



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 для подготовки к экзамену

Специальность

40.05.03 Судебная экспертиза

(квалификация специалист)

Екатеринбург
2021

Теплотехника [Текст]: методические рекомендации для подготовки к экзамену для курсантов и студентов по специальности 40.05.03 Судебная экспертиза (квалификация специалист) – Екатеринбург: ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2021. – 22 с.

Составители:

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

Данные методические рекомендации для подготовки к экзамену по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» предназначены для обучающихся по специальности 40.05.03 Судебная экспертиза (квалификация специалист). В работе описываются порядок проведения экзамена, приводится перечень вопросов и задач по дисциплине, которые используются при составлении экзаменационных билетов, представлены пример ответа на экзаменационный билет и список литературы, необходимый для подготовки к экзамену.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Система контроля знаний по дисциплине.....	5
Порядок проведения экзамена и система оценки знаний обучаемых....	6
Перечень вопросов для самостоятельной подготовки к экзамену.....	7
Задачи для самостоятельной подготовки к экзамену.....	11
Список рекомендуемой литературы.....	16
Рекомендации для подготовки к экзамену.....	17
Пример ответа на экзаменационный билет.....	18

ВВЕДЕНИЕ

Целью преподавания дисциплины «Термодинамика и теплопередача» является подготовка будущих специалистов к творческому применению теоретических основ описания теплофизических свойств веществ и процессов теплообмена при изучении материальных носителей розыскной и доказательной информации, а также формирование у них практических навыков использования теоретических основ теплотехники при решении профессиональных задач. Структура курса предполагает, что по окончании его изучения обучаемые должны получить представление об основных законах технической термодинамики; основных положениях и методах теории теплообмена и навыков выполнения теплотехнических расчетов и измерений при решении профессиональных задач. Организационными формами изучения курса являются лекции, практические и лабораторные занятия, самостоятельная проработка материала, рекомендуемого преподавателем, а также индивидуальная работа преподавателей с обучаемыми.

При подготовке к сдаче экзамена по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» важная роль принадлежит умению обучаемых эффективно организовать самостоятельную работу, в ходе которой дорабатываются вопросы, рассмотренные на лекциях, происходит ознакомление с литературой, указанной в методических рекомендациях. Данное методическое пособие составлено для подготовки к экзамену и содержит конкретные методические указания, направленные на организацию самостоятельной работы на завершающем этапе изучения дисциплины.

1. СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» изучается на втором курсе. По окончании семестра изучения дисциплины на факультете очного обучения предусмотрен комплексный экзамен, включающий в себя экзаменационный билет с задачей. Экзамен является итоговым контролем и имеет целью проверить учебную работу курсантов уровень полученных ими знаний и умение применять их при решении профессиональных практических задач.

Количество экзаменационных билетов должно превышать число обучающихся в учебной группе на 15 %.

Допуск обучаемого к итоговой семестровой аттестации осуществляется по итогам его текущей работы в семестре. Основными видами текущего контроля являются: выполнение тестовых заданий и решение домашних расчетных работ, выполнение и сдача отчетов по лабораторным работам, работа на практических занятиях. Домашние расчетные работы проводятся по темам «Процессы водяного пара. Расчет термодинамического цикла», «Поверочный расчет теплового двигателя по условиям пожарной безопасности» и «Определение безопасных расстояний по условиям пожарной безопасности».

Лабораторные работы проводятся по темам:

- № 1 «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя»;
- № 2 «Определение коэффициента теплопередачи от горячего теплоносителя к холодному»;
- № 3 «Определение коэффициента температуропроводности и коэффициента теплоотдачи металлического образца методом регулярного режима»;
- № 4 «Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции на обогреваемом цилиндре»;
- № 5 «Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении»;
- № 6 «Исследование теплоотдачи при пленочном режиме кипения»;
- № 7 «Определение интегрального коэффициента излучения тонкой вольфрамовой проволоки нагреваемой электрическим током».

После выполнения лабораторных работ обучаемые отвечают на тестовые вопросы по данной работе, закрепляя таким образом знания и умения, полученные в ходе экспериментального моделирования, и делают отчеты по лабораторным работам.

Задания на самоподготовку к лабораторным и практическим занятиям выдаются обучаемым заблаговременно на аудиторных занятиях.

2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКЗАМЕНА

За 10 минут до начала экзамена дежурный раздает средства материального обеспечения, разрешенные для использования на экзамене. Экзамен проводится в течение 6 учебных часов (3 пары).

Вначале экзамена преподаватель принимает рапорт командира учебной группы о готовности курсантов к экзамену, кратко напоминает порядок сдачи экзамена, правила поведения курсантов, объявляет фамилии курсантов, освобожденных либо не допущенных до экзамена. На первой паре, в течение 2 учебных часов, курсанты по одному заходят в аудиторию, докладывают о прибытии, предъявляют зачетную книжку, берут билет и бумагу для выполнения задания, называют номер билета и приступают к выполнению. На подготовку к ответу по билету отводится 90 минут.

Студенту на экзамене разрешается брать лишь один билет и пользоваться только теми информационно-справочными материалами, которые представлены в Перечне. Использовать учебники, задачки или конспекты запрещается. В случае нарушения установленных правил сдачи экзамена курсант удаляется с экзамена и ему выставляется неудовлетворительная оценка.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

Модуль 1. Термодинамика.

ТЕМА 1. Основные понятия и определения 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.
- 39.

Модуль 2. Тепломассообмен

ТЕМА 8. Основные понятия и определения теории теплообмена

40. Температурное поле.
41. Температурный градиент. Основной закон теплопроводности.
42. Коэффициент теплопроводности.
43. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Уравнение Фурье.
44. 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.

4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

1. Сжатый идеальный газ в баллоне имеет температуру $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Во время пожара температура газа в нем поднялась до $450\text{ }^{\circ}\text{C}$. Произойдет ли разрушение баллона, если известно, что при этой температуре он может выдержать давление не более $9,8\text{ МПа}$? Начальное давление газа в баллоне $4,8\text{ МПа}$.

2. В смеси оксида углерода (CO) и диоксида углерода (CO_2) находится 12 кг оксида углерода. Кажущаяся молекулярная масса смеси $\mu_{\text{см}} = 41\text{ кг/кмоль}$. Определить массу смеси.

2. Баллон емкостью 100 л , заполненный оксидом углерода (CO) до давления 5 МПа при температуре газа, равной $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, находится в помещении, где возник пожар. Определить количество тепла, которое получил газ, если давление в нем стало 10 МПа .

3. На сжатие 3 кг диоксида углерода полевой зарядной углекислотной станцией затрачено 800 кДж работы, при этом внутренняя энергия газа увеличилась на 295 кДж . Определить количество тепла и указать, подводится оно или отводится. Определить изменение температуры газа. Мольная теплоемкость диоксида углерода $\mu c_v = 29,31\text{ кДж/(кмоль}\cdot\text{K)}$.

4. Компрессор турбореактивного двигателя газо-водяного тушения всасывает воздух при давлении $p_1 = 0,1\text{ МПа}$, температуре $T_1 = 283\text{ К}$ и подает его в камеру сгорания при давлении $p_2 = 0,73\text{ МПа}$ и температуре $T_2 = 470\text{ К}$. Определить показатель политропного процесса сжатия 1 кг воздуха.

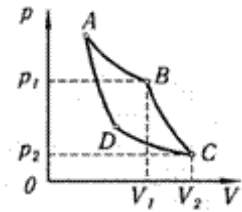
5. В баллоне находится 40 л кислорода при избыточном давлении $14,75\text{ МПа}$ и температуре $17\text{ }^{\circ}\text{C}$. При пожаре газ в баллоне нагрелся до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить избыточное давление кислорода и изменение его внутренней энергии. Изохорная массовая теплоемкость кислорода равна $662\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$. Барометрическое давление $0,1\text{ МПа}$.

6. Углекислый газ CO_2 массой $m = 400\text{ г}$ был нагрет на $\Delta T = 50\text{ К}$ при постоянном давлении. Определить изменение ΔU внутренней энергии газа, количество теплоты Q , полученное газом, и совершенную им работу A .

7. Идеальный газ, совершающий цикл Карно, $2/3$ количества теплоты Q_1 , полученного от нагревателя, отдает охладителю. Температура T_2 охладителя равна 280 К . Определить температуру T_1 нагревателя.

8. Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа A_1 изотермического расширения газа равна 5 Дж . Определить работу A_2 изотермического сжатия, если термический к.п.д. η цикла равен $0,2$.

10. Идеальный двухатомный газ совершает цикл Карно, график которого изображен на рисунке. Объемы газа в состояниях В и С соответственно $V_1 = 12$ л и $V_2 = 16$ л. Найти термический к.п.д. η цикла.



11. В результате изохорного нагревания водорода массой $m = 1$ г давление p газа увеличилось в два раза. Определить изменение ΔS энтропии газа.

12. В установку парового пожаротушения водяной пар поступает при $p_1 = 0,14$ МПа и $t_1 = 150$ °С. При выходе в помещение пар расширяется по адиабатному закону до давления $p_2 = 0,1$ МПа. Определить объем пара в конце расширения, если через установку его было подано 30 кг.

13. В сосуде объемом $V = 500$ см³ находится в равновесии смесь сухого насыщенного пара и кипящей воды общей массой $m = 0,05$ кг. Температура внутри сосуда $t = 310$ °С. Найти степень сухости смеси.

14. Перегретый пар расширяется в турбине по адиабате от начального давления $P_1 = 8$ Мпа и температуры 500 °С до $P_2 = 100$ кПа. Определить конечное состояние пара, изменение внутренней энергии и работу расширения.

15. Определить влагосодержание и энтальпию воздуха при $t = 50$ °С и $\phi = 0,7$. Барометрическое давление $p = 100$ кПа.

16. Определить расход топлива в двигателе внутреннего сгорания с изобарным подводом тепла, если известно, что мощность двигателя $N = 110$ кВт, теплота сгорания топлива $Q_n^p = 42$ МДж/кг, степень сжатия $\varepsilon = 14$, степень предварительного расширения $\rho = 3$. Сжатие воздуха и расширение рабочего тела происходит по адиабатному процессу с показателем $k = 1,4$.

17. В цилиндрах двигателя автомобиля с изохорным подводом тепла рабочая смесь сжимается по политропному процессу с показателем $n = 1,3$. Определить максимально допустимую степень сжатия ε и расход топлива, если мощность двигателя $N = 110$ кВт. Начальная температура рабочей смеси $t_1 = 30$ °С, а температура в конце сжатия из-за возможной детонации не должна превышать $t_2 = 300$ °С. Теплота сгорания топлива равна 45 МДж/кг.

18. Паровая компрессорная холодильная установка работает на аммиаке с температурой испарения $t_1 = (-15)$ °С. Из испарителя выходит сухой насыщенный пар. Температура конденсации пара $t_3 = 20$ °С, энтальпия $i_2 = 1542$ кДж/кг. Сконденсированный аммиак охлаждается дросселированием. Определить холодильный коэффициент установки.

19. Определить мощность двигателя для привода холодильной

машины, расход воздуха, холодильный коэффициент и количество тепла, передаваемое окружающей среде, если температура в охлаждаемом помещении $t_1 = -10^\circ\text{C}$, а температура окружающей среды $t_0 = 20^\circ\text{C}$. Холодопроизводительность воздушной холодильной машины 103 МДж/ч. Давление воздуха на выходе из компрессора $p_2 = 0,5$ МПа; давление в холодильной камере $p_1 = 0,1$ МПа.

20. Определить температуру на наружной поверхности печи в области топливника, если стенки выполнены из шамотного кирпича толщиной 0,125 м. Температура на внутренней поверхности печи 1303 К, а плотность теплового потока равна 3850 Вт/м^2 .

21. Паропровод, внешний диаметр которого $d_1 = 150$ мм, покрыт двухслойной теплоизоляцией. Внутренний слой толщиной 50 мм – стеклянная вата, наружный – цементный раствор, коэффициент теплопроводности которого $\lambda_2 = 0,8 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ и толщина 10 мм. Температура внешней стенки паропровода $t_1 = 170^\circ\text{C}$, тепловой поток через 1 погонный метр паропровода $q_1 = 130 \text{ Вт/м}$.

22. Определить температуру t_3 на внешней поверхности теплоизоляции. Во сколько раз уменьшатся теплопотери через стенку здания, если между двумя слоями кирпичной кладки толщиной по 250 мм установить прокладку из пенопласта толщиной 50 мм. $\Lambda_{\text{кир}} = 0,5 \text{ Вт/мК}$, $\lambda_{\text{пен}} = 0,05 \text{ Вт/мК}$.

23. Целесообразно ли применять в качестве теплоизоляции стеклянную вату для изоляции трубопровода диаметром $d = 50$ мм? $\lambda_{\text{из}} = 0,04 \text{ Вт/мК}$; коэффициент теплоотдачи $\alpha = 4,0 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

24. По трубке теплообменника диаметром $d = 7$ мм течет вода со скоростью $w = 0,3$ м/с. Температура воды на входе в трубку $t_{\text{ж1}} = 5^\circ\text{C}$, на выходе $t_{\text{ж2}} = 15^\circ\text{C}$, средняя температура трубки $t_c = 50^\circ\text{C}$. Вычислить средний коэффициент теплоотдачи от воды к поверхности трубки, если длина трубки $l = 0,5$ м.

25. Для подогрева воды выхлопными газами в цистерне пожарного автомобиля смонтирован горизонтальный трубопровод длиной $l = 2$ м с внутренним диаметром $d = 60$ мм. Дымовые газы при средней температуре $t_{\text{ж}} = 350^\circ\text{C}$ движутся со скоростью $w = 1,7$ м/с. Определить коэффициент теплоотдачи от выхлопных газов к поверхности трубопровода и тепловой поток, если температура стенки трубопровода $t_c = 50^\circ\text{C}$.

26. В цистерне пожарного автомобиля для подогрева воды выхлопными дымовыми газами смонтирован горизонтальный трубопровод с наружным диаметром $d = 65$ мм. Температура воды в цистерне $t_{\text{ж}} = 0^\circ\text{C}$, температура наружной поверхности трубопровода $t_c = 10^\circ\text{C}$. Определить коэффициент теплоотдачи от трубопровода к воде и тепловой поток, получаемый водой, если длина трубопровода $l = 2$ м.

27. Определить температуру в середине перегородки из силикатного кирпича толщиной 12,5 см, если при двустороннем тепловом воздействии в течение 45 мин температура поверхностей перегородки очень быстро возросла до 350 °С и затем оставалась неизменной. Начальная температура перегородки 10 °С.

28. При двустороннем тепловом воздействии температура поверхностей перегородки из керамзитобетона очень быстро повысилась до 400 °С и в дальнейшем не менялась. Найти температуру на глубине 3 см от поверхности после теплового воздействия в течение 1 часа, если начальная температура перегородки $t_0 = 20$ °С, толщина перегородки $\delta = 10$ см, плотность керамзитобетона $\rho = 1380$ кг/м³.

29. Перегородка из красного кирпича толщиной 12,5 см подвергается воздействию теплового потока с постоянной плотностью $q_c = 8$ кВт/м². Какова будет температура на поверхности и в середине перегородки после 30 мин. теплового воздействия, если начальная температура перегородки 25 °С? Физические параметры кирпича принять следующими: $\lambda_t = 0,5$ Вт/(м·К), $c_t = 925$ Дж/(кг·К), $\rho = 1580$ кг/м³.

30. Колонна из силикатного кирпича диаметром 0,4 м нагревается в условиях пожара тепловым потоком с плотностью $q_c = 10$ кВт/м². Определить время, по истечении которого температура поверхности колонны достигнет 500 °С. Какова при этом будет температура на оси колонны? Начальная температура колонны 0 °С. Свойства силикатного кирпича: $\lambda_t = 0,9$ Вт/(м·К); $c_t = 1,0$ кДж/(кг·К); $\rho = 1730$ кг/м³.

31. Перегородка толщиной 12,5 см из красного кирпича в условиях пожара подвергается двустороннему нагреванию средой, температура которой очень быстро повышается до 850 °С, а затем длительное время остается без изменений. Коэффициент теплоотдачи от среды к поверхности перегородки составляет 85 Вт/(м²·К). Начальная температура перегородки 15 °С. Определить температуру в середине перегородки, на поверхности и на глубине 2 см от поверхности через 45 мин после начала нагревания.

32. Горизонтальный поток воздуха, создаваемый вентилятором, направлен вдоль поверхности масляного радиатора, длина которой $l = 0,75$ м. Скорость потока $w = 0,5$ м/с, температура воздуха $t_{ж} = 20$ °С. Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи и тепловой поток, отдаваемый радиатором воздуху, если температура радиатора $t_c = 8$ °С, а высота $h = 0,5$ м.

33. Определить интегральную плотность собственного излучения поверхности абсолютно черного тела, имеющего температуру $t = 5700$ °С (поверхность Солнца) и длину волны, при которой спектральная интенсивность излучения максимальна.

34. Нетеплоемкая печь установлена вблизи деревянной стены так, что их взаимное расположение можно принять в качестве двух бесконечно параллельных тел. Температура на наружной стальной поверхности печи $t_1 = 600$ °С. Температура самовоспламенения древесины $t_2 = 250$ °С. Определить результирующую плотность теплового потока излучением. Сделать вывод о возможности возгорания древесины.

35. Определить безопасное расстояние от поверхности факела горящего штабеля древесины до соседнего штабеля, если площадь поверхности факела F_1 , приведенная к квадрату 12х6 м, его степень черноты $\varepsilon_1 = 0,7$, температура самовоспламенения древесины $t_2 = 250$ °С, степень черноты древесины $\varepsilon_2 = 0,9$. Средняя температура факела $t_1 = 1027$ °С. Критическая тепловая плотность потока $q_{кр} = 12900$ Вт/м².

5. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. 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.

5.2. 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.
3. Егоров, Г. И. Практическое применение законов термодинамики и рекомендации в исследовании пожаров [Текст] / Г. И. Егоров. – Челябинск: НБС, 2000. – 45 с.
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. Нащокин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача [Текст]: учебное пособие для студентов вузов / В. В. Нащокин. М. : Высшая школа, 1969. – 560 с.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.

11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Баранова, О. Ю. Теплотехника: задания и методические рекомендации по выполнению домашних контрольных работ [Текст] / О. Ю. Баранова. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 24 с.
15. Баранова, О. Ю., Тархова Е. В. Термодинамика и теплопередача: лабораторный практикум [Текст] / О. Ю. Баранова, Е. В. Тархова. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. 67 с.
16. Баранова, О. Ю., Тархова Е. В. Термодинамика и теплопередача: методические рекомендации по самостоятельному изучению дисциплины. [Текст] / О. Ю. Баранова, Е. В. Тархова – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. 59 с.
17. Баранова, О. Ю., Маркелов Ю. И., Усков В. С. Теплотехника: учебное пособие для подготовки к интернет-тестированию. Ч.1 Техническая термодинамика. [Текст] / О. Ю. Баранова, В. С. Усков. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2016. 161 с.
18. Баранова, О. Ю., Маркелов Ю. И., Усков В. С. Теплотехника: учебное пособие для подготовки к интернет-тестированию. Ч.1 Техническая термодинамика. [Текст] / О. Ю. Баранова, В. С. Усков. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. 113 с.

6. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

Подготовку к сдаче экзамена рекомендуется начинать по порядку следования тем изложения лекционного материала. Для этого обучаемые могут воспользоваться конспектами лекций и учебными пособиями, приведенными в списке литературы. При первом чтении материала не стоит задерживаться на математических выводах и запоминании уравнений, сначала следует получить общее представление о рассматриваемых вопросах, а также выявить сложные и непонятные моменты. Внимательно прочитывайте текст, старайтесь выявить суть вопросов и не пытайтесь сразу запомнить все определения и детали. Такой подход, при котором все изучаемые процессы и явления рассматриваются на уровне сущности, а не набора отдельных понятий и фактов, способствует не только более глубокому и прочному усвоению материала, но и формированию логического мышления, способности воспринимать и осмысливать изучаемый материал. При последующей проработке материала в прочитанном тексте выделяются главные идеи, устанавливаются логические взаимосвязи между ними, большее внимание уделяется деталям, материал повторяется несколько раз для лучшего запоминания определений и формул.

Для лучшего запоминания и усвоения учебного материала рекомендуется завести рабочую тетрадь и кратко, в виде тезисов, записывать в нее формулировки законов, основные понятия и определения, формулы и т.д. Подготовка к экзамену должна обязательно сопровождаться повторением и решением задач, поскольку это один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Для повторения и закрепления методик решения расчетных задач рекомендуется воспользоваться учебно-методическими пособиями, приведенными в п. 4. Следует напомнить, что для качественного освоения материала, облегчения подготовки к экзамену и успешной его сдачи необходимо систематическое выполнение заданий на самоподготовке в течение семестра.

Приступая к самостоятельному решению задачи, необходимо обдумать план ее решения, сравнивая ее с примерами, предложенными в задачнике, и имеющимися в конспекте вариантами решения типовых задач. В случае появления неясностей при выборе решения следует обратиться к теоретическому материалу той темы, на основании которого построена задача.

При записи решения задачи следует приводить весь ход решения и математические преобразования. Решение должно быть аккуратно оформлено, написано четким разборчивым почерком. Если у студента возникают затруднения при подготовке к экзамену, то следует обратиться за консультацией к преподавателю.

7. ПРИМЕР ОТВЕТА НА ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ

ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России	Билет № 1 Кафедра физики и теплообмена Дисциплина «Термодинамика и теплопередача»	Утверждаю Заведующий кафедрой <hr style="width: 100%;"/> « » 20 г.
1. Термическое уравнение состояния. 2. Расчет лучистого теплообмена между двумя плоскопараллельными пластинами. 3. Компрессор турбореактивного двигателя газо-водяного тушения всасывает воздух при давлении $p_1 = 0,1$ МПа, температуре $T_1 = 283$ К и подает его в камеру сгорания при давлении $p_2 = 0,73$ МПа и температуре $T_2 = 470$ К. Определить показатель политропного процесса сжатия 1 кг воздуха.		

Ответ на первый вопрос билета

1. Рассмотрим термодинамическую систему. По определению это ограниченное в пространстве макроскопическое тело, находящееся в тепловом и механическом взаимодействии с окружающей средой. В простейшем случае любая термодинамическая система должна обладать четырьмя макроскопическими параметрами: массой M , объёмом V , давлением p и температурой T .

Если масса термодинамической системы постоянна, то в этом случае система будет характеризоваться только тремя термодинамическими параметрами: p , T и V . Такие системы называются простыми. Опыт показывает, что эти три параметра не являются независимыми – они связаны функциональной зависимостью

$$F(p, V, T) = 0, \quad (1)$$

называемой термическим уравнением состояния. С геометрической точки зрения выражение (1) представляет собой некоторую поверхность в системе прямоугольных координат (p, V, T) , которая называется термодинамической поверхностью. Ее вид зависит от вещества и его агрегатного состояния, однако любая из этих поверхностей не может иметь самопересечений, что следует из однозначности зависимости состояния системы от значений двух её независимых параметров. Для удобства вместо трёхмерной системы координат (p, V, T) используют плоские системы прямоугольных координат (p, V) , (p, T) или (V, T) , на которых недостающие параметры представляются в виде семейств непересекающихся линий $T = \text{const}$, $V = \text{const}$ или $p = \text{const}$ соответственно.

Уравнения состояния не могут быть выведены на основе термодинамики, а получаются эмпирическим путем либо находятся с тем или иным приближением методами статистической механики. Так, для идеального газа термическим уравнением состояния является уравнение Клайперона-Менделеева:

$$pV = M R T. \quad (2)$$

Здесь p , V , T и M – параметры состояния идеального газа;
 R – газовая постоянная.

Однако поведение реальных газов отклоняется от уравнения состояния идеальных газов, и для них используются другие уравнения, например:

$$n - 0,73n = 1 \left(P + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = R T, \quad (3)$$

где a и b – константы, зависящие от природы газа. Это уравнение вывел Ван-дер-Ваальс. Было предложено немало и других уравнений, некоторые из них справедливы только для одного газа.

Ответ на второй вопрос билета

2. Рассмотрим лучистый теплообмен между двумя серыми параллельными пластинами, разделенными прозрачной средой. Размер пластин значительно больше расстояния между ними, так что излучение одной из них будет полностью попадать на другую. Поверхности пластин подчиняются закону Ламберта. Обозначим: температуры пластин T_1 и T_2 , коэффициенты поглощения A_1 и A_2 ; собственные лучеиспускательные способности, определяемые по закону Стефана-Больцмана, E_1 и E_2 ; суммарные лучистые потоки $E_{1\text{эф}}$ и $E_{2\text{эф}}$; коэффициенты излучения C_1 и C_2 . Полагаем, что $T_1 > T_2$.

Первая пластина излучает на вторую лучистую энергию. Вторая пластина часть этой энергии поглощает, а часть отражает обратно на первую, где снова первая пластина часть поглощает и часть излучает обратно на вторую, и т. д.

Суммарный лучистый поток первой пластины, состоящий из собственного излучения E_1 и отраженного излучения второй пластины

$(1 - A_1)E_{2\text{эф}}$, находим из уравнения

$$E_{1\text{эф}} = E_1 + (1 - A_1) E_{2\text{эф}}.$$

Аналогично найдем суммарное излучение второй пластины:

$$E_{2\text{эф}} = E_2 + (1 - A_2) E_{1\text{эф}}.$$

Решая эти два уравнения относительно $E_{1\text{эф}}$ и $E_{2\text{эф}}$, получаем:

$$E_{1\text{эф}} = \frac{E_1 + E_2 - A_1 E_2}{A_1 + A_2 - A_1 A_2}; \quad E_{2\text{эф}} = \frac{E_1 + E_2 - A_2 E_2}{A_1 + A_2 - A_1 A_2}.$$

Лучистый тепловой поток, получаемый второй пластиной, находим из уравнения $q = E_{1\text{эф}} - E_{2\text{эф}}$.

Подставляя значение $E_{1\text{эф}}$ и $E_{2\text{эф}}$ и производя соответствующие преобразования, получаем:

$$q = \frac{E_1 A_2 - A_1 E_2}{A_1 + A_2 - A_1 A_2} = \frac{A_1 A_2 C_s \left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - A_1 A_2 C_s \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{A_1 + A_2 - A_1 A_2}$$

или

$$q = \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{\frac{A_1}{A_1 A_2 C_s} + \frac{A_2}{A_1 A_2 C_s} - \frac{A_1 A_2}{A_1 A_2 C_s}} = \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_s}}.$$

Таким образом, лучистый теплообмен между параллельными поверхностями определяется уравнением:

$$Q = C_{np} \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right],$$

где $C_{np} = (1/C_1 + 1/C_2 - 1/C_s)^{-1}$ называется приведенным коэффициентом лучеиспускания.

3. Решение задачи

Дано:

$p_1=0,1$ МПа; $T_1=273$ К;

$p_2=0,73$ МПа; $T_2=470$ К;

$m=1$ кг

$n=?$

Решение

Термодинамический процесс сжатия воздуха в компрессоре является политропным, поэтому воспользуемся соотношением между температурой и давлением в начале и в конце процесса:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}}.$$

После логарифмирования решаем уравнение относительно n:

$$\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = \left(\frac{n-1}{n}\right) \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right),$$

$$n - 0,73n = 1$$

Отсюда $n=1,37$.

Ответ: показатель политропного процесса сжатия 1 кг воздуха равен 1,37.

ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

Методические рекомендации для подготовки к экзамену

Специальность

40.05.03 Судебная экспертиза

(квалификация специалист)