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, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА И ГИДРАВЛИКА

Методические материалы
по организации самостоятельной работы

Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность

Екатеринбург
2023

Тархова, Е. В. **Термодинамика, теплопередача и гидравлика** [Электронный ресурс]: методические материалы по организации самостоятельной работы. Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность / О. Ю. Баранова. − Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2023. – 33 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7

Составители:

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

Методические материалы предназначены для обучающихся в Уральском институте ГПС МЧС России по специальности 20.02.04 Пожарная безопасность и содержат общие методические указания по организации самостоятельной работы при изучении дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика».

© ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. Общие сведения об изучаемой дисциплине 4

2. Общие методические рекомендации по организации самостоятельной работы 8

3. Методические рекомендации по самостоятельному изучению тем курса и подготовке к занятиям 10

Тема 1. Идеальные и реальные газы. Газовые смеси 10

Тема 2. Законы термодинамики 12

Тема 3. Теплопроводность 13

Тема 4. Конвективный теплообмен 14

Тема 5. Теплообмен излучением 15

Тема 6. Сложный теплообмен 16

Тема 7. Гидростатика 17

Тема 8. Гидродинамика 18

Тема 9. Истечение газов и жидкостей. Дросселирование 19

Тема 10. Принципы работы тепловых и гидравлических машин 20

4. Методические указания по подготовке к экзамену 22

5. Перечень вопросов для самостоятельной подготовки к экзамену 23

6. Список рекомендуемой литературы 29

7. ПРИЛОЖЕНИЯ 31

ВВЕДЕНИЕ

Важную роль в решении задач по обеспечению пожарной безопасности промышленных, транспортных и иных объектов, в первую очередь, предприятий топливно-энергетического комплекса играет повышение качества общетехнической подготовки специалистов. В этой связи, основой изучения дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» как самостоятельной дисциплины рабочего учебного плана по специальности 20.02.04 Пожарная безопасность является теоретическая и практическая подготовка будущих специалистов к творческому применению различных методов расчета процессов тепломассообмена и гидравлики при решении вопросов пожарной безопасности.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗУЧАЕМОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Цели и задачи освоения дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» являются:

– формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в процессе изучения законов термодинамики, основ тепломассообмена и гидравлики с последующим их использованием для решения современных задач пожарной безопасности;

– формирование общенаучной основы для эффективного осуществления профессиональной подготовки к практической деятельности в системе МЧС РФ;

– формирование заинтересованности в саморазвитии и самообразовании.

Для достижения данных целей предусматривается решение следующих основных задач:

– освоение системы базовых знаний термодинамики и гидравлики: хронологии ее развития, сути начал термодинамики и их роли при анализе тепловых процессов переноса тепла и методов их расчета при различных температурно-временных параметрах, физических свойств воды и ее поведение в состоянии покоя и при движении;

– развитие способности к самостоятельной работе; умение планировать и проводить теплофизические эксперименты с обработкой и анализом результатов;

– формирование сознания необходимости, потребности и способности учиться, воспитание чувства ответственности за результаты своего труда.

Междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) дисциплинами

Учебная дисциплина «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» относится к базовой части цикла общепрофессиональных дисциплин ООП по специальности 20.02.04 Пожарная безопасность.

Базовыми для освоения дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» являются знания, умения и навыки, полученные в ходе изучения дисциплин: «Математика», «Химия», «Физика» и «Инженерная графика».

Междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Дисциплина «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» в профессиональной подготовке выпускников Уральского института ГПС МЧС России является базой для изучения следующих дисциплин: «Теория горения и взрыва», «Здания и сооружения», «Противопожарное водоснабжение объектов защиты», «Пожарно-спасательная техника и оборудование», «Подготовка газодымозащитника», «Пожарная безопасность в строительстве», «Пожарная безопасность технологических процессов», «Пожарная тактика».

Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» направлен на формирование следующих компетенций, предусмотренных ФГОС ВПО по специальности 20.02.04 Пожарная безопасность:

общекультурных компетенций (ОК):

Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития (ОК-4);

Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации. (ОК-8).

В результате освоения дисциплины обучаемый должен:

Знать:

- основные понятия и законы термодинамики, теории теплообмена и гидравлики;
- физическую сущность теплофизических процессов и закономерностей; закономерности поведения воды в различных процессах;

- основы теплофизических методов расчета процессов теплообмена;
- гидравлических расчетов пожарных водопроводов и параметров работы с водой при тушении пожара;
- методы расчета теплофизических свойств строительных и технологических конструкций.

Уметь:

- анализировать различные теплофизические процессы;
- теоретически определять физические свойства воды при её движении по трубопроводам и пожарным рукавам;
- решать теоретические задачи, используя основные законы термодинамики, тепломассообмена и гидравлики;
- проводить тепломассообменные расчеты аппаратов и процессов в биосфере.

Владеть:

- методами теоретического и экспериментального исследования в теплофизике и гидравлике.

Виды учебной работы при изучении дисциплины

Общее количество часов, отводимых на изучение дисциплины – 76 ч, из них аудиторных – 52 ч, самостоятельная работа – 24 ч. Тематический план дисциплины включает 10 тем.

Таблица 1

Тематический план

№ тем	Наименование модулей и тем
1	Идеальные и реальные газы. Газовые смеси
2	Законы термодинамики
3	Теплопроводность
4	Конвективный теплообмен
5	Теплообмен излучением
6	Сложный теплообмен
7	Гидростатика
8	Гидродинамика

9	Истечение газов и жидкостей. Дросселирование
10	Принципы работы тепловых и гидравлических машин
Итоговый контроль: экзамен	

Таблица 2

Виды и количество аудиторных занятий и форм контроля

Семестр	Виды аудиторных занятий, количество			Формы контроля, количество
	Лекции	ЛР	Практические занятия	Экзамен
1	12	4	10	1(6 ч)

Примечание: ЛР – лабораторная работа.

Таблица 3

Виды внеаудиторной работы и ее трудоемкость

Вид внеаудиторной работы	Трудоемкость самостоятельной работы, час
	Форма обучения очная
Лабораторные работы	4
Самоподготовка (самостоятельное изучение разделов дисциплины, проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий)	14
Подготовка к зачету (экзамену)	6
Всего:	24

В ходе изучения курса необходимо освоить не только теоретический материал, но и научиться решать задачи. Кроме того, обучающимся предстоит выполнить лабораторные работы, сдать экзамен по дисциплине.

Контрольные точки по изучаемой дисциплине

Тестирование

Входной контроль знаний по обеспечивающим (предыдущим) дисциплинам, имеющим межпредметные связи с «Теплофизикой» (см. Приложение 1).

Лабораторные работы

1. Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя.
2. Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении.
3. Определение интегрального коэффициента излучения тонкой вольфрамовой проволочки, нагреваемой электрическим током.
4. Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции на обогреваемом цилиндре.

2. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Изучение дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» базируется на знаниях, полученных в ходе освоения математики, химии, физики и информационных технологий. Изложение отдельных вопросов как в учебной литературе по дисциплине, так и на лекционных занятиях предполагает хорошее знание учебного материала по этим дисциплинам. Поэтому перед началом изучения данной дисциплины важно восстановить в памяти основные понятия, определения и формулы, относящиеся к этой области знаний. В случае непонимания отдельных вопросов, особенно в начале изучения дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика», следует не просто запоминать те или иные положения, а разбираться в них, обращаясь к учебникам по базовым дисциплинам. В том случае, когда и это не приводит к нужному результату, необходимо обратиться за консультацией к преподавателям.

Перед изучением курса необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, графиком ее прохождения, контрольными мероприятиями.

Изучение дисциплины осуществляется на лекционных, практических и лабораторных занятиях. На лекционных занятиях излагаются основы знаний по дисциплине в обобщенной форме. Неохваченные на лекциях вопросы, а также вопросы и темы, имеющие чисто информативный и описательный характер выделяются для самостоятельного изучения. Поэтому при подготовке к практическим и лабораторным занятиям необходимо самостоятельно проработать вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение, прочитав и проанализировав научную, учебную и учебно-методическую литературу, интернет-ресурсы. Уровень сформированности знаний по вопросам, вынесенным на самостоятельное изучение, проверяется на практических занятиях и в ходе выполнения лабораторных работ. Самостоятельная работа обучающихся должна носить систематический характер.

Различают два вида самостоятельной работы: аудиторная, под руководством преподавателя, и внеаудиторная. Тесная взаимосвязь этих видов работ предусматривает дифференциацию и эффективность результатов ее выполнения и зависит от организации, содержания, логики учебного процесса (межпредметных связей, перспективных знаний и др.).

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется обучающимся по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. Основными видами самостоятельной работы по дисциплине без участия преподавателей являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки, интернет - сайты и др.);
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам, их оформление;
- выполнение рефератов;
- выполнение домашних контрольных заданий в виде решения отдельных задач.

Основными видами самостоятельной работы обучающихся с участием преподавателей являются:

- текущие консультации;
- прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий);
- прием и защита лабораторных работ (во время проведения лабораторных работ).

Следует отметить, что заготовки для отчетов по лабораторным работам должны быть оформлены до занятия.

Таким образом, при изучении отдельных тем дисциплины, в том числе и при самостоятельном изучении, необходима тщательная проработка соответствующей темы по рекомендованной литературе и интернет-ресурсам.

Для повышения эффективности запоминания необходимо систематически конспектировать основные определения, формулы, а также воспроизводить рисунки; здесь же необходимо отмечать неясные вопросы с тем, чтобы уточнить их затем с помощью дополнительной литературы или у преподавателя.

После изучения теории предполагается обязательное решение задач и тестовых заданий, которые выполняются как в рамках аудиторных занятий, так и самостоятельно.

В процессе изучения дисциплины целесообразно выполнить научно-исследовательскую работу или реферат.

Кроме НИР обучающиеся могут выполнить реферат по актуальной теме. Различают два вида рефератов: продуктивные и репродуктивные. Репродуктивный реферат воспроизводит содержание первичного текста. Продуктивный содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника.

НИР и реферат имеют определенную структуру: введение, основная часть и заключение. Во введении обосновывается выбор и раскрывается проблематика выбранной темы. В основной части приводится обзор литературных источников по данной теме, аргументируются основные тезисы, описываются этапы проведения эксперимента (при его наличии), обсуждаются полученные результаты. В заключении делаются выводы по проблеме, заявленной в реферате или НИР.

Структура НИР и реферата также обязательно содержат и список использованныхв процессе подготовки литературных и прочих источников. Такой элемент, как приложение использовать необязательно. Текст должен быть лаконичным, четким, отличаться убедительными формулировками и отсутствием второстепенных сведений. Объем работы – от 15 до 25 страниц печатного текста.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ КУРСА И ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ

Тема 1. Идеальные и реальные газы. Газовые смеси.

Предмет термодинамики и его связь с другими отраслями знаний. Понятие идеального газа. Идеальный газ в МКТ. Уравнение состояния идеального газа. Реальные газы. Уравнение состояния реального газа. Газовая смесь. Способы задания состава газовых смесей. Молярная масса газовой смеси. Уравнение состояния для газовой смеси. Изопроцессы.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: историю развития термодинамики и имена ученых, внесших наибольший вклад в это развитие; основные параметры состояния термодинамической системы; понятия идеальный и реальный газ, газовая смесь; уравнение состояния идеального и реального газа;

уметь: применять математический аппарат термодинамики;

владеть: методами вычисления термодинамических параметров газов и их смесей.

При изучении данной темы на первом лекционном занятии проводится Входной контроль знаний по обеспечивающим (предыдущим)

дисциплинам, имеющим межпредметные связи с дисциплиной «Термодинамика, теплопередача и гидравлика». Примеры тестовых заданий для входного контроля приведены в Приложении 1.

На самостоятельное изучение по данной теме вынесены следующие вопросы (табл. 4).

Таблица 4

Вопросы	**Рекомендуемые источники для изучения вопросов**
История развития термодинамики. Приборы для измерения давления. Приборы для измерения температуры.	*Спасский, Б. И.* История физики. Ч. I. [Текст]: учебное пособие для вузов. / Б.И.Спасский. – Москва: «Высшая школа», 1977. *Кошмаров Ю.А., Башкирцев М.П.* Термодинамика и теплопередача в пожарном деле [Текст] / Ю.А. Кошмаров, М.П. Башкирцев. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1987. *Морозова И.М., Тархова Е.В., Кононенко Е.В.* Методы и средства измерения давления [Текст]: Учеб. пособие / И.М. Морозова, Е.В. Тархова, Е.В. Кононенко. – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2008. *Морозова И.М., Тархова Е.В., Кононенко Е.В.* Методы и средства измерения температуры [Текст]: Учеб. пособие / И.М. Морозова, Е.В. Тархова, Е.В. Кононенко. – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2008

Для закрепления теоретического материала при изучении данной темы предполагается выполнение следующих видов самостоятельной работы (табл. 5)

Таблица 5

Вид самостоятельной работы	**Литература, материал для подготовки**
Решение задач Подготовка рефератов	*Грудзинская Г.М.* Основы пожарной теплофизики (Сборник задач) [Текст]: Учебное пособие/ Г.М. Грудзинская. – М.: МССШМ СССР, 1988. – 153 с. Написание рефератов: методические указания [Текст] / И.М. Морозова, Е.В. Тархова – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2007. *Башкирцев М.П., Бубырь Н.Ф., Минаев Н.А., Ончуков Н.Д.* Основы пожарной теплофизики [Текст]: Учебник для пожарно-техн. училищ/ М.П. Башкирцев, Н.Ф. Бубырь, Н.А. Минаев, Н.Д. Ончуков. – М.: Стройиздат, 1984.

Примечание: темы предлагаемых рефератов смотреть в Приложении 2.

Тема 2. Законы термодинамики.

Теплоемкость газов и их смесей. Уравнение Майера. Расчет количества теплоты в различных процессах. Первый и второй законы термодинамики. Термодинамические циклы. Коэффициент полезного действия. Фазовые переходы. Химическая термодинамика.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: смысл и эквивалентные формулировки первого начала термодинамики; методы вычисления теплоемкости простой термодинамической системы;

уметь: вычислять функции состояния и теплоемкости (при постоянном давлении и при постоянном объеме) термодинамической системы;

владеть: методами молекулярно-кинетической теории при определении понятия идеального газа, теоремой о равнораспределении энергии по степеням свободы молекул.

На самостоятельное изучение по данной теме вынесен следующий вопрос (табл.6).

Таблица 6

Вопрос	Рекомендуемые источники для изучения вопроса
Закон сохранения энергии	*Башкирцев М.П., Бубырь Н.Ф., Минаев Н.А., Ончуков Н.Д.* Основы пожарной теплофизики [Текст]: Учебник для пожарно-техн. училищ/ М.П. Башкирцев, Н.Ф. Бубырь, Н.А. Минаев, Н.Д. Ончуков. – М.: Стройиздат, 1984.

Для закрепления теоретического материала при изучении данной темы предполагается выполнение следующих видов самостоятельной работы (табл. 7).

Таблица 7

Вид самостоятельной работы	Литература, материал для подготовки
Решение задач	*Грудзинская Г.М.* Основы пожарной теплофизики (Сборник задач) [Текст]: Учебное пособие/ Г.М. Грудзинская. – М.: МССШМ СССР, 1988. – 153 с.
Подготовка рефератов	Написание рефератов: методические указания [Текст] / И.М. Морозова, Е.В. Тархова – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2007. *Башкирцев М.П., Бубырь Н.Ф., Минаев Н.А., Ончуков Н.Д.* Основы пожарной теплофизики [Текст]: Учебник для пожарно-техн. училищ/ М.П. Башкирцев, Н.Ф. Бубырь, Н.А. Минаев, Н.Д. Ончуков. – М.: Стройиздат, 1984.

Тема 3. Теплопроводность.

Теплопроводность как вид переноса теплоты. Закон теплопроводности Фурье. Коэффициент теплопроводности. Теплопроводность однослойной плоской стенки. Теплопроводность многослойной плоской стенки. Теплопроводность однослойной цилиндрических стенок.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: определения: температурное поле, температурный градиент, основной закон теплопроводности, коэффициент теплопроводности, основной закон теплопроводности, дифференциальное уравнение теплопроводности; методы решения уравнения теплопроводности при стационарном режиме и граничных условиях первого рода;

уметь: решать уравнение теплопроводности при наличии зависимости коэффициента теплопроводности от температуры;

владеть: представлением о механизмах переноса тепла в телах различного строения и агрегатного состояния; представлением о законах изменения температуры в стенках с различной геометрической формой.

На самостоятельное изучение по данной теме вынесены следующие вопросы (табл.8).

Таблица 8

Вопросы	Рекомендуемые источники для изучения вопросов
Теплопроводность через многослойную цилиндрическую стенку. Теплопроводность через шаровую стенку	*Башкирцев М.П., Бубырь Н.Ф., Минаев Н.А., Ончуков Н.Д.* Основы пожарной теплофизики [Текст]: Учебник для пожарно-техн. училищ/ М.П. Башкирцев, Н.Ф. Бубырь, Н.А. Минаев, Н.Д. Ончуков. – М.: Стройиздат, 1984. *Кошмаров Ю.А., Башкирцев М.П.* Термодинамика и теплопередача в пожарном деле [Текст] / Ю.А. Кошмаров, М.П. Башкирцев. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1987.

Для закрепления теоретического материала при изучении данной темы предполагается выполнение следующих видов самостоятельной работы (табл. 9).

Таблица 9

Вид самостоятельной работы	Литература, материал для подготовки
Решение задач Оформление отчета по лабораторной работе Подготовка рефератов	*Грудзинская Г.М.* Основы пожарной теплофизики (Сборник задач) [Текст]: Учебное пособие/ Г.М. Грудзинская. – М.: МССШМ СССР, 1988. – 153 с. *Тархова, Е. В.* Термодинамика, теплопередача и гидравлика [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Е. В. Тархова, О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 33 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7

	Написание рефератов: методические указания [Текст] / И.М. Морозова, Е.В. Тархова – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2007. *Башкирцев М.П., Бубырь Н.Ф., Минаев Н.А., Ончуков Н.Д.* Основы пожарной теплофизики [Текст]: Учебник для пожарно-техн. училищ/ М.П. Башкирцев, Н.Ф. Бубырь, Н.А. Минаев, Н.Д. Ончуков. – М.: Стройиздат, 1984.

Тема 4. Конвективный теплообмен.

Конвекция как вид переноса теплоты. Сущность конвективного теплообмена. Общие понятия теории подобия. Конвективный теплообмен при естественной конвекции в большом объеме. Конвективный теплообмен при естественной конвекции в прослойках. Конвективный теплообмен при вынужденном движении жидкости. Теплообмен при кипении жидкостей. Теплообмен при конденсации пара.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: основной закон теплоотдачи; метод анализа размерностей; суть и определения критериев подобия, характеризующих конвективный теплообмен;

уметь: находить значение коэффициента теплоотдачи для различных соотношений параметров задачи о движении жидкостей и газов;

владеть: представлением о режимах конвективного движения, об образовании пограничного слоя и распределении локального коэффициента теплоотдачи при продольном обтекании тонкой пластины и при течении теплоносителя внутри трубы.

На самостоятельное изучение по данной теме вынесены следующие вопросы (табл.10).

Таблица 10

Вопросы	Рекомендуемые источники для изучения вопроса
Анализ размерностей и основы теории подобия. Критерии подобия.	*Башкирцев М.П., Бубырь Н.Ф., Минаев Н.А., Ончуков Н.Д.* Основы пожарной теплофизики [Текст]: Учебник для пожарно-техн. училищ/ М.П. Башкирцев, Н.Ф. Бубырь, Н.А. Минаев, Н.Д. Ончуков. – М.: Стройиздат, 1984. *Кошмаров Ю.А., Башкирцев М.П.* Термодинамика и теплопередача в пожарном деле [Текст] / Ю.А. Кошмаров, М.П. Башкирцев. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1987.

Для закрепления теоретического материала при изучении данной темы предполагается выполнение следующих видов самостоятельной работы (табл. 11).

Таблица 11

Вид самостоятельной работы	Литература, материал для подготовки
Решение задач Оформление отчета по лабораторной работе Подготовка рефератов	*Грудзинская Г.М.* Основы пожарной теплофизики (Сборник задач) [Текст]: Учебное пособие/ Г.М. Грудзинская. – М.: МССШМ СССР, 1988. – 153 с. *Тархова, Е. В.* Термодинамика, теплопередача и гидравлика [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Е. В. Тархова, О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 33 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7 Написание рефератов: методические указания [Текст] / И.М. Морозова, Е.В. Тархова – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2007. *Башкирцев М.П., Бубырь Н.Ф., Минаев Н.А., Ончуков Н.Д.* Основы пожарной теплофизики [Текст]: Учебник для пожарно-техн. училищ/ М.П. Башкирцев, Н.Ф. Бубырь, Н.А. Минаев, Н.Д. Ончуков. – М.: Стройиздат, 1984.

Тема 5. Теплообмен излучением.

Излучение как вид переноса теплоты. Сущность лучистого теплообмена. Абсолютно черное, абсолютно белое и абсолютно прозрачное тела. Серое тело. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Следствия из закона Кирхгофа. Закон Ламберта. Лучистый теплообмен между двумя плоскопараллельными поверхностями. Лучистый теплообмен между телами, произвольно ориентированными в пространстве. Лучистый теплообмен при наличии экранов.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: природу лучистой энергии, определения коэффициентов поглощения, отражения и проницаемости, законы Планка, Стефана – Больцмана, Кирхгофа и Ламберта;

уметь: применять основные законы теплового излучения для оценки интенсивности теплообмена излучением;

владеть: представлением о влиянии различных факторов на эффективность применения экранов для защиты от лучистой энергии.

На самостоятельное изучение по данной теме вынесен следующий вопрос (табл.12).

Таблица 12

Вопрос	Рекомендуемые источники для изучения вопроса
Экраны для защиты от лучистой энергии и их практическое применение	*Башкирцев М.П., Бубырь Н.Ф., Минаев Н.А., Ончуков Н.Д.* Основы пожарной теплофизики [Текст]: Учебник для пожарно-техн. училищ/ М.П. Башкирцев, Н.Ф. Бубырь, Н.А. Минаев, Н.Д. Ончуков. – М.: Стройиздат, 1984.

Для закрепления теоретического материала при изучении данной темы предполагается выполнение следующих видов самостоятельной работы (табл. 13).

Таблица 13

Вид самостоятельной работы	**Литература, материал для подготовки**
Решение задач Оформление отчета по лабораторной работе Подготовка рефератов	*Грудзинская Г.М.* Основы пожарной теплофизики (Сборник задач) [Текст]: Учебное пособие/ Г.М. Грудзинская. – М.: МССШМ СССР, 1988. – 153 с. *Тархова, Е. В.* Термодинамика, теплопередача и гидравлика [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Е. В. Тархова, О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 33 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7 Написание рефератов: методические указания [Текст] / И.М. Морозова, Е.В. Тархова – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2007. *Башкирцев М.П., Бубырь Н.Ф., Минаев Н.А., Ончуков Н.Д.* Основы пожарной теплофизики [Текст]: Учебник для пожарно-техн. училищ/ М.П. Башкирцев, Н.Ф. Бубырь, Н.А. Минаев, Н.Д. Ончуков. – М.: Стройиздат, 1984.

Тема 6. Сложный теплообмен.

Сущность сложного теплообмена. Теплопередача через плоскую стенку. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Коэффициент теплопередачи. Нестационарная теплопроводность. Нестационарная теплопроводность полуограниченного тела при стационарных граничных условиях. Нестационарная теплопроводность полуограниченного тела при стандартном температурном режиме.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: определения понятий теплопередача, коэффициент теплопередачи, термическое сопротивление теплопередачи;
методы решения уравнения теплопроводности при стационарном режиме и граничных условиях первого рода;

уметь: решать уравнение теплопроводности при стационарном режиме и граничных условиях третьего рода;

владеть: представлением о методах интенсификации теплопередачи через стенки различной формы.

На самостоятельное изучение по данной теме вынесены следующие вопросы (табл.14).

Таблица 14

Вопросы	Рекомендуемые источники для изучения вопроса
Критический диаметр изоляции. Интенсификация теплопередачи.	*Башкирцев М.П., Бубырь Н.Ф., Минаев Н.А., Ончуков Н.Д.* Основы пожарной теплофизики [Текст]: Учебник для пожарно-техн. училищ/ М.П. Башкирцев, Н.Ф. Бубырь, Н.А. Минаев, Н.Д. Ончуков. – М.: Стройиздат, 1984. *Кошмаров Ю.А., Башкирцев М.П.* Термодинамика и теплопередача в пожарном деле [Текст] / Ю.А. Кошмаров, М.П. Башкирцев. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1987.

Для закрепления теоретического материала при изучении данной темы предполагается выполнение следующих видов самостоятельной работы (табл. 15).

Таблица 15

Вид самостоятельной работы	Литература, материал для подготовки
Решение задач Оформление отчета по лабораторной работе Подготовка рефератов	*Грудзинская Г.М.* Основы пожарной теплофизики (Сборник задач) [Текст]: Учебное пособие/ Г.М. Грудзинская. – М.: МССШМ СССР, 1988. – 153 с. *Тархова, Е. В.* Термодинамика, теплопередача и гидравлика [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Е. В. Тархова, О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 33 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7 Написание рефератов: методические указания [Текст] / И.М. Морозова, Е.В. Тархова – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2007.

Тема 7. Гидростатика.

Основные физические свойства жидкостей. Гидростатическое давление и его свойства. Основное уравнение гидростатики. Пьезометрический и гидростатический напоры. Вакуум. Давление жидкости на плоские стенки. Эпюры давления.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: краткую историю развития гидравлики, о методах исследований, используемых в гидравлике; об основных свойствах жидкостей: плотности, вязкости, сжимаемости; о динамическом и кинематическом коэффициентах вязкости; дифференциальные уравнения гидростатики, закон Паскаля, понятия абсолютный и относительный покой (равновесие) жидких сред, поверхности равных давлений, абсолютное и избыточное давление, вакуум, пьезометрическая высота и гидростатический напор;

уметь: определять плотность, вязкость, сжимаемость; динамический и кинематический коэффициенты вязкости; строить и читать диаграмму давлений;

владеть: представлением о силах, действующих в жидкостях, гидростатическом давлении и его свойствах, о равновесии несжимаемой жидкости в поле сил тяжести.

На самостоятельное изучение по данной теме вынесен следующий вопрос (табл.16).

Таблица 16

Вопрос	Рекомендуемые источники для изучения вопроса
Закон Паскаля.	*Абросимов Ю.Г.* Гидравлика [Текст]. Учебник/ Ю.Г. Абросимов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005.

Для закрепления теоретического материала при изучении данной темы предполагается выполнение следующих видов самостоятельной работы (табл. 17).

Таблица 17

Вид самостоятельной работы	Литература, материал для подготовки
Решение задач	*Абросимов Ю.Г.* Гидравлика [Текст]. Учебник/ Ю.Г. Абросимов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005.
Подготовка рефератов	Написание рефератов: методические указания [Текст] / И.М. Морозова, Е.В. Тархова – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2007.

Тема 8. Гидродинамика.

Основные понятия гидродинамики. Виды движения жидкости. Уравнение неразрывности потока. Уравнение Бернулли. Практическое применение уравнения Бернулли. Виды гидравлических сопротивлений. Потери напора по длине трубопровода. Потери напора в местных сопротивлениях. Потери напора в пожарных рукавах. Гидравлический удар в трубах и пожарных рукавах.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: дифференциальные уравнения движения жидкости и их интегрирование, уравнение Бернулли и его интерпретация; уравнение неразрывности (или сплошности) движущейся жидкости в случае установившегося движения; понятия установившееся и неустановившееся движение жидкости, линия тока, элементарная струйка, поток, живое сечение потока, неравномерное и равномерное движения, параллельноструйное, плавно изменяющееся и резко изменяющееся

движения жидкости; основные законы движения потока реальной жидкости, распределение давлений в живых сечениях потока при установившемся, плавно изменяющемся движении;

уметь: определять режим движения жидкости; применять уравнение Бернулли для потока реальной жидкости при установившемся движении жидкости;

владеть: представлением о режимах движения жидкости; о геометрической интерпретации и физическом смысле уравнения Бернулли.

На самостоятельное изучение по данной теме вынесен следующий вопрос (табл.18).

Таблица 18

Вопрос	Рекомендуемые источники для изучения вопроса
Практическое применение уравнения Бернулли.	*Качалов А.А. и др.* Противопожарное водоснабжение [Текст]: Учеб. для пожарно-технических училищ/ А.А. Качалов, Ю.П. Воротынцев, А.В. Власов. – М.: Стройиздат, 1985. *Абросимов Ю.Г.* Гидравлика [Текст]. Учебник/ Ю.Г. Абросимов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005.

Для закрепления теоретического материала при изучении данной темы предполагается выполнение следующих видов самостоятельной работы (табл. 19).

Таблица 19

Вид самостоятельной работы	Литература, материал для подготовки
Решение задач	*Абросимов Ю.Г.* Гидравлика [Текст]. Учебник/ Ю.Г. Абросимов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005.
Подготовка рефератов	Написание рефератов: методические указания [Текст] / И.М. Морозова, Е.В. Тархова – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2007.

Тема 9. Истечение газов и жидкостей. Дросселирование.

Истечение газов и паров. Скорость истечения. Массовый расход. Критические параметры. Сопло Лаваля. Истечение жидкости из круглого отверстия в тонкой стенке. Истечение жидкости из насадков. Истечение жидкости через короткие трубопроводы. Дросселирование газов и паров.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: приближения, используемые при термодинамическом описании течения газов и паров в каналах; уравнение неразрывности, массовый расход, типы каналов;

уметь: применять математический аппарат термодинамики к расчетам скорости истечения и расхода в адиабатически изолированных каналах без трения;

владеть: методами расчета сопел и процесса адиабатического дросселирования.

На самостоятельное изучение по данной теме вынесен следующие вопросы (табл.20).

Таблица 20

Вопрос	Рекомендуемые источники для изучения вопроса
Истечение жидкости из насадков. Истечение жидкости через короткие трубопроводы.	*Кошмаров Ю.А., Башкирцев М.П.* Термодинамика и теплопередача в пожарном деле [Текст] / Ю.А. Кошмаров, М.П. Башкирцев. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1987. *Абросимов Ю.Г.* Гидравлика [Текст]. Учебник/ Ю.Г. Абросимов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005.

Для закрепления теоретического материала при изучении данной темы предполагается выполнение следующих видов самостоятельной работы (табл. 21).

Таблица 21

Вид самостоятельной работы	Литература, материал для подготовки
Решение задач	*Абросимов Ю.Г.* Гидравлика [Текст]. Учебник/ Ю.Г. Абросимов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005.
Подготовка рефератов	Написание рефератов: методические указания [Текст] / И.М. Морозова, Е.В. Тархова – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2007.

Тема 10. Принципы работы тепловых и гидравлических машин.

Топливо и основы горения. Теплогенерирующие устройства. Принцип работы тепловых двигателей. Теплообменные аппараты. Принципы работы гидравлических машин и механизмов. Простейшие гидравлические машины.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: физико-химические основы горения топлива, принцип работы тепловых и гидравлических машин;

уметь: применять основные законы теплового излучения для расчетов теплообменных аппаратов;

владеть: представлением о простейших гидравлических машинах, о роли качества топлива на работу тепловых машин.

На самостоятельное изучение по данной теме вынесен следующие вопросы (табл.22).

Таблица 22

Вопрос	Рекомендуемые источники для изучения вопроса
Топливо и основы горения. Теплогенерирующие устройства. Принцип работы тепловых двигателей. Теплообменные аппараты. Принципы работы гидравлических машин и механизмов. Простейшие гидравлические машины.	*Качалов А.А. и др.* Противопожарное водоснабжение [Текст]: Учеб. для пожарно-технических училищ/ А.А. Качалов, Ю.П. Воротынцев, А.В. Власов. – М.: Стройиздат, 1985. *Абросимов Ю.Г.* Гидравлика [Текст]. Учебник/ Ю.Г. Абросимов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005.

Для закрепления теоретического материала при изучении данной темы предполагается выполнение следующих видов самостоятельной работы (табл. 23).

Таблица 23

Вид самостоятельной работы	Литература, материал для подготовки
Подготовка рефератов	Написание рефератов: методические указания [Текст] / И.М. Морозова, Е.В. Тархова – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2007. *Кошмаров Ю.А., Башкирцев М.П.* Термодинамика и теплопередача в пожарном деле [Текст] / Ю.А. Кошмаров, М.П. Башкирцев. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1987. *Качалов А.А.* и др. Противопожарное водоснабжение [Текст]: Учеб. для пожарно-технических училищ/ А.А. Качалов, Ю.П. Воротынцев, А.В. Власов. – М.: Стройиздат, 1985.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

При подготовке к сдаче экзамена по дисциплине «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» 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.

Дисциплина «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» изучается в течение одного семестра и состоит из трех частей. По окончании семестра изучения дисциплины предусмотрен комплексный экзамен, включающий в себя экзаменационный билет с задачей. Экзамен является итоговым контролем и имеет целью проверить учебную работу обучаемых, уровень полученных ими знаний и умение применять их при решении профессиональных практических задач.

Допуск обучаемого к итоговой семестровой аттестации осуществляется по итогам его текущей работы в семестре. Основными видами текущего контроля являются: выполнение тестовых заданий, выполнение и сдача отчетов по лабораторным работам, работа на практических занятиях.

Лабораторные работы проводятся по темам: «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя», «Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении», «Определение интегрального коэффициента излучения тонкой вольфрамовой проволочки, нагреваемой электрическим током», «Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции на обогреваемом цилиндре».

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.

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).

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

5. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

Тема 1. Идеальные и реальные газы. Газовые смеси.

1. Предмет термодинамики и его связь с другими отраслями знаний.
2. Понятие идеального газа. Идеальный газ в МКТ.
3. Уравнение состояния идеального газа.
4. Реальные газы. Уравнение состояния реального газа.
5. Газовая смесь. Способы задания состава газовых смесей.
6. Молярная масса газовой смеси. Уравнение состояния для газовой смеси.
7. Изопроцессы.

Тема 2. Законы термодинамики.

8. Теплоемкость газов и их смесей.
9. Уравнение Майера.
10. Расчет количества теплоты в различных процессах.
11. Первый и второй законы термодинамики.
12. Термодинамические циклы. Коэффициент полезного действия.
13. Фазовые переходы.
14. Химическая термодинамика.

Тема 3. Теплопроводность.

15. Теплопроводность как вид переноса теплоты.
16. Закон теплопроводности Фурье.
17. Коэффициент теплопроводности.
18. Теплопроводность однослойной плоской стенки.
19. Теплопроводность многослойной плоской стенки.
20. Теплопроводность однослойной цилиндрических стенок.

Тема 4. Конвективный теплообмен.

21. Конвекция как вид переноса теплоты.
22. Сущность конвективного теплообмена.
23. Общие понятия теории подобия.
24. Конвективный теплообмен при естественной конвекции в большом объеме.
25. Конвективный теплообмен при естественной конвекции в прослойках.
26. Конвективный теплообмен при вынужденном движении жидкости.
27. Теплообмен при кипении жидкостей.
28. Теплообмен при конденсации пара.

Тема 5. Теплообмен излучением.

29. Излучение как вид переноса теплоты.
30. Сущность лучистого теплообмена.
31. Абсолютно черное, абсолютно белое и абсолютно прозрачное тела.
32. Серое тело.
33. Закон Стефана-Больцмана.
34. Закон Кирхгофа.
35. Следствия из закона Кирхгофа.
36. Закон Ламберта.
37. Лучистый теплообмен между двумя плоскопараллельными поверхностями.
38. Лучистый теплообмен между телами, произвольно ориентированными в пространстве.
39. Лучистый теплообмен при наличии экранов.

Тема 6. Сложный теплообмен.

40. Сущность сложного теплообмена.
41. Теплопередача через плоскую стенку.
42. Теплопередача через цилиндрическую стенку.
43. Коэффициент теплопередачи.
44. Нестационарная теплопроводность.
45. Нестационарная теплопроводность полуограниченного тела при стационарных граничных условиях.
46. Нестационарная теплопроводность полуограниченного тела при стандартном температурном режиме.

Тема 7. Гидростатика.

47. Основные физические свойства жидкостей.
48. Гидростатическое давление и его свойства.
49. Основное уравнение гидростатики.
50. Пьезометрический и гидростатический напоры.
51. Вакуум.
52. Давление жидкости на плоские стенки. Эпюры давления.

Тема 8. Гидродинамика.

53. Основные понятия гидродинамики.
54. Виды движения жидкости.
55. Уравнение неразрывности потока.
56. Уравнение Бернулли.
57. Практическое применение уравнения Бернулли.
58. Виды гидравлических сопротивлений.
59. Потери напора по длине трубопровода.
60. Потери напора в местных сопротивлениях.

61. Потери напора в пожарных рукавах.
62. Гидравлический удар в трубах и пожарных рукавах.

Тема 9. Истечение газов и жидкостей. Дросселирование.

63. Истечение газов и паров.
64. Скорость истечения. Массовый расход.
65. Критические параметры.
66. Сопло Лаваля.
67. Истечение жидкости из круглого отверстия в тонкой стенке.
68. Истечение жидкости из насадков.
69. Истечение жидкости через короткие трубопроводы.
70. Дросселирование газов и паров.

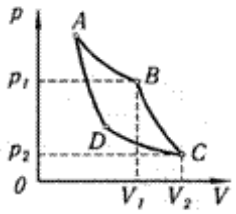
Тема 10. Принципы работы тепловых и гидравлических машин.

71. Топливо и основы горения.
72. Теплогенерирующие устройства.
73. Принцип работы тепловых двигателей.
74. Теплообменные аппараты.
75. Принципы работы гидравлических машин и механизмов.
76. Простейшие гидравлические машины.

Примерные задачи для подготовки к экзамену

1. Сжатый идеальный газ в баллоне имеет температуру 15 °С. Во время пожара температура газа в нем поднялась до 450 °С. Произойдет ли разрушение баллона, если известно, что при этой температуре он может выдержать давление не более 9,8 МПа? Начальное давление газа в баллоне 4,8 МПа.
2. В смеси оксида углерода (CO) и диоксида углерода (CO2) находится 12 кг оксида углерода. Кажущаяся молекулярная масса смеси μсм = 41 кг/кмоль. Определить массу смеси.
3. Баллон емкостью 100 л, заполненный оксидом углерода (CO) до давления 5 МПа, при температуре газа, равной 20 °С, находится в помещении, где возник пожар. Определить количество тепла, которое получил газ, если давление в нем стало 10 МПа.
4. 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 μcv = 29,31 кДж/(кмоль·К).

5. Компрессор турбореактивного двигателя газо-водяного тушения всасывает воздух при давлении p1 = 0,1 МПа, температуре T1 = 283 К и подает его в камеру сгорания при давлении p2 = 0,73 МПа и температуре T2 = 470 К. Определить показатель политропного процесса сжатия 1 кг воздуха.
6. В баллоне находится 40 л кислорода при избыточном давлении 14,75 МПа и температуре 17 °С. При пожаре газ в баллоне нагрелся до 150 °С. Определить избыточное давление кислорода и изменение его внутренней энергии. Изохорная массовая теплоемкость кислорода равна 662 Дж/(кг·К). Барометрическое давление 0,1 МПа.
7. Углекислый газ CO2 массой m = 400 г был нагрет на ΔT = 50 К при постоянном давлении. Определить изменение ΔU внутренней энергии газа, количество теплоты Q, полученное газом, и совершенную им работу A.
8. Идеальный газ, совершающий цикл Карно, 2/3 количества теплоты Q1, полученного от нагревателя, отдает охладителю. Температура T2 охладителя равна 280 К. Определить температуру T1 нагревателя.
9. Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа A1 изотермического расширения газа равна 5 Дж. Определить работу A2 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 B и C соответственно V1 = 12 л и V2 = 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 p1 = 0,14 МПа и t1 = 150 °С. При выходе в помещение пар расширяется по адиабатному закону до давления p2 = 0,1 МПа. Определить объем пара в конце расширения, если через его установку 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 0С. Найти степень сухости смеси.
14. Перегретый пар расширяется в турбине по адиабате от начального давления P1 = 8 Мпа и температуры 500 0С до P2 =100 кПа. Определить конечное состояние пара, изменение внутренней энергии и работу расширения.
15. 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/м2.

16. Паропровод, внешний диаметр которого d1 = 150 мм, покрыт двухслойной теплоизоляцией. Внутренний слой толщиной 50 мм – стеклянная вата, наружный – цементный раствор, коэффициент теплопроводности которого λ2 = 0,8 Вт/(м·К) и толщина 10 мм. Температура внешней стенки паропровода t1 = 170 °С, тепловой поток через 1 погонный метр паропровода ql = 130 Вт/м. Определить температуру t3 на внешней поверхности теплоизоляции.
17. 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. Λкир = 0,5 Вт/м·К, λпен = 0,05 Вт/м·К.
18. Целесообразно ли применять в качестве теплоизоляции стеклянную вату для изоляции трубопровода диаметром d = 50 мм? λиз = 0,04 Вт/м·К; коэффициент теплоотдачи ά = 4,0 Вт/м2·К.
19. По трубке теплообменника диаметром d = 7 мм течет вода со скоростью w = 0,3 м/с. Температура воды на входе в трубку tж1 = 5 °С, на выходе tж2 равна 15 °С, средняя температура трубки tc = 50 °С. Вычислить средний коэффициент теплоотдачи от воды к поверхности трубки, если длина трубки l = 0,5 м.
20. 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 tж = 350 °С движутся со скоростью w = 1,7 м/с. Определить коэффициент теплоотдачи от выхлопных газов к поверхности трубопровода и тепловой поток, если температура стенки трубопровода tc = 50 °С.
21. В цистерне пожарного автомобиля для подогрева воды выхлопными дымовыми газами смонтирован горизонтальный трубопровод с наружным диаметром d = 65 мм. Температура воды в цистерне tж = 0 °С, температура наружной поверхности трубопровода tc = 10 °С. Определить коэффициент теплоотдачи от трубопровода к воде и тепловой поток, получаемый водой, если длина трубопровода l = 2 м.
22. 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.
23. 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 t1 = 600 °С. Температура самовоспламенения древесины t2 = 250 °С. Определить результирующую плотность теплового потока излучением. Сделать вывод о возможности возгорания древесины.

24. Определить безопасное расстояние от поверхности факела горящего штабеля древесины до соседнего штабеля, если площадь поверхности факела F1, приведенная к квадрату 12х6 м, его степень черноты ε1 = 0,7, температура самовоспламенения древесины t2 = 250 °С, степень черноты древесины ε2 = 0,9. Средняя температура факела t1 = 1027 °С. Критическая плотность теплового потока qкр = 12900 Вт/м2.
25. Определить полный напор, развиваемый центробежным насосом, если разряжение по вакуумметру 7,33·104 Па, геометрическая высота нагнетания 40 м, потери в напорной линии 20 м.
26. Определить величину повышения давления в стальном трубопроводе, если скорость воды в нём до удара была $V = 1$ м/с. Диаметр трубы $d = 0{,}5$ м; толщина стенок $\delta = 0{,}005$ м, температура воды $20°C$.
27. Определить потери напора в трубопроводе диаметром 100 мм и длиной 300 м, при пуске воды во время пожара. Расход воды составляет 15 л/с, коэффициент гидравлического трения 0,04.
28. При испытании наружной водопроводной сети на водоотдачу потери напора на участке длиной 300 м составили 2,5 м. Диаметр труб 200 мм. Определить коэффициент гидравлического трения, если расход воды по участку составил 30 л/с.
29. По магистральной рукавной линии длиной 160 м, диаметром 77 мм проходит вода в количестве 13 л/с. Определить потери напора в рукавной линии, если она проложена из прорезиненных рукавов.
30. Определить средняя скорость движения воды в пожарном рукаве диаметром d = 66 мм, если расход воды составляет Q = 5 л/с.
31. Манометр на технологической емкости, полностью заполненной нефтью, показывает 0,5 МПа. При выпуске 40 л нефти показания манометра упали до 0,1 МПа. Определить объем емкости, если коэффициент объемного сжатия нефти β = 0,74·10-9 1/Па.
32. Определить избыточное давление в сети наружного пожарного водопровода, питающегося от водонапорной башни высотой 25 м.
33. Определить абсолютное и избыточное давления воды на дно пожарного водоема глубиной h = 4 м. Чему равна сила давления, действующая на 1 м2 дна водоема? Плотность воды ρ = 103 кг/м3, атмосферное давление 9,8·104 Па.

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

6.1. Основная литература

1. Тархова, Е. В. Термодинамика, теплопередача и гидравлика [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Е. В. Тархова, О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 33 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7
2. Тархова, Е. В. Термодинамика, теплопередача и гидравлика [Электронный ресурс] : методические материалы для подготовки к экзамену. Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность / Е. В. Тархова, О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 22 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7
3. Тархова, Е. В. Термодинамика, теплопередача и гидравлика [Электронный ресурс] : методические материалы по дисциплине. Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность / Е. В. Тархова, О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 26 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7

6.2. Дополнительная литература

1. Башкирцев М.П., Бубырь Н.Ф., Минаев Н.А., Ончуков Н.Д. Основы пожарной теплофизики [Текст]: Учебник для пожарно-техн. училищ/ М.П. Башкирцев, Н.Ф. Бубырь, Н.А. Минаев, Н.Д. Ончуков. – М.: Стройиздат, 1984. – 200 с.
2. Грудзинская Г.М. Основы пожарной теплофизики (Сборник задач) [Текст]: Учебное пособие/ Г.М. Грудзинская. – М.: МССШМ СССР, 1988. – 153 с.
3. Качалов А.А. и др. Противопожарное водоснабжение [Текст]: Учеб. для пожарно-технических училищ/ А.А. Качалов, Ю.П. Воротынцев, А.В. Власов. – М.: Стройиздат, 1985. – 286 с.
4. Абросимов Ю.Г. Гидравлика [Текст]. Учебник/ Ю.Г. Абросимов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 312 с.
5. Кузовлев В.А. Техническая термодинамика и основы теплопередачи [Текст]: Учебник для машиностр. спец. Техникумов / Под ред. Л.Р. Стоцкого – М.: Высш. шк., 1983. – 335 с.
6. 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.
7. Морозова И.М., Тархова Е.В., Кононенко Е.В. Методы и средства измерения давления [Текст]: Учеб. пособие / И.М. Морозова, Е.В. Тархова, Е.В. Кононенко. – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2008 – 43 с.

8. Морозова И.М., Тархова Е.В., Кононенко Е.В. Методы и средства измерения температуры [Текст]: Учеб. пособие / И.М. Морозова, Е.В. Тархова, Е.В. Кононенко. – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2008 – 84 с.
9. Написание рефератов: методические указания [Текст] / И.М. Морозова, Е.В. Тархова – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2007 – 28 с.

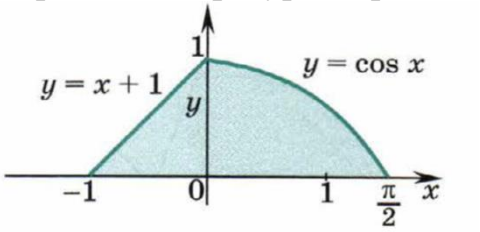
6.3. Интернет-ресурсы

1. http://www.ph4s.ru – Физика, химия, математика студентам и школьникам.
2. http://www.studmed.ru - Учебно-методическая литература для учащихся и студентов. Студенческие работы, курсовые, контрольные, рефераты, ГДЗ, ЕГЭ.
3. http://window.edu.ru – Бесплатная электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам.

7. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Примеры тестовых заданий для входного контроля знаний по дисциплине «Термодинамика, теплопередача и гидравлика»

№ вопроса	Формулировка задания	Ответ
1.	Вычислите значение выражения $\frac{10^5 \cdot 10^{-2}}{5^3}$	
2.	Если известно, что в законе Ома $I = \frac{U}{R}$ сила тока $I = 5\,A$, значение напряжения на участке цепи $U = 200\,B$, определите сопротивление R.	
3.	Запишите формулы для вычисления площади закрашенной фигуры через интегралы. 	
4.	Работой силы называется: 1) произведение массы тела на его ускорение, 2) физическая величина, характеризующая процесс превращения одной формы движения в другую, 3) физическая величина, характеризующая быстроту совершения работы.	
5.	Давление это: 1) результат всех ударов молекул о стенки сосуда, 2) масса единицы объема, 3) параметр, характеризующий тепловое состояние вещества, 4) объем единицы массы, 5) мера средней кинетической энергии	

	поступательного движения атомов и молекул.	
6.	Первое начало термодинамики гласит, что: 1) любой необратимый процесс в замкнутой системе происходит так, что энтропия системы при этом возрастает, 2) теплота, сообщаемая системе расходуется на изменение ее внутренней энергии и на совершение ею работы против внешних сил, 3) тепло самопроизвольно переходит только от более нагретого тела к менее нагретому.	

Приложение 2

Перечень рекомендуемых тем рефератов

1. История развития технической термодинамики.
2. Российские ученые, внесшие весомый вклад в развитие термодинамики.
3. Работа и теплота как способы передачи энергии.
4. История развития понятия температуры в термодинамике.
5. Давление. Приборы для измерения давления. Их принципы работы.
6. Приборы для измерения температуры.
7. Закон сохранения и превращения энергии.
8. Энтропия.
9. Создание первых тепловых двигателей.
10. Классические опыты Джоуля по определению механического эквивалента теплоты.
11. Типы двигателей внутреннего сгорания.
12. История развития карбюраторного двигателя внутреннего сгорания.
13. Принцип работы карбюраторного двигателя внутреннего сгорания.
14. История создания дизельного двигателя внутреннего сгорания.
15. Принцип работы дизельного двигателя внутреннего сгорания.
16. Применение принципов истечения газов в технике.
17. Сади Карно и его вклад в развитие термодинамики.
18. Истечение и дросселирование газов и паров.
19. Кипение жидкости. Условия безопасности работы кипятильных устройств.
20. Роль явлений переноса при развитии пожара.
21. Роль второго начала термодинамики при развитии пожара.
22. Фазовые превращения при развитии пожара.
23. Тепловое излучение и защита от него.
24. Современная теплообменная аппаратура.

25. Конвективный теплообмен при кипении жидкости и конденсации пара.
26. Топливо и основы горения.
27. Теплогенерирующие устройства и их пожарная опасность.
28. Теплообменные аппараты в пожарном деле.
29. История развития простейших гидравлических машин.
30. Принципы работы современных гидравлических машин и механизмов.

ТЕРМОДИНАМИКА, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА И ГИДРАВЛИКА

Методические материалы
по организации самостоятельной работы
Специальность 20.02.04 – Пожарная безопасность



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, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА И ГИДРАВЛИКА

Методические материалы по подготовке к экзамену

Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность

Екатеринбург
2023

Тархова, Е. В. **Термодинамика, теплопередача и гидравлика** [Электронный ресурс] : методические материалы по подготовке к экзамену. Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность /О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2023. – 22 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7

Составители:

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

Данные методические материалы по подготовке к экзамену по дисциплине «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» предназначены для обучающихся по специальности 20.02.04 Пожарная безопасность. 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.

© Уральский институт ГПС МЧС России, 2023

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…… 9

Список рекомендуемой литературы…… 14

Рекомендации для подготовки к экзамену……. 15

Пример ответа на экзаменационный билет…… 16

ВВЕДЕНИЕ

Целью преподавания дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» является подготовка будущих специалистов к творческому применению теоретических основ описания теплофизических свойств веществ, свойств воды и процессов теплообмена для решения задач обеспечения пожарной безопасности, а также формирование у них практических навыков использования теоретических основ теплотехники и гидравлики при решении профессиональных задач. Структура курса предполагает, что по окончании его изучения обучаемые должны получить представление об основных законах технической термодинамики и гидравлики; основных положениях и методах теории теплообмена и навыков выполнения теплотехнических расчетов и измерений при решении задач обеспечения пожарной безопасности. 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, теплопередача и гидравлика» 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, теплопередача и гидравлика» изучается в течение одного семестра и состоит из трех частей. По окончании семестра изучения дисциплины предусмотрен комплексный экзамен, включающий в себя экзаменационный билет с задачей. Экзамен является итоговым контролем и имеет целью проверить учебную работу обучаемых, 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, выполнение и сдача отчетов по лабораторным работам, работа на практических занятиях.

Лабораторные работы проводятся по темам: «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя», «Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении», «Определение интегрального коэффициента излучения тонкой вольфрамовой проволочки, нагреваемой электрическим током», «Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции на обогреваемом цилиндре».

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 проверяет наличие обучаемых учебной группы, кратко напоминает порядок сдачи экзамена, правила поведения студентов, объявляет фамилии обучаемых, освобожденных либо недопущенных до экзамена. Студенты 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 30 минут. Экзамен устный, поэтому обучаемый записывает план ответа и решает задачу из билета, остальное он может рассказать устно. Правильно решенная задача является основным требованием при ответе на полученный билет. Неумение решать практические задачи приравнивается к отсутствию теоретических знаний.

Обучаемому на экзамене разрешается брать лишь один билет и пользоваться только теми информационно-справочными материалами, которые представлены в Перечне. Использовать учебники, задачники 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

Тема 1. Идеальные и реальные газы. Газовые смеси.

1. Предмет термодинамики и его связь с другими отраслями знаний.
2. Понятие идеального газа. Идеальный газ в МКТ.
3. Уравнение состояния идеального газа.
4. Реальные газы. Уравнение состояния реального газа.
5. Газовая смесь. Способы задания состава газовых смесей.
6. Молярная масса газовой смеси. Уравнение состояния для газовой смеси.
7. Изопроцессы.

Тема 2. Законы термодинамики.

8. Теплоемкость газов и их смесей.
9. Уравнение Майера.
10. Расчет количества теплоты в различных процессах.
11. Первый и второй законы термодинамики.
12. Термодинамические циклы. Коэффициент полезного действия.
13. Фазовые переходы.
14. Химическая термодинамика.

Тема 3. Теплопроводность.

15. Теплопроводность как вид переноса теплоты.
16. Закон теплопроводности Фурье.
17. Коэффициент теплопроводности.
18. Теплопроводность однослойной плоской стенки.
19. Теплопроводность многослойной плоской стенки.
20. Теплопроводность однослойной цилиндрических стенок.

Тема 4. Конвективный теплообмен.

21. Конвекция как вид переноса теплоты.
22. Сущность конвективного теплообмена.
23. Общие понятия теории подобия.
24. Конвективный теплообмен при естественной конвекции в большом объеме.
25. Конвективный теплообмен при естественной конвекции в прослойках.
26. Конвективный теплообмен при вынужденном движении жидкости.
27. Теплообмен при кипении жидкостей.
28. Теплообмен при конденсации пара.

Тема 5. Теплообмен излучением.

29. Излучение как вид переноса теплоты.
30. Сущность лучистого теплообмена.
31. Абсолютно черное, абсолютно белое и абсолютно прозрачное тела.
32. Серое тело.
33. Закон Стефана-Больцмана.
34. Закон Кирхгофа.
35. Следствия из закона Кирхгофа.
36. Закон Ламберта.
37. Лучистый теплообмен между двумя плоскопараллельными поверхностями.
38. Лучистый теплообмен между телами, произвольно ориентированными в пространстве.
39. Лучистый теплообмен при наличии экранов.

Тема 6. Сложный теплообмен.

40. Сущность сложного теплообмена.
41. Теплопередача через плоскую стенку.
42. Теплопередача через цилиндрическую стенку.
43. Коэффициент теплопередачи.
44. Нестационарная теплопроводность.
45. Нестационарная теплопроводность полуограниченного тела при стационарных граничных условиях.
46. Нестационарная теплопроводность полуограниченного тела при стандартном температурном режиме.

Тема 7. Гидростатика.

47. Основные физические свойства жидкостей.
48. Гидростатическое давление и его свойства.
49. Основное уравнение гидростатики.
50. Пьезометрический и гидростатический напоры.
51. Вакуум.
52. Давление жидкости на плоские стенки. Эпюры давления.

Тема 8. Гидродинамика.

53. Основные понятия гидродинамики.
54. Виды движения жидкости.
55. Уравнение неразрывности потока.
56. Уравнение Бернулли.
57. Практическое применение уравнения Бернулли.

58. Виды гидравлических сопротивлений.
59. Потери напора по длине трубопровода.
60. Потери напора в местных сопротивлениях.
61. Потери напора в пожарных рукавах.
62. Гидравлический удар в трубах и пожарных рукавах.

Тема 9. Истечение газов и жидкостей. Дросселирование.

63. Истечение газов и паров.
64. Скорость истечения. Массовый расход.
65. Критические параметры.
66. Сопло Лаваля.
67. Истечение жидкости из круглого отверстия в тонкой стенке.
68. Истечение жидкости из насадков.
69. Истечение жидкости через короткие трубопроводы.
70. Дросселирование газов и паров.

Тема 10. Принципы работы тепловых и гидравлических машин.

71. Топливо и основы горения.
72. Теплогенерирующие устройства.
73. Принцип работы тепловых двигателей.
74. Теплообменные аппараты.
75. Принципы работы гидравлических машин и механизмов.
76. Простейшие гидравлические машины.

4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

1. Сжатый идеальный газ в баллоне имеет температуру 15 °С. Во время пожара температура газа в нем поднялась до 450 °С. Произойдет ли разрушение баллона, если известно, что при этой температуре он может выдержать давление не более 9,8 МПа? Начальное давление газа в баллоне 4,8 МПа.
2. В смеси оксида углерода (CO) и диоксида углерода (CO_2) находится 12 кг оксида углерода. Кажущаяся молекулярная масса смеси $\mu_{см}$ = 41 кг/кмоль. Определить массу смеси.

3. Баллон емкостью 100 л, заполненный оксидом углерода (CO) до давления 5 МПа, при температуре газа, равной 20 °С, находится в помещении, где возник пожар. Определить количество тепла, которое получил газ, если давление в нем стало 10 МПа.

4. 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 $\mu c_v = 29{,}31$ кДж/(кмоль·К).

5. 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.

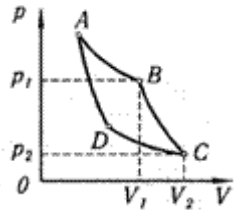
6. В баллоне находится 40 л кислорода при избыточном давлении 14,75 МПа и температуре 17 °С. При пожаре газ в баллоне нагрелся до 150 °С. Определить избыточное давление кислорода и изменение его внутренней энергии. Изохорная массовая теплоемкость кислорода равна 662 Дж/(кг·К). Барометрическое давление 0,1 МПа.

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

8. 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.

9. 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 B и C 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 его установку было подано 30 кг.
13. В сосуде объемом V = 500 $см^3$ находится в равновесии смесь сухого насыщенного пара и кипящей воды общей массой m = 0,05 *кг.* Температура внутри сосуда t = 310 ^{0}С. Найти степень сухости смеси.
14. Перегретый пар расширяется в турбине по адиабате от начального давления P_1 = 8 Мпа и температуры 500 ^{0}С до P_2 =100 кПа. Определить конечное состояние пара, изменение внутренней энергии и работу расширения.
15. 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 $Вт/м^2$.
16. Паропровод, внешний диаметр которого d_1 = 150 мм, покрыт двухслойной теплоизоляцией. Внутренний слой толщиной 50 мм – стеклянная вата, наружный – цементный раствор, коэффициент теплопроводности которого λ_2 = 0,8 Вт/(м·К) и толщина 10 мм. Температура внешней стенки паропровода t_1 = 170 °С, тепловой поток через 1 погонный метр паропровода q_l = 130 Вт/м. Определить температуру t_3 на внешней поверхности теплоизоляции.
17. 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. $\Lambda_{кир}$ = 0,5 Вт/м·К, $\lambda_{пен}$ = 0,05 Вт/м·К.
18. Целесообразно ли применять в качестве теплоизоляции стеклянную вату для изоляции трубопровода диаметром d = 50 мм? $\lambda_{из}$ = 0,04 Вт/м·К; коэффициент теплоотдачи ά = 4,0 $Вт/м^2·К$.
19. По трубке теплообменника диаметром d = 7 мм течет вода со скоростью w = 0,3 м/с. Температура воды на входе в трубку $t_{ж1}$ = 5 °С, на выходе $t_{ж2}$ равна 15 °С, средняя температура трубки t_c = 50 °С. Вычислить средний коэффициент теплоотдачи от воды к поверхности трубки, если длина трубки l = 0,5 м.

20. 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 $t_ж$ = 350 °С 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 °С.

21. В цистерне пожарного автомобиля для подогрева воды выхлопными дымовыми газами смонтирован горизонтальный трубопровод с наружным диаметром d = 65 мм. Температура воды в цистерне $t_ж$ = 0 °С, температура наружной поверхности трубопровода t_c = 10 °С. Определить коэффициент теплоотдачи от трубопровода к воде и тепловой поток, получаемый водой, если длина трубопровода l = 2 м.

22. 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.

23. 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.

24. 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 ε_1 = 0,7, температура самовоспламенения древесины t_2 = 250 °С, степень черноты древесины ε_2 = 0,9. Средняя температура факела t_1 = 1027 °С. Критическая плотность теплового потока $q_{кр}$ = 12900 Вт/м^2.

25. Определить полный напор, развиваемый центробежным насосом, если разряжение по вакуумметру $7{,}33 \cdot 10^4$ Па, геометрическая высота нагнетания 40 м, потери в напорной линии 20 м.

26. Определить величину повышения давления в стальном трубопроводе, если скорость воды в нём до удара была $V = 1$ м/с. Диаметр трубы $d = 0{,}5$ м; толщина стенок $\delta = 0{,}005$ м, температура воды $20°С$.

27. Определить потери напора в трубопроводе диаметром 100 мм и длиной 300 м, при пуске воды во время пожара. Расход воды составляет 15 л/с, коэффициент гидравлического трения 0,04.
28. При испытании наружной водопроводной сети на водоотдачу потери напора на участке длиной 300 м составили 2,5 м. Диаметр труб 200 мм. Определить коэффициент гидравлического трения, если расход воды по участку составил 30 л/с.
29. По магистральной рукавной линии длиной 160 м, диаметром 77 мм проходит вода в количестве 13 л/с. Определить потери напора в рукавной линии, если она проложена из прорезиненных рукавов.
30. Определить средняя скорость движения воды в пожарном рукаве диаметром d = 66 мм, если расход воды составляет Q = 5 л/с.
31. Манометр на технологической емкости, полностью заполненной нефтью, показывает 0,5 МПа. При выпуске 40 л нефти показания манометра упали до 0,1 МПа. Определить объем емкости, если коэффициент объемного сжатия нефти $\beta = 0{,}74 \cdot 10^{-9}$ 1/Па.
32. Определить избыточное давление в сети наружного пожарного водопровода, питающегося от водонапорной башни высотой 25 м.
33. Определить абсолютное и избыточное давления воды на дно пожарного водоема глубиной h = 4 м. Чему равна сила давления, действующая на 1 $м^2$ дна водоема? Плотность воды $\rho = 10^3$ $кг/м^3$, атмосферное давление $9{,}8 \cdot 10^4$ Па.

5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

5.1. Основная литература

1. Тархова, Е. В. Термодинамика, теплопередача и гидравлика [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Е. В. Тархова, О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 33 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7
2. Тархова, Е. В. Термодинамика, теплопередача и гидравлика [Электронный ресурс] : методические материалы для подготовки к экзамену. Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность / Е. В. Тархова, О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 22 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7
3. Тархова, Е. В. Термодинамика, теплопередача и гидравлика [Электронный ресурс] : методические материалы по дисциплине. Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность / Е. В. Тархова, О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 26 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7

5.2. Дополнительная литература

1. Башкирцев М.П., Бубырь Н.Ф., Минаев Н.А., Ончуков Н.Д. Основы пожарной теплофизики [Текст]: Учебник для пожарно-техн. училищ/ М.П. Башкирцев, Н.Ф. Бубырь, Н.А. Минаев, Н.Д. Ончуков. – М.: Стройиздат, 1984. – 200 с.
2. Грудзинская Г.М. Основы пожарной теплофизики (Сборник задач) [Текст]: Учебное пособие/ Г.М. Грудзинская. – М.: МССШМ СССР, 1988. – 153 с.
3. Качалов А.А. и др. Противопожарное водоснабжение [Текст]: Учеб. для пожарно-технических училищ/ А.А. Качалов, Ю.П. Воротынцев, А.В. Власов. – М.: Стройиздат, 1985. – 286 с.
4. Абросимов Ю.Г. Гидравлика [Текст]. Учебник/ Ю.Г. Абросимов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 312 с.
5. Кузовлев В.А. Техническая термодинамика и основы теплопередачи [Текст]: Учебник для машиностр. спец. Техникумов / Под ред. Л.Р. Стоцкого – М.: Высш. шк., 1983. – 335 с.
6. 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.
7. Морозова И.М., Тархова Е.В., Кононенко Е.В. Методы и средства измерения давления [Текст]: Учеб. пособие / И.М. Морозова, Е.В.

Тархова, Е.В. Кононенко. – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2008 – 43 с.
8. Морозова И.М., Тархова Е.В., Кононенко Е.В. Методы и средства измерения температуры [Текст]: Учеб. пособие / И.М. Морозова, Е.В. Тархова, Е.В. Кононенко. – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2008 – 84 с.
9. Написание рефератов: методические указания [Текст] / И.М. Морозова, Е.В. Тархова – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2007 – 28 с.

5.3. Интернет-ресурсы

1. http://www.ph4s.ru – Физика, химия, математика студентам и школьникам.
2. http://www.studmed.ru - Учебно-методическая литература для учащихся и студентов. Студенческие работы, курсовые, контрольные, рефераты, ГДЗ, ЕГЭ.
3. http://window.edu.ru – Бесплатная электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам.

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 сущность 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 курсанта 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, теплопередача и гидравлика»	Утверждаю Заведующий кафедрой _____ «____»_____20__ г.

1. Реальные газы. Уравнение состояния реального газа.
2. Серое тело. Закон Стефана-Больцмана.
3. Виды движения жидкости.
4. Углекислый газ CO_2 массой m = 400 г был нагрет на $\Delta T = 50$ К при постоянном давлении. Определить изменение ΔU внутренней энергии газа, количество теплоты Q, полученное газом, и совершенную им работу А.

Ответ на первый вопрос билета

Поведение газов хорошо описывается уравнением Менделеева-Клайперона:

$$pV = \nu RT$$

только при малых плотностях, т.е. при не слишком больших давлениях и достаточно высоких температурах. С повышением давления и уменьшением температуры наблюдается значительные отступления от этого уравнения.

Голландский ученый Ван-дер-Ваальс предположил, что между молекулами действуют силы притяжения, которые по своей природе являются электрическими. Каждую молекулу он рассматривал как твердый шар некоторого диаметра *d*. В этом случае ясно, что молекулы не могут подойти друг к другу ближе этого расстояния. В теории строения кристаллов показывается, что N таких шаров при условии тесного соприкосновения друг с другом занимают объем в четыре раза больший, чем $V_0 = \frac{4}{3} N\pi \frac{d^3}{8} = \frac{\pi d^3 N}{6}$, т. е. пустоты между шарами имеют объем в три раза больший, чем объем самих шаров. Поэтому величину объема газа V, входящего в уравнение Менделеева - Клапейрона, надо заменить на новую величину (V-b), где *b* рассматривается как некоторая поправка на истинный объем, доступный молекулам газа. Далее он учел, что молекулы могут взаимодействовать не только друг с другом, но и с окружающими их стенками сосуда.

$p_i = \frac{a}{V_0^2}$, где *a* - некий новый коэффициент пропорциональности, зависящий от природы молекул и количества газа.

Подставляя выражение для p_i и учитывая поправку на конечный объем молекул (объем V_0 необходимо заменить новой величиной (V_0 - b)), приходим к новому уравнению состояния, описывающего свойства **реальных газов:**

$$\left(p + \frac{a}{V_0^2} \right)(V_0 - b) = RT$$

называемому уравнением Ван-дер-Ваальса.

Для произвольной массы газа

$$\left(p + \frac{m^2}{M^2} \frac{a}{V_0^2} \right)(V_0 - \frac{m}{M} b) = \frac{m}{M} RT$$

Уравнение Ван-дер-Ваальса для реального газа имеет вид:

$$\left(p + \frac{a}{V_0^2} \right)(V_0 - b) = RT$$

,

где a – поправка на внутреннее давление, т.е. учет сил притяжения,

b – поправка на собственный объем молекулы, т.е. учет сил отталкивания.

Ответ на второй вопрос билета

Падающая на тело лучистая энергия поглощается, отражается, проходит через тело.

Баланс лучистой энергии имеет вид:

$$E_A + E_R + E_D = E$$

Разделим обе части равенства не полную энергию, падающую на тело:

$$\frac{E_A}{E} + \frac{E_R}{E} + \frac{E_D}{E} = 1$$

$\frac{E_A}{E} = A$ - поглощательная способность

$\frac{E_R}{E} = R$ - отражательная способность

$\frac{E_D}{E} = D$ - пропускная способность

Способности A, R, D зависят от рода вещества, его температуры, состояния поверхности и длины волны лучей, падающих на тело.

Тела, поглощающие всю падающую на них лучистую энергию, называются *абсолютно черными*.

$$A = 1, R = 0, D = 0$$

Тела, отражающие всю падающую на них лучистую энергию, называются *абсолютно белыми*.

$$A = 0, R = 1, D = 0$$

Тела, полностью пропускающие всю падающую на них лучистую энергию, называются *абсолютно прозрачными*.

$$A = 0, R = 0, D = 1$$

В природе абсолютно черных, абсолютно белых и абсолютно прозрачных тел не существует. Реальные тела называют *серыми*.

$$A \neq 0, R \neq 0, D \neq 0$$

Излучательной способностью называется количество энергии, излучаемой телом с 1 м^2 за 1 с.

$$E = \frac{Q}{F\tau} \qquad \left[\frac{Вт}{м^2}\right]$$

Рассмотрим основные законы теплового излучения.

Закон Стефана-Больцмана:

Излучательная способность абсолютно черного тела прямо пропорциональна четвертой степени его термодинамической температуры.

$$E_0 = \sigma_0 \cdot T_0^4$$

где $\sigma_0 = 5{,}77 \cdot 10^{-8} \frac{Вт}{м^2 \cdot K^4}$ - постоянная Стефана-Больцмана.

Преобразуем выражение закона Стефана-Больцмана:

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T_0}{100}\right)^4$$

где $C_0 = 5{,}77 \frac{Вт}{м^2 \cdot K^4}$ - коэффициент излучения абсолютно черного тела.

Для реальных (серых) тел вводится величина, показывающая во сколько раз коэффициент излучения серого тела меньше коэффициента излучения абсолютно черного тела. Эта величина называется коэффициентом (степенью) черноты.

Степень черноты - величина, показывающая во сколько раз коэффициент излучения серого тела меньше коэффициента излучения абсолютно черного тела.

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0}$$

$C = \varepsilon \cdot C_0$ коэффициент излучения серого тела, $\frac{Вт}{м^2 \cdot K^4}$.

Тогда закон Стефана-Больцмана для серого тела будет иметь вид:

$$E = \varepsilon \cdot C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 = \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot T_0^4 .$$

Ответ на третий вопрос билета

Существуют два режима движения жидкости: ламинарный и турбулентный.

Ламинарным (слоистым) режимом движения жидкости называется такое движение, при котором отдельные слои жидкости скользят относительно друг друга без перемешивания.

Турбулентным называется такое движение, при котором на главное движение накладывается пульсационное движение, в результате чего возникает перемешивание отдельных частей жидкости. Мгновенная скорость в какой-либо точке потока жидкости пульсирует относительно некоторого среднего во времени значения.

Переход движения из ламинарной формы в турбулентную происходит в некотором диапазоне скоростей. Пульсации скорости в некоторой точке турбулентного потока можно измерить, используя лазерные анемометры или термоанемометры – чувствительные приборы, позволяющие измерить мгновенную скорость в данной точке потока.

Число, определяющее границы ламинарного и турбулентного потоков, называется числом Рейнольдса *Re*. Число Рейнольдса характеризует отношение сил инерции и сил вязкого трения в потоке жидкости. При ламинарном движении определяющее значение имеют силы вязкого трения, при турбулентном – силы инерции. Режим движения оказывает существенное влияние на распределение скорости в живом живом сечении трубы.

Числовое значение числа Рейнольдса связывает среднюю скорость *V*, внутренний диаметр трубы *d*, вязкость жидкости μ, плотность жидкости ρ:

$$Re = \frac{Vd}{\nu},$$

где $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ - кинематическая вязкость.

Опытным путем установлено, что в трубах ламинарный режим движения существует, если $Re_{кр1} < (2000 \div 2300)$.

Развитый турбулентный режим наступает при $Re_{кр2} > 10^4$. При $2000 < Re < 10^4$ существует переходный режим движения.

Решение задачи

Дано:	**Решение**
$V = 100$ л $= 0{,}1$ м^3 $\mu = 28$ кг/кмоль $p_1 = 12$ МПа $T_1 = 288$ К $Q_v = 600$ кДж	Так как газ находится в баллоне, то его объем не изменяется (изохорный процесс). Количество сообщенного газу тепла находится по формуле: $Q_v = m \cdot c_{vm}(T_2 - T_1)$ Выразим температуру T_2: $T_2 = \frac{Q_v}{m \cdot c_{vm}} + T_1$
$T_2 = ?$	

Из основного уравнения газового состояния выразим массу:

$$m = \frac{p_1 V}{R T_1}, \text{ где } R = \frac{8314}{\mu}$$

Подставив значения и посчитав, получим:

R = 296,93 Дж/(кг·К); m = 14,03 кг

Остается одна неизвестная величина – удельная теплоемкость.

$$c_{vm} = \frac{c_\mu}{\mu}$$

$c_\mu = 20{,}93$ кДж/(кмоль·К)

$$c_{vm} = 747{,}5 \frac{Дж}{кг \cdot К}$$

$T_2 = 345{,}2$ К

Ответ: температура газа после нагревания составляет 345,2 К или 72 ^{o}C.

ТЕРМОДИНАМИКА, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА И ГИДРАВЛИКА

Методические материалы по подготовке к экзамену

Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность

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, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА И ГИДРАВЛИКА

Методические материалы
по изучению дисциплины

Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность

Екатеринбург
2023

Тархова, Е. В. **Термодинамика, теплопередача и гидравлика** [Электронный ресурс] : методические материалы по изучению дисциплины. Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность /О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2023. – 26 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7

Составители:

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

Методические материалы предназначены для обучающихся в Уральском институте ГПС МЧС России по специальности 20.02.04 Пожарная безопасность и содержат общие методические рекомендации по изучению дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика».

© ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. Общие сведения об изучаемой дисциплине 4

2. Общие методические рекомендации по изучению дисциплины 8

3. Методические рекомендации по изучению тем курса и подготовке к занятиям 10

Тема 1. Идеальные и реальные газы. Газовые смеси 10

Тема 2. Законы термодинамики 11

Тема 3. Теплопроводность 11

Тема 4. Конвективный теплообмен 12

Тема 5. Теплообмен излучением 12

Тема 6. Сложный теплообмен 13

Тема 7. Гидростатика 13

Тема 8. Гидродинамика 14

Тема 9. Истечение газов и жидкостей. Дросселирование 14

Тема 10. Принципы работы тепловых и гидравлических машин 15

4. Методические указания по подготовке к экзамену 15

5. Перечень вопросов для подготовки к экзамену 16

6. Список рекомендуемой литературы 22

7. ПРИЛОЖЕНИЯ 24

ВВЕДЕНИЕ

Важную роль в решении задач по обеспечению пожарной безопасности промышленных, транспортных и иных объектов, в первую очередь, предприятий топливно-энергетического комплекса играет повышение качества общетехнической подготовки специалистов. В этой связи, основой изучения дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» как самостоятельной дисциплины рабочего учебного плана по специальности 20.02.04 Пожарная безопасность является теоретическая и практическая подготовка будущих специалистов к творческому применению различных методов расчета процессов тепломассообмена и гидравлики при решении вопросов пожарной безопасности.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗУЧАЕМОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Цели и задачи освоения дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» являются:

– формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в процессе изучения законов термодинамики, основ тепломассообмена и гидравлики с последующим их использованием для решения современных задач пожарной безопасности;

– формирование общенаучной основы для эффективного осуществления профессиональной подготовки к практической деятельности в системе МЧС РФ;

– формирование заинтересованности в саморазвитии и самообразовании.

Для достижения данных целей предусматривается решение следующих основных задач:

– освоение системы базовых знаний термодинамики и гидравлики: хронологии ее развития, сути начал термодинамики и их роли при анализе тепловых процессов переноса тепла и методов их расчета при различных температурно-временных параметрах, физических свойств воды и ее поведение в состоянии покоя и при движении;

– развитие способности к самостоятельной работе; умение планировать и проводить теплофизические эксперименты с обработкой и анализом результатов;

– формирование сознания необходимости, потребности и способности учиться, воспитание чувства ответственности за результаты своего труда.

Междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) дисциплинами

Учебная дисциплина «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» относится к базовой части цикла общепрофессиональных дисциплин ООП по специальности 20.02.04 Пожарная безопасность.

Базовыми для освоения дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» являются знания, умения и навыки, полученные в ходе изучения дисциплин: «Математика», «Химия», «Физика» и «Инженерная графика».

Междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Дисциплина «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» в профессиональной подготовке выпускников Уральского института ГПС МЧС России является базой для изучения следующих дисциплин: «Теория горения и взрыва», «Здания и сооружения», «Противопожарное водоснабжение объектов защиты», «Пожарно-спасательная техника и оборудование», «Подготовка газодымозащитника», «Пожарная безопасность в строительстве», «Пожарная безопасность технологических процессов», «Пожарная тактика».

Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» направлен на формирование следующих компетенций, предусмотренных ФГОС ВПО по специальности 20.02.04 Пожарная безопасность:

общекультурных компетенций (ОК):

Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития (ОК-4);

Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации. (ОК-8).

В результате освоения дисциплины обучаемый должен:

Знать:

- основные понятия и законы термодинамики, теории теплообмена и гидравлики;
- физическую сущность теплофизических процессов и закономерностей; закономерности поведения воды в различных процессах;

- основы теплофизических методов расчета процессов теплообмена;
- гидравлических расчетов пожарных водопроводов и параметров работы с водой при тушении пожара;
- методы расчета теплофизических свойств строительных и технологических конструкций.

Уметь:

- анализировать различные теплофизические процессы;
- теоретически определять физические свойства воды при её движении по трубопроводам и пожарным рукавам;
- решать теоретические задачи, используя основные законы термодинамики, тепломассообмена и гидравлики;
- проводить тепломассообменные расчеты аппаратов и процессов в биосфере.

Владеть:

- методами теоретического и экспериментального исследования в теплофизике и гидравлике.

Виды учебной работы при изучении дисциплины

Общее количество часов, отводимых на изучение дисциплины – 76 ч, из них аудиторных – 52 ч, самостоятельная работа – 24 ч. Тематический план дисциплины включает 10 тем.

Таблица 1

Тематический план

№ тем	Наименование модулей и тем
1	Идеальные и реальные газы. Газовые смеси
2	Законы термодинамики
3	Теплопроводность
4	Конвективный теплообмен
5	Теплообмен излучением
6	Сложный теплообмен
7	Гидростатика
8	Гидродинамика

9	Истечение газов и жидкостей. Дросселирование
10	Принципы работы тепловых и гидравлических машин
Итоговый контроль: экзамен	

Таблица 2

Виды и количество аудиторных занятий и форм контроля

Семестр	Виды аудиторных занятий, количество			Формы контроля, количество
	Лекции	ЛР	Практические занятия	Экзамен
1	12	4	10	1(6 ч)

Примечание: ЛР – лабораторная работа.

Таблица 3

Виды внеаудиторной работы и ее трудоемкость

Вид внеаудиторной работы	Трудоемкость самостоятельной работы, час
	Форма обучения очная
Лабораторные работы	4
Самоподготовка (самостоятельное изучение разделов дисциплины, проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий)	14
Подготовка к зачету (экзамену)	6
Всего:	24

В ходе изучения курса необходимо освоить не только теоретический материал, но и научиться решать задачи. Кроме того, обучающимся предстоит выполнить лабораторные работы, сдать экзамен по дисциплине. По желанию обучающиеся могут выполнить реферат по вопросам, связанным в учебной дисциплиной «Термодинамика, теплопередача и гидравлика».

Контрольные точки по изучаемой дисциплине

Тестирование

Входной контроль знаний по обеспечивающим (предыдущим) дисциплинам, имеющим межпредметные связи с «Теплофизикой» (см. Приложение 1).

Лабораторные работы

1. Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя.
2. Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении.
3. Определение интегрального коэффициента излучения тонкой вольфрамовой проволочки, нагреваемой электрическим током.
4. Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции на обогреваемом цилиндре.

Реферат

С целью самостоятельного изучения вопросов учебной дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика», а также углубленного их изучения предусмотрено написание рефератов обучаемыми. Примерная тематика рефератов приведена в Приложении 2. Название и вопросы, рассматриваемые в реферате необходимо согласовать с ведущим преподавателем. Структура и оформление рефератов рассмотрены в литературном источнике 13.

2. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» базируется на знаниях, полученных в ходе освоения математики, химии, физики и информационных технологий. Изложение отдельных вопросов как в учебной литературе по дисциплине, так и на лекционных занятиях предполагает хорошее знание учебного материала по этим дисциплинам. Поэтому перед началом изучения данной дисциплины важно восстановить в памяти основные понятия, определения и формулы, относящиеся к этой области знаний. В случае непонимания отдельных вопросов, особенно в начале изучения дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика», следует не просто запоминать те или иные положения, а разбираться в них, обращаясь к учебникам по базовым дисциплинам. В том случае, когда и это не приводит к нужному результату, необходимо обратиться за консультацией к преподавателям.

Перед изучением курса необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, графиком ее прохождения, контрольными мероприятиями.

Изучение дисциплины осуществляется на лекционных, практических и лабораторных занятиях. На лекционных занятиях излагаются основы знаний по дисциплине в обобщенной форме. Неохваченные на лекциях вопросы, а также вопросы и темы, имеющие чисто информативный и описательный характер выделяются для самостоятельного изучения. Поэтому при подготовке к практическим и лабораторным занятиям необходимо самостоятельно проработать вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение, прочитав и проанализировав научную, учебную и учебно-методическую литературу, интернет-ресурсы. Уровень сформированности знаний по вопросам, вынесенным на самостоятельное изучение, проверяется на практических занятиях и в ходе выполнения лабораторных работ. Самостоятельная работа обучающихся должна носить систематический характер.

Различают два вида самостоятельной работы: аудиторная, под руководством преподавателя, и внеаудиторная. Тесная взаимосвязь этих видов работ предусматривает дифференциацию и эффективность результатов ее выполнения и зависит от организации, содержания, логики учебного процесса (межпредметных связей, перспективных знаний и др.).

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется обучающимся по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. Основными видами самостоятельной работы по дисциплине без участия преподавателей являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки, интернет - сайты и др.);
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам, их оформление;
- выполнение рефератов;
- выполнение домашних контрольных заданий в виде решения отдельных задач.

Основными видами самостоятельной работы обучающихся с участием преподавателей являются:

- текущие консультации;
- прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий);
- прием и защита лабораторных работ (во время проведения лабораторных работ).

Следует отметить, что заготовки для отчетов по лабораторным работам должны быть оформлены до занятия.

Таким образом, при изучении отдельных тем дисциплины, в том числе и при самостоятельном изучении, необходима тщательная проработка соответствующей темы по рекомендованной литературе и интернет-ресурсам.

Для повышения эффективности запоминания необходимо систематически конспектировать основные определения, формулы, а также воспроизводить рисунки; здесь же необходимо отмечать неясные вопросы с тем, чтобы уточнить их затем с помощью дополнительной литературы или у преподавателя.

После изучения теории предполагается обязательное решение задач и тестовых заданий, которые выполняются как в рамках аудиторных занятий, так и самостоятельно.

В процессе изучения дисциплины целесообразно выполнить научно-исследовательскую работу или реферат.

Кроме НИР обучающиеся могут выполнить реферат по актуальной теме. Различают два вида рефератов: продуктивные и репродуктивные. Репродуктивный реферат воспроизводит содержание первичного текста. Продуктивный содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника.

НИР и реферат имеют определенную структуру: введение, основная часть и заключение. Во введении обосновывается выбор и раскрывается проблематика выбранной темы. В основной части приводится обзор литературных источников по данной теме, аргументируются основные тезисы, описываются этапы проведения эксперимента (при его наличии), обсуждаются полученные результаты. В заключении делаются выводы по проблеме, заявленной в реферате или НИР.

Структура НИР и реферата также обязательно содержат и список использованныхв процессе подготовки литературных и прочих источников. Такой элемент, как приложение использовать необязательно. Текст должен быть лаконичным, четким, отличаться убедительными формулировками и отсутствием второстепенных сведений. Объем работы – от 15 до 25 страниц печатного текста.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ КУРСА И ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ

Тема 1. Идеальные и реальные газы. Газовые смеси.

Предмет термодинамики и его связь с другими отраслями знаний. Понятие идеального газа. Идеальный газ в МКТ. Уравнение состояния идеального газа. Реальные газы. Уравнение состояния реального газа.

Газовая смесь. Способы задания состава газовых смесей. Молярная масса газовой смеси. Уравнение состояния для газовой смеси. Изопроцессы.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: историю развития термодинамики и имена ученых, внесших наибольший вклад в это развитие; основные параметры состояния термодинамической системы; понятия идеальный и реальный газ, газовая смесь; уравнение состояния идеального и реального газа;

уметь: применять математический аппарат термодинамики;

владеть: методами вычисления термодинамических параметров газов и их смесей.

При изучении данной темы на первом лекционном занятии проводится Входной контроль знаний по обеспечивающим (предыдущим) дисциплинам, имеющим межпредметные связи с дисциплиной «Термодинамика, теплопередача и гидравлика». Примеры тестовых заданий для входного контроля приведены в Приложении 1.

Тема 2. Законы термодинамики.

Теплоемкость газов и их смесей. Уравнение Майера. Расчет количества теплоты в различных процессах. Первый и второй законы термодинамики. Термодинамические циклы. Коэффициент полезного действия. Фазовые переходы. Химическая термодинамика.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: смысл и эквивалентные формулировки первого начала термодинамики; методы вычисления теплоемкости простой термодинамической системы;

уметь: вычислять функции состояния и теплоемкости (при постоянном давлении и при постоянном объеме) термодинамической системы;

владеть: методами молекулярно-кинетической теории при определении понятия идеального газа, теоремой о равнораспределении энергии по степеням свободы молекул.

Тема 3. Теплопроводность.

Теплопроводность как вид переноса теплоты. Закон теплопроводности Фурье. Коэффициент теплопроводности. Теплопроводность однослойной плоской стенки. Теплопроводность многослойной плоской стенки. Теплопроводность однослойной цилиндрических стенок.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: определения: температурное поле, температурный градиент, основной закон теплопроводности, коэффициент теплопроводности, основной закон теплопроводности, дифференциальное уравнение теплопроводности; методы решения уравнения теплопроводности при стационарном режиме и граничных условиях первого рода;

уметь: решать уравнение теплопроводности при наличии зависимости коэффициента теплопроводности от температуры;

владеть: представлением о механизмах переноса тепла в телах различного строения и агрегатного состояния; представлением о законах изменения температуры в стенках с различной геометрической формой.

Тема 4. Конвективный теплообмен.

Конвекция как вид переноса теплоты. Сущность конвективного теплообмена. Общие понятия теории подобия. Конвективный теплообмен при естественной конвекции в большом объеме. Конвективный теплообмен при естественной конвекции в прослойках. Конвективный теплообмен при вынужденном движении жидкости. Теплообмен при кипении жидкостей. Теплообмен при конденсации пара.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: основной закон теплоотдачи; метод анализа размерностей; суть и определения критериев подобия, характеризующих конвективный теплообмен;

уметь: находить значение коэффициента теплоотдачи для различных соотношений параметров задачи о движении жидкостей и газов;

владеть: представлением о режимах конвективного движения, об образовании пограничного слоя и распределении локального коэффициента теплоотдачи при продольном обтекании тонкой пластины и при течении теплоносителя внутри трубы.

Тема 5. Теплообмен излучением.

Излучение как вид переноса теплоты. Сущность лучистого теплообмена. Абсолютно черное, абсолютно белое и абсолютно прозрачное тела. Серое тело. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Следствия из закона Кирхгофа. Закон Ламберта. Лучистый теплообмен между двумя плоскопараллельными поверхностями. Лучистый теплообмен между телами, произвольно ориентированными в пространстве. Лучистый теплообмен при наличии экранов.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: природу лучистой энергии, определения коэффициентов поглощения, отражения и проницаемости, законы Планка, Стефана – Больцмана, Кирхгофа и Ламберта;

уметь: применять основные законы теплового излучения для оценки интенсивности теплообмена излучением;

владеть: представлением о влиянии различных факторов на эффективность применения экранов для защиты от лучистой энергии.

Тема 6. Сложный теплообмен.

Сущность сложного теплообмена. Теплопередача через плоскую стенку. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Коэффициент теплопередачи. Нестационарная теплопроводность. Нестационарная теплопроводность полуограниченного тела при стационарных граничных условиях. Нестационарная теплопроводность полуограниченного тела при стандартном температурном режиме.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: определения понятий теплопередача, коэффициент теплопередачи, термическое сопротивление теплопередачи;
методы решения уравнения теплопроводности при стационарном режиме и граничных условиях первого рода;

уметь: решать уравнение теплопроводности при стационарном режиме и граничных условиях третьего рода;

владеть: представлением о методах интенсификации теплопередачи через стенки различной формы.

Тема 7. Гидростатика.

Основные физические свойства жидкостей. Гидростатическое давление и его свойства. Основное уравнение гидростатики. Пьезометрический и гидростатический напоры. Вакуум. Давление жидкости на плоские стенки. Эпюры давления.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: краткую историю развития гидравлики, о методах исследований, используемых в гидравлике; об основных свойствах жидкостей: плотности, вязкости, сжимаемости; о динамическом и кинематическом коэффициентах вязкости; дифференциальные уравнения гидростатики, закон Паскаля, понятия абсолютный и относительный покой (равновесие) жидких сред, поверхности равных давлений, абсолютное и

избыточное давление, вакуум, пьезометрическая высота и гидростатический напор;

уметь: определять плотность, вязкость, сжимаемость; динамический и кинематический коэффициенты вязкости; строить и читать диаграмму давлений;

владеть: представлением о силах, действующих в жидкостях, гидростатическом давлении и его свойствах, о равновесии несжимаемой жидкости в поле сил тяжести.

Тема 8. Гидродинамика.

Основные понятия гидродинамики. Виды движения жидкости. Уравнение неразрывности потока. Уравнение Бернулли. Практическое применение уравнения Бернулли. Виды гидравлических сопротивлений. Потери напора по длине трубопровода. Потери напора в местных сопротивлениях. Потери напора в пожарных рукавах. Гидравлический удар в трубах и пожарных рукавах.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: дифференциальные уравнения движения жидкости и их интегрирование, уравнение Бернулли и его интерпретация; уравнение неразрывности (или сплошности) движущейся жидкости в случае установившегося движения; понятия установившееся и неустановившееся движение жидкости, линия тока, элементарная струйка, поток, живое сечение потока, неравномерное и равномерное движения, параллельноструйное, плавно изменяющееся и резко изменяющееся движения жидкости; основные законы движения потока реальной жидкости, распределение давлений в живых сечениях потока при установившемся, плавно изменяющемся движении;

уметь: определять режим движения жидкости; применять уравнение Бернулли для потока реальной жидкости при установившемся движении жидкости;

владеть: представлением о режимах движения жидкости; о геометрической интерпретации и физическом смысле уравнения Бернулли.

Тема 9. Истечение газов и жидкостей. Дросселирование.

Истечение газов и паров. Скорость истечения. Массовый расход. Критические параметры. Сопло Лаваля. Истечение жидкости из круглого отверстия в тонкой стенке. Истечение жидкости из насадков. Истечение жидкости через короткие трубопроводы. Дросселирование газов и паров.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: приближения, используемые при термодинамическом описании течения газов и паров в каналах; уравнение неразрывности, массовый расход, типы каналов;

уметь: применять математический аппарат термодинамики к расчетам скорости истечения и расхода в адиабатически изолированных каналах без трения;

владеть: методами расчета сопел и процесса адиабатического дросселирования.

Тема 10. Принципы работы тепловых и гидравлических машин.

Топливо и основы горения. Теплогенерирующие устройства. Принцип работы тепловых двигателей. Теплообменные аппараты. Принципы работы гидравлических машин и механизмов. Простейшие гидравлические машины.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: физико-химические основы горения топлива, принцип работы тепловых и гидравлических машин;

уметь: применять основные законы теплового излучения для расчетов теплообменных аппаратов;

владеть: представлением о простейших гидравлических машинах, о роли качества топлива на работу тепловых машин.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

При подготовке к сдаче экзамена по дисциплине «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» 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.

Дисциплина «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» изучается в течение одного семестра и состоит из трех частей. По окончании семестра изучения дисциплины предусмотрен комплексный экзамен, включающий в себя экзаменационный билет с задачей. Экзамен является итоговым контролем и имеет целью проверить учебную работу

обучаемых, уровень полученных ими знаний и умение применять их при решении профессиональных практических задач.

Допуск обучаемого к итоговой семестровой аттестации осуществляется по итогам его текущей работы в семестре. Основными видами текущего контроля являются: выполнение тестовых заданий, выполнение и сдача отчетов по лабораторным работам, работа на практических занятиях.

Лабораторные работы проводятся по темам: «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя», «Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении», «Определение интегрального коэффициента излучения тонкой вольфрамовой проволочки, нагреваемой электрическим током», «Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции на обогреваемом цилиндре».

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.

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).

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

5. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ И ЗАДАЧ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

Тема 1. Идеальные и реальные газы. Газовые смеси.

1. Предмет термодинамики и его связь с другими отраслями знаний.
2. Понятие идеального газа. Идеальный газ в МКТ.
3. Уравнение состояния идеального газа.
4. Реальные газы. Уравнение состояния реального газа.
5. Газовая смесь. Способы задания состава газовых смесей.
6. Молярная масса газовой смеси. Уравнение состояния для газовой смеси.
7. Изопроцессы.

Тема 2. Законы термодинамики.

8. Теплоемкость газов и их смесей.
9. Уравнение Майера.
10. Расчет количества теплоты в различных процессах.
11. Первый и второй законы термодинамики.
12. Термодинамические циклы. Коэффициент полезного действия.
13. Фазовые переходы.
14. Химическая термодинамика.

Тема 3. Теплопроводность.

15. Теплопроводность как вид переноса теплоты.
16. Закон теплопроводности Фурье.
17. Коэффициент теплопроводности.
18. Теплопроводность однослойной плоской стенки.
19. Теплопроводность многослойной плоской стенки.
20. Теплопроводность однослойной цилиндрических стенок.

Тема 4. Конвективный теплообмен.

21. Конвекция как вид переноса теплоты.
22. Сущность конвективного теплообмена.
23. Общие понятия теории подобия.
24. Конвективный теплообмен при естественной конвекции в большом объеме.
25. Конвективный теплообмен при естественной конвекции в прослойках.
26. Конвективный теплообмен при вынужденном движении жидкости.
27. Теплообмен при кипении жидкостей.
28. Теплообмен при конденсации пара.

Тема 5. Теплообмен излучением.

29. Излучение как вид переноса теплоты.
30. Сущность лучистого теплообмена.
31. Абсолютно черное, абсолютно белое и абсолютно прозрачное тела.
32. Серое тело.
33. Закон Стефана-Больцмана.
34. Закон Кирхгофа.
35. Следствия из закона Кирхгофа.
36. Закон Ламберта.
37. Лучистый теплообмен между двумя плоскопараллельными поверхностями.
38. Лучистый теплообмен между телами, произвольно ориентированными в пространстве.
39. Лучистый теплообмен при наличии экранов.

Тема 6. Сложный теплообмен.

40. Сущность сложного теплообмена.
41. Теплопередача через плоскую стенку.
42. Теплопередача через цилиндрическую стенку.
43. Коэффициент теплопередачи.
44. Нестационарная теплопроводность.
45. Нестационарная теплопроводность полуограниченного тела при стационарных граничных условиях.
46. Нестационарная теплопроводность полуограниченного тела при стандартном температурном режиме.

Тема 7. Гидростатика.

47. Основные физические свойства жидкостей.
48. Гидростатическое давление и его свойства.
49. Основное уравнение гидростатики.
50. Пьезометрический и гидростатический напоры.
51. Вакуум.
52. Давление жидкости на плоские стенки. Эпюры давления.

Тема 8. Гидродинамика.

53. Основные понятия гидродинамики.
54. Виды движения жидкости.
55. Уравнение неразрывности потока.
56. Уравнение Бернулли.
57. Практическое применение уравнения Бернулли.
58. Виды гидравлических сопротивлений.
59. Потери напора по длине трубопровода.
60. Потери напора в местных сопротивлениях.
61. Потери напора в пожарных рукавах.
62. Гидравлический удар в трубах и пожарных рукавах.

Тема 9. Истечение газов и жидкостей. Дросселирование.

63. Истечение газов и паров.
64. Скорость истечения. Массовый расход.
65. Критические параметры.
66. Сопло Лаваля.
67. Истечение жидкости из круглого отверстия в тонкой стенке.
68. Истечение жидкости из насадков.
69. Истечение жидкости через короткие трубопроводы.
70. Дросселирование газов и паров.

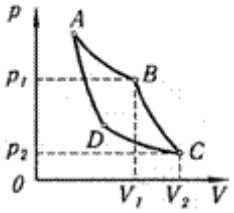
Тема 10. Принципы работы тепловых и гидравлических машин.

71. Топливо и основы горения.
72. Теплогенерирующие устройства.
73. Принцип работы тепловых двигателей.
74. Теплообменные аппараты.
75. Принципы работы гидравлических машин и механизмов.
76. Простейшие гидравлические машины.

Примерные задачи для подготовки к экзамену

1. Сжатый идеальный газ в баллоне имеет температуру 15 °С. Во время пожара температура газа в нем поднялась до 450 °С. Произойдет ли разрушение баллона, если известно, что при этой температуре он может выдержать давление не более 9,8 МПа? Начальное давление газа в баллоне 4,8 МПа.
2. В смеси оксида углерода (CO) и диоксида углерода (CO2) находится 12 кг оксида углерода. Кажущаяся молекулярная масса смеси μсм = 41 кг/кмоль. Определить массу смеси.
3. Баллон емкостью 100 л, заполненный оксидом углерода (CO) до давления 5 МПа, при температуре газа, равной 20 °С, находится в помещении, где возник пожар. Определить количество тепла, которое получил газ, если давление в нем стало 10 МПа.
4. 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 μcv = 29,31 кДж/(кмоль·К).
5. Компрессор турбореактивного двигателя газо-водяного тушения всасывает воздух при давлении p1 = 0,1 МПа, температуре T1 = 283 К и подает его в камеру сгорания при давлении p2 = 0,73 МПа и температуре T2 = 470 К. Определить показатель политропного процесса сжатия 1 кг воздуха.
6. В баллоне находится 40 л кислорода при избыточном давлении 14,75 МПа и температуре 17 °С. При пожаре газ в баллоне нагрелся до 150 °С. Определить избыточное давление кислорода и изменение его внутренней энергии. Изохорная массовая теплоемкость кислорода равна 662 Дж/(кг·К). Барометрическое давление 0,1 МПа.
7. Углекислый газ CO2 массой m = 400 г был нагрет на ΔT = 50 К при постоянном давлении. Определить изменение ΔU внутренней энергии газа, количество теплоты Q, полученное газом, и совершенную им работу A.

8. Идеальный газ, совершающий цикл Карно, 2/3 количества теплоты Q1, полученного от нагревателя, отдает охладителю. Температура Т2 охладителя равна 280 К. Определить температуру Т1 нагревателя.
9. Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа А1 изотермического расширения газа равна 5 Дж. Определить работу А2 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 V1 = 12 л и V2 = 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 p1 = 0,14 МПа и t1 = 150 °С. При выходе в помещение пар расширяется по адиабатному закону до давления p2 = 0,1 МПа. Определить объем пара в конце расширения, если через его установку 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 0С. Найти степень сухости смеси.
14. Перегретый пар расширяется в турбине по адиабате от начального давления Р1 = 8 Мпа и температуры 500 0С до Р2 =100 кПа. Определить конечное состояние пара, изменение внутренней энергии и работу расширения.
15. 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/м2.
16. Паропровод, внешний диаметр которого d1 = 150 мм, покрыт двухслойной теплоизоляцией. Внутренний слой толщиной 50 мм – стеклянная вата, наружный – цементный раствор, коэффициент теплопроводности которого λ2 = 0,8 Вт/(м·К) и толщина 10 мм. Температура внешней стенки паропровода t1 = 170 °С, тепловой поток через 1 погонный метр паропровода ql = 130 Вт/м. Определить температуру t3 на внешней поверхности теплоизоляции.
17. 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. Λкир = 0,5 Вт/м·К, λпен = 0,05 Вт/м·К.
18. Целесообразно ли применять в качестве теплоизоляции стеклянную вату для изоляции трубопровода диаметром d = 50 мм? λиз = 0,04 Вт/м·К; коэффициент теплоотдачи ά = 4,0 Вт/м2·К.

19. По трубке теплообменника диаметром d = 7 мм течет вода со скоростью w = 0,3 м/с. Температура воды на входе в трубку tж1 = 5 °С, на выходе tж2 равна 15 °С, средняя температура трубки tс = 50 °С. Вычислить средний коэффициент теплоотдачи от воды к поверхности трубки, если длина трубки l = 0,5 м.
20. 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 tж = 350 °С движутся со скоростью w = 1,7 м/с. Определить коэффициент теплоотдачи от выхлопных газов к поверхности трубопровода и тепловой поток, если температура стенки трубопровода tс = 50 °С.
21. В цистерне пожарного автомобиля для подогрева воды выхлопными дымовыми газами смонтирован горизонтальный трубопровод с наружным диаметром d = 65 мм. Температура воды в цистерне tж = 0 °С, температура наружной поверхности трубопровода tс = 10 °С. Определить коэффициент теплоотдачи от трубопровода к воде и тепловой поток, получаемый водой, если длина трубопровода l = 2 м.
22. 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.
23. 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 t1 = 600 °С. Температура самовоспламенения древесины t2 = 250 °С. Определить результирующую плотность теплового потока излучением. Сделать вывод о возможности возгорания древесины.
24. Определить безопасное расстояние от поверхности факела горящего штабеля древесины до соседнего штабеля, если площадь поверхности факела F1, приведенная к квадрату 12х6 м, его степень черноты ε1 = 0,7, температура самовоспламенения древесины t2 = 250 °С, степень черноты древесины ε2 = 0,9. Средняя температура факела t1 = 1027 °С. Критическая плотность теплового потока qкр = 12900 Вт/м2.
25. Определить полный напор, развиваемый центробежным насосом, если разряжение по вакуумметру 7,33·104 Па, геометрическая высота нагнетания 40 м, потери в напорной линии 20 м.
26. Определить величину повышения давления в стальном трубопроводе, если скорость воды в нём до удара была $V = 1$ м/с. Диаметр трубы $d = 0{,}5$ м; толщина стенок $\delta = 0{,}005$ м, температура воды $20°\text{C}$.

27. Определить потери напора в трубопроводе диаметром 100 мм и длиной 300 м, при пуске воды во время пожара. Расход воды составляет 15 л/с, коэффициент гидравлического трения 0,04.
28. При испытании наружной водопроводной сети на водоотдачу потери напора на участке длиной 300 м составили 2,5 м. Диаметр труб 200 мм. Определить коэффициент гидравлического трения, если расход воды по участку составил 30 л/с.
29. По магистральной рукавной линии длиной 160 м, диаметром 77 мм проходит вода в количестве 13 л/с. Определить потери напора в рукавной линии, если она проложена из прорезиненных рукавов.
30. Определить средняя скорость движения воды в пожарном рукаве диаметром d = 66 мм, если расход воды составляет Q = 5 л/с.
31. Манометр на технологической емкости, полностью заполненной нефтью, показывает 0,5 МПа. При выпуске 40 л нефти показания манометра упали до 0,1 МПа. Определить объем емкости, если коэффициент объемного сжатия нефти β = 0,74·10-9 1/Па.
32. Определить избыточное давление в сети наружного пожарного водопровода, питающегося от водонапорной башни высотой 25 м.
33. Определить абсолютное и избыточное давления воды на дно пожарного водоема глубиной h = 4 м. Чему равна сила давления, действующая на 1 м2 дна водоема? Плотность воды ρ = 103 кг/м3, атмосферное давление 9,8·104 Па.

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

6.1. Основная литература

1. Тархова, Е. В. Термодинамика, теплопередача и гидравлика [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Е. В. Тархова, О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 33 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7
2. Тархова, Е. В. Термодинамика, теплопередача и гидравлика [Электронный ресурс] : методические материалы для подготовки к экзамену. Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность / Е. В. Тархова, О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 22 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7
3. Тархова, Е. В. Термодинамика, теплопередача и гидравлика [Электронный ресурс] : методические материалы по организации самостоятельной работы. Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность / Е. В. Тархова, О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 33 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7
4. Тархова, Е. В. Термодинамика, теплопередача и гидравлика [Электронный ресурс] : методические материалы по дисциплине.

Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность / Е. В. Тархова, О. Ю. Баранова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 26 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7

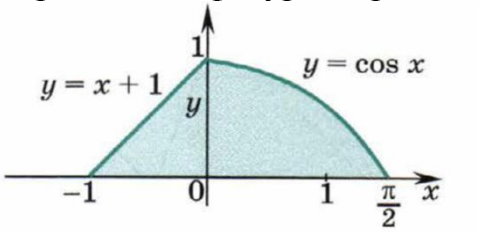
6.2. Дополнительная литература

1. Башкирцев М.П., Бубырь Н.Ф., Минаев Н.А., Ончуков Н.Д. Основы пожарной теплофизики [Текст]: Учебник для пожарно-техн. училищ/ М.П. Башкирцев, Н.Ф. Бубырь, Н.А. Минаев, Н.Д. Ончуков. – М.: Стройиздат, 1984. – 200 с.
2. Грудзинская Г.М. Основы пожарной теплофизики (Сборник задач) [Текст]: Учебное пособие/ Г.М. Грудзинская. – М.: МССШМ СССР, 1988. – 153 с.
3. Качалов А.А. и др. Противопожарное водоснабжение [Текст]: Учеб. для пожарно-технических училищ/ А.А. Качалов, Ю.П. Воротынцев, А.В. Власов. – М.: Стройиздат, 1985. – 286 с.
4. Абросимов Ю.Г. Гидравлика [Текст]. Учебник/ Ю.Г. Абросимов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 312 с.
5. Кузовлев В.А. Техническая термодинамика и основы теплопередачи [Текст]: Учебник для машиностр. спец. Техникумов / Под ред. Л.Р. Стоцкого – М.: Высш. шк., 1983. – 335 с.
6. 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.
7. Морозова И.М., Тархова Е.В., Кононенко Е.В. Методы и средства измерения давления [Текст]: Учеб. пособие / И.М. Морозова, Е.В. Тархова, Е.В. Кононенко. – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2008 – 43 с.
8. Морозова И.М., Тархова Е.В., Кононенко Е.В. Методы и средства измерения температуры [Текст]: Учеб. пособие / И.М. Морозова, Е.В. Тархова, Е.В. Кононенко. – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2008 – 84 с.
9. Написание рефератов: методические указания [Текст] / И.М. Морозова, Е.В. Тархова – Екатеринбург: Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. 2007 – 28 с.

7. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Примеры тестовых заданий для входного контроля знаний по дисциплине «Термодинамика, теплопередача и гидравлика»

№ вопроса	Формулировка задания	Ответ
1.	Вычислите значение выражения $\frac{10^5 \cdot 10^{-2}}{5^3}$	
2.	Если известно, что в законе Ома $I = \frac{U}{R}$ сила тока $I = 5\,A$, значение напряжения на участке цепи $U = 200\,B$, определите сопротивление R.	
3.	Запишите формулы для вычисления площади закрашенной фигуры через интегралы. 	
4.	Работой силы называется: 1) произведение массы тела на его ускорение, 2) физическая величина, характеризующая процесс превращения одной формы движения в другую, 3) физическая величина, характеризующая быстроту совершения работы.	
5.	Давление это: 1) результат всех ударов молекул о стенки сосуда, 2) масса единицы объема, 3) параметр, характеризующий тепловое состояние вещества, 4) объем единицы массы, 5) мера средней кинетической энергии поступательного движения атомов и молекул.	

6.	Первое начало термодинамики гласит, что: 1) любой необратимый процесс в замкнутой системе происходит так, что энтропия системы при этом возрастает, 2) теплота, сообщаемая системе расходуется на изменение ее внутренней энергии и на совершение ею работы против внешних сил, 3) тепло самопроизвольно переходит только от более нагретого тела к менее нагретому.	

Приложение 2

Перечень рекомендуемых тем рефератов

1. История развития технической термодинамики.
2. Российские ученые, внесшие весомый вклад в развитие термодинамики.
3. Работа и теплота как способы передачи энергии.
4. История развития понятия температуры в термодинамике.
5. Давление. Приборы для измерения давления. Их принципы работы.
6. Приборы для измерения температуры.
7. Закон сохранения и превращения энергии.
8. Энтропия.
9. Создание первых тепловых двигателей.
10. Классические опыты Джоуля по определению механического эквивалента теплоты.
11. Типы двигателей внутреннего сгорания.
12. История развития карбюраторного двигателя внутреннего сгорания.
13. Принцип работы карбюраторного двигателя внутреннего сгорания.
14. История создания дизельного двигателя внутреннего сгорания.
15. Принцип работы дизельного двигателя внутреннего сгорания.
16. Применение принципов истечения газов в технике.
17. Сади Карно и его вклад в развитие термодинамики.
18. Истечение и дросселирование газов и паров.
19. Кипение жидкости. Условия безопасности работы кипятильных устройств.
20. Роль явлений переноса при развитии пожара.
21. Роль второго начала термодинамики при развитии пожара.
22. Фазовые превращения при развитии пожара.
23. Тепловое излучение и защита от него.

24. Современная теплообменная аппаратура.
25. Конвективный теплообмен при кипении жидкости и конденсации пара.
26. Топливо и основы горения.
27. Теплогенерирующие устройства и их пожарная опасность.
28. Теплообменные аппараты в пожарном деле.
29. История развития простейших гидравлических машин.
30. Принципы работы современных гидравлических машин и механизмов.

ТЕРМОДИНАМИКА, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА И ГИДРАВЛИКА

Методические рекомендации
по дисциплине
Специальность 20.02.04 – Пожарная безопасность