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

Методические рекомендации для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Теплофизика»

Специальность
20.05.01 Пожарная безопасность

Профиль
«Пожарная безопасность государства»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 00D8B3817A25BC60E30FB02555A54A6C28
Владелец: Федоринов Александр Сергеевич
Действителен: с 30.05.2024 до 23.08.2025

Иваново 2024

Фролова Т.В.

Методические рекомендации для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Теплофизика» (далее – методические рекомендации) по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность, профиль «Пожарная безопасность государства» – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2024. – 32 с.

Методические рекомендации содержат краткое изложение дисциплины «Теплофизика» в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность и основной профессиональной образовательной программы высшего образования по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность, советы по планированию и организации времени, необходимого на изучение дисциплины, пожелания по изучению отдельных тем курса, рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса, рекомендации по работе с литературой; советы по подготовке к промежуточной аттестации.

Методические рекомендации рассмотрены на заседании кафедры естественнонаучных дисциплин.

Протокол №____ от «___»_____ 2024 г.

Методические рекомендации обсуждены и одобрены на заседании методико-педагогического совета Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

Протокол № ____ от «___» _____ 2024 г.

© ИПСА ГПС МЧС России, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Наименование раздела	Стр.
1.	Введение	4
2.	Методические рекомендации по изучению тем дисциплины	6
2.1	Тема 1. Термодинамическая система и ее состояние	8
2.2	Тема 2. Термодинамические процессы и циклы	11
2.3	Тема 3. Термодинамика потоков	15
2.4	Тема 4. Теплопроводность	18
2.5	Тема 5. Конвективный теплообмен	22
2.2	Тема 6. Тепловое излучение	26
3.	Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации	29
4.	Словарь терминов по дисциплине «Теплофизика»	31

1. Введение

Целями освоения дисциплины «Теплофизика» являются:

- формирование у обучающихся научных представлений об основных законах тепломассообмена с последующим их использованием для решения задач противопожарной защиты;

- развитие о обучающихся способности выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в процессе решения профессионально-ориентированных задач;

- формирование готовности к саморазвитию и самообразованию.

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших дисциплину «Теплофизика», являются:

– организация и осуществление функционирования совокупности сил и средств пожарной охраны;

– системы мер правового, организационного, экономического, социального и научно- технического характера, направленных на профилактику пожаров;

– тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ.

Типы задач профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся освоившие дисциплину «Теплофизика»:

- проектно-конструкторский;

- научно-исследовательский.

Обучающийся, освоивший дисциплину «Теплофизика», в соответствии с типами задач профессиональной деятельности, на которые ориентирована дисциплина, готов решать следующие задачи профессиональной деятельности:

- проектно-конструкторский:

- моделирование организационных, тактических, технологических, технических процессов и систем с применением средств автоматизированного проектирования для решения задач пожарной безопасности, внесение изменений в документацию с целью оптимизации системы обеспечения пожарной безопасности в рамках профессиональной деятельности.

- ведение нормативно-технической и расчетно-конструкторской работы по проектированию противопожарной защиты территорий, объектов защиты и средств обеспечения пожарной безопасности, совершенствованию пожарной и аварийно-спасательной техники, оборудования и средств защиты и техническая реализация инновационных разработок;

- разработка разделов проектов, связанных с пожарной безопасностью и экономическим обоснованием предложенных технических решений, инженерно-конструкторское и авторское сопровождение научных исследований и технической реализации инновационных разработок в области пожарной безопасности

научно-исследовательский:

- участие в организации научных исследований и разработок в области управления пожарной безопасностью, самостоятельное (в коллективе исследователей) выполнение научных исследований в области безопасности, планирование экспери-

ментов, обработка, анализ и обобщение их результатов, математическое и машинное моделирование, построение прогнозов.

- оценка достоверности полученных результатов исследования, разработка рекомендаций по практическому применению результатов научного исследования.

- подготовка научных публикаций по результатам выполненной научной работы в соответствии с установленными требованиями.

Дисциплина «Теплофизика» относится к обязательной части (части, формируемой участниками образовательных отношений) блока дисциплин Б1 образовательной программы по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность, профиль «Пожарная безопасность государства».

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

Литература

а) основная литература

1. Кошмаров Ю.А., Теплотехника. – Москва: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 501 с.: ил.
2. Сырбу А.А. Теплопередача. Учебное пособие. / Сырбу А.А., Сторонкина О.Е. – Иваново: ИвИ ГПС МЧС России, 2013. – 114 с.
3. Ульев Д.А. Теплофизика: Лучистый теплообмен. Учебное пособие. / Д.А. Ульев, Г.Е. Назаров, М.С. Маршалов – Иваново: ИвИ ГПС МЧС России, 2013. – 68 с.

б) дополнительная литература

4. Сторонкина О.Е., Назаров Г.Е., Маршалов М.С. Лабораторный практикум Теплофизика и Теплотехника. Учебное пособие. - Иваново: ФГБУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2015. – 111 с.

в) нормативная литература

5. СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защи-ты.www.pravo.gov.ru.

г) базы данных, поисковые системы, электронно-библиотечные системы (электронные библиотеки) и электронные образовательные ресурсы:

6. Электронная библиотека академии http://Bibliomchs37.ru.
7. ЭБС «Юрайт».
8. Национальная электронная библиотека.
9. Цифровая среда Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

2. Методические рекомендации по изучению тем дисциплины

Обучающимся, приступая к изучению дисциплины «Теплофизика», необходимо ознакомиться с рабочей программой, настоящими методическими рекомендациями и списком рекомендуемой литературы.

Основная трудность, с которой сталкивается обучающийся при изучении дисциплины «Теплофизика», состоит в неумении анализировать, выделять главное, разделять на части и обобщать, структурировать и систематизировать материал. По этой причине настоятельно рекомендуется тщательно вести конспект лекций, практических занятий, вести записи в лабораторных журналах.

Следует иметь в виду, что изучение дисциплины «Теплофизика» во многом базируется на математическом аппарате и умении его использовать. Только после усвоения теоретических основ каждой темы, обучающийся может переходить к решению задач по дисциплине.

Рабочей программой дисциплины «Теплофизика» предусмотрено последовательное изучение следующих тем:

Тема 1. Термодинамическая система и ее состояние.

Тема 2. Термодинамические процессы и циклы.

Тема 3. Термодинамика потоков.

Тема 4. Теплопроводность.

Тема 5. Конвективный теплообмен.

Тема 6. Тепловое излучение.

В результате изучения дисциплины «Теплофизика» обучающиеся должны владеть прочными теоретическими знаниями по каждой теме, навыками решения типовых задач; уметь работать со справочной литературой.

Общие рекомендации по работе с литературой

Важной составляющей учебного процесса в образовательных организациях высшего образования является работа с учебной и методической литературой. Самостоятельная работа обучающихся с учебником позволяет осуществлять подготовку ко всем видам занятий: семинарским, практическим, тестированию, зачетам, экзаменам, вести научно-исследовательскую деятельность. В последние годы можно заметить тот факт, что обучающиеся при подготовке к занятиям стали все меньше пользоваться учебниками, составлять конспекты. Причин тому множество, в том числе и элементарное неумение пользоваться учебной литературой.

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

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

Дополнительная литература рекомендуется для более углубленного изучения программного материала, расширения кругозора студента. Изучение ее необходимо, в частности, при освещении ряда новых актуальных, дискуссионных вопросов, ко-

торые еще не вошли в учебники и учебные пособия. Всячески приветствуется и служит показателем активности студента самостоятельный поиск литературы.

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

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

1) сосредоточиться на том, что читаешь;

2) «выжимать» самую сущность читаемого, отбрасывая «мелочи»;

3) «охватывать мысль» автора вполне ясно и отчетливо, что помогает выработке ясности и отчетливости собственных мыслей;

4) мыслить последовательно;

5) воображать ярко и отчетливо, как бы переживая то, что читаешь...

Различают следующие основные виды чтения:

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

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

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

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

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

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

2.1 Тема 1. Термодинамическая система и ее состояние

Материал данного раздела подробно и доступно изложен в [1], обычного его изучение не вызывает у обучающихся затруднений.

1. Изучите данный раздел с использованием материала лекций и учебной литературы.

2. Заучите определения основных понятий: «термодинамическая система», «основные параметры состояния», «основные газовые законы», «равновесное и неравновесное состояние».

Вопросы для самоконтроля

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

Тесты для самоконтроля

1. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Реальный газ – это …

а) воображаемый газ, у которого нельзя пренебречь размерами молекул и силами межмолекулярного взаимодействия;

б) воображаемый газ, у которого можно пренебречь размерами молекул, но нельзя не учитывать силы межмолекулярного взаимодействия;

в) воображаемый газ, у которого можно пренебречь размерами молекул и силами межмолекулярного взаимодействия

Ответ: _____

2. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Формулировка: «Каждый компонент распространен во всем объеме газовой смеси и создает в ней такое давление, какое он создавал бы, занимая весь объем при температуре смеси» относится к закону …

а) Авогадро
б) Ньютона
в) Дальтона
г) Амага
Ответ: _____

3. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Уравнение состояния идеальных газов
а) PV = RT
б) PV = mRT
в) P/T = const
Ответ: _____

4. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

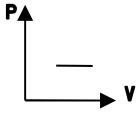
$м^3$/кг – это единицы измерения … а) плотности
б) удельного объема
в) молярной массы
г) абсолютного давления
Ответ: _____

5. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Сила, действующая перпендикулярно поверхности – это …
а) масса
б) температура
в) давление
г) объем
Ответ: _____

6. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Изопроцесс, представленный на рисунке, является …



а) адиабатным
б) изохорным
в) изобарным
г) изотермическим
Ответ: _____

7. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Закон определяющий зависимость объема идеального газа от температуры при постоянном давлении …

а) Шарля
б) Гей-Люссака
в) Бойля-Мариотта
г) Авогадро

Ответ: _____

8. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Закон Гей-Люссака $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ соответствует процессу …

а) изохорному
б) изобарному
в) изотермическому
г) адиабатному

Ответ: _____

9. *Выберите* ***три*** *варианта ответа и запишите через запятую буквы, под которыми они указаны, в пустой строке.*

Основные газовые законы … а) Ньютона
б) Шарля
в) Гей-Люссака
г) Бойля-Мариотта

Ответ: _____

10. *Выберите* ***три*** *варианта ответа и запишите через запятую буквы, под которыми они указаны, в пустой строке.*

Основные термодинамические параметры газов

а) абсолютная температура
б) удельный объем
в) атмосферное давление
г) абсолютное давление

Ответ: _____

2.2 Тема 2. Термодинамические процессы и циклы

В данном разделе предусмотрено изучение теоретического материала на лекциях, решение практических задач, выполнение лабораторных работ. Материал данного раздела тесно переплетается с материалом дисциплин «Физико-химические основы развития и тушения пожаров».

1-й закон термодинамики

- Теплоёмкость газов. Массовая, объемная и молярная теплоемкости.

Теплоемкость при постоянных объеме и давлении. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Средняя и истинная теплоемкости.

- Сущность первого закона термодинамики. Формулировка первого закона термодинамики. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.

Определение работы и теплоты через термодинамические параметры состояния. Внутренняя энергия. Энтальпия.

- Теплоемкость с точки зрения молекулярно-кинетической теории.

2-й закон термодинамики

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

- Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Принцип действия поршневых ДВС. Циклы с изохорным и изобарным подводом тепла. Цикл со смешанным подводом теплоты. Изображение циклов в pv- и Ts- диаграммах. Термические и эксергические КПД циклов ДВС. Сравнительный анализ термодинамических циклов ДВС.

- Циклы газотурбинных установок.

Вопросы для самоконтроля

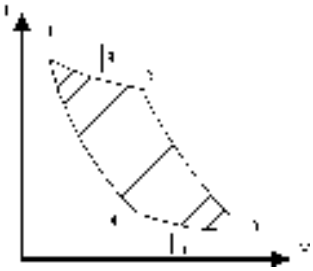
1. Понятие о количестве теплоты и теплоемкости.
2. Виды теплоёмкости по способу нагрева. Сравнение. Уравнение Майера.
3. Зависимость теплоёмкости от температуры.
4. Термодинамическая система. Уравнение состояния. Термодинамический процесс.
5. Работа и внутренняя энергия.
6. 1-й закон термодинамики.
7. Характеристика изотермического процесса.
8. Характеристика изобарного процесса.
9. Характеристика изохорного процесса.
10. Характеристика адиабатного процесса
11. Характеристика политропного процесса.
12. Химическая термодинамика.
13. Термодинамические циклы.
14. 2-й закон термодинамики.

15. Круговые циклы. Прямой, обратный циклы.
16. Цикл Карно.
17. ДВС с изохорным подводом тепла.
18. ДВС с изобарным подводом тепла.
19. ДВС со смешанным подводом тепла.
20. Газотурбинные установки.
21. Паросиловые установки.
22. Циклы холодильных установок.
23. Циклы компрессорных установок.

Тесты для самоконтроля

1. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Тип цикла ДВС, представленного на рисунке соответствует циклу …



а) Дизеля
б) Карно
в) Отто
г) Тринклера

Ответ: _____

2. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Двигатель Дизеля – это двигатель с …
а) изобарным подводом тепла
б) изохорным подводом тепла
в) изотермическим подводом тепла
г) адиабатным подводом тепла

Ответ: _____

3. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

«Все подведенное к системе тепло идет на изменение внутренней энергии и на совершение системой работы против внешних сил» является формулировкой …
а) первого закона термодинамики
б) закона Ньютона
в) второго закона термодинамики
г) третьего закона термодинамики

Ответ: _____

4. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

При расширении газа совершается …

а) положительная работа
б) отрицательная работа
в) работа не совершается
Ответ: _____

5. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Переход термодинамической системы из одного состояния в другое, который всегда связан с нарушением равновесия системы

а) термодинамический цикл
б) термодинамический процесс
в) термодинамическая система
Ответ: _____

6. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Теплоемкости c_p и c_v связаны между собой уравнением …

а) Милликена
б) Ньютона
в) Майера
г) Шарля
Ответ: _____

7. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Расчет теплоты, соответствующий формуле $Q = m\,C_P\,(T_2 - T_1)$, характерен для процесса …

а) адиабатного
б) изохорного
в) изобарного
г) изотермического
Ответ: _____

8. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Уравнение для изменения внутренней энергии газа в изобарном процессе имеет вид:

а) $\Delta U = m \cdot c_p \cdot (T_1 - T_2)$

б) $\Delta U = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1)$

в) $\Delta U = m \cdot c_V \cdot (T_2 - T_1)$

г) $\Delta U = m \cdot c_V \cdot (T_1 - T_2)$

Ответ: _____

9. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Цикл тепловых двигателей предназначен ...

а) для преобразования теплоты в работу

б) для переноса теплоты от более нагретого тела к менее нагретому

в) для передачи теплоты от более холодного тела к менее холодному

Ответ: _____

10. *Выберите* ***три*** *варианта ответа и запишите через запятую буквы, под которыми они указаны, в пустой строке.*

Двигатель Отто состоит из …

а) поршня

б) впускного клапана и выпускного клапана

в) форсунки

г) свечи

Ответ: _____

2.3 Тема 3. Термодинамика потоков

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

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

Вопросы для самоконтроля

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

Тесты для самоконтроля

1. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

В канале обычно считают течение жидкости или газа одномерным, т.е. когда …

а) температура, давление и скорость среды по поперечному сечению канала постоянны и меняются лишь вдоль оси Ох канала;

б) температура среды по поперечному сечению канала постоянна и меняется лишь вдоль оси Ох канала;

в) давление и скорость среды по поперечному сечению канала постоянны и меняются лишь вдоль оси Ох канала;

г) скорость среды по поперечному сечению канала постоянна и меняется лишь вдоль оси Ох канала.

Ответ: _____

2. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Расход жидкости - это …

а) количество жидкости, протекающее через поперечное сечение потока (трубопровода) в единицу времени;

б) объем жидкости, протекающий через поперечное сечение потока (трубопровода) в единицу времени;

в) количество жидкости, протекающее через поперечное сечение потока (трубопровода).

Ответ: _____

3. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Стационарный поток … а) при движении жидкости (газа) скорость частиц потока, а также плотность, температура, давление и другие факторы, влияющие на движение жидкости (газа), не изменяются во времени в каждой фиксированной точке пространства, через которую проходит жидкость (газ).

б) при движении жидкости (газа) скорость частиц потока, а также плотность, температура, давление и другие факторы, влияющие на движение жидкости (газа), изменяются во времени в каждой фиксированной точке пространства, через которую проходит жидкость (газ).

Ответ: _____

4. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Сопло - это канал …

а) расширяющийся в направлении движения потока

б) сужающийся в направлении движения потока

в) имеющий постоянную площадь сечения

Ответ: _____

5. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Диффузор - это канал… а) расширяющийся в направлении движения потока

б) сужающийся в направлении движения потока

в) имеющий постоянную площадь сечения

Ответ: _____

6. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Увеличение скорости потока в канале возможно при …

а) увеличении давления

б) уменьшении давления

в) увеличении объема жидкости

г) уменьшении объема жидкости

Ответ: _____

7. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Дросселирование - это …

а) необратимый процесс протекания газа (пара) через местное сопротивление, в результате которого понижается давление газа без совершения им технической работы;

б) обратимый процесс протекания газа (пара) через местное сопротивление, в результате которого понижается давление газа без совершения им технической работы;

в) необратимый процесс протекания газа (пара) через местное сопротивление, в результате которого повышается давление газа без совершения им технической работы;

г) обратимый процесс протекания газа (пара) через местное сопротивление, в результате которого повышается давление газа без совершения им технической работы.

Ответ: _____

8. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Эжектирование - это процесс приведения в движение газа под действием …

а) разности температур

б) разности объемов

в) разрежения, создаваемого другим газом, движущимся с меньшей скоростью

г) разрежения, создаваемого другим газом, движущимся с большой скоростью

Ответ: _____

9. *Выберите* ***три*** *варианта ответа и запишите через запятую буквы, под которыми они указаны, в пустой строке.*

Движущей силой при истечении жидкостей является разность …

а) объемов

б) давлений

в) температур

г) цвета жидкостей

д) уровней жидкостей

е) плотностей жидкостей

Ответ: _____

10. *Выберите* ***три*** *варианта ответа и запишите через запятую буквы, под которыми они указаны, в пустой строке.*

Местное сопротивление потоку создают установленные в трубопроводе …

а) объемов

б) давлений

в) температур

г) цвета жидкостей

д) уровней жидкостей

е) плотностей жидкостей

Ответ: _____

2.4 Тема 4. Теплопроводность

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

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

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

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

Вопросы для самоконтроля

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

Тесты для самоконтроля

*Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Конвекция - это …

а) процесс распространения тепла вследствие переноса массы жидкости или газа из одной части пространства в другую с различной температурой

б) процесс распространения тепла путем превращения тепловой энергии в энергию электромагнитных волн и наоборот

в) способность материальных тел проводить тепловую энергию от более нагретых частей тела к менее нагретым частям тела путём хаотического движения частиц тела

г) способность материальных тел проводить тепловую энергию от менее нагретых частей тела к более нагретым частям тела путём хаотического движения частиц тела

Ответ: _____

2. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Температурный градиент …

а) предел отношения изменения температуры Δt к расстоянию между изотермами по нормали Δn;

б) является вектором, направленным по нормали к изотермической поверхности из точки 0;

в) выражает изменение температуры в градусах, приходящееся на 1 м расстояния между изотермическими поверхностями по нормали.

Ответ: _____

3. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Закон теплопроводности Фурье выражается формулой …

а) $dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau$

б) $Q = cm(t_1 - t_2)$

в) $Q = \frac{\lambda}{\delta}(t_1 - t_2)F\tau$

г) $d^2Q = \frac{E_0}{\pi} dF d\omega cos\varphi$

Ответ: _____

4. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Когда температура в различных точках пространства не изменяется во времени, то температурное поле называется …

а) изотропным

б) стационарным

в) нестационарным

г) неустановившимся

Ответ: _____

5. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Аргумент, выражаемый зависимостью $A = x / 2 \cdot \sqrt{a_t \cdot \tau}$ называется аргументом …

а) Кирхгофа

б) Крампа

в) Больцмана

г) Авогадро

Ответ: _____

6. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Процесс теплообмена между двумя теплоносителями, разделенными твердой стенкой, называется …

а) тепловым излучением

б) теплоотдачей

в) теплопроводностью

г) теплопередачей

Ответ: _____

7. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Процесс переноса тепла внутри тела, за счёт взаимодействий макрочастиц с разной температурой называется …

а) тепловое излучение

б) фазовый переход

в) теплопроводность

г) конвекция

д) сложный теплообмен

Ответ: _____

8. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Показывает тепловой поток в ваттах, который проходит через тело на площади изотермической поверхности 1 $м^2$ при расстоянии между изотермическими поверхностями 1 м и разности температур между ними 1 градус.

а) тепловое излучение

б) плотность теплового потока

в) коэффициент теплопроводности

г) коэффициент теплопередачи

Ответ: _____

9. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Основное уравнение теплопроводности $Q = -\lambda \mathrm{grad}t \cdot F$ называется уравнением/законом …

а) Ньютона-Рихмана

б) Фурье

в) Менделеева-Клапейрона

г) неразрывности

д) Бойля-Мариотта

е) Ламберта

Ответ: _____

10. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Критерий Нуссельта является критерием подобия …

а) гидродинамического

б) механического

в) геометрического

г) теплового

Ответ: _____

2.5 Тема 5. Конвективный теплообмен

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

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

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

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

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

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

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

Вопросы для самоконтроля

1. Конвекция.
2. Закон Ньютона-Рихмана.
3. Интенсивность конвективного теплообмена.
4. Конвективный теплообмен при конвекции в большом объеме.
5. Коэффициент теплоотдачи.
6. Конвективный теплообмен при конвекции в прослойках.
7. Критерии подобия. Их физический смысл.

Тесты для самоконтроля

1. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Конвективная теплоотдача – это перенос теплоты …

а) вследствие движения и перемещения макроскопических объемов газа или жидкости;

б) вследствие хаотичного (теплового) движения микрочастиц (атомов, молекул, свободных электронов);

в) в пространстве с помощью электромагнитных волн;

г) возникающий между двумя соприкасающимися твёрдыми телами

Ответ: _____

2. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Условия задания исходных величин на границах тела на весь период нагревания или охлаждения …

а) температурный градиент

б) граничные условия

в) коэффициент теплопроводности

г) коэффициент теплопередачи

Ответ: _____

3. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Закон теплопроводности установил …

а) Ньютон-Рихман

б) Фурье

в) Больцман

г) Ньютон

Ответ: _____

4. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Для большинства материалов и веществ коэффициент теплопроводности с увеличением температуры тела изменяется следующим образом … а) возрастает

б) уменьшается

в) не изменяется

г) не зависит от температуры

Ответ: _____

5. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Вид теплообмена, при котором внутренняя энергия передаётся струями и потоками самого вещества называется …

а) тепловое излучение
б) фазовый переход
в) теплопроводность
г) конвекция
д) сложный теплообмен
Ответ: _____

6. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Выражение λ/δ соответствует …
а) тепловой проводимости
б) термическому сопротивлению
в) изотермической поверхности
г) коэффициенту теплопередачи
Ответ: _____

7. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

В металлах теплопроводность осуществляется путем …
а) диффузии атомов и молекул
б) упругих волн
в) диффузии электронов
Ответ: _____

8. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Совокупность значений температуры в данный момент времени для всех точек пространства, называется …
а) изотермическая поверхность
б) температурное поле
в) температурным градиентом
г) стационарное поле
Ответ: _____

9. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Единицы измерения теплового потока …
а) Вт/м^2·°С
б) Вт
в) Вт/м^2
г) Вт/м^2·К
Ответ: _____

10. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Уравнение Ньютона-Рихмана …

а) $q = \alpha(t_w - t_f)$

б) $q = \alpha(t_f - t_w)$

в) $Q = -\lambda \mathrm{grad} t \cdot F$

г) $F = ma$

Ответ: _____

2.6 Тема 6. Тепловое излучение

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

Вопросы для самоконтроля

1. Сущность теплового излучения.
2. Закон Стефана-Больцмана.
3. Закон Кирхгофа.
4. Следствия из закона Кирхгофа.
5. Закон Ламберта.
6. Варианты теплообмена между телами.
7. Пожарная опасность, критическая плотность облучения.
8. Излучение продуктов сгорания.
9. Теплообмен между продуктами сгорания и твердыми телами.
10. Излучение факела.
11. Природа излучения пламени.
12. Горение газов, жидких и твердых веществ.
13. Излучение факела на пожаре.
14. Способы защиты от теплового излучения.
15. Виды тепловых экранов.

Тесты для самоконтроля

1. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Единицы измерения плотности теплового потока …

а) Вт/м^2·ºС

б) Вт

в) Дж

г) Вт/м^2

Ответ: _____

2. *Выберите **один** вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Тепловым излучением называется процесс переноса теплоты …

а) вследствие движения и перемещения макроскопических объемов газа или жидкости;

б) вследствие хаотичного (теплового) движения микрочастиц (атомов, молекул, свободных электронов);

в) в пространстве с помощью электромагнитных волн;

г) возникающий между двумя соприкасающимися твёрдыми телами.
Ответ: _____

3. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Задачей расчетов лучистого теплообмена является нахождение результирующих потоков излучения …

а) на всех поверхностях, входящих в данную систему;

б) только на всех вертикальных поверхностях, входящих в данную систему;

в) только на всех горизонтальных поверхностях, входящих в данную систему.
Ответ: _____

4. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Формулировка «Излучательная способность абсолютно черного тела возрастает пропорционально четвертой степени его абсолютной температуры» соответствует закону …

а) Фурье

б) Стефана-Больцмана

в) Вина

г) Планка
Ответ: _____

5. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Существенное отличие лучистого теплообмена от других видов теплообмена заключается в том, что…

а) он может протекать и при отсутствии материальной среды, разделяющей поверхности теплообмена;

б) он не может протекать при отсутствии материальной среды, разделяющей поверхности теплообмена
Ответ: _____

6. *Выберите* ***один*** *вариант ответа и запишите букву, под которой он указан, в пустой строке.*

Спектр излучения абсолютно черного тела определяется …

а) только его температурой;

б) только площадью поверхности тела;

в) площадью поверхности тела и температурой;

г) только объемом тела
Ответ: _____

7. *Выберите* ***два*** *варианта ответа и запишите через запятую буквы, под которыми они указаны, в пустой строке.*

Лучистый теплообмен играет значительную роль в процессах теплообмена, происходящих при температурах …

а) ниже 100 °С

б) ниже 500 °С

в) ниже 1000 °С

г) выше 1000 °С

д) около 1000 °С

Ответ: _____

8. *Выберите **три** варианта ответа и запишите через запятую буквы, под которыми они указаны, в пустой строке.*

К основным видам передачи тепла относят …

а) тепловое излучение

б) фазовый переход

в) теплопроводность

г) конвекция

д) течение жидкости

е) сложный теплообмен

Ответ: _____

9. *Выберите **три** варианта ответа и запишите через запятую буквы, под которыми они указаны, в пустой строке.*

Лучистая энергия, падающая в процессе лучистого теплообмена на поверхность непрозрачного тела и характеризующаяся значением потока падающего излучения $Q_{пад}$, …

а) частично отражается телом

б) частично поглощается телом

в) полностью отражается телом

г) частично пропускается телом

д) полностью поглощается телом

е) полностью пропускается телом

Ответ: _____

10. *Выберите **три** варианта ответа и запишите через запятую буквы, под которыми они указаны, в пустой строке.*

К законам теплового излучения относятся законы …

а) Вина

б) Планка

в) Паскаля

г) Ньютона

д) Стефана-Больцмана

е) Менделеева-Клапейрона

Ответ: _____

3. Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации

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

1. Предусмотрите как можно больше времени для подготовки. Если Вы оставляете основную работу на последний момент, это снижает Ваши шансы на успех. Развивается состояние стресса, снижается способность к концентрации.

2. Составьте расписание занятий. Спланировать подготовку к зачетам нужно за несколько недель до их начала (лучше всего - в начале семестра). Твердо следуйте намеченному плану.

3. Отдыхайте. Усердная подготовка – очень тяжелая работа. Важно время от времени давать себе возможность расслабиться. Предусмотрите в своем расписании время на отдых.

4. Делайте перерывы. После часа занятий сделайте 15 - 20-минутный перерыв и с новыми силами возвращайтесь к продуктивной работе.

5. Контролируйте степень готовности. Используйте список вопросов к зачету, чтобы отслеживать степень усвоения материала. Отмечайте уже проработанные вопросы. Сконцентрируйте свое внимание на тех вопросах, которые Вы знаете хуже.

6. Делайте краткие записи. Часто подготовка оказывается не очень эффективной, если Вы просто читаете материал. Делайте краткие записи, отмечая ключевые мысли. Старайтесь не просто запомнить факты, а понять стоящие за ними идеи.

7. Тренируйтесь отвечать на вопросы. Проработав каждую тему, попробуйте ответить на проверочные вопросы. Некоторые из них приведены в разделе «Контрольные вопросы» после каждой темы. Вначале Вам, возможно, потребуется заглядывать в книгу или конспект, но к концу подготовки Вы сможете отвечать на вопросы самостоятельно, как на зачете. Старайтесь проговаривать ответы на вопросы вслух, это способствует более глубокому усвоению материала и является хорошей тренировкой перед зачетом.

Критерии оценки устного ответа

1. Соответствие ответа поставленному вопросу.
2. Полнота ответа, глубина знаний.
3. Владение терминологией, отчетливость и точность формулировки понятий.
4. Логичность изложения материала.
5. Аргументированность ответа (присутствие и доказательность примеров).
6. Использование знаний из других учебных дисциплин и дополнительного материала.
7. Культура речи.
8. Правильность решения и оформления задачи.

Оценка за ответ на зачете выставляется в следующем порядке:

«отлично», если курсант (студент) глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справля-

ется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать материал, не допускает ошибок;

«хорошо», если курсант (студент) твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий;

«удовлетворительно», если курсант (студент) усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, не совсем правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий;

«неудовлетворительно», если курсант (студент) не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большим затруднением выполняет практические задания (задачи).

4. Словарь терминов по дисциплине «Теплофизика»

ЗАКОН ГЕССА - тепловой эффект химической реакции не зависит от пути ее протекания (промежуточных стадий), а определяется лишь начальным и конечным состоянием системы (т.е. состоянием исходных веществ и продуктов реакции).

ОБРАТИМЫЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС – процесс перехода термодинамической системы из одного состояния в другое, который может протекать как в прямом, так и в обратном направлении, через те же промежуточные состояния без каких бы то ни было изменений в окружающей среде.

РАБОТА ПРОЦЕССА – энергия, передаваемая одним телом другому телу при их взаимодействии, не зависящая от температуры этих тел и не связанная с переносом вещества от одного тела к другому.

РАВНОВЕСНЫЙ ПРОЦЕСС – процесс, рассматриваемый как непрерывный ряд равновесных состояний системы.

РАВНОВЕСНОЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ – состояние, в которое приходит система при постоянных внешних условиях, характеризующееся неизменностью во времени термодинамических параметров и отсутствием в системе потоков вещества и теплоты.

РЕЛАКСАЦИЯ – процесс перехода системы из неравновесного состояния в равновесное.

ТЕМПЕРАТУРА - величина, выражающая состояние внутреннего движения равновесной системы, имеющая одно и то же значение у всех частей сложной равновесной системы независимо от числа частиц в них и определяемая внешними параметрами и энергией, относящимися к каждой такой части.

ТЕПЛОЕМКОСТЬ – количество теплоты, поглощаемой (выделяемой) телом в процессе охлаждения на 1 кельвин.

ТЕПЛОТА ПРОЦЕССА – энергия, передаваемая одним телом другому при их взаимодействии, зависящая только от температуры этих тел и не связанная с переносом вещества от одного тела к другому.

ТЕРМОДИНАМИКА – наука о превращения энергии при различных процессах, происходящих с макроскопическими телами, о наиболее общих физических свойствах макроскопических систем.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ – физические величины, характеризующие состояние термодинамической системы.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС – изменение состояния системы, характеризующееся изменением ее термодинамических параметров.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА – совокупность тел, способных энергетически взаимодействовать между собой и с другими телами и обмениваться с ними веществом.

ФУНКЦИИ СОСТОЯНИЯ – функции независимых параметров, определяющих равновесное состояние термодинамической системы, т.е. это величины, не зависящие от предыстории системы и полностью определяемые ее состоянием в данный момент.

ЭНЕРГИЯ - общая количественная мера движения и взаимодействия всех видов материи.

ЭНТАЛЬПИЯ – функция состояния термодинамической системы, выражающая количество теплоты, которое выделяется или поглощается системой в результате протекания химической реакции.

ЭНТРОПИЯ - функция состояния термодинамической системы, характеризующая направление протекания самопроизвольных процессов в этой системе и являющаяся мерой их необратимости.