



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  
**15.03.02 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**

ИНСТИТУТ

агроинженерии и пищевых систем

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
<p>ОПК-12: Способен обеспечивать повышение надежности технологических машин и оборудования на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации</p>	<p>ОПК-12.6: Демонстрирует знание основ теплотехники при проектировании, изготовлении и эксплуатации технологических машин и оборудования</p>	<p>Теплотехника</p>	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты,</li> <li>- калорические и переносные свойства вещества;</li> <li>- термодинамические процессы и циклы преобразования энергии в тепловых машинах, агрегатах и устройствах;</li> <li>- законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы.</li> </ul> <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД;</li> <li>- рассчитывать температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкций тепловых и технологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты;</li> <li>- рассчитывать передаваемые тепловые потоки.</li> </ul> <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основами термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах;</li> <li>- навыками определения параметров работы теплосиловых и холодильных установок и их эффективности;</li> <li>- основами расчета процессов тепломассопереноса в элементах теплотехнического и</li> </ul>

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
			технологического оборудования; - типовыми методиками расчета теплообменных аппаратов.

## **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:

- тестовые задания;
- задания и контрольные вопросы по лабораторным работам.
- задания по темам практических занятий (для студентов очной формы обучения);

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

- задание по контрольной работе (для студентов заочной формы обучения);
- экзаменационные вопросы по дисциплине.

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

3.1 Тестовые задания по дисциплине представлены в Приложении № 1. 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.

3.2 В Приложении № 2 приведены задания и контрольные вопросы по лабораторным работам. По результатам выполнения лабораторной работы составляется отчет. Защита отчетов проводится либо на очередном лабораторном занятии, либо в часы консультаций

преподавателя. Оценивание выполняется по системе «зачтено» - «не зачтено». Критерии оценивания представлены в таблице 2.

3.3 В Приложении № 3 приведены типовые задания по темам практических занятий. Все работы выполняются студентами индивидуально по вариантам, вариант задания определяется преподавателем. Оценивание выполняется по системе «зачтено» - «не зачтено». Критерии оценивания представлены в таблице 2.

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

4.1 Задание по контрольной работе выдается студентам заочной формы обучения с целью контроля качества их самостоятельной работы. Типовые задания по контрольной работе включают решение шести задач и развернутые ответы на два вопроса (Приложение № 4). Вариант задания определяется преподавателем.

Выполненную контрольную работу студенты сдают на проверку преподавателю, который делает замечания и пишет рецензию. В случае отсутствия серьезных замечаний студент допускается к защите контрольной работы. При наличии серьезных замечаний работа направляется на доработку. Защита проводится в часы индивидуальных консультаций преподавателя. Студент, самостоятельно выполнивший задание и обладающий полнотой знаний в отношении изучаемых объектов, получает оценку «зачтено». Система оценивания и критерии оценки контрольной работы представлены в таблице 2.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. К экзамену допускаются студенты, получившие положительную оценку («зачтено») по результатам выполнения и защиты заданий по темам практических занятий (для студентов очной формы обучения), контрольной работы (для студентов заочной формы обучения), лабораторных работ и тестирования.

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, реальный газ и его свойства, термодинамические процессы для идеального и реального газов;

- термодинамика потока, циклы теплосиловых и холодильных установок;

- тепломассообмен.

Типовые экзаменационные вопросы приведены в Приложении № 5.

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 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 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 задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
				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 15.03.02 Технологические машины и оборудование

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 инжиниринга технологического оборудования (протокол № 3 от 21.04.2022 г.).

Заведующий кафедрой



Ю.А. Фатыхов

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

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

*Вопрос 6. 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 7. Вертикальной прямой линией в координатах T-s изображается...*

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

*Вопрос 8. Процесс перехода вещества из жидкого состояния в парообразное называется...*

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

*Вопрос 9. Наибольшая температура существования жидкости и наименьшая температура существования пара при данном давлении называется температурой...*

1. насыщения	3. сублимации
--------------	---------------

2. испарения	4. плавления
--------------	--------------

*Вопрос 10. 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 11. Отношение массы чистого пара к массе сухого воздуха во влажном воздухе называется...*

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

*Вопрос 12. Водяной пар в ненасыщенном влажном воздухе находится в состоянии...*

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

*Вопрос 13. 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 14. К элементарным способам распространения теплоты **НЕ** относится...*

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

*Вопрос 15. Физический параметр вещества, характеризующий его способность проводить теплоту, называется коэффициент...*

1. теплопередачи	3. теплоотдача
2. теплопроводности	4. температуропроводности

*Вопрос 16. Число подобия, представляющее собой безразмерный коэффициент теплоотдачи, называется число...*

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

*Вопрос 17. Единицы измерения коэффициента теплоотдачи...*

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

*Вопрос 18. 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 19. Тепловым излучением или радиацией называется распространение ...*

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

*Вопрос 20. 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. Обратимым термодинамическим процессом, в котором НЕ изменяется энтропия, является*

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

*Вопрос 6. 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 7. В координатах T-s горизонтальной прямой линией изображается...*

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

*Вопрос 8. Процесс перехода вещества из парообразного состояния в жидкое называется*

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

*Вопрос 9. Смесь кипящей жидкости и насыщенного пара называется...*

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

*Вопрос 10. 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 11. Отношение массы пара к единице объема влажного воздуха называется...*

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

*Вопрос 12. Водяной пар в насыщенном влажном воздухе находится в состоянии...*

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

*Вопрос 13. 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 14. Молекулярный перенос теплоты в телах (или между ними), обусловленный наличием градиента температуры, называется...*

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

*Вопрос 15. 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 16. Число подобия, определяющее гидродинамический режим вынужденного движения теплоносителя, называется число...*

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

<i>Вопрос 17. Единица измерения коэффициента теплопроводности</i>	
1. Вт/(м·К)	3. 1/К
2. Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	4. м <sup>2</sup> /с

<i>Вопрос 18. Температурным напором теплопроводности 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 19. Тела, у которых отражательная способность равна единице, то есть вся падающая энергия отражается от тела, называются...</i>	
1. абсолютно прозрачные	3. абсолютно белые
2. абсолютно черные	4. серые

<i>Вопрос 20. Одна и та же поверхность поочередно омывается горячим и холодным теплоносителями в теплообменных аппаратах, называемых</i>	
1. смесительными	3. с внутренним источником энергии
2. рекуперативными	4. регенеративными

### Вариант 3

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

<i>Вопрос 2. Сумма внутренней энергии системы и внешней потенциальной энергии давления называется...</i>	
1. энтальпия	3. кинетическая энергия
2. потенциальная энергия	4. теплота

<i>Вопрос 3. К калорическим параметрам состояния <b>НЕ</b> относится...</i>	
1. удельная внутренняя энергия	3. удельный объем
2. удельная энтропия	4. удельная энтальпия

<i>Вопрос 4. Из приведенных формулировок ко второму закону термодинамики <b>НЕ</b> относится...</i>	
1. для преобразования тепловой энергии в механическую необходим 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. Для идеального газа объем остается постоянным в...*

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

*Вопрос 6. 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 7. В координатах p-v представляет собой вертикальную прямую линию...*

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

*Вопрос 8. Процесс перехода вещества из твердого состояния в парообразное называется...*

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

*Вопрос 8. Пар, температура которого выше температуры насыщения при данном давлении, называется...*

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

*Вопрос 10. Количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг жидкости, предварительно нагретой до температуры кипения, в сухой насыщенный пар при постоянном давлении, называется теплота...*

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

*Вопрос 11. 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 12. В процессе нагрева влажного воздуха остается постоянным(ой)...*

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

*Вопрос 13. Профиль сопла Лаваля является...*

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

*Вопрос 14. Перенос теплоты в результате перемещения макроскопических масс жидкости или газа из области с одной температурой в область с другой температурой*

<i>называется...</i>	
1. теплоотдача	3. теплопередача
2. теплопроводность	4. конвекция

<i>Вопрос 15. Температурное поле, которое <b>НЕ</b> изменяется во времени, называется...</i>	
1. однородное	3. изотермическое
2. стационарное	4. нестационарное

<i>Вопрос 16. Число подобия, которое определяет гидродинамический режим свободного движения, называется число...</i>	
1. Грасгофа	3. Прандтля
2. Нуссельта	4. Рейнольдса

<i>Вопрос 17. Единица измерения коэффициента теплопроводности</i>	
1. Вт/(м·К)	3. 1/К
2. Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	4. м/с <sup>2</sup>

<i>Вопрос 18. 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 19. Закон теплового излучения, который позволяет определить величину поверхностной плотности потока интегрального излучения аналитически в зависимости только от абсолютной температуры в четвертой степени, называется закон...</i>	
1. Планка	3. Стефана-Больцмана
2. Ламберта	4. Кирхгофа

<i>Вопрос 20. Теплообмен осуществляется при непосредственном контакте теплоносителей в теплообменных аппаратах, называемых</i>	
1. смесительными	3. с внутренним источником энергии
2. рекуперативными	4. регенеративными

Приложение № 2

**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. Изобразите фазовую диаграмму  $p$ - $T$  и линии фазовых переходов.
4. Что такое критическая точка, тройная точка?
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 термодинамические 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 теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости.

Задание по лабораторной работе: Определить экспериментально средний коэффициент теплоотдачи от обогреваемой поверхности медного цилиндра в воде.

Контрольные вопросы:

1. При каких условиях возникает процесс кипения?
2. Что такое центры парообразования?
3. В чём различие кипения в объёме жидкости и на обогреваемой поверхности?
4. Какие режимы кипения на обогреваемой поверхности вы знаете?

5. Что такое кризисы кипения? В чём их причины?

6. Какие уравнения используют для определения коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости?

Лабораторная работа № 8. Исследование теплообмена излучением.

Задание по лабораторной работе: Определить экспериментально коэффициент излучения электропроводящего материала при различных температурах калориметрическим методом. Сравнить полученное значение с табличным.

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.

Приложение № 3

**ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**(очная форма обучения)**

**Задание 1. Термодинамические процессы для идеального газа**

Задача 1. 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  $t_1$  °С. 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  $\Delta H$  смеси. Построить процесс в  $p$ - $V$  и  $T$ - $S$  диаграммах.

Задача 2. 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.

**Задание 2. Реальные газы и пары. Влажный воздух**

Задача 3. Состояние водяного пара характеризуется давлением  $p$  МПа и влажностью  $y$ . Найти температуру, удельный объем, энтропию, энтальпию и внутреннюю энергию пара.

Задача 4. 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.

Задача 5. В сушильной установке производится подсушка материала с помощью воздуха при атмосферном давлении. От начального состояния с температурой  $t_1$  °С и относительной влажностью  $\phi_1$  % воздух предварительно подогревается до температуры  $t_2$  °С и далее направляется в сушильную камеру, где в процессе высушивания материала воздух охлаждается до  $t_3 = 35$  °С. Рассчитать необходимое количество теплоты  $q$  для нагревания 1 кг воздуха, параметры воздуха на выходе из сушильной камеры и количество воды, которое отбирает каждый килограмм воздуха от материала. Считать, что тепловые потери отсутствуют. Определить также, какое максимальное количество воды мог бы унести с собой 1 кг воздуха, если бы он направлялся в сушильную камеру без предварительного подогрева.

**Задание 3. Термодинамика потока**

Задача 6. 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, теплообменном со стенками и скоростью на входе в сопло пренебречь. Принять  $k = 1,4$ .

Задача 7. Как велика скорость истечения перегретого пара через сопло Лавалья, 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? Теплообменном со стенками и скоростью на входе в сопло пренебречь. Принять  $\beta_k = 0,546$ . Построить процесс в  $h-s$  диаграмме.

#### **Задание 4. Циклы теплосиловых и холодильных установок**

Задача 8. 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  $t_{\text{пв}} = 30$  °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 9. 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  $Q_{\text{п}}^{\text{р}} = 29,3$  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  $\eta_{\text{пг}} = 0,90$ .

Задача 10. 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),  $k = 1,4$ .

### **Задание 5. Теплопроводность**

Задача 11. 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 12. 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.

### **Задание 6. Конвективный теплообмен**

Задача 13. 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  $\bar{t}_c$  °С.

Задача 14. 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.

### **Задание 7. Теплопередача и теплообменные аппараты**

Задача 15. 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 16. 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

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).

Приложение № 4

**ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ**

**(заочная форма обучения)**

*Раздел 1. Техническая термодинамика*

Задача 1. Для теоретического цикла ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении определить параметры рабочего тела (воздуха) в характерных точках цикла, подведенную и отведенную теплоту, работу и термический КПД цикла, если начальное давление  $p_1 = 0,1$  МПа, начальная температура  $t_1 = 27$  °С, степень повышения давления в компрессоре  $\pi$ , температура газа перед турбиной  $t_3$ .

Определить теоретическую мощность ГТУ при заданном расходе воздуха  $G$ . Дать схему и изобразить в масштабе цикл установки в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  диаграммах. Теплоемкость воздуха принять не зависящей от температуры.

Задача 2. Сравнить термический КПД двух паросиловых установок, работающих на паре с параметрами  $p_1$  МПа и  $t_1$  °С, если:

1) у одной из них турбина работает на выхлоп в атмосферу ( $p_2 = 0,1$  МПа) и котел питается водой из внешнего источника с температурой  $t_{\text{пв}} = 30$  °С,

2) во втором случае после турбины идет в конденсатор с абсолютным давлением  $p_2 = 0,005$  МПа и котел питается конденсатом отработавшего пара. Построить процессы в  $h$ - $s$  диаграмме.

Задача 3. Влажный пар фреона-12 при температуре  $t_1$  поступает в компрессор, где адиабатно сжимается до давления, при котором его температура становится равной  $t_2$ , а степень сухости пара  $x_2 = 1$ . Из компрессора фреон поступает в конденсатор, где при постоянном давлении обращается в жидкость, после чего расширяется в дросселе (дросселируется) до температуры  $t_4 = t_1$ .

Определить холодильный коэффициент установки, массовый расход фреона, а также теоретическую мощность привода компрессора, если холодопроизводительность установки  $Q$ . Изобразить схему установки и ее цикл в  $T$ - $s$  и  $h$ - $s$  диаграммах.

*Теоретические вопросы:*

1. Напишите уравнение состояния идеального газа. Поясните физический смысл газовой постоянной. Как определяется ее значение для газов? Что такое универсальная газовая постоянная?

2. Какова связь между массовой, мольной и объемной теплоемкостями газа? Укажите размерности. Что такое истинная и средняя теплоемкости? Как находится значение теплоемкости для интервала температур?

3. Как найти (по формулам и с помощью  $T-s$  диаграммы) изменение внутренней энергии идеального газа для любого термодинамического процесса?
4. Покажите, как определяется работа в обратимых термодинамических процессах аналитически и графически с помощью  $p-v$  диаграммы.
5. Что такое парциальное давление и объем компонента в смеси газов? Как определяется газовая постоянная смеси газов?
6. Как изменяется температура газа при изобарном и адиабатном расширении? Ответ проиллюстрируйте графиками процессов в  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах.
7. Что такое энтальпия и как определяется изменение энтальпии идеального газа в термодинамическом процессе?
8. Изобразите прямой обратимый цикл Карно в  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах и опишите его. Приведите формулу для определения термического КПД цикла Карно.
9. Что называется энтропией рабочего тела? Как определяется изменение энтропии идеального газа в термодинамическом процессе?
10. Приведите формулы первого закона термодинамики и основные формулировки второго закона термодинамики.
11. Покажите процессы нагрева жидкости, парообразования и перегрева пара в  $T-s$  и  $h-s$  диаграммах. Как определяется количество теплоты, необходимое для нагрева жидкости, парообразования и перегрева пара?
12. Нарисуйте схему парокомпрессионной холодильной установки, опишите ее, дайте изображение ее цикла в  $p-v$  и  $T-s$  координатах и определите понятие холодильного коэффициента.
13. Изобразите теоретический цикл паросиловой установки (цикл Ренкина) в  $p-v$ ,  $T-s$  и  $h-s$  диаграммах и укажите от каких факторов зависит термический КПД этого цикла. Приведите формулу для определения термического КПД.
14. В каком случае истечения газов и паров применяют сопло Лаваля? Что такое критическая скорость истечения газов и паров из сопел?
15. Опишите  $h-d$  диаграмму влажного воздуха. Покажите, как по ней определяется расход тепла в калорифере на подогрев 1 кг воздуха.
16. Дайте определение относительной влажности и влагосодержания влажного воздуха. Покажите, как по  $h-d$  диаграмме определяется количество влаги, испаренной в сушильной камере и унесенной из нее 1 кг воздуха.

## Раздел 2. Тепломассообмен

Задача 4. Воздух течет внутри трубы, имея среднюю температуру  $t_v$  и скорость  $w$ .

Определить коэффициент теплоотдачи от трубы к воздуху ( $\alpha_1$ ), а также удельный тепловой поток, отнесенный к 1 м длины трубы, если внутренний диаметр трубы  $d_1$ , толщина ее  $\delta$  и коэффициент теплопроводности  $\lambda=20$  Вт/(м·К). Снаружи труба омывается горячими газами. Температура и коэффициент теплоотдачи от горячих газов, омывающих трубу, соответственно равны  $t_f$  и  $\alpha_2$ .

Задача 5. Какую тепловую мощность  $Q$ , кВт должен иметь встроенный в цистерну подогреватель нефтепродукта для обеспечения средней температуры поверхности цистерны  $t_{ст}$ . Цистерна имеет диаметр  $d=2,8$  м, площадь поверхности  $F=100$  м<sup>2</sup>, расположена горизонтально и защищена от ветра. Температура воздуха снаружи  $t_n$ .

Задача 6. В водоводяном теплообменнике охлаждается пресная вода от  $t_1^I$ , °С до  $t_1^{II}$ , °С. Для ее охлаждения используется заборная вода с температурой  $t_2^I$ , °С. Расход пресной воды  $m_1$ , кг/с, заборной –  $m_2$ , 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  $C_{пр} = 4,19$  кДж/(кг·К), а заборной –  $C_{заб} = 3,85$  кДж/(кг·К).

*Теоретические вопросы:*

1. Дайте объяснение понятиям – тепловой поток, плотность теплового потока, линейная плотность теплового потока; приведите единицы их измерения.
2. Что такое коэффициент теплопроводности и какова его размерность? Приведите его численные значения для серебра, нержавеющей стали, бетона, минеральной ваты и воздуха при нормальных условиях.
3. Сформулируйте закон теплопроводности Фурье. Дайте пояснение величинам, входящим в аналитическое выражение закона и приведите единицы их измерения.
4. Что такое коэффициент теплопередачи? Каковы его выражения в случаях плоской и цилиндрической стенки? Укажите единицы измерения.
5. Что такое критический диаметр изоляции? Сформулируйте требование к рациональному материалу изоляции.
6. Каков физический смысл чисел Рейнольдса, Грасгофа, Прандтля и Нуссельта? Как они определяются?
7. От чего зависит энергия излучения тела? В каких пределах меняется степень черноты тела? Каким образом можно интенсифицировать и уменьшить лучистый теплообмен?
8. Какие уравнения используются для расчета теплообменных аппаратов? Оха-

рактикуйте входящие в них величины?

9. Что такое теплообменный аппарат? В чем разница между конструкторским и поверочным тепловыми расчетами рекуперативного теплообменника? Приведите основные расчетные уравнения.

10. Укажите преимущества и возможные недостатки противоточной схемы рекуперативного теплообменника по сравнению с прямоточной. Приведите формулы для расчета среднелогарифмического температурного напора для этих схем и графики изменения температур по поверхности теплообмена.

11. Приведите уравнение подобия для расчета теплоотдачи при ламинарном (вязкостном) вынужденном движении жидкости в трубах и поясните физический смысл входящих в него комплексов. Укажите пределы использования этого уравнения. Какова величина коэффициента теплоотдачи при движении воды в этих условиях?

12. Приведите уравнения подобия для расчета теплообмена при поперечном обтекании пучков труб (шахматных и коридорных). Поясните физический смысл входящих в эти уравнения комплексов. Укажите, как определяются коэффициенты теплоотдачи у первого и второго ряда пучков труб.

13. Приведите обобщенные зависимости для расчета теплообмена при кипении жидкости и поясните физический смысл входящих в них величин. Укажите пределы применимости этих зависимостей и примерные величины коэффициента теплоотдачи.

14. Приведите уравнения для расчета теплообмена при конденсации пара и поясните физический смысл входящих в них величин. Дайте численное значение коэффициента теплоотдачи для конкретного примера.

15. Запишите (в общем виде) последовательность определения  $\alpha$  при теплоотдаче. Что еще, кроме величины  $\alpha$ , надо знать для определения количества теплоты, участвующего в теплоотдаче?

16. Укажите, какие процессы передачи теплоты имеют место при получении пара в котле. Какое влияние оказывает сажа и накипь в трубах на эти процессы?

Приложение № 5

**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 для идеального газа. Отношение теплоёмкостей. Энтропия идеального газа.

8. Смеси идеальных газов. Газовая постоянная и средняя молярная масса смеси. Теплоёмкости смеси.

9. Изохорный процесс для идеального газа. Изобарный процесс для идеального газа.

10. Изотермический процесс для идеального газа. Адиабатный процесс для идеального газа.

11. Политропные процессы для идеального газа, общая характеристика. Графическое представление процессов в рабочей и тепловой диаграммах.

12. Рабочий процесс одноступенчатого компрессора. Индикаторная диаграмма для теоретического процесса.

13. Основные положения и формулировки второго закона термодинамики. Термодинамические схемы теплосиловой и холодильной установок. Термический КПД и холодильный коэффициент.

14. Прямые и обратные циклы. Прямой обратимый цикл Карно. Обратный обратимый цикл Карно.

15. Математические выражения второго закона термодинамики. Интегралы Клаузиуса. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах.

16. Уравнение состояния реальных газов. Основные свойства чистых веществ. Фазовые переходы. Критические параметры вещества. Тройная точка. Фазовая диаграмма  $p$ - $T$ .
17. Диаграмма  $p$ - $v$  для воды и пара. Теплота парообразования и теплота конденсации.
18. Определение параметров жидкости, сухого насыщенного, влажного и перегретого паров с помощью таблиц. Степень сухости и степень влажности.
19. Диаграмма  $T$ - $s$  для воды и пара. Графическое изображение процессов нагрева жидкости, парообразования и перегрева пара.
10. Диаграмма  $h$ - $s$  для водяного пара. Графическое изображение процессов парообразования и перегрева пара.
21. Расчёт процессов изменения состояния водяного пара с помощью таблиц и диаграмм.
22. Влажный воздух. Понятие об абсолютной и относительной влажности. Влагосодержание.  $h$ - $d$  диаграмма влажного воздуха.
23. Термодинамика потока. Располагаемая работа. Сопла и диффузоры. Адиабатное течение. Определение скорости потока.
24. Расходная характеристика сопла. Анализ зависимости расхода от давления за соплом для идеального газа. Критическое давление. Критическая скорость. Профилирование сопел и диффузоров.
25. Адиабатное течение с трением. Решение задачи истечения с помощью  $h$ - $s$  диаграммы.
26. Тепловая схема и теоретический цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. Регенерация. Эффективный КПД установки.
27. Теоретический цикл паросиловой установки. Термический КПД и его зависимость от начальных и конечных параметров. Эффективный КПД установки.
28. Методы повышения эффективности паросиловых циклов: регенерация, вторичный перегрев пара, теплофикация.
29. Методы получения холода. Теоретический цикл воздушной холодильной установки. Действительный холодильный коэффициент.
30. Теоретический цикл парокompрессорной холодильной установки. Действительный холодильный коэффициент. Понятие о тепловых насосах.
31. Элементарные способы распространения теплоты. Сложный теплообмен. Теплоотдача. Теплопередача. Понятие о массопереносе. Полное математическое описание процессов теплообмена. Система дифференциальных уравнений и условия однозначности.
32. Температурное поле. Градиент температуры. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
33. Теплопроводность плоской стенки при стационарном режиме. Многослойная стенка.

34. Теплопроводность цилиндрической стенки при стационарном режиме. Многослойная стенка.

35. Нестационарная теплопроводность. Аналитическое описание процесса. Общие методы определения теплового потока и температурного поля. Числа Био и Фурье.

36. Общая характеристика процесса теплоотдачи. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Гидродинамический пограничный слой. Тепловой пограничный слой. Полное математическое описание процессов конвективного теплообмена.

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

38. Теплоотдача при вынужденном движении в трубах.

39. Теплоотдача при поперечном обтекании одиночной трубы и пучков труб.

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

41. Теплообмен при кипении жидкости. Кризисы кипения.

42. Теплообмен при конденсации пара.

43. Теплообмен излучением. Виды лучистых потоков. Основные законы лучистого теплообмена: Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Ламберта.

44. Теплообмен излучением между твёрдыми телами в прозрачной среде. Экранирование.

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

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

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

48. Методы интенсификации теплопередачи: увеличение наименьшего из коэффициентов теплоотдачи, оребрение поверхностей, воздействие на пограничный слой.