



## **МЧС РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Уральский институт государственной противопожарной службы Министерства  
Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным  
ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

## **ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

**Методические рекомендации по изучению дисциплины**

Специальность 40.05.03 Судебная экспертиза

(квалификация специалист)

Екатеринбург  
2021

**Термодинамика и теплопередача:** методические рекомендации по изучению дисциплины. Специальность 40.05.03 Судебная экспертиза / О. Ю. Баранова. - Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2021. - 21 с.

*Составитель:*

Баранова О.Ю., доцент кафедры физико-технических основ безопасности Уральского института ГПС МЧС России, кандидат технических наук, доцент.

Методические материалы по изучению дисциплины «Термодинамика и теплопередача» предназначены для студентов, обучающихся по специальности 40.05.03 Судебная экспертиза, составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта, согласно рабочей программе дисциплины.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Глава 1. Структура дисциплины	5
Глава 2. Рекомендации по темам дисциплины	6
РАЗДЕЛ 1. Термодинамика	6
Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики	6
Тема 2. Первое начало термодинамики	7
Тема 3. Термодинамические процессы идеального газа	7
Тема 4. Второе начало термодинамики	8
Тема 5. Фазовые переходы. Процессы водяного пара	9
Тема 6. Термодинамика потока	9
Тема 7. Поршневые двигатели внутреннего сгорания	10
РАЗДЕЛ 2. Тепломассообмен	11
Тема 8. Основные понятия теплообмена	11
Тема 9. Теплопроводность при стационарном граничных условиях первого рода	режиме и 11
Тема 10. Теплопроводность при стационарном граничных условиях третьего рода	режиме и 12
Тема 11. Нестационарная теплопроводность	12
Тема 12. Конвективный теплообмен	12
Тема 13. Теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества	13
Тема 14. Теплообмен излучением	13
Тема 15. Тепломассообмен	14
Глава 3. Оценочные средства для текущего успеваемости	контроля 14
Глава 4. Рекомендации по изучению дисциплины	18
Литература	19

## **ВВЕДЕНИЕ**

Методические материалы по изучению дисциплины «Термодинамика и теплопередача» предназначены для студентов, обучающихся по специальности 40.05.03 Судебная экспертиза, составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по данной специальности подготовки и согласно рабочей программе дисциплины «Термодинамика и теплопередача».

Целью освоения дисциплины «Термодинамика и теплопередача» является формирование системы теплотехнических знаний как фундаментальной базы специальной подготовки, навыков по грамотному применению положений технической термодинамики и тепломассообмена в процессе научного анализа проблемных ситуаций, которые судебный эксперт должен разрешать при изучении материальных носителей розыскной и доказательной информации.

Для достижения данной цели предусматривается решение следующих основных задач:

- изучение основных понятий и моделей термодинамики, основных законов термодинамики и теплообмена, методов тепломассообменных и термодинамических;
- формирование умений применять основные законы и закономерности термодинамики и тепломассообмена при изучении материальных носителей розыскной и доказательной информации;
- овладение навыками по применению закономерностей термодинамики и тепломассообмена при изучении материальных носителей розыскной и доказательной информации.

## Глава 1. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы или 180 часов. В таблице представлено распределение тем, а также формы аттестации по семестрам для очной формы обучения.

### Распределение тем дисциплины «Термодинамика и теплопередача»

№ п/п	Наименование разделов и тем
<b>Раздел 1. Термодинамика</b>	
1	Основные понятия и определения термодинамики
2	Первое начало термодинамики
3	Термодинамические процессы идеального газа
4	Второе начало термодинамики
5	Фазовые переходы. Процессы водяного пара
6	Термодинамика потока
7	Поршневые двигатели внутреннего сгорания
<b>Раздел 2. Тепломассообмен</b>	
8	Основные понятия и определения теории теплообмена
9	Теплопроводность при стационарном режиме при граничных условиях первого рода
10	Теплопроводность при стационарном режиме при граничных условиях третьего рода
11	Нестационарная теплопроводность
12	Конвективный теплообмен
13	Теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества
14	Теплообмен излучением
15	Тепломассообмен
<b>Итоговый контроль-экзамен</b>	

## Глава 2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕМАМ ДИСЦИПЛИНЫ

В данной главе методических материалов приведены основные дидактические единицы изучаемой темы, указаны ссылки на литературу. По основным темам приведены типовые задания (задачи).

### РАЗДЕЛ 1. ТЕРМОДИНАМИКА

#### ТЕМА 1. Основные понятия и определения термодинамики

Место термодинамики в системе естественнонаучных дисциплин. Связь с другими отраслями знаний. Российские ученые, внесшие наибольший вклад в развитие термодинамики. Математический аппарат термодинамики. Состояние термодинамической системы. Параметры состояния. Термическое уравнение состояния. Экстенсивные и интенсивные величины.

Работа и теплота. Вычисление количеств работы и теплоты. Идеальный газ. Смеси идеальных газов.

Литература:

Основная: 1

Дополнительная: 2,3,4,5,6,8,13,14.

Электронные ресурсы: 1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы: 16,17,18.

#### Типовые практические задания (задачи)

1. Манометрическое давление в паропроводе установки пожаротушения составляет 0,04 МПа при барометрическом давлении 96660 Па. Чему будет равно избыточное давление в паропроводе, если показание барометра повысится до 104660 Па, состояние пара в паропроводе останется прежним? Барометрическое давление приведено к 0°С.

2. Ртутный вакуумметр, присоединенный к сосуду, показывает разрежение 420 мм.рт.ст. при температуре ртути в вакуумметре  $t = 20^\circ \text{C}$ . Давление атмосферы по ртутному барометру 768 мм.рт.ст. при температуре  $t = 18^\circ \text{C}$ . Определить абсолютное давление в сосуде.

3

33

3. Определить массу 5 м водорода, 5 м кислорода и 5м углекислоты при давлении 6 бар и температуре 100° С.

4. Сосуд емкостью 10 м заполнен 25кг углекислого газа. Определить абсолютное давление в сосуде, если температура в нем 27° С.

5. Какова будет плотность окиси углерода при 20°С и давлении 710 мм. рт. ст., если при 0° С и 760 мм.рт.ст. она равна 1,251 кг/м<sup>3</sup> ?

6. Массовые доли кислорода и азота в атмосферном воздухе соответственно равны 0,232 и 0,768. Определить объемные доли кислорода и азота, газовую постоянную и молекулярную массу воздуха, парциальные

давления кислорода и азота, если давление воздуха по барометру 760 мм.рт.ст.

7. Смесь газов состоит из водорода и окиси углерода. Массовая доля водорода 6,67%. Определить газовую постоянную смеси и ее удельный объем при нормальных условиях.

## **ТЕМА 2. Первое начало термодинамики**

Закон сохранения энергии. Внутренняя энергия. Энтальпия. Полезная внешняя работа. Теплоёмкость простой термодинамической системы. Внутренняя энергия и энтальпия идеального газа. Теплоёмкости идеального газа. Энтропия идеального газа.

Литература:

Основная: 1

Дополнительная :2,3,4,5,6,8,13,14.

Электронные ресурсы: 1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы: 16,17,18.

### **Типовые практические задания (задачи)**

1. Определить значение объемной теплоемкости кислорода при постоянном объеме и постоянном давлении, считая  $C = \text{const}$ .

2. Вычислить среднюю массовую и объемную теплоемкость окиси углерода при постоянном объеме для интервала температур от 0 до 1200

С, если известно, что средняя молярная теплоемкость окиси углерода при постоянном давлении в этом интервале температур равна 32,192 кДж/(кмольК).

3. Определить среднюю массовую теплоемкость при постоянном давлении для кислорода в пределах 350 - 1000 °С: а) считая зависимость теплоемкости от температуры нелинейной; б) считая зависимость теплоемкости от температуры линейной.

30

4. Воздух в количестве 6 м при давлении 3 бар и температуре 25 С нагревается при постоянном давлении до 130 °С. Определить количество подведенного к воздуху тепла, считая  $C = \text{const}$ .

5. В закрытом сосуде объемом 300 л находится воздух при давлении 8 бар и температуре 20 °С. Какое количество тепла необходимо подвести для того, чтобы температура воздуха поднялась до 120 °С? Задачу решить, принимая теплоемкость воздуха постоянной, а также учитывая зависимость теплоемкости от температуры. Определить относительную ошибку, получаемую в первом случае.

6. Паросиловая установка мощностью 4200 кВт имеет КПД, равный 0,2. Определить часовой расход топлива, если его теплота сгорания равна 25000 кДж/кг.

### ТЕМА 3. Термодинамические процессы идеального газа

Термодинамические процессы и циклы. Расчет политропных процессов идеального газа. Соотношения между параметрами политропного процесса. Частные случаи политропных процессов. Обобщающее значение политропного процесса.

Литература:

Основная: 1.

Дополнительная :2,3,4,5,6,8,13,14.

Электронные ресурсы: 1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы:16,17,18.

#### Типовые практические задания (задачи)

1. В баллоне находится 40 л кислорода при избыточном давлении 14,715 МПа и температуре 17°C. При пожаре газ в баллоне нагрелся до 150°C. Определить избыточное давление кислорода и изменение его внутренней энергии. Изохорная теплоемкость кислорода равна 662 Дж/(кгК). Барометрическое давление 0,1 МПа.

2. 40 литров воздуха при температуре 60°C и давлении  $4,052 \cdot 10^5$  Па политропически расширяется до трехкратного объема и давления  $1,012 \cdot 10^5$  Па. Рассчитайте показатель политропного процесса, работу расширения, количество теплоты и изменение внутренней энергии в процессе.

3. Воздух в количестве 0,01 м при давлении 10 бар и температуре 25°C расширяется в цилиндре с подвижным поршнем до 1 бар. Определить конечный объем, конечную температуру, работу, произведенную газом, и подведенное тепло, если расширение в цилиндре происходит:

а) изотермически, б) адиабатно и в) политропно с показателем  $n = 1,3$ .

### ТЕМА 4. Второе начало термодинамики

Первое начало термодинамики в применении к тепловым машинам. Качественные формулировки второго начала термодинамики. Принципиальная схема теплового двигателя. Термический коэффициент полезного действия. Цикл Карно. Термический КПД цикла Карно. Равенство Клаузиуса. Энтропия. Неравенство Клаузиуса. Математическое выражение второго начала термодинамики. Литература: Основная: 1.

Дополнительная: 2,3,4,5,6,8,13,14.

Электронные ресурсы: 1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы:16,17,18.

#### Типовые практические задания (задачи)

1. 1 кг воздуха сжимается по адиабате так, что объем его уменьшается в 6 раз, а затем при  $V = \text{const}$  давление повышается в 1,5 раза. Определить общее изменение энтропии воздуха. Теплоемкость считать постоянной.

2. 10 м воздуха, находящегося в начальном состоянии при нормальных условиях, сжимают до конечной температуры 400° С. Сжатие производится: 1)



изохорно, 2) изобарно, 3) адиабатно и 4) политропно с показателем политропы  $n = 2,2$ . Считая значение энтропии при нормальных условиях равным нулю и принимая теплоемкость воздуха постоянной, определить энтропию воздуха в конце каждого процесса.

3. В процессе политропного расширения воздуха температура его уменьшилась от  $25^{\circ}\text{C}$  до  $-37^{\circ}\text{C}$ . Начальное давление воздуха 4 бар, количество его 2 кг. Определить изменение энтропии в этом процессе, если известно, что количество подведенного к воздуху тепла составляет 89,2 кДж.

### **ТЕМА 5. Фазовые переходы. Процессы водяного пара**

Уравнение Гиббса. Характеристические функции. Термодинамические потенциалы. Условия термодинамического равновесия однофазной системы. Химический потенциал. Условия термодинамического равновесия многофазных систем. Правило фаз Гиббса. \*Фазовые переходы I рода. Фазовый переход "жидкость - пар". Формула Клапейрона - Клаузиуса. Параметры влажного пара. \*Процессы водяного пара. Диаграмма водяного пара в координатах «энтальпия - энтропия».

Литератур

а:

Основная:

1.

Дополнительная: 2,3,4,5,6,8,13,14.

Электронные ресурсы: 1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы: 16,17,18.

### **ТЕМА 6. Термодинамика потока**

Первое и второе начала термодинамики для движущихся систем. Приближения, используемые при термодинамическом описании течения газов и паров в каналах. Массовый расход. Уравнение неразрывности. Сопло и диффузор.

Скорость истечения и расход в адиабатически изолированных каналах без трения. Закон обращения геометрического воздействия. Конфигурация геометрического сопла. Особенности расчета сопел.

Литература:

Основная: 1.

Дополнительная: 2,3,4,5,6,8,13,14.

Электронные ресурсы: 1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы: 16,17.

### Типовые практические задания (задачи)

1. Определить теоретическую скорость истечения пара из котла в атмосферу. Давление пара в котле 12 бар, температура  $300^{\circ}\text{C}$ . Процесс расширения пара считать адиабатным. Барометрическое давление принять равным 750 мм рт. ст.
2. Решить предыдущую задачу при условии, что истечение пара происходит через сопло Лаваля.
3. Давление воздуха при движении его по трубопроводу понижается вследствие местных сопротивлений от 8 бар до 6 бар. Начальная температура воздуха  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ . Определить изменение температуры и энтропии в рассматриваемом процессе. Какова температура воздуха после дросселирования?
4. Водяной пар при давлении 18 бар и температуре  $250^{\circ}\text{C}$  дросселируется до давления 10 бар. Определить температуру пара в конце дросселирования.

### ТЕМА 7. Поршневые двигатели внутреннего сгорания

Устройство, принцип действия и классификация двигателей внутреннего сгорания. Двигатели внутреннего сгорания с подводом теплоты при постоянном объеме (карбюраторные двигатели). Двигатели внутреннего сгорания с подводом теплоты при постоянном давлении. Двигатели внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты.

Литература:

Основная: 1.

Дополнительная: 2,3,4,5,6,8,13,14.

Электронные ресурсы: 1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы: 16,17,18.

### Типовые практические задания (задачи)

1. В идеальном одноступенчатом компрессоре массовой производительностью  $G = 180$  кг/ч сжимается воздух до давления 4,9 бар. Определить теоретически необходимую мощность электродвигателя компрессора, отведенное в рубашку цилиндра компрессора тепло и расход охлаждающей воды, если сжатие происходит политропно ( $n = 1,3$ ), а охлаждающая вода нагревается на  $25^{\circ}\text{C}$ . Начальное давление воздуха  $P_1 = 0,98$  бар и температура  $t_1 = 0^{\circ}\text{C}$ .
2. Определить расход воды на охлаждение воздуха в рубашке двухступенчатого компрессора производительностью 10 м<sup>3</sup>/мин в промежуточном и конечном холодильниках, если в холодильниках воздух охлаждается до начальной температуры, а вода нагревается на  $15^{\circ}\text{C}$ . Воздух перед компрессором имеет давление  $P_1 = 0,98$  бар и температуру  $t_1 = 10^{\circ}\text{C}$ , сжатие воздуха в компрессоре происходит политропно ( $n = 1,3$ ) до конечного давления  $P_2 = 8,8$  бар.

## РАЗДЕЛ 2. ТЕПЛОМАСООБМЕН

### ТЕМА 8. Основные понятия теории теплообмена

Температурное поле. Температурный градиент. Основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Уравнение Фурье. Краевые условия.

Литература:

Основная: 1.

Дополнительная: 2,3,4,5,7,8,13,14,15.

Электронные ресурсы :1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы:16,17,18.

### ТЕМА 9. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях первого рода

Однослойная плоская стенка. Многослойная плоская стенка. Эквивалентный коэффициент теплопроводности. Однослойная цилиндрическая стенка. Многослойная цилиндрическая стенка. Шаровая стенка.

Литература:

Основная: 1.

Дополнительная: 2,3,4,5,7,8,13,14,15.

Электронные ресурсы: 1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы: 16,17,18.

#### Типовые практические задания (задачи)

1. Стенка нагревательной установки выполнена из красного кирпича толщиной 0,38 м. Температуры на внутренней и наружной поверхностях стенки по условиям технологического процесса соответственно равны  $400^{\circ}\text{C}$  и  $100^{\circ}\text{C}$ . Какова должна быть толщина наружного теплоизолирующего слоя из асбеста, чтобы обеспечить температуру на внешней поверхности нагревательной установки не более  $70^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент теплопроводности кирпича и асбеста соответственно равны  $\lambda_{\text{к}} = 0,814 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)}$  и равен  $\lambda_{\text{а}} = 0,16 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)}$ . Режим теплообмена стационарный.

2. На продолжительном пожаре в здании происходило нагревание стены из красного кирпича, оштукатуренной с двух сторон известковой штукатуркой. Стена разделяет здание на две части. При этом на внутренней поверхности стены установилась температура  $900^{\circ}\text{C}$ , а на наружной  $150^{\circ}\text{C}$ . Толщина кирпичной кладки 38 см., а каждого слоя штукатурки 3 см. Определить температуры на границах слоев, а также на поверхностях деревянной балки, заделанной в стену со стороны необогреваемой поверхности на глубину 30 см. от поверхности кирпичной кладки. Сделать вывод о возможности распространения пожара в соседнее помещение. Коэффициент теплопроводности отдельных слоев взять при средней температуре стены. Коэффициент теплопроводности красного кирпича

$\lambda_2 = 0,455 + 2,32 t_{ср}$  коэффициент теплопроводности известковой штукатурки равен  $0,7 \text{ Вт/(м}^0\text{С)}$ .

### **ТЕМА 10. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях третьего рода**

Теплопередача. Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление теплопередачи.

Плоская стенка. Однослойная и многослойная цилиндрическая стенка. Критический диаметр изоляции. Шаровая стенка. Ребристая стенка. Интенсификация теплопередачи.

Литература:

Основная: 1.

Дополнительная: 2,3,4,5,7,8,13,14,15.

Электронные ресурсы: 1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы: 16,17,18.

#### **Типовые практические задания (задачи)**

1. Определить температуру на наружной поверхности горизонтальной противопожарной разделки дымохода печи, выполненной из силикатного кирпича с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_t = 0,85 \text{ Вт/(м}^0\text{С)}$ , и дать заключение о возможности эксплуатации печи, если эта температура не должна превышать  $80^0\text{С}$ . Температура продуктов горения в дымоходе  $t_f' = 350^0\text{С}$ , температура наружного воздуха  $t_f'' = 20^0\text{С}$ , толщина разделки  $\delta = 38 \text{ см}$ . Коэффициент теплообмена между наружной поверхностью

разделки и воздуха помещения  $a_2 = 10 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{С)}$ .

2. Определить толщину горизонтальной противопожарной разделки дымохода печи, выполненной из красного кирпича с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_t = 0,814 \text{ Вт/(м}^0\text{С)}$ . Температура продуктов горения в дымоходе  $t_f' = 400^0\text{С}$ , температура воздуха в помещении  $t_f'' = 20^0\text{С}$ . Температура на наружной поверхности не должна превышать  $60^0\text{С}$ .

### **ТЕМА 11. Теплопроводность при нестационарном режиме**

Основные понятия нестационарного теплообмена. Неограниченная пластина. Цилиндр бесконечной длины. Шар. Регулярный режим.

Литература: Основная: 1.

Дополнительная: 2,3,4,5,7,8,13,14,15

. Электронные ресурсы: 1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы: 16,17,18.

## **ТЕМА 12. Конвективный теплообмен**

Основной закон теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи. Локальный коэффициент теплоотдачи на примере омываемой теплоносителем пластины. Локальный коэффициент теплоотдачи на примере течения теплоносителя внутри трубы. Анализ размерностей и основы теории подобия. Критерии подобия.

Литература:

Основная: 1.

Дополнительная: 2,3,4,7,8,13,14,15.

Электронные ресурсы: 1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы: 16,17,18.

## **ТЕМА 13. Теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества**

Теплоотдача при кипении жидкости. Режимы кипения. Теплоотдача при конденсации пара.

Влияние различных факторов на теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества. \*Топливо и основы горения. Основная: 1.

Дополнительная: 2,3,4,5,7,8,13,14,15

Электронные ресурсы: 1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы: 16,17,18.

## **ТЕМА 14. Теплообмен излучением**

Общие сведения о теплообмене излучением. Основной закон поглощения. Закон Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа.

Теплообмен излучением между твердыми телами. Параллельные пластины. Одно тело внутри другого. Экраны для защиты от лучистой энергии и их практическое применение. Литература: Основная: 1.

Дополнительная: 2,3,4,5,7,8,13,14,15

Электронные ресурсы: 1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы: 16,17,18.

### **Типовые практические задания (задачи)**

1. Определить коэффициент облученности и лучистый тепловой поток между двумя стальными параллельно расположенными дисками с центрами на общей нормали. Температуры поверхностей дисков 300 и 100 °С; диски имеют одинаковые диаметры, равные 300 мм, расстояние между ними  $h=500$  мм. Степень черноты дисков  $\epsilon_1 \sim \epsilon_2=0,24$ .

2. Вблизи деревянной стены установлена печь так, что их взаимное расположение поверхностей можно считать параллельными. Температура нагретой поверхности металлической печи  $t_1=600$  °С. Температура самовоспламенения древесины  $t_2=250$  °С. Определить результирующую плотность теплового потока излучением. Сделать вывод о возможности самовоспламенения древесины. Коэффициент черноты стали равен 0,8,

древесины 0,9, критическая плотность теплового потока для древесины 12800 Вт/м<sup>2</sup>.

3. Определить коэффициент лучисто-конвективного теплообмена и потери теплоты с единицы длины паропровода диаметром 200 мм, если температура и степень черноты его поверхности соответственно равны 467 °С и 0,79, а температура окружающего воздуха 27 °С.

### **ТЕМА 15. Тепломассообмен**

Общие сведения о тепло- и массопереносе. Основные законы переноса теплоты и массы вещества. Критерии подобия тепло- и массопереноса. Коэффициенты переноса теплоты и вещества. Тепломассообменные устройства.

Литература:

Основная: 1.

Дополнительная: 2,3,4,5,7,8,11,12,13,14,15.

Электронные ресурсы: 1,2.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы: 16,17,18.

## **Глава 3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

### **ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, ВЫНЕСЕННЫХ НА ЗАНЯТИЕ КОНТРОЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Частные случаи политропных процессов, обобщающее значение политропного процесса;

фазовые переходы 1 -го рода, фазовый переход «жидкость-пар»;

процессы водяного пара. Диаграмма водяного пара в координатах «энтальпия-энтропия»;

основные понятия нестационарного теплообмена, неограниченная пластина, цилиндр бесконечной длины;

топливо и основы горения;

тепломассообменные устройства;

характеристики промышленных теплоэнергетических установок;

действительные циклы двигателей, наддув дизельных двигателей;

промышленные котельные установки, цикл Ренкина с учетом необратимых потерь;

применение теплоты в отрасли, охрана окружающей среды, основы энергосбережения;

основные направления экономии энергоресурсов.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ**

### **ТЕМА 1. Основные понятия термодинамики**

1. Место термодинамики в системе естественнонаучных дисциплин. Связь с другими отраслями знаний.
2. Российские ученые, внесшие наибольший вклад в развитие термодинамики.
3. Состояние термодинамической системы. Параметры состояния.
4. Термическое уравнение состояния.
5. Понятие работы и теплоты в термодинамике.
6. Вычисление количеств работы и теплоты.

### **ТЕМА 2. Первое начало термодинамики**

7. Закон сохранения энергии. Внутренняя энергия.
8. Энтальпия. Полезная внешняя работа.
9. Теплоёмкость простой термодинамической системы.
10. Внутренняя энергия и энтальпия идеального газа.
11. Теплоёмкости идеального газа.
12. Энтропия идеального газа.

### **ТЕМА 3. Термодинамические процессы идеального газа**

13. Термодинамические процессы и циклы. Основные определения.
14. Расчет политропных процессов идеального газа.
15. Соотношения между параметрами политропного процесса.
16. Частные случаи политропных процессов.
17. Обобщающее значение политропного процесса.

### **ТЕМА 4. Второе начало термодинамики**

18. Качественные формулировки второго начала термодинамики.
19. Принципиальная схема теплового двигателя. Термический коэффициент полезного действия.
20. Цикл Карно. Термический КПД цикла Карно.
21. Равенство Клаузиуса. Энтропия.
22. Неравенство Клаузиуса. Математическое выражение второго начала термодинамики.

### **ТЕМА 5. Фазовые переходы. Процессы водяного пара**

23. Уравнение Гиббса. Термодинамические потенциалы..
24. Условия термодинамического равновесия однофазной системы. Химический потенциал.
25. Условия термодинамического равновесия многофазных систем. Правило фаз Гиббса.

26. Фазовые переходы I рода. Фазовый переход "жидкость - пар".
27. Формула Клапейрона - Клаузиуса.
28. Параметры влажного пара.
29. Процессы водяного пара. Диаграмма  $i - s$ .

#### **ТЕМА 6. Термодинамика потока**

30. Первое и второе начала термодинамики для движущихся систем.
31. Массовый расход. Уравнение неразрывности.
32. Сопло и диффузор.
33. Скорость истечения и расход в адиабатически изолированных каналах без трения.
34. Конфигурация геометрического сопла. Особенности расчета сопел.

#### **ТЕМА 7. Поршневые двигатели внутреннего сгорания**

35. Устройство, принцип действия и классификация ДВС.
36. Двигатели внутреннего сгорания с подводом теплоты при постоянном объеме.
37. Двигатели внутреннего сгорания с подводом теплоты при постоянном давлении.
38. Двигатели внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты.

#### **ТЕМА 8. Основные понятия теории теплообмена**

39. Температурное поле.
40. Температурный градиент. Основной закон теплопроводности.
41. Коэффициент теплопроводности.
42. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Уравнение Фурье.
43. Краевые условия.

#### **ТЕМА 9. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях первого рода**

58. Однослойная плоская стенка.
59. Многослойная плоская стенка. Эквивалентный коэффициент теплопроводности.
60. Однослойная цилиндрическая стенка.
61. Многослойная цилиндрическая стенка.
62. Шаровая стенка.

#### **ТЕМА 10. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях третьего рода**

63. Теплопередача. Плоская стенка.
64. Однослойная и многослойная цилиндрическая стенка.
65. Критический диаметр изоляции.
66. Шаровая стенка.
67. Ребристая стенка. Интенсификация теплопередачи.



### **ТЕМА 11. Теплопроводность при нестационарном режиме**

- 68. Основные понятия нестационарного теплообмена.
- 69. Неограниченная пластина.
- 70. Цилиндр бесконечной длины.
- 71. Шар.
- 72. Регулярный режим теплообмена.

### **ТЕМА 12. Конвективный теплообмен**

- 73. Основной закон теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи.
- 74. Локальный коэффициент теплоотдачи на примере омываемой теплоносителем пластины.
- 75. Локальный коэффициент теплоотдачи на примере течения теплоносителя внутри трубы.
- 76. Анализ размерностей и основы теории подобия. Критерии подобия.

### **ТЕМА 13. Теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества**

- 77. Теплоотдача при кипении жидкости.
- 78. Режимы кипения.
- 79. Теплоотдача при конденсации пара.
- 80. Топливо и основы горения.

### **ТЕМА 14. Теплообмен излучением**

- 81. Общие сведения о теплообмене излучением.
- 82. Законы Планка, Стефана-Больцмана и Кирхгофа.
- 83. Теплообмен излучением между твердыми телами. Параллельные пластины.
- 84. Теплообмен излучением между твердыми телами. Одно тело внутри другого.
- 85. Экраны для защиты от лучистой энергии и их практическое применение.

### **ТЕМА 15. Тепломассообмен**

- 86. Основные законы переноса теплоты и массы вещества.
- 87. Критерии подобия тепло- и массопереноса.
- 88. Коэффициенты переноса теплоты и вещества.
- 89. Тепломассообменные устройства.

## **Глава 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Изучение курса дисциплины «Термодинамика и теплопередача», в целом, должно способствовать повышению уровня фундаментальной теплотехнической подготовки и развитию у обучающихся логического и алгоритмического мышления, развитию навыков самостоятельной работы.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий.

Основными формами проведения учебных занятий по термодинамике и теплопередаче являются лекции, практические занятия и лабораторные работы.

Обязательным условием успешного освоения дисциплины является посещение и конспектирование лекций ведущего преподавателя. Лекции служат основным «проводником» новых знаний при изучении дисциплины. В них последовательно раскрывается физическая суть изучаемых явлений и поясняется хронология развития понятий и законов, составляющих основу дисциплины; в лекционном курсе в необходимом и достаточном объеме представлены ключевые вопросы дисциплины с учетом современного уровня развития науки и техники и во взаимосвязи с другими учебными курсами, такими, как «Физика», «Высшая математика» и «Химия». Рекомендуется предварительное ознакомление с материалом предстоящей лекции по методическим разработкам кафедры или по учебной литературе. В этом случае, занятие будет проходить на более высоком уровне взаимопонимания лектора и слушателей.

Важным условием успешного освоения дисциплины является повседневная работа с конспектом. Необходимо своевременно восполнять пробелы в конспекте, связанные с пропусками занятий. Рекомендуется дополнять текст конспекта пропущенными при конспектировании фрагментами лекции, выделяя одним из способов (маркер, рамки и т.п.) ключевые соотношения и формулировки лекции.

Важным условием является также активная работа на практических и лабораторных занятиях; данное обстоятельство, наряду с повышением качества обучения, помогает создать «золотой запас» положительных оценок. Подготовка к практическим занятиям предусматривает изучение лекционного материала, подготовка к лабораторным занятиям - проработку описаний лабораторных работ и рекомендованной литературы.

При подготовке к экзамену основное внимание следует уделить выявлению сущности законов термодинамики и теплообмена, умению истолковывать их физический смысл и пояснять их математическую запись, а также умению применять теоретический материал к решению задач.

Важным направлением самостоятельной деятельности обучающихся является работа с учебной литературой.

Весь курс термодинамики и теплопередачи разбит на пятнадцать тем. В каждой теме выделены основные блоки вопросов. По каждому из них указана литература, рекомендуемая для изучения. Номера источников соответствуют учебникам, учебным пособиям из приведенного списка литературы; например, цифра 2 означает учебное пособие «Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок» А.А. Александрова.

## ЛИТЕРАТУРА

### 1. Основная литература

1. Луканин, В. Н., Шатров, М. Г., Камфер, Г. М. Теплотехника [Текст]: учебник для студентов вузов / В. Н. Луканин, М. Г. Шатров, Г. М. Камфер. - М. : Высшая школа, 2009. - 671 с.

### 2. Дополнительная литература

2. Александров, А. А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок [Текст]: учебное пособие для студентов вузов/ А. А. Александров. - М. : Издательство МЭИ, 2004. -158 с.<sup>1</sup>
3. Егоров, Г. И. Практическое применение законов термодинамики и рекомендации в исследовании пожаров [Текст] / Г. И. Егоров. -Челябинск: НБС, 2000. - 45с.
4. Кошмаров, Ю. А., Башкирцев, М. П. Термодинамика и теплопередача в пожарном деле [Текст] / Ю. А. Кошмаров, М. П. Башкирцев. - М.: ВИПТШ МВД РФ, 1987. - 444 с.
5. Скрипов, П. В., Баранова, О. Ю., Усков, В. С. Теоретические основы теплотехники. Техническая термодинамика [Текст]: учебное пособие / П. В. Скрипов, О. Ю. Баранова, В. С. Усков. - Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2008. - 118 с.
6. Скрипов, П. В., Баранова, О. Ю., Усков, В. С. Теоретические основы теплотехники. Теплопередача [Текст]: учебное пособие / П. В. Скрипов, О. Ю. Баранова, В. С. Усков. - Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2008. - 79 с.
7. Баранова, О. Ю., Никифоров, А. Ф. Тепловые процессы и аппараты [Текст]: учебное пособие / О. Ю. Баранова, А. Ф. Никифоров. -Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2008. - 86 с.
8. Баранова, О. Ю., Никифоров, А. Ф. Гидромеханические процессы и аппараты [Текст]: учебное пособие / О. Ю. Баранова, А. Ф. Никифоров. - Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2008. - 84 с.
9. Баранова, О. Ю., Усков В. С., Маркелов, Ю. И. Теплотехника [Текст]: сборник задач / О. Ю. Баранова, В. С. Усков, Ю. И. Маркелов. -Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2013. - 86 с.
10. Баранова, О. Ю., Тархова, Е. В. Термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / О. Ю. Баранова, Е. В. Тархова - Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. - 59 с. — Режим доступа: [http: // 10.97.170.7](http://10.97.170.7)
11. Скрипов, П. В., Усков, В. С., Маркелов, Ю. И., Баранова, О. Ю. Теплотехника [Текст]: учебный справочник / П. В. Скрипов, В. С. Усков, Ю. И. Маркелов, О. Ю. Баранова. - Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России. 2009. - 93 с.

12. Баранова, О. Ю., Никифоров, А. Ф. Массообменные процессы и аппараты [Текст]: учебное пособие / О. Ю. Баранова, А. Ф. Никифоров. - Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2009. - 143 с.
13. Баранова, О. Ю., Никифоров, А. Ф., Дьяков, В. Ф. Фазовые переходы в массообменных процессах [Текст]: учебное пособие / О. Ю. Баранова, А. Ф. Никифоров, В. Ф. Дьяков. - Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2010. - 186 с.
14. Баранова, О. Ю. Термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс] : Методические материалы по изучению дисциплины. Специальность 40.05.03 Судебная экспертиза / О. Ю. Баранова. -Екатеринбург : ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. - 21 с. — Режим доступа: [http: // 10.97.170.7](http://10.97.170.7)
15. Баранова, О. Ю., Тархова Е. В. Термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс]: методические материалы по подготовке к экзамену. / О. Ю. Баранова, Е. В. Тархова - Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. - 22 с. — Режим доступа: [http: // 10.97.170.7](http://10.97.170.7)
16. Баранова, О.Ю., Тархова Е.В. Термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс] : методические материалы по организации самостоятельной работы. / О. Ю. Баранова, Е. В. Тархова -Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. - 43 с. — Режим доступа: [http: // 10.97.170.7](http://10.97.170.7)