	250	250	250	250	250	250	250
	$p_1$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
33	$t_1$	200	250	300	350	400	200	250	300	350	400
	$p_1$	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
34	$t_1$	565	560	555	550	545	565	560	555	550	545
	$p_{пе}$	3,0	2,8	3,0	2,8	2,2	2,0	1,8	2,2	2,0	1,8
	$t_{пв}$	160	150	160	150	160	150	160	150	160	150
	$p_1$	7,0	6,5	6,5	7,0	6,5	6,0	7,0	6,5	6,0	7,0
35	t	450	440	435	500	480	450	440	435	500	480
	$p_{отб}$	0,55	0,45	0,5	0,55	0,45	0,5	0,55	0,45	0,5	0,55
	$p_1$	5,5	5,0	5,5	5,0	5,0	5,5	5,0	5,0	5,5	5,0
36	$t_1$	435	420	400	450	435	420	400	450	435	420
	$t_3$	-10	-10	-10	-10	-10	-12	-12	-12	-12	-12
37	$p_1$	0,4	0,5	0,45	0,4	0,5	0,45	0,4	0,5	0,45	0,4
	$t_1$	20	20	15	15	10	10	20	20	15	15
	$t_3$	-16	-17	-18	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16
38	$x_1 \cdot 10^2$	97,1	97,1	97,1	97,2	97,2	97,2	97,2	97,2	97,2	97,2
	$t_{1в}$	8	10	12	8	10	12	8	10	12	8

## Часть 2. Теплопередача

### 2.1 Теплопроводность

Задача 1. Плоскую поверхность с температурой  $t_1$  °С необходимо изолировать, чтобы потеря теплоты не превышала  $q$  Вт/м<sup>2</sup> при температуре внешней поверхности изоляции  $t_2 = 50$  °С. Определить толщину изоляционного слоя  $\delta$  из совелита, коэффициент теплопроводности которого зависит от температуры и равен  $\lambda = 0,09 + 0,000087 \cdot t$  Вт/(м·К). Изменение температуры в слое изоляции показать на графике.

Задача 2. Определить термическое сопротивление  $R$  обмуровки топочной камеры, состоящей из слоев шамотного и красного кирпича, между которыми имеется засыпка из диатомита. Толщина шамотного слоя  $\delta_1$  мм, диатомитовой засыпки  $\delta_2$  мм и красного кирпича  $\delta_3$  мм. Коэффициенты теплопроводности материалов соответственно равны:  $\lambda_1 = 0,93$ ;  $\lambda_2 = 0,13$ ;  $\lambda_3 = 0,7$  Вт/(м·К). Какой толщины следует сделать слой красного кирпича  $\delta_3'$ , если отказаться от

применения засыпки из диатомита, чтобы тепловые потери через обмуровку остались неизменными?

Задача 3. Паропровод диаметром  $d_2/d_1 = 170/160$  мм покрыт двухслойной изоляцией. Толщина первого слоя  $\delta_2$  мм и второго  $\delta_3$  мм. Коэффициенты теплопроводности трубы и изоляции соответственно равны:  $\lambda_1 = 50$ ;  $\lambda_2 = 0,15$  и  $\lambda_3 = 0,1$  Вт/(м·К). Температура внутренней поверхности паропровода  $t_1$  °С и внешней поверхности изоляции  $t_4 = 50$  °С. Определить тепловые потери с 1 м длины паропровода и температуры  $t_2$  и  $t_3$  на стыке отдельных слоев. Температурное поле представить графически.

Задача 4. Плоская стальная стенка толщиной  $\delta_2 = 20$  мм с одной стороны покрыта слоем сажи толщиной  $\delta_1 = 1$  мм, а с другой стороны слоем накипи толщиной  $\delta_3 = 3$  мм. Коэффициенты теплопроводности равны: для сажи  $\lambda_1 = 0,08$  Вт/(м·К); для стали  $\lambda_2 = 50$  Вт/(м·К); для накипи  $\lambda_3 = 2,3$  Вт/(м·К). Температура наружной поверхности сажи  $t_1$  °С, а температура наружной поверхности накипи  $t_4$  °С. Определить поверхностную плотность теплового потока через стенку и температуры  $t_2$  и  $t_3$  на поверхностях соприкосновения сажи и накипи с металлом. Определить во сколько раз увеличится поверхностная плотность теплового потока через стенку, если удалить сажу и накипь. Температурное поле в обоих случаях представить графически.

## 2.2 Конвективный теплообмен

Задача 5. Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  и количество передаваемой теплоты  $Q$  при течении теплоносителя в горизонтальной трубе диаметром  $d$  мм и длиной  $l$  м, если средняя скорость течения  $\bar{W}$  м/с, средняя температура теплоносителя  $\bar{t}_ж$  °С, средняя температура стенки  $\bar{t}_с$  °С.

Задача 6. Определить средний коэффициент теплоотдачи от воздуха для  $n$ -рядного пучка труб диаметром  $d$  мм. Средняя температура воздуха  $\bar{t}_ж$  °С, средняя скорость в самом узком сечении пучка  $\bar{W}$  м/с, угол атаки  $\varphi$ °.

Задача 7. Определить потерю теплоты путем свободной конвекции от трубы диаметром  $d$  мм и длиной  $l$  м к воздуху, если средняя температура поверхности трубы  $\bar{t}_с$  °С, а средняя температура воздуха  $\bar{t}_ж$  °С.

Задача 8. Определить эквивалентный коэффициент теплопроводности и потери теплоты при свободной конвекции в плоской воздушной или водяной прослойке (щели) с поперечным размером  $\delta$  мм, расположенной между нагретой и холодной поверхностями с температурами  $\bar{t}_{с1}$  °С и  $\bar{t}_{с2}$  °С.



Задача 9. Вычислить средний коэффициент теплоотдачи при кипении воды и количество пара, получаемое в испарителе за 1 час, если общая поверхность испарения составляет  $F$  м<sup>2</sup>, средняя температура стенки испарителя  $\bar{t}_c$  °С, давление пара  $p$  МПа.

Задача 10. Определить средний коэффициент теплоотдачи от пара к трубе (горизонтальной или вертикальной) конденсатора и количество конденсата, образующегося за 1 час, если труба имеет наружный диаметр  $d$  мм, длину (высоту)  $l$  м и среднюю температуру поверхности  $\bar{t}_c$  °С. На поверхности трубы конденсируется сухой насыщенный пар при давлении  $p$  МПа.

### 2.3 Теплообмен излучением

Задача 11. Обмуровка топочной камеры парового котла выполнена из шамотного кирпича, а внешняя облицовка из листовой стали. Расстояние между обшивкой и кирпичной кладкой мало по сравнению с размерами стенок топки. Вычислить потери теплоты в окружающую среду с единицы поверхности за счет лучистого теплообмена между поверхностями обмуровки и обшивки, если температура внешней поверхности обмуровки  $t_1$  °С, а температура стальной обшивки  $t_2$  °С. Степень черноты шамота  $\varepsilon_1 = 0,8$ , а листовой стали  $\varepsilon_2 = 0,6$ .

Задача 12. Между двумя поверхностями с температурами  $T_1$  К и  $T_2$  К установлен экран. Материалы поверхностей и экрана одинаковы:  $c_1 = c_2 = c_3$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>). Определить лучистый поток между этими поверхностями через экран и температуру экрана. Как изменится лучистый поток, если экран убрать?

Задача 13. Вычислить степень черноты продуктов сгорания при общем давлении в топке  $p = 0,1$  МПа и температуре  $t$  °С, если парциальное давление водяных паров  $p_{\text{H}_2\text{O}}$  МПа, парциальное давление углекислоты  $p_{\text{CO}_2}$  МПа. Объем топки  $V$  м<sup>3</sup>, общая площадь поверхности ее стен  $F$  м<sup>2</sup>.

### 2.4 Теплопередача и теплообменные аппараты

Задача 14. В воде-водяном теплообменнике охлаждается пресная вода из системы охлаждения ДВС от  $t_1'$  °С до  $t_1''$  °С. Для охлаждения используется заборная вода с температурой  $t_2'$  °С. Расход пресной воды  $G_1$  кг/с, расход заборной воды  $G_2$  кг/с, коэффициент теплопередачи  $k = 800$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Определить площадь поверхности теплообмена при прямотоке и противотоке при условии, что теплоемкость пресной воды  $c_{p1} = 4,19$  кДж/(кг·К), заборной воды  $c_{p2} = 3,85$  кДж/(кг·К).

Задача 15. В трубчатом подогревателе судовой адиабатной опреснительной установки подогревается заборная вода от  $t_2'$  °С до  $t_2'' = 90$  °С; расход воды  $G_2$  кг/с, а ее средняя тепло-

емкость  $c_{p2} = 3,9$  кДж/(кг·К). Подогрев происходит за счет конденсации сухого насыщенного пара с давлением  $p$  МПа. Средний коэффициент теплопередачи  $k = 2800$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Определить расход конденсирующегося пара и площадь поверхности нагрева подогревателя.

Задача 16. Для подогрева мазута от температуры  $t_2^I$  °С до  $t_2^{II} = 95$  °С используется сухой насыщенный пар с давлением  $p$  МПа. Пар конденсируется на внешней поверхности трубчатого подогревателя. Определить среднелогарифмический температурный напор. Какую погрешность внесем в расчет, если заменим его среднеарифметическим температурным напором?

Варианты индивидуальных заданий по разделу теория тепломасообмена представлены в таблице 1.4-1.6.

Таблица 1.4 – Варианты 1-10 индивидуальных заданий по теплопередаче

Но- мера задач	Обозначе- ние величи- ны	Номера вариантов										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	$t_1$	200	250	300	350	400	450	200	250	300	350	
	$q$	600	550	500	450	400	600	550	500	450	400	
2	$\delta_1$	120	130	140	150	160	120	130	140	150	160	
	$\delta_2$	40	50	60	70	80	90	100	40	50	60	
	$\delta_3$	170	180	190	200	210	220	170	180	190	200	
3	$\delta_2$	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40	
	$\delta_3$	30	35	40	45	50	55	30	35	40	45	
	$t_1$	250	260	270	280	290	300	310	250	260	270	
4	$t_1$	700	690	680	670	660	650	640	630	620	610	
	$t_4$	110	120	130	140	150	160	170	110	120	130	
5	$d$	3	4	5	6	8	50	60	70	80	90	
	теплоноситель	вода					воздух					
	$l$	0,12	0,16	0,12	0,16	0,20	2	3	4	5	6	
	$\overline{W}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	5	20	15	20	25	
	$\overline{t}_ж$	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
	$\overline{t}_c$	10	10	20	20	30	40	60	60	50	40	
6	тип пучка	коридорный					шахматный					
	$n$	6	8	10	12	14	6	8	10	12	14	
	$d$	40	40	40	40	40	50	50	50	50	50	
	$\overline{t}_ж$	200	250	300	350	400	400	350	300	250	200	
	$\overline{W}$	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	
	$\varphi$	90	80	70	60	50	40	30	20	10	60	
7	расположение трубы	горизонтально					вертикально					
	$d$	160	180	200	220	240	40	50	60	70	80	
	$l$	4	5	6	8	7	2	3	4	5	6	
	$\overline{t}_c$	50	60	70	80	90	150	160	170	180	190	
	$\overline{t}_ж$	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	
8	$\delta$	25	20	15	10	30	5	10	15	20	25	
	$\overline{t}_{cI}$	150	160	170	180	190	80	85	90	95	100	

Но- мера задач	Обозначе- ние величи- ны	Номера вариантов									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	$\bar{t}_{c2}$	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	теплоноситель	воздух					вода				
9	$F$	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4
	$\bar{t}_c$	110	115	125	135	140	150	160	165	170	190
	$p$	0,1	0,12	0,16	0,2	0,26	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
10	расположение трубы	горизонтально					вертикально				
	$d$	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	$l$	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
	$\bar{t}_c$	95	95	95	100	100	100	120	130	140	95
	$p$	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	0,3
11	$t_1$	117	127	137	147	157	117	127	137	147	157
	$t_2$	47	47	47	47	47	50	50	50	50	50
12	$T_1$	800	800	800	800	800	900	900	900	900	900
	$T_2$	200	300	400	500	600	200	300	400	500	600
	$c$	4,0	4,5	5,0	4,5	4,0	3,5	4,0	4,5	5,0	4,5
13	$t \cdot 10^{-2}$	14	15	16	17	18	14	15	16	17	18
	$p_{H_2O} \cdot 10^2$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	$p_{CO_2} \cdot 10^2$	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	$V$	10	12	14	16	18	17	15	13	11	9
	$F$	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
14	$t_1$	80	82	84	86	78	82	84	86	78	80
	$t_1$	40	38	36	32	42	40	38	36	32	42
	$t_2$	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10
	$G_1$	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28
	$G_2$	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
15	$t_2$	10	12	14	16	18	20	22	22	20	18
	$G_2$	3	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	2,0	2,2	2,4	2,6
	$p$	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
16	$t_2$	25	23	21	19	27	29	21	19	23	25
	$p$	0,4	0,3	0,2	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6

Таблица 1.5 – Варианты 11-20 индивидуальных заданий по теплопередаче

Но- мера задач	Обозначе- ние величи- ны	Номера вариантов									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	$t_1$	400	450	200	250	300	350	400	450	200	250
	$q$	600	550	500	450	400	600	550	500	450	400
2	$\delta_1$	120	130	140	150	160	120	130	140	150	160
	$\delta_2$	70	80	90	100	40	50	60	70	80	90
	$\delta_3$	210	220	170	180	190	200	210	220	170	180
3	$\delta_2$	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40
	$\delta_3$	50	55	30	35	40	45	50	55	30	35
	$t_1$	280	290	300	310	250	260	270	280	290	300
4	$t_1$	600	590	700	690	680	670	660	650	640	630

Но- мера задач	Обозначе- ние величи- ны	Номера вариантов									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	$t_4$	140	150	160	170	110	120	130	140	150	160
	$d$	3	4	5	6	8	50	60	70	80	90
5	теплоноситель	вода					воздух				
	$l$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	1	2	3	4	5
	$\overline{W}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	10	15	20	25	30
	$\overline{t}_ж$	70	80	90	60	50	120	130	140	150	160
	$\overline{t}_с$	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
		тип пучка	коридорный					шахматный			
6	$n$	6	8	10	12	14	6	8	10	12	14
	$d$	20	30	50	70	60	70	60	40	30	20
	$\overline{t}_ж$	200	250	300	350	400	450	450	450	450	450
	$\overline{W}$	30	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	$\varphi$	90	80	70	60	50	40	30	20	10	60
		расположение трубы	горизонтально					вертикально			
7	$d$	40	50	60	70	80	160	180	200	220	240
	$l$	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6
	$\overline{t}_с$	200	210	220	230	240	40	50	60	70	80
	$\overline{t}_ж$	20	30	40	20	30	10	20	30	10	20
	$\delta$	40	50	60	70	80	30	35	40	45	50
8	$\overline{t}_{c1}$	200	210	220	230	240	40	50	60	70	80
	$\overline{t}_{c2}$	100	100	100	100	100	20	20	20	20	20
	теплоноситель	воздух					вода				
	$F$	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6
9	$\overline{t}_с$	195	200	210	220	230	235	240	250	255	260
	$p$	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,0	3,5
		расположение трубы	горизонтально					вертикально			
10	$d$	30	30	30	30	30	40	40	40	40	40
	$l$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8
	$\overline{t}_с$	90	85	85	85	80	75	70	65	60	55
	$p$	0,26	0,20	0,16	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03
		$t_1$	117	127	137	147	157	112	122	132	142
11	$t_2$	42	42	42	42	42	52	52	52	52	52
		$T_1 \cdot 10^{-2}$	10	10	10	10	10	11	11	11	11
12	$T_2$	200	300	400	500	600	200	300	400	500	600
	$c$	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
		$t \cdot 10^{-2}$	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	14,5	15,5	16,5	17,5
13	$p_{H_2O} \cdot 10^2$	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	$p_{CO_2} \cdot 10^2$	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	$V$	8	10	12	14	16	18	20	16	14	12
	$F$	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
		$t_1$	84	86	78	80	82	86	78	80	82
14	$t_1$	40	38	36	32	42	40	38	36	32	42
	$t_2$	9	9	9	9	9	12	12	12	12	12
	$G_1$	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28
	$G_2$	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Но- мера задач	Обозначе- ние величи- ны	Номера вариантов									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
15	$t_2$	16	14	12	10	8	8	10	12	14	16
	$G_2$	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,6
	$p$	0,25	0,3	0,35	0,2	0,4	0,25	0,2	0,3	0,35	0,4
16	$t_2$	27	29	19	21	23	25	27	29	19	21
	$p$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,25	0,35	0,45	0,55	0,15

Таблица 1.6 – Варианты 21-30 индивидуальных заданий по теплопередаче

Но- мера задач	Обозначе- ние величи- ны	Номера вариантов									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	$t_1$	300	350	400	450	200	250	300	350	400	450
	$q$	600	550	500	450	400	600	550	500	450	400
2	$\delta_1$	120	130	140	150	160	120	130	140	150	160
	$\delta_2$	100	40	50	60	70	80	90	100	40	50
	$\delta_3$	190	200	210	220	170	180	190	200	210	220
3	$\delta_2$	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40
	$\delta_3$	40	45	50	55	30	35	40	45	50	55
	$t_1$	310	250	260	270	280	290	300	310	250	260
4	$t_1$	620	610	600	590	700	690	680	670	660	650
	$t_4$	170	110	120	130	140	150	160	170	110	120
5	$d$	4	6	8	10	12	40	50	60	70	80
	теплоноситель	вода					воздух				
	$l$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
	$\overline{W}$	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	5	10	15	20	25
	$\overline{t}_ж$	50	60	70	80	90	180	190	200	210	220
	$\overline{t}_c$	10	10	10	10	10	30	40	50	60	70
6	тип пучка	коридорный					шахматный				
	$n$	6	8	10	12	14	6	8	10	12	14
	$d$	60	60	80	80	100	100	80	60	80	60
	$\overline{t}_ж$	200	300	400	500	600	550	450	350	250	150
	$\overline{W}$	5	10	15	20	25	30	20	10	35	40
	$\varphi$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	80
7	расположение трубы	горизонтально					вертикально				
	$d$	50	60	80	100	120	20	30	40	50	60
	$l$	2	4	5	6	7	1	2	3	4	5
	$\overline{t}_c$	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
	$\overline{t}_ж$	10	30	50	20	30	40	20	30	40	40
8	$\delta$	90	100	110	120	130	10	20	30	40	50
	$\overline{t}_{c1}$	200	250	300	350	400	60	70	80	90	100
	$\overline{t}_{c2}$	80	80	80	80	80	40	40	40	40	40
	теплоноситель	воздух					вода				
9	$F$	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4
	$\overline{t}_c$	270	280	295	300	310	320	330	340	350	350
	$p$	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0
10	расположение трубы	горизонтально					вертикально				

Но- мера задач	Обозначение величин	Номера вариантов									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	$d$	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	$l$	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	3,8
	$\bar{t}_c$	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
	$p \cdot 10^2$	2,5	2,0	1,8	1,4	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3
11	$t_1$	112	122	132	142	152	112	122	132	142	152
	$t_2$	50	50	50	50	50	47	47	47	47	47
12	$T_1 \cdot 10^{-2}$	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13
	$T_2$	200	300	400	500	600	200	300	400	500	600
	$c$	3,5	4,0	4,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	3,5	4,0
13	$t \cdot 10^{-2}$	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5
	$p_{H_2O} \cdot 10^2$	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
	$p_{CO_2} \cdot 10^2$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	$V$	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	$F$	40	39	38	37	36	35	34	33	32	30
14	$t_1$	78	80	82	84	86	77	79	81	83	85
	$t_1$	40	38	36	32	42	39	41	43	45	47
	$t_2$	11	11	11	11	11	7	8	9	10	11
	$G_1$	0,29	0,30	0,32	0,33	0,34	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30
	$G_2$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
15	$t_2$	10	20	22	20	18	16	14	12	10	8
	$G_2$	2,4	2,2	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	2,8	2,6
	$p$	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
16	$t_2$	23	25	27	29	20	22	24	26	28	30
	$p$	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,55	0,45	0,35	0,25	0,15

## ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

### ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

*Лабораторная работа № 1. Определение изобарной теплоёмкости воздуха при атмосферном давлении*

Задание по лабораторной работе: Определить среднюю изобарную теплоёмкость воздуха в интервале температур от комнатной до 40-50 °С методом потока в проточном калориметре. Сравнить полученные значения показателей для воздуха со справочными.

Контрольные вопросы:

1. Что называется теплоёмкостью, удельной теплоёмкостью? Единицы измерения удельных теплоёмкостей и связь между ними?
2. Теплоёмкости  $c_p$  и  $c_v$  для идеального газа. Закон Майера. Отношение теплоёмкостей.
3. Истинная и средняя теплоёмкости. Как вычисляется теплота через истинную и среднюю теплоёмкости?
4. Какова техника измерения температуры, расхода воздуха и теплового потока?
5. Как производится тарировка графика для определения расхода воздуха?
6. Как оценить точность экспериментальных данных?

*Лабораторная работа № 2. Исследование кривой насыщения для воды и водяного пара*

Задание по лабораторной работе: Построить зависимость температуры насыщения водяного пара от давления и сравнить с действительной кривой насыщения.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятиям: парообразование, испарение, кипение, конденсация, сублимация, десублимация.
2. Что такое температура насыщения, давление насыщения, температурная депрессия? Что называют теплотой парообразования?
3. Что такое критическая точка, тройная точка?
4. Изобразите фазовую диаграмму  $p$ - $T$  и линии фазовых переходов.
5. Дайте определение понятиям: сухой насыщенный пар, влажный насыщенный пар, перегретый пар. Что такое степень перегрева?
6. Что такое степень сухости и степень влажности?

*Лабораторная работа № 3. Исследование процессов во влажном воздухе*

Задание по лабораторной работе: Изучить изменение состояния влажного воздуха в процессах, протекающих в сушильной установке, определить опытным путем термодинамиче-

ские параметры влажного воздуха в характерных точках процессов нагрева воздуха и сушки материала, построить эти процессы на h-d диаграмме, оценить их термодинамическую эффективность.

Контрольные вопросы:

1. Что называют влажным воздухом?
2. В каких случаях влажный воздух является ненасыщенным и насыщенным влагой?
3. Что называется точкой росы? Как определить «точку росы» с помощью h-d диаграммы?
4. Что такое абсолютная влажность и относительная влажность? Как определяются давление, плотность, газовая постоянная и энтальпия влажного воздуха?
5. Что такое влагосодержание? В каких пределах оно может изменяться?
6. H-d диаграмма влажного воздуха. Графическое изображение основных процессов в h-d диаграмме.

*Лабораторная работа № 4. Исследование процесса дросселирования воздуха через пористую перегородку*

Задание по лабораторной работе: Опытным путем определить изменение температуры воздуха в процессе адиабатного дросселирования при перепаде давления на дросселе до 0,8 МПа, а также определить постоянную Ван-дер-Ваальса, применяя для воздуха модель реального газа Ван-дер-Ваальса.

Контрольные вопросы:

1. Что такое адиабатное дросселирование?
2. Основные закономерности процесса адиабатного дросселирования.
3. Что называют дифференциальным и интегральным дроссель-эффектом?
4. Что такое температура инверсии? Кривая инверсии?
5. Процесс Джоуля-Томсона. Схема опытного участка.
6. Назовите сферы использования процесса дросселирования в технике и в быту? В каких случаях необходимо бороться с эффектом дросселирования?

*Лабораторная работа №5. Определение коэффициента теплопроводности твёрдого материала методом цилиндрического слоя*

Задание по лабораторной работе: Определить экспериментально значение коэффициента теплопроводности исследуемого материала и установить его зависимость от температуры.

Контрольные вопросы:

1. Какова физическая сущность процесса теплопроводности?
2. Что такое коэффициент теплопроводности? От чего он зависит? Какие материалы



можно считать теплоизоляционными?

3. Что называется температурным полем? Какие бывают типы температурных полей? Как определяется градиент температуры?

4. Как формулируется закон Фурье для теплопроводности?

5. Что такое линейная плотность теплового потока?

6. Как определяется линейное термическое сопротивление теплопроводности для цилиндрической стенки?

*Лабораторная работа №6. Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции на обогреваемом цилиндре*

Задание по лабораторной работе: Определить значение среднего коэффициента теплоотдачи для горизонтальной трубы при свободном движении воздуха и установить его зависимость от температурного напора.

Контрольные вопросы:

1. Что такое конвективный теплообмен? Какой процесс называется теплоотдачей?
2. Как определяется плотность теплового потока в процессе теплоотдачи?
3. Дайте определения коэффициента теплоотдачи и температурного напора. От чего зависит коэффициент теплоотдачи?
4. Каков физический смысл чисел Грасгофа, Прандтля, Нуссельта?
5. Что такое свободная конвекция? Какие факторы влияют на теплоотдачу при свободной конвекции?
6. Какой вид имеет уравнение подобия при свободном движении жидкости в большом объеме?

*Лабораторная работа № 7. Исследование теплообмена излучением*

Задание по лабораторной работе: Определить экспериментально коэффициент излучения электропроводящего материала при различных температурах калориметрическим методом. Сравнить с табличными значениями.

Контрольные вопросы:

1. Какой диапазон длин волн характеризует тепловое излучение?
2. Что такое «абсолютно чёрное» тело и «серое» тело?
3. По какому закону определяется поверхностная плотность потока излучения абсолютно чёрного тела?
4. Что такое интегральная степень черноты серого тела?
5. Что такое коэффициент излучения серого тела? От чего он зависит?
6. Сформулируйте закон Кирхгофа для лучистого теплообмена.

## ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

### Вариант 1

ОПК-3: Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства.

Индикатор достижения компетенции ОПК-3.1: Описание основных сведений об объектах и процессах профессиональной деятельности посредством использования профессиональной терминологии.

*Вопрос 1. Термодинамическая система, которая **НЕ** может обмениваться теплотой с окружающей средой, называется...*

1. неизолированная система	3. изолированная система
2. адиабатная система	4. изотермическая система

*Вопрос 2. Форма передачи внешней энергии, связанная с перемещением тел в силовом поле или с изменением объема тел под действием внешнего давления, называется...*

1. работа	3. кинетическая энергия
2. потенциальная энергия	4. теплота

*Вопрос 3. Из перечисленного к термическим параметрам состояния **НЕ** относится...*

1. абсолютная температура	3. удельный объем
2. абсолютное давление	4. удельная энтальпия

*Вопрос 4. "В общем случае теплота, подведенная к системе, расходуется на изменение её энергии и на совершение внешней работы" – это формулировка...*

1. первого закона термодинамики	3. тепловой теоремы Нернста
2. второго закона термодинамики	4. закона Бойля-Мариотта

*Вопрос 5. Формула для определения энтальпии идеального газа имеет вид...*

1. $h = u + R \cdot p$	3. $h = u - R \cdot p$
2. $h = u + R \cdot T$	4. $h = u - R \cdot T$

*Вопрос 6. Формула для определения массовой доли компонента в смеси идеальных газов имеет вид...*

1. $g_i = m_i / m_{см}$	3. $r_i = V_i / V_{см}$
2. $g_i = m_{см} / m_i$	4. $r_i = V_{см} / V_i$

*Вопрос 7. Для идеального газа внутренняя энергия и энтальпия **НЕ** изменяются в...*

1. изотермическом процессе	3. изохорном процессе
2. изобарном процессе	4. адиабатном процессе

*Вопрос 8. Формула для определения количества теплоты, подведенной к 1 кг идеального*

<i>газа в изотермическом процессе, имеет вид...</i>	
1. $q = c_p \cdot (T_2 - T_1)$	3. $q = T \cdot (s_2 - s_1)$
2. $q = c_v \cdot (T_2 - T_1)$	4. $q = R \cdot (T_2 - T_1)$

<i>Вопрос 9. Вертикальной прямой линией в координатах T-s изображается...</i>	
1. изохорный процесс	3. изобарный процесс
2. изотермический процесс	4. адиабатный процесс

<i>Вопрос 10. Соотношение между параметрами идеального газа в адиабатном процессе имеет вид...</i>	
1. $\frac{p_2}{p_1} = \frac{v_1}{v_2}$	3. $\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^k$
2. $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$	4. $\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^n$

<i>Вопрос 11. Процесс перехода вещества из жидкого состояния в парообразное называется...</i>	
1. парообразование	3. сублимация
2. конденсация	4. десублимация

<i>Вопрос 12. Критическая точка – это точка, в которой...</i>	
1. вещество может одновременно существовать в трех фазах	3. исчезает различие между жидкой и паровой фазами
2. вещество может существовать только в одной фазе	4. исчезает различие между жидкой и твердой фазами

<i>Вопрос 13. Наибольшая температура существования жидкости и наименьшая температура существования пара при данном давлении называется...</i>	
1. температура насыщения	3. температура сублимации
2. температура испарения	4. температура плавления

<i>Вопрос 14. Степень сухости – это массовая доля...</i>	
1. кипящей жидкости во влажном паре	3. сухого насыщенного пара во влажном паре
2. влажного пара в кипящей жидкости	4. влажного пара в сухом насыщенном паре

<i>Вопрос 15. В таблицах термодинамических свойств воды и водяного пара НЕ приводится...</i>	
1. удельный объем	3. удельная внутренняя энергия
2. удельная энтальпия	4. удельная энтропия

<i>Вопрос 16. При изобарном подводе теплоты к влажному пару будет оставаться постоянной...</i>	
1. удельная энтальпия	3. температура
2. удельная энтропия	4. степень сухости

*Вопрос 17. Отношение массы чистого пара к массе сухого воздуха во влажном воздухе называется...*

1. влагосодержание	3. относительная влажность
2. абсолютная влажность	4. степень сухости

*Вопрос 18. Водяной пар в ненасыщенном влажном воздухе находится в состоянии...*

1. перегретый пар	3. сухой насыщенный пар
2. влажный пар	4. ненасыщенный пар

*Вопрос 19. Сопло – это канал переменного сечения, в котором при перемещении газа происходит его...*

1. расширение с уменьшением давления и увеличением скорости	3. сжатие с увеличением давления и уменьшением скорости
2. сжатие с уменьшением давления и увеличением скорости	4. расширение с увеличением давления и уменьшением скорости

*Вопрос 20. Профиль сопла Лаваля является...*

1. суживающимся	3. расширяющимся
2. комбинированным	4. суживающимся с минимальным сечением

*Вопрос 21. К элементарным способам распространения теплоты **НЕ** относится...*

1. теплопроводность	3. излучение
2. конвекция	4. теплоотдача

*Вопрос 22. Физический параметр вещества, характеризующий его способность проводить теплоту, называется...*

1. коэффициент теплопередачи	3. коэффициент теплоотдачи
2. коэффициент теплопроводности	4. коэффициент температуропроводности

*Вопрос 23. Коэффициент теплопроводности с ростом температуры увеличивается у ...*

1. стекла	3. чугуна
2. стали углеродистой	4. масла трансформаторного

*Вопрос 24. Число подобия, представляющее собой безразмерный коэффициент теплоотдачи, называется...*

1. число Грасгофа	3. число Прандтля
2. число Нуссельта	4. число Рейнольдса

*Вопрос 25. На интенсивность процесса теплоотдачи **НЕ** влияют...*

1. физические свойства твердой поверхности	3. физические свойства теплоносителя
2. режим движения теплоносителя	4. форма твердой поверхности

*Вопрос 26. Развитое турбулентное течение при вынужденном движении в трубах возникает при значении числа Рейнольдса...*

1. 1000	3. 2300
2. более 10000	4. менее 2000

<i>Вопрос 27. Единицы измерения коэффициента теплоотдачи...</i>	
1. Вт/(м·К)	3. м·К/Вт
2. Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	4. безразмерный

<i>Вопрос 28. Температурным напором для теплообмена при кипении жидкости на обогреваемой твердой поверхности называют разность...</i>	
1. температуры стенки и температуры насыщения	3. температур горячей и холодной жидкости
2. температуры стенки и температуры жидкости	4. температур горячей и холодной поверхностей стенки

<i>Вопрос 29. Тепловым излучением или радиацией называется распространение ...</i>	
1. видимых и инфракрасных лучей	3. ультрафиолетовых и инфракрасных лучей
2. космических лучей	4. солнечных лучей

<i>Вопрос 30. Теплота от нагретого теплоносителя к холодному передается через разделяющую их твердую стенку в теплообменных аппаратах, называемых...</i>	
1. смесительных	3. с внутренним источником энергии
2. рекуперативных	4. регенеративных

## Вариант 2

ОПК-3: Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства.

Индикатор достижения компетенции ОПК-3.1: Описание основных сведений об объектах и процессах профессиональной деятельности посредством использования профессиональной терминологии.

<i>Вопрос 1. Термодинамическая система, которая может обмениваться веществом с окружающей средой, называется...</i>	
1. неизолированная система	3. изолированная система
2. закрытая система	4. открытая система

<i>Вопрос 2. Форма передачи внутренней энергии от более нагретых тел к менее нагретым называется...</i>	
1. работа	3. кинетическая энергия
2. потенциальная энергия	4. теплота

<i>Вопрос 3. Калорическим параметром состояния является...</i>	
1. абсолютная температура	3. удельный объем
2. абсолютное давление	4. удельная энтальпия

*Вопрос 4. "Все самопроизвольные процессы направлены в сторону наиболее вероятных, т. е. равновесных состояний" – это формулировка...*

1. первого закона термодинамики	3. тепловой теоремы Нернста
2. второго закона термодинамики	4. закона Бойля-Мариотта

Вопрос 5. Уравнением, носящим название уравнения Майера, является... Здесь  $R$  – газовая постоянная.

1. $c_p = c_v + R$	3. $c_p = c_v \cdot k$
2. $c_p = c_v - R$	4. $c_p = c_v/k$

Вопрос 6. Формула для расчета объемной доли компонента в смеси идеальных газов имеет вид...

1. $g_i = m_i/m_{см}$	3. $r_i = V_i/V_{см}$
2. $g_i = m_{см}/m_i$	4. $r_i = V_{см}/V_i$

Вопрос 7. Обратимым термодинамическим процессом, в котором **НЕ** изменяется энтропия, является

1. изотермический процесс	3. изохорный процесс
2. изобарный процесс	4. адиабатный процесс

Вопрос 8. Формула для расчета количества теплоты, подведенной к 1 кг идеального газа в изобарном процессе, имеет вид...

1. $q = c_p \cdot (T_2 - T_1)$	3. $q = T \cdot (s_2 - s_1)$
2. $q = c_v \cdot (T_2 - T_1)$	4. $q = R \cdot (T_2 - T_1)$

Вопрос 9. В координатах  $T$ - $s$  горизонтальной прямой изображается...

1. изохорный процесс	3. изобарный процесс
2. изотермический процесс	4. адиабатный процесс

Вопрос 10. Соотношение между параметрами идеального газа в изохорном процессе имеет вид...

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

Вопрос 11. Процесс перехода вещества из парообразного состояния в жидкое называется

1. парообразование	3. сублимация
2. конденсация	4. десублимация

Вопрос 12. Тройная точка – это точка, в которой...

1. вещество может одновременно существовать в трех фазах	3. исчезает различие между жидкой и паровой фазами
2. вещество может существовать только в одной фазе	4. исчезает различие между жидкой и твердой фазами

*Вопрос 13. Смесь кипящей жидкости и насыщенного пара называется...*

- |                           |                   |
|---------------------------|-------------------|
| 1. сухой насыщенный пар   | 3. конденсат      |
| 2. влажный насыщенный пар | 4. перегретый пар |

*Вопрос 14. Степень влажности – это массовая доля...?*

- |                                     |                                            |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1. кипящей жидкости во влажном паре | 3. сухого насыщенного пара во влажном паре |
| 2. влажного пара в кипящей жидкости | 4. влажного пара в сухом насыщенном паре   |

*Вопрос 15. Количество таблиц термодинамических свойств воды и водяного пара.*

- |           |         |
|-----------|---------|
| 1. четыре | 3. две  |
| 2. три    | 4. одна |

*Вопрос 16. При изотермическом подводе теплоты к влажному пару будет оставаться постоянным(ой)...*

- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| 1. удельная энтальпия | 3. давление       |
| 2. удельная энтропия  | 4. удельный объем |

*Вопрос 17. Отношение массы пара к единице объема влажного воздуха называется...*

- |                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| 1. влагосодержание      | 3. относительная влажность |
| 2. абсолютная влажность | 4. степень сухости         |

*Вопрос 18. Водяной пар в насыщенном влажном воздухе находится в состоянии...*

- |                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| 1. перегретый пар | 3. сухой насыщенный пар |
| 2. влажный пар    | 4. ненасыщенный пар     |

*Вопрос 19. Диффузор – это канал переменного сечения, в котором при перемещении газа происходит его...*

- |                                                             |                                                             |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1. расширение с уменьшением давления и увеличением скорости | 3. сжатие с увеличением давления и уменьшением скорости     |
| 2. сжатие с уменьшением давления и увеличением скорости     | 4. расширение с увеличением давления и уменьшением скорости |

*Вопрос 20. Профиль дозвукового сопла является...*

- |                    |                                        |
|--------------------|----------------------------------------|
| 1. суживающийся    | 3. расширяющийся                       |
| 2. комбинированный | 4. суживающийся с минимальным сечением |

*Вопрос 21. Молекулярный перенос теплоты в телах (или между ними), обусловленный наличием градиента температуры, называется...*

- |                  |                     |
|------------------|---------------------|
| 1. конвекция     | 3. теплопроводность |
| 2. теплопередача | 4. излучение        |

*Вопрос 22. Совокупность значений температуры во всех точках среды в каждый момент времени называется...*

- |                         |                               |
|-------------------------|-------------------------------|
| 1. градиент температуры | 3. изотермическая поверхность |
| 2. температурное поле   | 4. плотность теплового потока |

*Вопрос 23. Коэффициент теплопроводности с ростом температуры уменьшается у...*

1. воздуха	3. кирпича красного
2. меди	4. ваты минеральной

*Вопрос 24. Число подобия, определяющее гидродинамический режим вынужденного движения теплоносителя, называется...*

1. число Грасгофа	3. число Прандтля
2. число Нуссельта	4. число Рейнольдса

*Вопрос 25. Учение о подобии физических явлений, позволяющее определять условия распространения результатов модельных испытаний на подобные процессы в промышленных установках, называется...*

1. теория теплообмена	3. закон Фурье
2. теория подобия	4. гипотеза Ньютона-Рихмана

*Вопрос 26. Теплоотдача при поперечном обтекании пучков труб стабилизируется, начиная с ... ряда.*

1. второго	3. четвертого
2. третьего	4. шестого

*Вопрос 27. Наиболее эффективной является ... конденсация.*

1. пленочная	3. капельная
2. пузырьковая	4. объемная

*Вопрос 28. Температурным напором теплопроводности называют разность...*

1. температуры стенки и температуры насыщения	3. температур горячей и холодной жидкости
2. температуры стенки и температуры жидкости	4. температур горячей и холодной поверхностей стенки

*Вопрос 29. Тела, у которых отражательная способность равна единице, то есть вся падающая энергия отражается от тела, называются...*

1. абсолютно прозрачные	3. абсолютно белые
2. абсолютно черные	4. серые

*Вопрос 30. Утверждение, которое **НЕ** относится к особенностям поглощения и излучения энергии газами, имеет вид...*

1. излучение и поглощение энергии газами происходит во всем их объеме	3. трех- и многоатомные газы излучают и поглощают энергию всех длин волн
2. излучение газа зависит от его парциального давления	4. одно- и двух атомные газы практически прозрачны для тепловых лучей

### Вариант 3

ОПК-3: Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства.



Индикатор достижения компетенции ОПК-3.1: Описание основных сведений об объектах и процессах профессиональной деятельности посредством использования профессиональной терминологии.

*Вопрос 1. Термодинамическая система, которая НЕ может обмениваться веществом с окружающей средой, называется...*

1. неизолированная система	3. изолированная система
2. закрытая система	4. открытая система

*Вопрос 2. Сумма внутренней энергии системы и внешней потенциальной энергии давления называется...*

1. энтальпия	3. кинетическая энергия
2. потенциальная энергия	4. теплота

*Вопрос 3. К калорическим параметрам состояния НЕ относится...*

1. удельная внутренняя энергия	3. удельный объем
2. удельная энтропия	4. удельная энтальпия

*Вопрос 4. Из приведенных формулировок ко второму закону термодинамики НЕ относится...*

1. для преобразования тепловой энергии в механическую необходимо температурный перепад	3. все самопроизвольные процессы направлены в сторону наиболее вероятных, т. е. равновесных состояний
2. любой реальный самопроизвольный процесс является необратимым	4. энергия изолированной термодинамической системы остается постоянной

*Вопрос 5. Из приведенных уравнений состояния идеального газа, записанное неверно имеет вид... Здесь  $R_\mu$  – универсальная газовая постоянная.*

1. $F(p, v, T) = 0$	3. $p \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R_\mu \cdot T$
2. $p \cdot v = R_\mu \cdot T$	4. $p \cdot V_\mu = R_\mu \cdot T$

*Вопрос 6. Массовую теплоемкость смеси идеальных газов рассчитывают...*

1. $c_{см} = \sum(g_i \cdot c_i)$	3. $c_{см} = 1 / \sum(g_i \cdot c_i)$
2. $c_{см} = \sum(r_i \cdot c_i)$	4. $c_{см} = 1 / \sum(r_i \cdot c_i)$

*Вопрос 7. Для идеального газа объем остается постоянным в...*

1. изотермическом процессе	3. изохорном процессе
2. изобарном процессе	4. адиабатном процессе

*Вопрос 8. Формула, по которой рассчитывается количество теплоты, подведенной к 1 кг идеального газа в изохорном процессе, имеет вид...*

1. $q = c_p \cdot (T_2 - T_1)$	3. $q = T \cdot (s_2 - s_1)$
2. $q = c_v \cdot (T_2 - T_1)$	4. $q = R \cdot (T_2 - T_1)$

*Вопрос 9. В координатах p-v представляет собой вертикальную прямую линию...*

1. изохорный процесс	3. изобарный процесс
2. изотермический процесс	4. адиабатный процесс

*Вопрос 10. Соотношение между параметрами идеального газа в изотермическом процессе имеет вид...*

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

*Вопрос 11. Процесс перехода вещества из твердого состояния в парообразное называется...*

1. парообразование	3. сублимация
2. конденсация	4. десублимация

*Вопрос 12. Из перечисленного к свойствам реальных газов **НЕ** относится утверждение, что...*

1. молекулы имеют конечные размеры	3. при высоких температурах наблюдается диссоциация части молекул
2. между молекулами отсутствуют силы взаимодействия	4. при низких температурах наблюдается ассоциация части молекул

*Вопрос 13. Пар, температура которого выше температуры насыщения при данном давлении, называется...*

1. сухой насыщенный пар	3. сконденсированный пар
2. влажный пар	4. перегретый пар

*Вопрос 14. Количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг жидкости, предварительно нагретой до температуры кипения, в сухой насыщенный пар при постоянном давлении, называется...*

1. теплота перегрева пара	3. теплота плавления
2. теплота парообразования	4. теплота конденсации

*Вопрос 15. По таблице "Термодинамические свойства воды и водяного пара в состоянии насыщения (по температурам)" можно определить параметры...*

1. только кипящей жидкости	3. только перегретого пара
2. кипящей жидкости и сухого насыщенного пара	4. воды и перегретого пара

*Вопрос 16. При обратимом адиабатном расширении пара будет оставаться постоянной...*

1. удельная энтальпия	3. температура
2. удельная энтропия	4. степень сухости

*Вопрос 17. Отношение парциального давления водяного пара, содержащегося во влажном воздухе, к давлению насыщения водяного пара при данной температуре называется...*

1. влагосодержание	3. относительная влажность
--------------------	----------------------------

2. абсолютная влажность	4. степень сухости
-------------------------	--------------------

*Вопрос 18. В процессе нагрева влажного воздуха остается постоянным(ой)...*

1. температура	3. относительная влажность
2. влагосодержание	4. энтальпия

*Вопрос 1. Силы трения при расчете действительной скорости на выходе из канала в реальном процессе адиабатного течения учитываются с помощью...*

1. критического отношения давлений	3. коэффициента расхода
2. коэффициента скорости	4. угла конусности

*Вопрос 20. Профиль дозвукового диффузора имеет вид...*

1. суживающийся	3. расширяющийся
2. комбинированный	4. суживающийся с минимальным сечением

*Вопрос 21. Перенос теплоты в результате перемещения макроскопических масс жидкости или газа из области с одной температурой в область с другой температурой называется...*

1. теплоотдача	3. теплопередача
2. теплопроводность	4. конвекция

*Вопрос 22. Температурное поле, которое **НЕ** изменяется во времени, называется...*

1. однородное	3. изотермическое
2. стационарное	4. нестационарное

*Вопрос 23. Хуже всего проводит тепло...*

1. воздух	3. шамотный кирпич
2. сталь	4. вода

*Вопрос 24. Число подобия, которое определяет гидродинамический режим свободного движения, называется...*

1. число Грасгофа	3. число Прандтля
2. число Нуссельта	4. число Рейнольдса

*Вопрос 25. Режим вынужденного движения в трубах, при котором учитывается влияние естественной конвекции, называется...*

1. ламинарный вязкостный	3. турбулентный вязкостный
2. ламинарный вязкостно-гравитационный	4. турбулентный вязкостно-гравитационный

*Вопрос 26. При вынужденном обтекании пучка труб (при прочих равных условиях) коэффициент теплоотдачи будет наибольшим...*

1. при поперечном обтекании, угол атаки 90 градусов	3. при поперечном обтекании, угол атаки 45 градусов
2. при поперечном обтекании, угол атаки 60 градусов	4. при продольном обтекании

*Вопрос 27. К режимам кипения жидкости в большом объеме **НЕ** относится режим ...*

<i>кипения.</i>	
1. пленочного	3. переходного
2. пузырькового	4. капельного

<i>Вопрос 28. Температурным напором теплоотдачи называют разность...</i>	
1. температуры стенки и температуры насыщения	3. температур горячей и холодной жидкости
2. температуры стенки и температуры жидкости	4. температур горячей и холодной поверхностей стенки

<i>Вопрос 29. Температура одного из теплоносителей может оставаться постоянной в...</i>	
1. конденсаторе	3. пароперегревателе
2. маслоохладителе	4. воздухоподогревателе

<i>Вопрос 30. Закон теплового излучения, который позволяет определить величину поверхностной плотности потока интегрального излучения аналитически в зависимости только от абсолютной температуры в четвертой степени, называется...</i>	
1. закон Планка	3. закон Стефана-Больцмана
2. закон Ламберта	4. закон Кирхгофа

Приложение № 4

к п. 4.2

**ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ЭКЗАМЕН) ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Предмет и метод термодинамики. Энергия и её виды. Работа и теплота как формы преобразования энергии. Термодинамическая система и окружающая среда.
2. Термодинамические параметры. Основные термические параметры. Термическое уравнение состояния. Термодинамическая поверхность. Термодинамическое равновесие. Термодинамические процессы. Процессы обратимые и необратимые.
3. Калорические параметры и их свойства. Внутренняя энергия и энтальпия. Вид калорических уравнений состояния.
4. Первый закон термодинамики и его аналитические выражения.
5. Вычисление работы процесса. Работа изменения объёма. Работа проталкивания. Располагаемая работа. Графическое определение работы. Рабочая диаграмма.
6. Вычисление теплоты процесса. Теплоёмкость. Энтропия. Тепловая диаграмма.
7. Идеальный газ и его свойства. Уравнение состояния идеального газа. Вид калорических уравнений состояния. Отношение теплоёмкостей. Энтропия идеального газа. Смеси идеальных газов.
8. Политропные процессы для идеального газа. Частные случаи политропных процессов: изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный. Графическое представление процессов в рабочей и тепловой диаграммах.
9. Основные положения и формулировки второго закона термодинамики. Прямые и обратные циклы. Термический КПД и холодильный коэффициент. Прямой обратимый цикл Карно. Обратный обратимый цикл Карно. Регенеративный цикл.
10. Математические выражения второго закона термодинамики. Интегралы Клаузиуса. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах.
11. Уравнение состояния реальных газов. Основные свойства чистых веществ. Фазовые переходы. Критические параметры вещества. Тройная точка. Таблицы и диаграммы термодинамических свойств веществ.
12. Диаграмма  $p-v$  для воды и пара. Теплота парообразования и теплота конденсации. Теорема Клапейрона-Клаузиуса.
13. Определение параметров жидкости, сухого насыщенного, влажного и перегретого паров с помощью таблиц. Степень сухости и степень влажности.

14. Диаграмма T-s для воды и пара. Диаграмма h-s для водяного пара.
15. Расчёт процессов изменения состояния водяного пара с помощью таблиц и диаграмм.
16. Влажный воздух. Абсолютная и относительная влажности. Точка росы. Влажосодержание. Энтальпия влажного воздуха. Диаграмма «энтальпия-влажносодержание».
17. Термодинамика потока. Располагаемая работа в потоке. Сопла и диффузоры. Адиабатное течение. Расходная характеристика сопла. Критическое давление. Критическая скорость. Профилирование сопел и диффузоров. Учёт трения при истечении.
18. Расчёт истечения водяного пара с помощью h-s диаграммы. Параметры торможения. Дросселирование газов и паров.
19. Теоретические циклы ДВС с подводом теплоты при постоянном объёме, при постоянном давлении и комбинированном. Термический и индикаторный КПД. Эффективный КПД установки.
20. Тепловая схема и теоретический цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. Регенерация. Эффективный КПД установки. Сложные схемы ГТУ.
21. Теоретический цикл паросиловой установки. Термический КПД и его зависимость от начальных и конечных параметров. Эффективный КПД установки.
22. Методы повышения эффективности паросиловых циклов: регенерация, вторичный перегрев пара, теплофикация.
23. Методы получения холода. Теоретический цикл воздушной холодильной установки. Теоретический цикл парокомпрессорной холодильной установки. Действительный холодильный коэффициент.
24. Элементарные способы распространения теплоты. Сложный теплообмен. Теплоотдача. Теплопередача. Понятие о массопереносе. Массоотдача.
25. Температурное поле. Градиент температуры. Определение тепловых потоков. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Температурный напор. Уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи.
26. Полное математическое описание процессов теплообмена. Система дифференциальных уравнений и условия однозначности. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
27. Теплопроводность плоской стенки при стационарном режиме. Многослойная стенка.
28. Теплопроводность цилиндрической стенки при стационарном режиме. Многослойная стенка.

29. Общая характеристика процесса теплоотдачи. Гидродинамический пограничный слой. Тепловой пограничный слой. Дифференциальное уравнение теплообмена. Полное математическое описание процессов конвективного теплообмена. Условия однозначности.

30. Основы теории подобия. Числа подобия. Теоремы подобия. Уравнение подобия. Частные задачи конвективного теплообмена.

31. Теплоотдача при вынужденном движении в трубах.

32. Теплоотдача при вынужденном обтекании одиночной трубы и пучков труб.

33. Теплоотдача при свободном движении в большом объёме и в ограниченном пространстве.

34. Теплоотдача при кипении жидкости. Кризисы кипения.

35. Теплообмен при конденсации пара.

36. Общие сведения о тепловом излучении. Интегральный лучистый поток и его плотность. Спектральная плотность потока излучения. Собственное, эффективное и результирующее излучение.

37. Законы лучистого теплообмена: Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Ламберта. Серые тела. Степень черноты.

38. Особенности излучения и поглощения энергии газами. Лучистый теплообмен между газом и оболочкой.

39. Лучистый теплообмен между серыми телами в прозрачной среде. Экранирование.

40. Теплопередача через плоскую стенку. Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление теплопередачи. Многослойная стенка.

41. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Линейный коэффициент теплопередачи. Многослойная стенка.

42. Теплообменные аппараты и их классификация. Конструкторский расчёт рекуперативного теплообменного аппарата. Прямоток и противоток. Средний температурный напор.