



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

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник УРОПСИ

Фонд оценочных средств  
(приложение к рабочей программе модуля)  
**«ТЕПЛОТЕХНИКА»**

основной профессиональной образовательной программы бакалавриата  
по направлению подготовки

**19.03.01 БИОТЕХНОЛОГИЯ**  
Профиль программы  
**«ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ»**

ИНСТИТУТ  
РАЗРАБОТЧИК

агроинженерии и пищевых систем  
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
<p>ОПК-4: Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний</p>	<p>ОПК-4.3: Использует базовые инженерные знания при проектировании технических и технологических систем, технологических процессов биотехнологического производства</p>	<p>Теплотехника</p>	<p><u>Знать:</u>                      - законы термодинамики;                      - основные способы передачи теплоты и их закономерности.  <u>Уметь:</u>                      - применять уравнения и справочную литературу для определения теплофизических свойств различных веществ;                      - рассчитывать величины, характеризующие преобразование энергии в термодинамических процессах;                      - применять уравнения и справочную литературу для расчета различных задач теплообмена;                      - анализировать различные факторы, влияющие на процессы теплообмена;                      - использовать для термодинамических расчетов диаграммы состояний рабочих тел и теплоносителей и таблицы термодинамических свойств;  <u>Владеть навыками:</u>                      - термодинамического анализа рабочих процессов в технологических системах с целью их оптимизации;                      - основами расчета процессов тепломассопереноса в элементах технологического оборудования;                      - проведения расчетов теплообменных аппаратов.</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:

- расчетные задания по темам практических занятий;
- задания и контрольные вопросы по лабораторным работам;
- тестовые задания по отдельным темам дисциплины.

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

- промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости;
- вопросы письменного зачета по дисциплине.

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

3.1 Расчетные задания по темам практических занятий 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 разделам: «техническая термодинамика» и «тепло-массообмен (Приложение № 1) Для самостоятельного решения разработано 30 вариантов заданий. Каждому студенту вариант задания определяется преподавателем.

Консультации по выполнению расчетных заданий и их проверка проводятся преподавателями в часы индивидуальных консультаций. По результатам собеседования студент, самостоятельно выполнивший задания и продемонстрировавший понимание физического смысла рассмотренных процессов, получает оценку «зачтено». Система и критерии выставления оценки индивидуальных заданий представлены в таблице 2.

3.2 Задания по лабораторным работам выдаются в лаборатории. 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.

Защита отчетов проводится либо на очередном лабораторном занятии, либо в часы индивидуальных или групповых консультаций преподавателя. Задания и контрольные вопросы по лабораторным работам представлены в Приложении № 2.

Студент, защитивший отчёты по всем лабораторным работам с ответами на контроль-

ные вопросы, получает оценку «зачтено», которая является одним из условий допуска к промежуточной аттестации по дисциплине – письменному зачету. Система и критерии выставления оценки представлены в таблице 2.

3.3 Тестовые задания по дисциплине представлены в Приложении № 3.

Ключи к ответам тестовых заданий по дисциплине представлены в Приложении № 5.

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 зачета по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости и письменного ответа на зачетные вопросы.

Оценка «зачтено» выставляется студентам, получившим положительную оценку по результатам выполнения расчетных заданий практических занятий, тестирования и ответившим положительно на вопросы письменного зачета. Типовые формулировки вопросов приведены в Приложении № 4.

Оценивание результатов сдачи зачета («зачтено» или «не зачтено») осуществляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 2.

4.2 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 изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно- корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной полнотой знаний и системным 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 «Теплотехника» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология», (профиль «Пищевая биотехнология»).

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

Заведующий кафедрой



В.Ф. Белей

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры пищевой биотехнологии (протокол № 8 от 18.04.2022 г.).

Заведующая кафедрой



О.Я. Мезенова

Приложение №1

**Типовые расчетные задания по темам практических занятий**

**Тема 1. Параметры состояния. Первый закон термодинамики.**

Задача 1

Избыточное давление в сосуде, измеряемое пружинным манометром составляет  $P_{и}$  МПа при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . Атмосферное давление по ртутному барометру при  $t^{\circ}\text{C}$  составляет  $P_{бар}$  мм рт. ст. Определить абсолютное давление в сосуде в МПа, Па, барах.

Задача 2

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

Задача 3

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 молота массой  $m_m$  кг при падении его с высоты  $h_m$ ? Предполагается, что вся энергия падения молота превращается в теплоту, которая поглощается свинцом. Теплоемкость свинца  $c_p=0,1256$  кДж/(кг·К).

Задача 4

Современная паротурбинная электростанция мощностью  $N$  МВт работает в году  $\tau$  суток с КПД  $\eta$ . Теплота сгорания топлива  $Q_{н}^P$  кДж/кг. Определить суточный  $V_c$  и годовой  $V_g$  расходы топлива.

Задача 5

Определить годовой расход ядерного горючего на АЭС той же, что и в предыдущей задачи мощности, если 1 кг урана при расщеплении выделяет  $(Q_{н}^P)^{я}=825 \cdot 10^8$  кДж/кг теплоты.

**Тема 2 Термодинамические процессы для идеального газа.**

Задача 1

Газовая смесь массой  $m$  состоит из  $m_{N_2}$ , азота,  $m_{CO_2}$  углекислого газа и  $m_{CO}$  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 состоянии. Определить также изменение внутренней энергии  $\Delta u$  и энтальпии  $\Delta J$  смеси. Построить процесс в  $p-v$  и  $T-S$  диаграммах.

Задача 2

Сосуд вместимостью  $V_1$  л содержит газ при абсолютном давлении  $P_1=1$  МПа и температуре  $t_1^{\circ}\text{C}$ . 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 3

В баллоне объемом  $V_1$  л находится газ со свойствами воздуха при абсолютном давлении  $P_1$  МПа и температуре  $t_1=1500^\circ\text{C}$ . От воздуха отводится теплота при постоянном давлении до температуры  $t_2$   $^\circ\text{C}$ . 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 4

Определить теоретическую работу на привод одноступенчатого и  $z$ -ступенчатого с промежуточным охлаждением компрессоров при сжатии воздуха от давления  $P_1$  МПа до  $P_2$  МПа, если начальная температура  $t_1$   $^\circ\text{C}$ . Показатель политропы для всех ступеней принять равным  $n$ . Начальный объем газа  $V_1=1000$  м<sup>3</sup>. Сравнить величину работы одно- и  $z$ -ступенчатого сжатия. Определить температуры в конце сжатия. Построить процесс в  $p$ - $v$  и  $T$ - $S$  диаграммах.

## Тема 3. Таблицы и диаграммы для водяного пара

### Задача 1

Пользуясь таблицами для воды и пара определить:

1. Все параметры кипящей воды и сухого насыщенного пара при температуре  $t_H$   $^\circ\text{C}$ ;
2. Все параметры кипящей воды и сухого насыщенного пара при давлении  $P_H$  МПа;
3. Удельный объем, энтальпию, энтропию и внутреннюю энергию перегретого пара при температуре  $t$   $^\circ\text{C}$  и давлении  $P$  МПа.

### Задача 2

Состояние воды определяется параметрами:

- 20.1.  $P=6,0$  МПа;  $t=300^\circ\text{C}$ ;
- 20.2.  $P=0,4$  МПа;  $v=0,015$  м<sup>3</sup>/кг;
- 20.3.  $t=170^\circ\text{C}$ ;  $v=0,00105$  м<sup>3</sup>/кг;
- 20.4.  $P=18,2$  МПа;  $t=357,87^\circ\text{C}$ .

Каковы качественно эти состояния (жидкость, кипящая жидкость, влажный пар, сухой насыщенный пар, перегретый пар)?

### Задача 3

Состояние водяного пара характеризуется давлением  $P$  МПа и влажностью  $Y$ . Найти температуру, удельный объем, энтропию, энтальпию и внутреннюю энергию пара.

### Задача 4

Пользуясь  $i$ - $s$  диаграммой определить параметры состояния водяного пара, если:

- 22.1.  $t = 100^\circ\text{C}$ ;  $v=5,0$  м<sup>3</sup>/кг;
- 22.2.  $P = 0,2$  МПа;  $t=300^\circ\text{C}$ ;
- 22.3.  $t = 200^\circ\text{C}$ ;  $x=0,91$ ;
- 22.4.  $P = 0,02$  МПа;  $x=1,0$ .

### Задача 5

Определить теплоту, необходимую для перегрева пара до температуры  $t^{\circ}\text{C}$  при постоянном давлении  $P$  МПа. Построить процесс в  $i$ - $s$  диаграмме.

## Тема 4. Теплопроводность

### Задача 1

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

### Задача 2

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

### Задача 3

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  $t_1^{\circ}\text{C}$ , а температура наружной поверхности накипи  $t_4^{\circ}\text{C}$ . Определить поверхностную плотность теплового потока через стенку и температуры  $t_2$  и  $t_3$  и 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.

## Тема 5. 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  $\bar{t}_ж^{\circ}\text{C}$ , средняя температура стенки  $\bar{t}_с^{\circ}\text{C}$ .

### Задача 6.

Определить средний коэффициент теплоотдачи от воздуха для  $n$ -рядного пучка труб диаметром  $d$  мм. Средняя температура воздуха  $\bar{t}_ж^{\circ}\text{C}$ , средняя скорость в самом узком сечении

пучка  $\bar{W}$  м/с, угол атаки  $\varphi^\circ$ .

#### Задача 7.

Определить потерю теплоты путем свободной конвекции от трубы диаметром  $d$  мм и длиной  $l$  м к воздуху, если средняя температура поверхности трубы  $\bar{t}_c$  °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  $\bar{t}_{c1}$  °С и  $\bar{t}_{c2}$  °С.

### Тема 6. Теплопередача и теплообменные аппараты

#### Задача 1

В водо-водяном теплообменнике охлаждается горячая пресная вода из от  $t'_1$  °С до  $t''_1$  °С. Для охлаждения используется морская вода с температурой  $t_2$  °С. Расход пресной воды  $m_1$  кг/с, расход заборной воды  $m_2$  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), морской воды  $C_{p2}=3,85$  кДж/(кг К).

#### Задача 2

В трубчатом подогревателе адиабатной испарительной установки подогревается вода от  $t'_2$  °С до  $t''_2 = 90$  °С; расход воды  $m_2$  кг/с, а ее средняя теплоемкость  $C_{p2}=3,9$  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 4

Для подогрева жидкого топлива от температуры  $t'_2$  °С до  $t''_2 = 93$  °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?

Приложение № 2

**ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

**Лабораторная работа №1 Определение газовой постоянной и показателя адиабаты воздуха**

Задание по лабораторной работе: Определить газовую постоянную и показатель адиабаты воздуха. Полученные результаты сравнить со справочными данными.

Контрольные вопросы:

1. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Уравнение состояния идеального газа.
2. Газовая постоянная, её физический смысл. Универсальная газовая постоянная.
3. Изобразить основные термодинамические процессы в T-S, PV координатах.
4. Изобразите процессы в T-S, PV координатах, протекающие в сосуде во второй части лабораторной работы.
5. Какой процесс называется адиабатным. Уравнение и показатель адиабаты.
6. Как определялся показатель адиабаты в лабораторной работе

**Лабораторная работа №2 Определение изобарной теплоемкости воздуха**

Задание по лабораторной работе: Определить удельную теплоёмкость воздуха при постоянном давлении для двух разных расходов воздуха. Полученные результаты сравнить со справочными данными.

Контрольные вопросы:

1. Что называется теплоёмкостью, удельной теплоёмкостью? От чего зависит удельная теплоёмкость. Виды удельной теплоёмкости и единицы её измерения.
2. Истинная и средняя теплоёмкость. Определение средней теплоёмкости газа в интервале температур.
3. Объясните схему экспериментальной установки.
4. Чем измерялся расход воздуха?
5. Сформулируйте 1-й закон термодинамики.
6. Что больше  $C_v$  или  $C_p$  и почему?

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

Задание по лабораторной работе: Исследовать процессы нагрева воздуха в калорифере и сушки в сушильной камере. По данным опытов изобразить эти процессы на i-d диаграмме влажного воздуха.

1. Что такое влажный воздух.
2. Что такое абсолютная и относительная влажность воздуха?

3. Как рассчитать расход тепла на нагрев воздуха?
4. Как рассчитать расход тепла на сушку материала?
5. Что такое влагосодержание воздуха?
6. Как определить парциальное давление водяных паров в воздухе?

#### **Лабораторная работа №4 Исследование кривой насыщения для воды и водяного пара**

Задание по лабораторной работе: По данным опытов построить кривую насыщения для воды и водяного пара в интервале температур (50-100) С. Сопоставить полученную экспериментальную кривую с теоретическими данными для воды и водяного пара.

1. Какой водяной пар называется насыщенным, сухим насыщенным, влажным насыщенным?
2. Что такое перегретый водяной пар?
3. Изобразите p-v диаграмму воды и водяного пара.
4. Изобразите T-S диаграмму воды и водяного пара
5. Энтальпия, энтропия и удельный объём воды и насыщенного, перегретого пара, теплота парообразования.
5. Объясните схему установки и методику проведения экспериментов.

#### **Лабораторная работа №5: Теплоотдача вертикальной стенки при свободной конвекции воздуха.**

Задание по лабораторной работе: Определить местные и средние значения коэффициентов теплоотдачи для вертикальной трубы при свободном движении воздуха. Построить графические зависимости  $\alpha = f(h)$  и  $\alpha = \varphi(\Delta t)$ .

Контрольные вопросы:

1. Что называется теплоотдачей?
2. Как определяется плотность теплового потока в процессе теплоотдачи?
3. Дать определения коэффициента теплоотдачи и температурного напора.
4. Что такое свободная конвекция?
5. Какие факторы влияют на теплоотдачу при свободной конвекции?
6. Каков физический смысл чисел Грасгофа, Прандтля, Нуссельта?

#### **Лабораторная работа №6: Теплоотдача горизонтальной трубы при свободной конвекции воздуха.**

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 называется теплоотдачей?
2. Как определяется плотность теплового потока в процессе теплоотдачи?
3. Дать определения коэффициента теплоотдачи и температурного напора.
4. Что такое свободная конвекция?
5. Какие факторы влияют на теплоотдачу при свободной конвекции?
6. Каков физический смысл чисел Грасгофа, Прандтля, Нуссельта?

**Лабораторная работа №7: Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в трубе.**

Задание по лабораторной работе: Определить значение местного коэффициента теплоотдачи по длине круглой трубы и построить его графическую зависимость от длины трубы.

Контрольные вопросы:

1. Что называется теплоотдачей?
2. Какими силами вызывается вынужденное движение?
3. Какие факторы влияют на интенсивность процесса теплоотдачи?
4. Какие гидродинамические режимы присущи вынужденному движению?
5. Каков физический смысл чисел Грасгофа, Прандтля, Нуссельта?
6. Что понимают под участком термической стабилизации?

**Лабораторная работа №8: Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов методом трубы.**

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

Контрольные вопросы:

1. Какова физическая сущность процесса теплопроводности?
2. Что такое коэффициент теплопроводности?
3. Какие материалы можно считать теплоизоляционными?
4. Что такое температурный градиент?
5. Как определяется тепловой поток в процессе теплопроводности?

## ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

### Вариант 1

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...

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

Вопрос 8. Формула для определения количества теплоты, подведенной к 1 кг идеального газа в изотермическом 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. Вертикальной прямой линией в координатах T-s изображается...

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

*Вопрос 10. Соотношение между параметрами идеального газа в адиабатном 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 жидкого состояния в парообразное называется...*

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

*Вопрос 12. Критическая 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. Наибольшая температура существования жидкости и наименьшая температура существования пара при данном давлении называется...*

1. температура насыщения	3. температура сублимации
2. температура испарения	4. температура плавления

*Вопрос 14. Степень сухости – 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. В таблицах термодинамических свойств воды и водяного пара НЕ приводится...*

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

*Вопрос 16. При изобарном подводе теплоты к влажному пару будет оставаться постоянной...*

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 Лавала 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

*Вопрос 27. Единицы измерения коэффициента теплоотдачи...*

1. Вт/(м·К)	3. м·К/Вт
2. Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	4. безразмерный

*Вопрос 28. Температурным напором для теплообмена при кипении жидкости на обогреваемой твердой поверхности 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. Тепловым излучением или радиацией называется распространение ...*

1. видимых и инфракрасных лучей	3. ультрафиолетовых и инфракрасных лучей
2. космических лучей	4. солнечных лучей

*Вопрос 30. Теплота от нагретого теплоносителя к холодному передается через разделяющую их твердую стенку в теплообменных аппаратах, называемых...*

1. смесительных	3. с внутренним источником энергии
2. рекуперативных	4. регенеративных

## Вариант 2

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

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

*Вопрос 2. Форма передачи внутренней энергии от более нагретых тел к менее нагретым называется...*

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

*Вопрос 3. Калорическим параметром состояния является...*

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

*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. Ккалорическим параметрам состояния **НЕ** относится...*

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

<i>Вопрос 4. Из приведенных формулировок ко второму закону термодинамики НЕ относится...</i>	
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

<i>Вопрос 5. Из приведенных уравнений состояния идеального газа, записанное неверно имеет вид... Здесь <math>R_\mu</math> – универсальная газовая постоянная.</i>	
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. $p \cdot V_\mu = R_\mu \cdot T$

<i>Вопрос 6. Массовую теплоемкость смеси идеальных газов рассчитывают...</i>	
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. $c_{см} = 1 / \sum(r_i \cdot c_i)$

<i>Вопрос 7. Для идеального газа объем остается постоянным в...</i>	
1. изотермическом процессе	3. изохорном процессе
2. изобарном процессе	4. адиабатном процессе

<i>Вопрос 8. Формула, по которой рассчитывается количество теплоты, подведенной к 1 кг идеального газа в изохорном 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. В координатах p-v представляет собой вертикальную прямую линию...</i>	
1. изохорный процесс	3. изобарный процесс
2. изотермический процесс	4. адиабатный процесс

<i>Вопрос 10. Соотношение между параметрами идеального газа в изотермическом 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 твердого состояния в парообразное называется...</i>	
1. парообразование	3. сублимация
2. конденсация	4. десублимация

*Вопрос 12. Из перечисленных свойств 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 пар 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 19. 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 ... кипения.*

1. пленочного	3. переходного
2. пузырькового	4. капельного

*Вопрос 28. Температурным напором теплоотдачи 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. Температура одного из теплоносителей может оставаться постоянной в...*

1. конденсаторе	3. пароперегревателе
2. маслоохладителе	4. воздухоподогревателе

*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...*

1. закон Планка	3. закон Стефана-Больцмана
2. закон Ламберта	4. закон Кирхгофа

Приложение № 4

**ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ПИСЬМЕННОГО ЗАЧЕТА**

1. Предмет теплотехника. 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. Процессы сжатия в компрессоре. Классификация компрессоров. Рабочий процесс поршневого компрессора в индикаторной диаграмме. Многоступенчатое сжатие с промежуточным охлаждением газа.
10. 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.
11. Математические выражения второго закона термодинамики. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах.
12. Уравнение состояния реальных газов. Основные свойства чистых веществ. Фазовые переходы. Критические параметры вещества. Тройная точка. Таблицы и диаграммы термодинамических свойств веществ.
13. Диаграмма  $p-v$  для воды и пара. Теплота парообразования и теплота конденсации. Теорема Клапейрона-Клаузиуса.
14. Определение параметров жидкости, сухого насыщенного, влажного и перегретого паров с помощью таблиц. Степень сухости и степень влажности.
15. Диаграмма  $T-s$  для воды и пара. Диаграмма  $h-s$  для водяного пара.
16. Расчёт процессов изменения состояния водяного пара с помощью таблиц и диаграмм.

17. Термодинамика потока. Располагаемая работа в потоке. Сопла и диффузоры. Адиабатное течение. Расходная характеристика сопла. Критическое давление. Критическая скорость.
18. Расчёт истечения водяного пара с помощью  $h$ - $s$  диаграммы. Параметры торможения. Дросселирование газов и паров.
19. Теоретический цикл ДВС с комбинированным подводом теплоты. Термический и индикаторный КПД. Эффективный КПД установки.
20. Тепловая схема и теоретический цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. Эффективный КПД установки.
21. Теоретический цикл паросиловой установки. Термический КПД и его зависимость от начальных и конечных параметров. Эффективный КПД установки.
22. Методы получения холода. Теоретический цикл воздушной холодильной установки. Действительный холодильный коэффициент.
23. Теоретический цикл парокомпрессорной холодильной установки. Действительный холодильный коэффициент. Понятие о тепловых насосах.
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. Теплопроводность плоской стенки при стационарном режиме. Многослойная стенка.
27. Теплопроводность цилиндрической стенки при стационарном режиме. Многослойная стенка.
28. Общая характеристика процесса теплоотдачи. Гидродинамический пограничный слой. Тепловой пограничный слой. Математическое описание процессов конвективного теплообмена. Условия однозначности.
29. Основы теории подобия. Числа подобия. Теоремы подобия. Уравнение подобия. Частные задачи конвективного теплообмена.
30. Теплоотдача при вынужденном движении в трубах.
31. Теплоотдача при вынужденном обтекании одиночной трубы.
32. Теплоотдача при свободном движении в большом объёме и в ограниченном пространстве.
33. Теплоотдача при кипении жидкости. Теплообмен при конденсации пара.
34. Теплопередача через плоскую стенку. Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление теплопередачи. Многослойная стенка.
35. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Многослойная стенка.
36. Интенсификация теплопередачи. Оребрение поверхностей. Воздействие на пограничный слой.

37. Теплообменные аппараты и их классификация. Тепловые и гидромеханические потери в теплообменных аппаратах. КПД теплообменного аппарата.
38. Основы конструкторского расчёта рекуперативного теплообменного аппарата. Прямой и противоток. Средний температурный напор.