

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИВАНОВСКАЯ ПОЖАРНО-  
СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ  
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ  
СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ  
БЕДСТВИЙ»**



**Методические рекомендации  
для самостоятельной работы  
обучающихся по дисциплине  
«Термодинамика и теплопередача»  
(специальность 40.05.03 «Судебная экспертиза»)**

**Иваново**

**Петров А.Н.**

Методические рекомендации по изучению дисциплины «Термодинамика и теплопередача» для обучающихся (далее – методические рекомендации) по специальности 40.05.03 «Судебная экспертиза» – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2022. – 22 с.

Методические рекомендации содержат краткое изложение дисциплины «Термодинамика и теплопередача» в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и основной профессиональной образовательной программы высшего образования по специальности 40.05.03 «Судебная экспертиза», советы по планированию и организации времени, необходимого на изучение дисциплины, пожелания по изучению отдельных тем курса, рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса, рекомендации по работе с литературой; советы по подготовке к промежуточной аттестации.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение	4
Методические рекомендации по изучению тем дисциплины	8
Тема 1. Идеальные газы	8
Тема 2. Термодинамические процессы	9
Тема 3. Термодинамические циклы	10
Тема 4. Термодинамика потоков	12
Тема 5. Теплопроводность	13
Тема 6. Конвективный теплообмен	14
Тема 7. Лучистый теплообмен	16
Тема 8. Сложный теплообмен	17
Общие рекомендации по работе с литературой	19
Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации	21

## ВВЕДЕНИЕ

Целями освоения дисциплины «Термодинамика и теплопередача» являются:

- формирование у обучающихся научных представлений об основных законах термодинамики и закономерностей теплообмена с последующим их использованием при решении профессиональных задач;
- развитие у обучающихся способности выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в процессе решения профессионально-ориентированных задач;
- формирование готовности к саморазвитию и самообразованию.

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших дисциплину «Термодинамика и теплопередача», являются:

свойства и признаки носителей розыскной и доказательственной информации.

Виды профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся освоившие дисциплину «Термодинамика и теплопередача»:

экспертный;

организационно-управленческий.

Обучающийся, освоивший дисциплину «Термодинамика и теплопередача», в соответствии с видами профессиональной деятельности, на который ориентирована дисциплина, готов решать следующие профессиональные задачи:

*Экспертная деятельность*

– производство судебных экспертиз и исследований с использованием знаний теоретических, методических, процессуальных и организационных основ судебной экспертизы, криминалистики;

*Организационно-управленческая деятельность*

– организация и руководство работой малых коллективов и групп исполнителей в процессе решения конкретных профессиональных задач, выработка командной стратегии для достижения поставленной цели;

– управление проектом на всех этапах его жизненного цикла.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

*Знать:*

- основные понятия и законы термодинамики и теплообмена;
- физическую сущность изучаемых процессов, законов и закономерностей; методы расчета тепловых машин и процессов теплообмена строительных и технологических конструкций.

*Уметь:*

- анализировать различные физические процессы;
- применять законы термодинамики и закономерности теплообмена для решения вопросов обеспечения противопожарной защиты;
- проводить необходимые расчеты процессов теплообмена строительных и технологических конструкций;

*Владеть:*

- методами анализа экспериментальных данных;
- методикой расчёта пожаро- и аварийнобезопасных характеристик (минимально-безопасных расстояний, температур, пределов огнестойкости и т.д.).

Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» является обязательной для изучения; относится к основной части блока дисциплин Б1 образовательной программы по специальности 40.05.03 Судебная экспертиза, специализация «Инженерно-технические экспертизы».

При изучении дисциплины планируется проведение лекций, практических занятий, лабораторных работ. Основное учебное время отводится на проведение практических и лабораторных занятий.

#### Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов
Максимальная учебная нагрузка (всего)	180
<b>Аудиторная учебная работа (всего)</b>	<b>100</b>
в том числе:	
лекционные занятия	20
практические занятия	46
семинарские занятия	-
контрольные работы	-
лабораторные занятия	34
<b>Самостоятельная работа обучающегося (всего)</b>	<b>80</b>
в том числе:	
выполнение расчетно-графической работы	-
внеаудиторная самостоятельная работа	80
<b>Промежуточная аттестация в форме зачета (6 семестр)</b>	

#### Примерный тематический план

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины, тема	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)						
			Всего	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	КСР	Самостоятельная работа	Промежуточная аттестация
1	Тема 1	5	15	2	4	4		5	
2	Тема 2	5	21	4	2	4		11	

3	Тема 3	5	15	2	2	4		7	
4	Тема 4	5	21	2	2	2	2	13	
5	Тема 5	6	22	2	8	4		8	
6	Тема 6	6	22	4	6	4		8	
7	Тема 7	6	30	2	8	6		14	
8	Тема 8	6	30	2	6	6	2	14	
9	Зачет	6	4		4				
10	Итого:		180	20	42	34	4	80	

Кроме основной и дополнительной литературы, приведенной ниже, при изучении дисциплины рекомендуется использовать бюллетени, информационные письма, научные издания, сборники публикаций научных конференций и др.

### Литература

#### а) основная литература

1. Кошмаров Ю.А., Теплотехника. – Москва: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 501 с.
2. Сырбу А.А. Теплопередача. Учебное пособие. / Сырбу А.А., Сторонкина О.Е. – Иваново: ИВИ ГПС МЧС Рос-сии, 2012. – 114 с.
3. Ульев Д.А. Теплофизика: Лучистый теплообмен. Учебное пособие. / Д.А. Ульев, Г.Е. Назаров, М.С. Маршалов – Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2014. – 72 с.

#### б) дополнительная литература

1. Сторонкина О.Е., Назаров Г.Е., Маршалов М.С. Лабораторный практикум Теплофизика и Теплотехника. Учебное пособие. - Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2015. – 112 с.
2. Сторонкина О.Е., Учебное пособие для выполнения курсовой работы по теплофизике. / Сторонкина О.Е., Маршалов М.С. – Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2013. – 72 с.

#### в) нормативная литература

1. СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru).

#### г) электронные ресурсы

1. Образовательный сервер Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. – Режим доступа: <http://192.168.32.106/eduserver/>
2. Электронная библиотека академии «MCHS books» <http://Bibliomchs37.ru>.
3. Единая ведомственная электронная библиотека МЧС России (адрес 10.46.0.45 в сети Интранет)
4. [www.vniipo.ru](http://www.vniipo.ru)
5. [www.gost.ru](http://www.gost.ru).

6. [www.mchs.gov.ru](http://www.mchs.gov.ru)
7. Национальная электронная библиотека.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### Тема 1. Идеальные газы

Предмет термодинамики и ее методы. Связь термодинамики с другими отраслями знаний. Основные понятия и определения. Термодинамическая система. Основные параметры состояния. Основные газовые законы. Уравнение состояния. Равновесные и неравновесные состояния. Смеси рабочих тел, способы задания состава смеси, соотношения между массовыми и объемными долями. Вычисление параметров состояния смеси, определение кажущейся молекулярной массы и газовой постоянной смеси, определение парциальных давлений компонентов. Законы Амага и Дальтона.

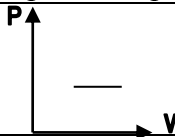
#### Вопросы для самоконтроля

1. Идеальный газ. Рабочее тело. Характерные свойства газа.
2. Основные параметры, единицы измерения.
3. Виды давления, единицы измерения, приборы.
4. Температура, системы и единицы измерения.
5. Основное уравнение состояния для газов.
6. Уравнение Клапейрона. Практическое значение.
7. Универсальная газовая постоянная, физический смысл, размерность.
8. Газовая постоянная, физический смысл, размерность.
9. Основные газовые законы.
10. Закон Бойля-Мариотта, практическое проявление.
11. Закон Гей-Люссака, практическое проявление.
12. Закон Шарля, практическое проявление.
13. Газовые смеси, основные параметры. Закон Дальтона.
14. Способы задания газовых смесей. Закон Амага.
15. Газовая постоянная и молекулярная масса смеси.

#### Тесты для самоконтроля

1.	Основные термодинамические параметры газов.	а) абсолютная температура; б) удельный объем; в) атмосферное давление; г) абсолютное давление
2.	Реальный газ – это воображаемый газ, у которого можно пренебречь размерами молекул и силами межмолекулярного взаимодействия.	а) да; б) нет
3.	Основные газовые законы.	а) закон Ньютона; б) закон Шарля; в) закон Гей-Люссака; г) закон Бойля-Мариотта.
4.	Каждый компонент распространен во всем объеме газовой смеси и создает в ней такое давление, какое он создавал бы, занимая весь объем при температуре смеси.	а) закон Авогадро; б) закон Ньютона; в) закон Дальтона/



5.	Уравнение состояния идеальных газов.	а) $Pv = RT$ ; б) $Pv = mRT$ ; в) $P/T = \text{const}$
6.	$\varepsilon = v_1 / v_2$	а) степень адиабатного сжатия; б) степень повышения давления; в) степень предварительного расширения
7.	Все подведенное к системе тепло идет на изменение внутренней энергии и на совершение системой работы против внешних сил.	а) первый закон термодинамики; б) закон Ньютона; в) второй закон термодинамики
8.		а) адиабатный; б) изохорный; в) изобарный.
9.	Определяет зависимость объема идеального газа от температуры при постоянном давлении.	а) закон Шарля; б) закон Гей-Люссака; в) закон Бойля-Мариотта.

## Тема 2. Термодинамические процессы

Теплоёмкость. Массовая, объемная и молярная теплоемкости. Теплоемкость при постоянных объеме и давлении. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Средняя и истинная теплоемкости. Уравнение Майера. Теплоемкость смеси рабочих тел. Сущность первого закона термодинамики. Формулировка первого закона термодинамики. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Определение работы и теплоты через термодинамические параметры состояния. Внутренняя энергия. Энтальпия. Энтропия. Основные термодинамические процессы: изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный, политропный. Изображение процессов в координатах  $p$  $v$  и  $T$  $s$ .

### Вопросы для самоконтроля

1. Теплоёмкость, виды теплоёмкости.
2. Виды теплоёмкости по способу нагрева. Сравнение. Уравнение Майера.
3. Зависимость теплоёмкости от температуры.
4. Термодинамическая система. Уравнение состояния. Термодинамический процесс.
5. Работа и внутренняя энергия.
6. 1-й закон термодинамики.
7. Характеристика изотермического процесса.
8. Характеристика изобарного процесса.
9. Характеристика изохорного процесса.
10. Характеристика адиабатного процесса
11. Характеристика политропного процесса.
12. Химическая термодинамика.

### Тесты для самоконтроля

1	$C_m = \frac{\mu C}{\mu}$	а) теплоемкость линейно зависит от температуры; б) постоянная удельная теплоемкость в) нелинейная зависимость теплоемкости от температуры
2	Удельная газовая постоянная имеет размерность:	а) кДж/(кг·К); б) Дж/кг; в) Дж/кг·К; г) Дж/кмоль·К
3	Сила, действующая перпендикулярно поверхности	а) масса; б) температура; в) давление
4	При расширении газа совершается	а) положительная работа; б) отрицательная работа; в) работа не совершается.
5	Последовательность изменения состояний системы	а) термодинамический цикл; б) термодинамический процесс; в) термодинамическая система
6.	Теплоемкости в процессах при постоянном объеме и постоянном давлении имеют одинаковую размерность	а) да; б) нет
7.	Тело или совокупность тел, способное(ые) обмениваться с другими телами энергией и веществом.	а) термодинамическое тело; б) термодинамический процесс; в) термодинамическая система.
8.	Расчет теплоты для процесса: $Q = m C_p (T_2 - T_1)$	а) адиабатного; б) изохорного; в) изобарного.
9.	Термодинамический процесс, в котором начальное и конечное состояния совпадают	а) адиабатный; б) изохорный; в) изобарный; г) круговой процесс

### Тема 3. Термодинамические циклы

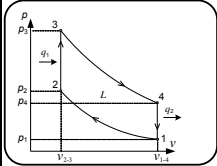
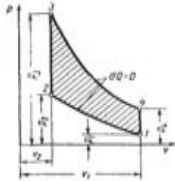
Термодинамические циклы. Прямые и обратные циклы. Сущность второго закона термодинамики. Основные формулировки второго закона термодинамики. Термодинамический анализ теплотехнических устройств. Циклы тепловых машин. Термодинамический КПД и холодильный коэффициент. Циклы Карно и анализ их свойств. Аналитическое выражение второго закона термодинамики.

Циклы с изохорным и изобарным подводом тепла (Отто, Дизеля). Цикл со смешанным подводом теплоты. Цикл Ренкина. Изображение циклов в  $p$ - $v$ - и  $T$ - $s$ - диаграммах. Термические и эксергические КПД циклов тепловых двигателей. Сравнительный анализ термодинамических циклов двигателей внутреннего сгорания.

### Вопросы для самоконтроля

1. Термодинамические циклы.
2. 2-й закон термодинамики.
3. Цикл Карно, Термический КПД.
4. Цикл с изохорным подводом тепла. Характеристики цикла. Применение в пожарной технике.
5. Цикл с изобарным подводом тепла. Характеристики цикла. Применение в пожарной технике.
6. Цикл со смешанным подводом тепла. Характеристики цикла. Применение в пожарной технике.
7. Цикл Ренкина. Характеристики цикла. Применение в пожарной технике.

### Тесты для самоконтроля

1.		а) цикл Отто; б) цикл Дизеля; в) цикл Тринклера
2.	Невозможен процесс, при котором теплоты переходила бы самопроизвольно от холодных тел к телам нагретым	а) 1-й закон термодинамики; б) 2-й закон термодинамики; в) Закон Дальтона
3.	м <sup>3</sup> /кг – это единицы измерения	а) плотности; б) удельного объема; в) молярной массы
4.	Самопроизвольно тепло переходит:	а) от холодного к нагретому; б) от нагретого к холодному; в) в обе стороны; г) таких процессов нет
5.	Процесс обратный парообразованию	а) испарение; б) сублимация; в) конденсация
6.	При одинаковых физических условиях в различных газах содержится одинаковое число молекул	а) Закон Шарля; б) Закон Дальтона; в) Закон Авогадро
7.	Любые изменения, происходящие в термодинамической системе, связанные с изменением хотя бы одного из параметров, называются	а) системой; б) процессом; в) параметром
8.	Работа расширения 1 кмоль идеального газа в процессе, проходящем при постоянном давлении и изменении температуры на 1 градус.	а) универсальная газовая постоянная; б) удельная газовая постоянная; в) показатель адиабаты
9.	 цикл состоит из:	а) 2-х изотерм и 2-х изохор; б) 2-х адиабат и 2-изобар; в) 2-х адиабат и 2-изохор

#### Тема 4. Термодинамика потоков

Основные положения. Уравнения истечения. Скорость истечения. Секундный расход при истечении. Связь скорости истечения с местной скоростью распространения звука. Критическое отношение давлений. Расчет скорости истечения и секундного массового расхода для критического режима. Условия перехода через критическую скорость. Сопло Лавала.

Дросселирование газов и паров. Сущность процесса дросселирования и его уравнение. Изменение параметров в процессе дросселирования. Условное изображение процесса дросселирования в  $is$ - диаграмме. Практическое использование процесса дросселирования.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Истечение газов. Сопло и диффузор.
2. Сопло Лавала.
3. Практическое применение термодинамики потоков.
4. Скорость истечения, массовый расход, практическое значение.
5. Дросселирование.

#### Тесты для самоконтроля

1.	Теплоемкости в процессах при постоянном объеме и постоянном давлении имеют одинаковую размерность	а) да; б) нет
2.	$C_m$	а) объемная теплоемкость; б) удельная теплоемкость; в) киломолярная теплоемкость
3.	$C_{pm} - C_{vm} = R$	а) уравнение Дальтона; б) уравнение Майера; в) уравнение Менделеева
4.	Все подведенное к системе тепло идет на изменение внутренней энергии и на совершение системой работы против внешних сил.	а) первый закон термодинамики; б) закон Ньютона; в) второй закон термодинамики
5.	Основные термодинамические параметры газов.	а) абсолютная температура; б) удельный объем; в) атмосферное давление; г) абсолютное давление
6.	Количество совершаемой работы в изотермическом процессе равно:	а) $L = c \cdot m(T_2 - T_1)$ ; б) $L = P \cdot m(V_2 - V_1)$ ; в) $L = 2,3 \cdot P_1 \cdot V_1 \cdot \lg(V_2 / V_1)$ .
7.	Основное назначение тепловых двигателей - это	а) преобразование воды в пар; б) преобразование теплоты в работу; в) топлива в продукты сгорания
8.	Холодильный коэффициент цикла Карно зависит от:	а) рабочего тела; б) температур $T_1$ и $T_2$ ; в) температуры холодильника

## Тема 5. Теплопроводность

Предмет и задачи теории теплообмена. Значение теплообмена в промышленных процессах. Основные понятия и определения. Виды переноса теплоты: теплопроводность, конвекция и излучение. Сложный теплообмен. Актуальные задачи противопожарной защиты объектов, которые решаются с использованием теории теплообмена.

Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Механизм передачи теплоты в металлах, диэлектриках, полупроводниках, жидкостях и газах.

Теплопроводность при стационарном режиме. Решение уравнения теплопроводности для однослойной и многослойной плоской, цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1-го рода при постоянном коэффициенте теплопроводности.

Нестационарная теплопроводность. Граничные условия. Стандартный температурный режим. Нестационарная теплопроводность полуограниченного тела при стационарных граничных условиях.

### Вопросы для самоконтроля

1. Теплопроводность. Закон Фурье.
2. Коэффициент теплопроводности. Физический смысл, факторы, влияющие на коэффициент теплопроводности.
3. Температурный градиент. Изотермическая поверхность, ее свойства.
4. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенки.
5. Теплопроводность однослойной и многослойной цилиндрической стенки.
6. Нестационарная теплопроводность. Граничные условия.
7. Нестационарная теплопроводность. Стандартный температурный режим.

### Тесты для самоконтроля

1.	Конвекция это:	а) процесс распространения тепла вследствие переноса массы жидкости или газа из одной части пространства в другую с различной температурой. б) процесс распространения тепла путем превращения тепловой энергии в энергию электромагнитных волн и наоборот.
2.	Температурный градиент:	а) предел отношения изменения температуры $\Delta t$ к расстоянию между изотермами по нормали $\Delta n$ . б) является вектором, направленным по нормали к изотермической поверхности из точки 0. в) выражает изменение температуры в градусах, приходящееся на 1 м расстояния между изотермическими поверхностями по нормали.
3.	Когда температура в различных точках пространства не изменяется во времени, то температурное поле	а) нестационарным; б) неустановившимся; в) стационарным

	называется	
4.	$A = \frac{x}{2 \cdot \sqrt{a_t \cdot \tau}}$	а) аргумент Кирхгофа; б) аргумент Крампа; в) аргумент Больцмана
5.	Закон Фурье:	а) $dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} dF$ б) $\lambda = \frac{dQ/dF}{dt/dn}$
6.	$\varepsilon = \frac{v_1}{v_2}$	а) степень адиабатного сжатия; б) степень повышения давления; в) степень предварительного расширения
7.	Количество газа, вытекающее через данное сечение в единицу времени	а) скорость течения; б) массовый расход; в) диффузор
8.	Основное уравнение теплопроводности $Q = -\lambda \text{grad} t \cdot F$ называется	а) уравнением Ньютона-Рихмана б) законом Фурье в) уравнением Менделеева-Клапейрона г) уравнением неразрывности д) законом Бойля-Мариотта е) Законом Ламберта
9.	Процесс переноса тепла внутри тела, за счёт взаимодействий макрочастиц с разной температурой называется	а) тепловое излучение б) фазовый переход в) теплопроводность г) конвекция д) течение жидкости е) сложный теплообмен
10.	Показывает тепловой поток в ваттах, который проходит через тело на площади изотермической поверхности $1 \text{ м}^2$ при расстоянии между изотермическими поверхностями $1 \text{ м}$ и разности температур между ними $1$ градус.	а) тепловое излучение б) плотность теплового потока в) коэффициент теплопроводности г) коэффициент теплопередачи

## Тема 6. Конвективный теплообмен

Основные понятия и определения. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения теплообмена: уравнение движения вязкой жидкости (Навье-Стокса), уравнение теплопроводности для потока движущейся жидкости, уравнение теплоотдачи на границе потока и стенки (Био-Фурье), уравнение неразрывности. Условие однозначности к дифференциальным уравнениям конвективного теплообмена.

Основы теории подобия. Основные определения. Условия подобия физических явлений. Преобразования подобия. Числа подобия. Критериальные уравнения. Физический смысл основных чисел подобия. Понятия о математическом моделировании.

Теплоотдача при вынужденном движении среды. Теплообмен при движении жидкостей вдоль плоской поверхности; теплоотдача при ламинарном и турбулентном пограничном слое; решение задач методом теории

подобия; критериальные уравнения.

Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах; теплоотдача при ламинарном и турбулентном течении жидкостей в трубах; расчетные уравнения подобия.

Теплоотдача при поперечном омывании одиночной круглой трубы. Теплоотдача при поперечном омывании пучков труб, коридорно- и шахматно- расположенных. Критериальные уравнения.

Теплоотдача при свободном движении жидкости. Теплоотдача в неограниченном объеме: ламинарная и турбулентная конвекция у вертикальных поверхностей. Теплоотдача на горизонтальной плоской поверхности в неограниченном пространстве. Теплоотдача горизонтально расположенного цилиндра в неограниченном объеме. Критериальные уравнения. Теплообмен при свободной конвекции в замкнутых объемах. Расчет теплоотдачи через тонкие прослойки жидкости и газа.

Теплообмен при конденсации. Расчет необходимого расхода водяного пара при проектировании систем пожаротушения.

### Вопросы для самоконтроля

1. Конвекция.
2. Закон Ньютона – Рихмана.
3. Интенсивность конвективного теплообмена.
4. Коэффициент теплоотдачи.
5. Критерии подобия. Их физический смысл.
6. Частные случаи конвективного теплообмена (конвективный теплообмен в большом объеме и теплообмен в прослойках).

### Тесты для самоконтроля

1.	Изотермические поверхности различных температур не могут пересекаться	а) да б) нет
2.	Условия задания исходных величин на границах тела на весь период нагревания или охлаждения	а) температурный градиент б) граничные условия в) коэффициент теплопроводности г) коэффициент теплопередачи
3.	Закон теплопроводности установил	а) Ньютон-Рихман б) Фурье в) Больцман
4.	Для большинства материалов и веществ $\lambda$ увеличивается с увеличением температуры тела.	а) да б) нет
5.	Удельная теплота жидкости имеет единицы измерения	а) кДж; б) Дж/кг; в) Дж/кг·К
6.	Процесс распространения тепла вследствие непосредственного соприкосновения элементарных частиц тела, имеющих разную температуру.	а) тепловое излучение б) фазовый переход в) теплопроводность г) конвекция д) течение жидкости

		е) сложный теплообмен
7.	$\lambda/\delta$	а) тепловая проводимость б) термическое сопротивление в) изотермическая поверхность
8.	В металлах теплопроводность осуществляется путем:	а) диффузии атомов и молекул б) упругих волн в) диффузии электронов
9.	Совокупность значений температуры в данный момент времени для всех точек пространства, называется	а) изотермическая поверхность б) температурное поле в) температурным градиентом
10.	Единицы измерения теплового потока	а) Вт/м <sup>2</sup> ·°С б) Вт в) Вт/м <sup>2</sup>

### Тема 7. Лучистый теплообмен

Общие понятия и определения; тепловой баланс лучистого теплообмена. Законы теплового излучения. Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой; коэффициент облученности. Лучистый теплообмен плоскопараллельными и произвольно ориентированными поверхностями. Защита от излучения. Излучение газов. Излучение факела пламени при пожаре. Расчет безопасных в пожарном отношении расстояний и экранной защиты от теплового излучения. Тепловой расчёт экранов.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Лучистый теплообмен.
2. Основные законы лучистого теплообмена.
3. Излучение факела.
4. Тепловые экраны.
5. Виды, назначение, методика расчёта отражающих экранов.
6. Площадь факела. Минимально – безопасные расстояния.

#### Тесты для самоконтроля

1.	Движение вследствие разности плотностей нагретых и холодных частиц жидкости это:	а) свободное движение б) вынужденное движение в) переходное движение
2.	$q_l = \frac{t_1 - t_2}{\frac{2.3}{2\pi \cdot \lambda} \cdot \lg \frac{d_2}{d_1}}$	а) закон Фурье для плоской стенки б) закон Фурье для однослойной цилиндрической стенки в) закон Фурье для многослойной цилиндрической стенки
3.	$M = w/a$	а) число Авогадро; б) число Маха; в) число Дальтона.
4.	Количество теплоты, которое необходимо подвести к системе, чтобы при заданных условиях повысить температуру на 1	а) теплопроводность; б) удельная теплота; в) теплоемкость.



	градус.	
5.	Количество теплоты, необходимое для перевода 1 кг жидкости, нагретой до температуры кипения	а) теплота жидкости; б) теплота парообразования; в) теплота перегрева.
6.	Теплообмен между жидкостью и поверхностью твердого тела при их соприкосновении - это	а) тепловое излучение б) фазовый переход в) теплопроводность г) конвекция д) конвективный теплообмен
7.	Поверхность, соединяющая точки с одинаковой температурой, называется	а) температурным полем б) изотермической поверхностью в) площадью изотермической поверхности
8.	Единицы измерения коэффициента теплопроводности	а) Вт/м <sup>2</sup> ·°C б) Вт в) Вт/м·°C
9.	Температура в пространстве или в теле может изменяться в одном, двух и трех направлениях	а) да б) нет
10.	Коэффициент теплопроводности зависит (множественный выбор)	а) от температуры б) от давления в) от объема г) от влажности д) от массы

### Тема 8 Сложный теплообмен

Промышленная теплотехника. Сложный теплообмен. Теплопередача через плоскую, цилиндрическую, сферическую и ребренную стенки. Коэффициент теплопередачи. Пути интенсификации процесса теплопередачи. Тепловая изоляция. Выбор материала тепловой изоляции.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Сущность сложного теплообмена
2. Сложный теплообмен. Коэффициент сложной теплоотдачи.
3. Решение задач сложного теплообмена в условиях пожаров и температурных воздействий.

#### Тесты для самоконтроля

1.	Изотермические поверхности различных температур не могут пересекаться	а) да б) нет
2.	Условия задания исходных величин на границах тела на весь период нагревания или охлаждения	а) температурный градиент б) граничные условия в) коэффициент теплопроводности г) коэффициент теплопередачи
3.	Закон теплопроводности установил	а) Ньютон-Рихман б) Фурье в) Больцман
4.	Для большинства материалов и веществ $\lambda$ увеличивается с увеличением температу-	а) да б) нет

	ры тела.	
5.	$Q$ -это	а) плотность теплового потока б) тепловой поток в) тепловое излучение
6.	Пар, находящийся в равновесии с жидкостью, из которой он образуется, называется	а) влажный воздух; б) насыщенный пар; в) сухой насыщенный пар
7.	Процесс распространения тепла вследствие непосредственного соприкосновения элементарных частиц тела, имеющих разную температуру.	а) тепловое излучение б) фазовый переход в) теплопроводность г) конвекция д) течение жидкости е) сложный теплообмен
8.	$\lambda/\delta$	а) тепловая проводимость б) термическое сопротивление в) изотермическая поверхность
9.	Единицы измерения теплового потока	а) Вт/м <sup>2</sup> ·°С б) Вт в) Вт/м <sup>2</sup>

## ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Основу самостоятельной работы студентов составляет систематическое, целеустремленное и вдумчивое чтение рекомендованной литературы. Без овладения навыками работы над книгой, формирования в себе стремления и привычки получать новые знания из книг невозможна подготовка настоящего профессионала ни в одной области деятельности.

Читать необходимо то, что рекомендуется к каждой теме учебной программой, планами практических и лабораторных занятий, другими учебно-методическими материалами, а также преподавателем. В учебных программах вся рекомендуемая литература обычно подразделяется на основную и дополнительную.

К *основной литературе* относится тот минимум источников, который необходим для полного и твердого освоения учебного материала (первоисточники, учебники, учебные пособия).

*Дополнительная литература* рекомендуется для более углубленного изучения программного материала, расширения кругозора студента. Изучение ее необходимо, в частности, при освещении ряда новых актуальных, дискуссионных вопросов, которые еще не вошли в учебники и учебные пособия. Всячески приветствуется и служит показателем активности студента самостоятельный поиск литературы.

Читать литературу нужно систематически, по плану, не урывками, правильно распределяя время. Способ чтения определяется его целью. Одна книга берется в руки для того, чтобы узнать, о чем в ней говорится, другая – чтобы ее изучить полностью, третья – чтобы найти в ней ответ на поставленный вопрос, четвертая – чтобы взять из нее фактические данные.

Один из крупных специалистов в области методики С.И. Поварин писал, что работа с книгой требует:

- 1) сосредоточиться на том, что читаешь;
- 2) «выжимать» самую суть читаемого, отбрасывая «мелочи»;
- 3) «охватывать мысль» автора вполне ясно и отчетливо, что помогает выработке ясности и отчетливости собственных мыслей;
- 4) мыслить последовательно;
- 5) воображать ярко и отчетливо, как бы переживая то, что читаешь...

Различают следующие основные виды чтения:

· *Штудирование* – сравнительно медленное чтение литературы, сложной для понимания. При штудировании студенту приходится неоднократно возвращаться к прочитанному материалу с целью его глубокого осмысливания.

· *Сплошное чтение* – чтение всего произведения с выпиской отдельных положений, фактов, цифрового материала, таблиц, графиков.

· *Выборочное чтение* – чтение, при котором прочитываются отдельные разделы, главы произведения.

· *Беглое чтение* – применяется при ознакомлении с произведением, о котором необходимо иметь самое общее представление.

Цель и способ чтения книги задается той конкретной задачей, которая стоит перед студентом.

Обучающийся обязан знать не только литературу, рекомендуемую в данном пособии, но и новые, существенно важные издания по курсу, вышедшие в свет после его публикации.

### **Примерная тематика рефератов**

1. Основные термодинамические процессы.
2. Использование расширяющихся и сужающихся каналов в практике пожарного дела.
3. Водяной пар.
4. Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания.
5. Термодинамические циклы газотурбинных установок.
6. Термодинамические циклы компрессорных установок.
7. Основные виды передачи тепла.
8. Зависимость скорость прогрева конструкции от температуры и влажности.
9. Конвективный теплообмен при вынужденном движении жидкости.
10. Влияние конвективного теплообмена на распространение пожара.
11. Тепловое излучение.
12. Способы эффективной защиты от теплового излучения.
13. Тепловые экраны.
14. Топливо.

### **Вопросы и задания для самостоятельной работы**

1. Основы молекулярно-кинетической теории.
2. Теплоёмкость с точки зрения молекулярно-кинетической теории.
3. Анализ политропных процессов.
4. Циклы холодильных и компрессорных установок.
5. Пользование таблицами водяного пара.
6. Первый закон термодинамики для движущегося потока.
7. Дросселирование газов и паров.
8. Тепловые эффекты.
9. Теплообмен при внешнем отекании тел.
10. Теплообмен при кипении.
11. Определение температуры излучающих тел.
12. Теплообмен между газом и оболочкой.
13. Теплообмен через ребристую стенку.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Вопросы к зачету

1. Идеальный газ. Рабочее тело. Характерные свойства газа.
2. Основные параметры, единицы измерения.
3. Виды давления, единицы измерения, приборы.
4. Температура, системы и единицы измерения.
5. Основное уравнение состояния для газов.
6. Уравнение Клапейрона. Практическое значение.
7. Универсальная газовая постоянная, физический смысл, размерность.
8. Газовая постоянная, физический смысл, размерность.
9. Основные газовые законы.
10. Закон Бойля-Мариотта, практическое проявление.
11. Закон Гей-Люссака, практическое проявление.
12. Закон Шарля, практическое проявление.
13. Газовые смеси, основные параметры. Закон Дальтона.
14. Способы задания газовых смесей.
15. Газовая постоянная и молекулярная масса смеси.
16. Теплоёмкость, виды теплоёмкости.
17. Виды теплоёмкости по способу нагрева. Сравнение.
18. Зависимость теплоёмкости от температуры.
19. ТД система. Состояние ТДС. ТД процесс.
20. Работа и внутренняя энергия ТДС. 1-й закон ТД.
21. Исследование изотермического процесса.
22. Исследование изобарного процесса.
23. Исследование изохорного процесса.
24. Адиабатный и политропный процессы.
25. Термодинамические циклы, КПД ТДЦ. Практическое значение. 2-й закон ТД.
26. Цикл Карно, Термический КПД.
27. Циклы тепловых двигателей.
28. Истечение газов. Сопло и диффузор. Сопло Лавалю. Практическое значение.
29. Скорость истечения, массовый расход, практическое значение. Дросселирование.
30. Теплопроводность. Закон Фурье.
31. Коэффициент теплопроводности.
32. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенки.
33. Теплопроводность однослойной и многослойной цилиндрической стенки.
34. Нестационарная теплопроводность. Стандартный температурный режим.
35. Конвекция. Закон Ньютона – Рихмана.
36. От чего зависит интенсивность конвективного теплообмена.
37. Теория подобия. Критерии подобия.

38. Частные случаи конвективного теплообмена (конвективный теплообмен в большом объеме и теплообмен в прослойках).
39. Лучистый теплообмен.
40. Основные законы лучистого теплообмена.
41. Излучение факела.
42. Тепловые экраны. Виды, назначение, методика расчёта отражающих экранов.
43. Площадь факела. Минимально – безопасные расстояния.

### **Методические указания для подготовки к зачету**

Универсальных методов для подготовки к зачету не существует, поэтому важно выбрать наиболее приемлемый для Вас. Приведенные ниже правила можно рассматривать в качестве общего руководства.

1. Предусмотрите как можно больше времени для подготовки. Если Вы оставляете основную работу на последний момент, это снижает Ваши шансы на успех. Развивается состояние стресса, снижается способность к концентрации.
2. Составьте расписание занятий. Спланировать подготовку к зачетам нужно за несколько недель до их начала (лучше всего - в начале семестра). Твёрдо следуйте намеченному плану.
3. Отдыхайте. Усердная подготовка – очень тяжелая работа. Важно время от времени давать себе возможность расслабиться. Предусмотрите в своем расписании время на отдых.
4. Делайте перерывы. После часа занятий сделайте 15 -20-минутный перерыв и с новыми силами возвращайтесь к продуктивной работе.
5. Контролируйте степень готовности. Используйте список вопросов к зачету, чтобы отслеживать степень усвоения материала. Отмечайте уже проработанные вопросы. Сконцентрируйте свое внимание на тех вопросах, которые Вы знаете хуже.
6. Делайте краткие записи. Часто подготовка оказывается не очень эффективной, если Вы просто читаете материал. Делайте краткие записи, отмечая ключевые мысли. Старайтесь не просто запомнить факты, а понять стоящие за ними идеи.
7. Тренируйтесь отвечать на вопросы. Проработав каждую тему, попробуйте ответить на проверочные вопросы. Некоторые из них приведены в разделе «Контрольные вопросы» после каждой темы. Вначале Вам, возможно, потребуется заглядывать в книгу или конспект, но к концу подготовки Вы сможете отвечать на вопросы самостоятельно, как на зачете. Старайтесь проговаривать ответы на вопросы вслух, это способствует более глубокому усвоению материала и является хорошей тренировкой перед зачетом.