

**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  
по организации внеаудиторной работы  
обучающихся по дисциплине  
«Термодинамика, теплопередача  
и гидравлика»**

Специальность  
20.02.04 Пожарная безопасность

Направленность  
«Тушение и профилактика пожаров»

**Иваново 2023**

**Петров А.Н.**

Методические рекомендации по изучению дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» по специальности 20.02.04 «Пожарная безопасность» – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2023. – 34 с.

Методические рекомендации содержат краткое изложение дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего специального образования и основной профессиональной образовательной программы среднего специального образования по специальности 20.02.04 «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 № 8 от «23» марта 2023 г.

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

Протокол № 14 от «10» мая 2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Наименование раздела	Стр.
1.	Введение	4
2.	Методические рекомендации по изучению тем дисциплины	8
2.1	Тема 1. Термодинамика	8
2.2	Тема 2. Теплопередача	10
2.3	Тема 3. Основные законы гидростатики	13
2.4	Тема 4. Основы гидродинамики	15
2.5	Тема 5. Режимы движения жидкостей	17
3.	Общие рекомендации по работе с литературой	19
4.	Правила рационального запоминания	20
5.	Логические принципы построения решения задач	23
6.	Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации	24
7.	Словарь терминов по дисциплине «Термодинамика, теплопередача и гидравлика»	28

## ВВЕДЕНИЕ

Предметом изучения дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» являются законы превращения энергии в различных процессах и сопровождающихся тепловыми эффектами, способы переноса теплоты в твердых, жидких и газообразных телах, а также законы покоя и движения жидкостей.

Цель изучения дисциплины состоит в формировании у обучающихся систематизированных теоретических знаний и комплекса практических умений в области термодинамики, теплопередачи и гидравлики, что позволит им компетентно решать профессиональные задачи пожарной безопасности. Глубокое понимание обучающимися вопросов термодинамики, теплопередачи и гидравлики обеспечит успешную борьбу с пожарами.

Целью освоения учебной дисциплины является достижение следующих результатов образования:

в результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь:**

- использовать законы идеальных газов при решении задач;
- решать задачи по определению количества теплоты с помощью значений теплоемкости и удельной теплоты сгорания топлива;
- определять коэффициенты теплопроводности и теплоотдачи расчетным путем;
- осуществлять расчеты гидравлических параметров: напор, расход, потери напоров, гидравлических сопротивлений;
- осуществлять расчеты избыточных давлений при гидроударе, при движении жидкости;

в результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать:**

- предмет термодинамики и его связь с другими отраслями знаний;
- основные понятия и определения, смеси рабочих тел;
- законы термодинамики;
- реальные газы и пары, идеальные газы;
- газовые смеси;
- истечение и дросселирование газов;
- термодинамический анализ пожара, протекающего в помещении;
- термодинамику потоков, фазовые переходы, химическую термодинамику;
- теорию теплообмена: теплопроводность, конвекцию, излучение, теплопередачу;
- топливо и основы горения, теплогенерирующие устройства;
- термогазодинамику пожаров в помещении;
- теплопередачу в пожарном деле;
- основные законы равновесия состояния жидкости;
- основные закономерности движения жидкости;
- принципы истечения жидкости из отверстий и насадок;
- принципы работы гидравлических машин и механизмов.

Перечисленные результаты образования являются основой для формирования следующих **профессиональных** компетенций, соответствующих основным видам профессиональной деятельности:

ПК 1.5. Выполнять работы по эксплуатации первичных средств пожаротушения и установок пожаротушения.

ПК 2.2. Организовывать противопожарный режим на объекте защиты.

ПК 2.4. Осуществлять контроль за соблюдением противопожарного режима на объекте защиты.

ПК 2.6. Осуществлять контроль за состоянием противопожарного водоснабжения в районе выезда подразделения.

Дисциплина «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» входит в состав общепрофессиональных дисциплин профессионального цикла обязательной части учебных циклов программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) по специальности 20.02.04 Пожарная безопасность.

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

#### Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов
Максимальная учебная нагрузка (всего)	88
<b>Аудиторная учебная работа (всего)</b>	<b>60</b>
в том числе:	
лекционные занятия	28
практические занятия	20
семинарские занятия	-
контрольные работы	-
лабораторные занятия	12
<b>Самостоятельная работа обучающегося (всего)</b>	<b>28</b>
в том числе:	
выполнение расчетно-графической работы	-
внеаудиторная самостоятельная работа	28
<b>Промежуточная аттестация в форме экзамена</b>	

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

## Литература

### а) основная литература

1. Ерофеев В.Л. Теплотехника: в 2 т. / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов. - М. : Юрайт, 2018. Т.1 : Термодинамика и теория теплообмена : учебник для СПО / ред.: В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин. - 2018. - 308 с
2. Ерофеев В.Л. Теплотехника: в 2 т. / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов. - М. : Юрайт, 2018. Т.2 : Энергетическое использование теплоты : учебник для СПО / ред.: В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин. - 2018. - 199 с.
3. Теплотехника. Практикум: учеб. пособие для СПО / ред.: В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин. - М. : Юрайт, 2018. - 395 с.
4. Термодинамика, теплопередача и гидравлика. В 2-х ч. Ч.1. Термодинамика и теплопередача: Учебник / К.А.Рейтер-М.:КУРС,2020.-176с.
5. Термодинамика, теплопередача и гидравлика. В 2-х ч. Ч.2. Гидравлика: Учебник / К.А. Рейтер-М.:КУРС,2020.-184 с.

### б) дополнительная литература

6. Абросимов Ю.Г., Жучков В.В., Болдырев Е.Н., Пименов А.А., Карасев Ю.Л. Гидравлика. Учебник. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2016.- 312 с
7. Сторонкина, Ольга Владимировна. Лабораторный практикум по дисциплинам «Теплофизика» и «Теплотехника»: учебное пособие / О. В. Сторонкина, Г.Е. Назаров, М.С. Маршалов. - Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2015. - 111 с.
8. Гидравлика. Примеры и задачи [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Б. Бубнов [и др.]. - Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2017. - 130 с.
9. Сторонкина О.Е., Назаров Г.Е., Маршалов М.С. Лабораторный практикум Теплофизика и Теплотехника. Учебное пособие. - Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2015. – 112 с.

### в) нормативная литература

10. СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru).
11. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru).
12. Федеральный закон от 22.07.08 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru)

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

13. [www.vniipo.ru](http://www.vniipo.ru).
14. [www.gost.ru](http://www.gost.ru).
15. [www.mchs.gov.ru](http://www.mchs.gov.ru)
16. Цифровая среда Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. – Режим доступа: <http://192.168.32.106/eduserver/>
17. Электронная библиотека академии <http://Bibliomchs37.ru>.
18. Единая ведомственная электронная библиотека МЧС России сеть Интранет по адресу: 10.46.0.45.

19. ЭБС «Юрайт»

20. Национальная электронная библиотека

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### Тема 1. Термодинамика

**Цель:** ознакомить обучающихся с основными параметрами идеальных газов, термодинамическими процессами, и законами термодинамики, особенностями истечение газов и жидкостей, а также с расчетом и анализом основных термодинамических процессов.

#### Методические рекомендации по изучению темы

Данная тема дает общие представления о термодинамических процессах, законам термодинамики и особенностями истечение газов и жидкостей при различных условиях.

В данной теме предусмотрено изучение теоретического материала, решение практических задач и выполнение лабораторной работы.

1. Изучите данную тему с использованием материала лекций и учебной литературы.
2. Запомните определения основных понятий.
3. Подготовьтесь к лабораторной работе.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Идеальный газ. Рабочее тело. Характерные свойства газа.
2. Основные параметры, единицы измерения.
3. Виды давления, единицы измерения, приборы.
4. Температура, системы и единицы измерения.
5. Основное уравнение состояния для газов.
6. Уравнение Клапейрона. Практическое значение.
7. Универсальная газовая постоянная, физический смысл, размерность.
8. Газовая постоянная, физический смысл, размерность.
9. Основные газовые законы.
10. Закон Бойля-Мариотта, практическое проявление.
11. Закон Гей-Люссака, практическое проявление.
12. Закон Шарля, практическое проявление.
13. Газовые смеси, основные параметры. Закон Дальтона.
14. Способы задания газовых смесей. Закон Амага.
15. Газовая постоянная и молекулярная масса смеси.
16. Теплоёмкость, виды теплоёмкости.
17. Зависимость теплоёмкости от температуры.
18. Термодинамическая система. Уравнение состояния. Термодинамический процесс.
19. Работа и внутренняя энергия.
20. 1-й закон термодинамики.
21. Характеристика изотермического процесса.



22. Характеристика изобарного процесса.
23. Характеристика изохорного процесса.
24. Характеристика адиабатного процесса
25. Химическая термодинамика.
26. Термодинамические циклы.
27. 2-й закон термодинамики.
28. Цикл Карно, Термический КПД.

**Опорные термины по теме «Термодинамика»:**

идеальный газ, рабочее тело, объем, давление, температура, теплоемкость, газовая постоянная.

**Тесты для самоконтроля**

1	Основные термодинамические параметры газов:	а) абсолютная температура; б) удельный объем; в) атмосферное давление.
2	Реальный газ – это воображаемый газ, у которого можно пренебречь размерами молекул и силами межмолекулярного взаимодействия.	а) да; б) нет
3	Основные газовые законы:	а) закон Ньютона; б) закон Шарля; в) закон Гей-Люссака; г) закон Бойля-Мариотта.
4	Каждый компонент распространен во всем объеме газовой смеси и создает в ней такое давление, какое он создавал бы, занимая весь объем при температуре смеси.	а) закон Авогадро; б) закон Ньютона; в) закон Дальтона.
5	Уравнение состояния идеальных газов.	а) $PV = \nu RT$ ; б) $PV = MT$ ; в) $P/T = \text{const}$
6	Все подведенное к системе тепло идет на изменение внутренней энергии и на совершение системой работы против внешних сил.	а) первый закон термодинамики ; б) закон Дальтона; в) второй закон термодинамики
7	Определяет зависимость объема идеального газа от температуры при постоянном давлении.	а) закон Шарля; б) закон Гей-Люссака; в) закон Бойля-Мариотта.
8	Не вся теплота, полученная от теплоотдатчика, может перейти в работу, а только часть ее. Часть теплоты, должна перейти в теплоприемник.	а) первый закон термодинамики; б) закон Фурье; в) второй закон термодинамики

### **Вопрос для самостоятельного изучения:**

Используя материал, изложенный [1] изучить вопрос:

1. Рабочий процесс в компрессоре.

### **Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме**

#### **а) основная литература**

1. Ерофеев В.Л. Теплотехника: в 2 т. / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов. - М. : Юрайт, 2018. Т.1 : Термодинамика и теория теплообмена : учебник для СПО / ред.: В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин. - 2018. - 308 с
2. Теплотехника. Практикум: учеб. пособие для СПО / ред.: В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин. - М. : Юрайт, 2018. - 395 с.
3. Термодинамика, теплопередача и гидравлика. В 2-х ч. Ч.1. Термодинамика и теплопередача: Учебник / К.А.Рейтер-М.:КУРС,2020.-176с.

#### **б) дополнительная литература**

4. Сторонкина, Ольга Владимировна. Лабораторный практикум по дисциплинам «Теплофизика» и «Теплотехника»: учебное пособие / О. В. Сторонкина, Г.Е. Назаров, М.С. Маршалов. - Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2015. - 111 с.

#### **в) нормативная литература**

5. Федеральный закон от 22.07.08 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru)

## **Тема 2. Теплопередача**

**Цель:** ознакомить обучающихся с видами теплообмена и теплопередачей, а также теплопроводностью при стационарном и нестационарном режиме.

### **Методические рекомендации по изучению темы**

Данная тема раскрывает сущность теплопроводности, теплопередачи и виды теплообмена, что чрезвычайно важно при оценке пожароопасности зданий, сооружений и отдельных помещений.

В данной теме предусмотрено изучение теоретического материала, решение практических задач и выполнение лабораторной работы.

1. Изучите данную тему с использованием материала лекций и учебной литературы.
2. Запомните определения основных понятий.
3. Подготовьтесь к лабораторной работе.

### **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.
8. Конвекция. Закон Ньютона – Рихмана.
9. Интенсивность конвективного теплообмена. Коэффициент теплоотдачи.
10. Критерии подобия. Их физический смысл.
11. Частные случаи конвективного теплообмена (конвективный теплообмен в большом объеме и теплообмен в прослойках).
12. Лучистый теплообмен.
13. Основные законы лучистого теплообмена.
14. Излучение факела.
15. Тепловые экраны. Виды, назначение, методика расчёта отражающих экранов.
16. Площадь факела. Минимально – безопасные расстояния.

**Опорные термины** по теме «Теплопередача»:

теплопроводность, коэффициент теплопроводности, температурный градиент, теплопередача, конвекция, лучистый теплообмен, теплоноситель, тепловой экран.

**Тесты для самоконтроля**

1.	В каком из перечисленных тел теплопередача происходит главным образом путем теплопроводности?	а) воздух. б) кирпич. в) вода.
2.	Какой кирпич обеспечит лучшую теплоизоляцию здания: обыкновенный или пористый?	а) обыкновенный. б) пористый. в) оба. Г) оба не смогут обеспечить теплоизоляцию.
3.	Какой вид теплопередачи сопровождается переносом вещества?	а) только конвекция. б) только теплопроводность. в) только излучение. г) конвекция, теплопроводность. д) конвекция, излучение. е) конвекция, теплопроводность, излучение. ж) теплопроводность, излучение.
4.	Стальную пластину поместили на горячую электрическую плиту. Каким способом при этом изменяется внутренняя энергия пластины?	а) теплопередачей. б) совершением работы. в) теплопередачей и совершением работы.
5.	Теплопроводность – это перенос теплоты путем...	а) соприкосновения частиц тел или их элементов б) перемещения элементарных объемов

		в) электромагнитных волн
6.	Коэффициент теплопередачи через ограждение определяется	а) разностью температур б) термическим сопротивлением материалов в) толщины ограждения
7.	Перенос теплоты от одного тела к другому, а также между частицами данного тела происходит	а) только при наличии разности температур и направлен всегда в сторону более низкой температуры б) только при наличии разности температур и направлен всегда в сторону более высокой температуры в) всегда в сторону более высокой температуры
8.	Величина, обратная коэффициенту теплопередачи, называется	а) потерей тепла б) термическим сопротивлением теплопередаче в) суммой частных сопротивлений

### **Вопросы для самостоятельного изучения**

Используя материал, изложенный [1] изучить вопрос:

1. Теплообмен при вынужденном и свободном движении теплоносителя

### **Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме**

а) основная литература

1. Ерофеев В.Л. Теплотехника: в 2 т. / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов. - М. : Юрайт, 2018. Т.1 : Термодинамика и теория теплообмена : учебник для СПО / ред.: В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин. - 2018. - 308 с
2. Теплотехника. Практикум: учеб. пособие для СПО / ред.: В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин. - М. : Юрайт, 2018. - 395 с.
3. Термодинамика, теплопередача и гидравлика. В 2-х ч. Ч.1. Термодинамика и теплопередача: Учебник / К.А.Рейтер-М.:КУРС,2020.-176с.

б) дополнительная литература

4. Сторонкина, Ольга Владимировна. Лабораторный практикум по дисциплинам «Теплофизика» и «Теплотехника»: учебное пособие / О. В. Сторонкина, Г.Е. Назаров, М.С. Маршалов. - Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2015. - 111 с.

в) нормативная литература

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

### Тема. 3. Основные законы гидростатики

**Цель:** ознакомить обучающихся с основами физические свойства жидкостей и газов и их характеристиками в условиях стационарного состояния.

#### Методические рекомендации по изучению темы

Данная тема раскрывает основные физические свойства жидкостей и газов, знакомит с понятием гидростатическое давление и дает представление о характеристиках жидкости в условиях стационарного состояния.

В теме предусмотрено изучение теоретического материала, решение практических задач и выполнение лабораторной работы.

1. Изучите данную тему с использованием материала лекций и учебной литературы.
2. Запомните определения основных понятий.
3. Подготовьтесь к лабораторной работе.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Основные физические свойства жидкостей и газов.
2. Силы, действующие на жидкость.
3. Гидростатическое давление и его свойства.
4. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости.
5. Основное уравнение гидростатики.
6. Закон Паскаля.
7. Применение основного уравнения гидростатики к решению практических задач.
8. Давление жидкости на плоские стенки.
9. Давление жидкости на криволинейные поверхности.
10. Эпюры гидростатического давления.
11. Закон Архимеда.

#### Опорные термины по теме «Основные законы гидростатики»:

жидкость, гидростатика, гидростатическое давление, равновесия жидкости, уравнение гидростатики.

#### Тесты для самоконтроля

1.	Гидростатическое давление - это давление присутствующее	а) в движущейся жидкости; б) в покоящейся жидкости; в) в жидкости, находящейся под избыточным давлением; г) в жидкости, помещенной в резервуар
2.	Идеальной жидкостью называется	а) жидкость, в которой отсутствует внутреннее трение; б) жидкость, подходящая для применения; в) жидкость, способная сжиматься; г) жидкость, существующая только в определенных условиях.

3.	Сжимаемость это свойство жидкости	а) изменять свою форму под действием давления; б) изменять свой объем под действием давления; в) сопротивляться воздействию давления, не изменяя свою форму; г) изменять свой объем без воздействия давления.
4.	Раздел гидравлики, в котором рассматриваются законы равновесия жидкости называется	а) гидростатика; б) гидродинамика; в) гидромеханика; г) гидравлическая теория равновесия.
5.	Первое свойство гидростатического давления гласит	а) в любой точке жидкости гидростатическое давление перпендикулярно площадке касательной к выделенному объему и действует от рассматриваемого объема; б) в любой точке жидкости гидростатическое давление перпендикулярно площадке касательной к выделенному объему и действует внутрь рассматриваемого объема; в) в каждой точке жидкости гидростатическое давление действует параллельно площадке касательной к выделенному объему и направлено произвольно; г) гидростатическое давление неизменно во всех направлениях и всегда перпендикулярно в точке его приложения к выделенному объему.
6.	Второе свойство гидростатического давления гласит	а) гидростатическое давление постоянно и всегда перпендикулярно к стенкам резервуара; б) гидростатическое давление изменяется при изменении местоположения точки; в) гидростатическое давление неизменно в горизонтальной плоскости; г) гидростатическое давление неизменно во всех направлениях.
7.	Основное уравнение гидростатики позволяет	а) определять давление, действующее на свободную поверхность; б) определять давление на дне резервуара; в) определять давление в любой точке рассматриваемого объема; г) определять давление, действующее на погруженное в жидкость тело.
8.	Третье свойство гидростатического давления гласит	а) гидростатическое давление в любой точке не зависит от ее координат в пространстве; б) гидростатическое давление в точке зависит от ее координат в пространстве; в) гидростатическое давление зависит от плотности жидкости; г) гидростатическое давление всегда превышает давление, действующее на свободную поверхность жидкости.

### Вопросы для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный [1] изучить вопрос:

1. Эпюры гидростатического давления

### Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме

а) основная литература

1. Термодинамика, теплопередача и гидравлика. В 2-х ч. Ч.2. Гидравлика: Учебник / К.А. Рейтер-М.:КУРС,2020.-184 с.

б) дополнительная литература

2. Абросимов Ю.Г., Жучков В.В., Болдырев Е.Н., Пименов А.А., Карасев Ю.Л. Гидравлика. Учебник. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. - 312 с
3. Гидравлика. Примеры и задачи [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Б. Бубнов [и др.]. - Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2017. - 130 с.

в) нормативная литература

4. Федеральный закон от 22.07.08 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru)

### Тема 4. Основы гидродинамики

**Цель:** ознакомить обучающихся с особенностями поведения текущей жидкости и научиться проводить расчеты основных характеристик потоков жидкости.

#### Методические рекомендации по изучению темы

Данная тема раскрывает особенности физических характеристик текущей жидкости.

В рамках данной темы предусмотрено проведение лекций, практических занятий.

1. Изучите данную тему с использованием материала лекций и учебной литературы.
2. Запомните определения основных понятий.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Основные понятия гидродинамики.
2. Уравнение неразрывности (сплошности) движения.
3. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости.
4. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости.
5. Энергетический и геометрический смысл уравнения Бернулли.
6. Дифференциальные уравнения движения реальной жидкости (уравнения Навье-Стокса).
7. Подобие гидромеханических процессов.
8. Обобщенное критериальное уравнение гидродинамики.

9. Уравнение Бернулли для реальной жидкости. Графическая интерпретация уравнения Бернулли.
10. Практические приложения уравнения Бернулли.
11. Использование уравнения Бернулли для решения задач пожарной практики.

**Опорные термины** по теме «Основы гидродинамики»:

гидродинамика, неразрывность движения жидкости, идеальная жидкость, гидромеханический процесс.

**Тесты для самоконтроля**

1.	Площадь поперечного сечения потока, перпендикулярная направлению движения называется	а) открытым сечением; б) живым сечением; в) полным сечением; г) площадь расхода.
2.	Объем жидкости, протекающий за единицу времени через живое сечение называется	а) расход потока; б) объемный поток; в) скорость потока; г) скорость расхода.
3.	При неустановившемся движении, кривая, в каждой точке которой вектора скорости в данный момент времени направлены по касательной называется	а) траектория тока; б) трубка тока; в) струйка тока; г) линия тока.
4.	Если при движении жидкости в данной точке русла давление и скорость не изменяются, то такое движение называется	а) установившимся; б) неустановившимся; в) турбулентным установившимся; г) ламинарным неустановившимся.
5.	Течение жидкости без свободной поверхности в трубопроводах с повышенным или пониженным давлением называется	а) безнапорное; б) напорное; в) неустановившееся; г) несвободное (закрытое)
6.	Элементарная струйка - это	а) трубка потока, окруженная линиями тока; б) часть потока, заключенная внутри трубки тока; в) объем потока, движущийся вдоль линии тока; г) неразрывный поток с произвольной траекторией.
7.	Течение жидкости со свободной поверхностью называется	а) установившееся; б) напорное; в) безнапорное; г) свободное.
8.	Отношение живого сечения к смоченному периметру называется	а) гидравлическая скорость потока; б) гидродинамический расход потока; в) расход потока; г) гидравлический радиус потока.



### **Вопросы для самостоятельного изучения**

Используя материал, изложенный [1] изучить вопрос:

- «Приборы для изменения скорости и расхода жидкости».

### **Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме**

а) основная литература

1. Термодинамика, теплопередача и гидравлика. В 2-х ч. Ч.2. Гидравлика: Учебник / К.А. Рейтер-М.:КУРС,2020.-184 с.

б) дополнительная литература

2. Абросимов Ю.Г., Жучков В.В., Болдырев Е.Н., Пименов А.А., Карасев Ю.Л. Гидравлика. Учебник. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. - 312 с
3. Гидравлика. Примеры и задачи [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Б. Бубнов [и др.]. - Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2017. - 130 с.

в) нормативная литература

4. Федеральный закон от 22.07.08 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru)

### **Тема 5. Режимы движения жидкостей**

**Цель:** ознакомить обучающихся с режимами движения жидкостей и особенностями поведения текущей жидкости в различных условиях ее течения.

#### **Методические рекомендации по изучению темы**

Данная тема раскрывает поведение жидкости в различных условиях ее течения.

В рамках данной темы предусмотрено проведение лекций и практических занятий.

С целью глубокой проработки материала, рассматриваемого в указанной теме обучающимся рекомендуется:

1. Изучить тему с использованием материала лекций и учебной литературы.
2. Заучить определения основных понятий.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Опыт Рейнольдса, критерий Рейнольдса.
2. Режимы движения жидкостей.
3. Турбулентность и ее основные статистические характеристики.
4. Виды гидравлических сопротивлений.
5. Потери напора по длине трубопровода.
6. Местные сопротивления в трубопроводах.
7. Потери напора в пожарных рукавах.
8. Влияние режимов движения жидкости на потери напора.

9. Области трения.

10. Методы определения коэффициента внешнего трения.

11. Гидравлический расчет трубопроводов.

**Опорные термины** по теме «Режимы движения жидкостей»:

режимы движения жидкостей, ламинарность, напор, гидравлическое сопротивление, турбулентность, трение жидкости, гидравлический удар.

### Тесты для самоконтроля

1.	Ламинарный режим движения жидкости это	а) режим, при котором частицы жидкости перемещаются бессистемно только у стенок трубопровода; б) режим, при котором частицы жидкости в трубопроводе перемещаются бессистемно; в) режим, при котором жидкость сохраняет определенный строй своих частиц (движутся послойно); г) режим, при котором частицы жидкости двигаются послойно только у стенок трубопровода.
2.	При каком режиме движения жидкости в трубопроводе наблюдается пульсация скоростей и давлений в трубопроводе?	а) при ламинарном; б) при скоростном; в) при турбулентном; г) при отсутствии движения жидкости
3.	Турбулентный режим движения жидкости это	а) режим, при котором частицы жидкости сохраняют определенный строй (движутся послойно); б) режим, при котором частицы жидкости перемещаются в трубопроводе бессистемно; в) режим, при котором частицы жидкости двигаются как послойно так и бессистемно; г) режим, при котором частицы жидкости двигаются послойно только в центре трубопровода.
4.	При турбулентном движении жидкости в трубопроводе наблюдаются следующие явления	а) пульсация скоростей и давлений; б) отсутствие пульсации скоростей и давлений; в) пульсация скоростей и отсутствие пульсации давлений; г) пульсация давлений и отсутствие пульсации скоростей.
5.	Где скорость движения жидкости максимальна при турбулентном режиме?	а) у стенок трубопровода; б) в центре трубопровода; в) может быть максимальна в любом месте; г) все частицы движутся с одинаковой скоростью.
6.	От каких параметров зависит значение числа Рейнольдса?	а) от диаметра трубопровода, кинематической вязкости жидкости и скорости движения жидкости; б) от расхода жидкости, от температуры жидкости, от длины трубопровода; в) от динамической вязкости, от плотности и от скорости

		движения жидкости; г) от скорости движения жидкости, от шероховатости стенок трубопровода, от вязкости жидкости.
7.	При $Re > 4000$ режим движения жидкости	а) ламинарный; б) переходный; в) турбулентный; г) кавитационный.
8.	Критическое значение числа Рейнольдса равно	а) 2300; + б) 3200; в) 4000; г) 4600.

### Вопросы для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный [1] изучить вопрос:

- «Гидравлический удар».

### Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме

а) основная литература

1. Термодинамика, теплопередача и гидравлика. В 2-х ч. Ч.2. Гидравлика: Учебник / К.А. Рейтер-М.:КУРС,2020.-184 с.

б) дополнительная литература

2. Абросимов Ю.Г., Жучков В.В., Болдырев Е.Н., Пименов А.А., Карасев Ю.Л. Гидравлика. Учебник. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. - 312 с

3. Гидравлика. Примеры и задачи [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Б. Бубнов [и др.]. - Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2017. - 130 с.

в) нормативная литература

4. Федеральный закон от 22.07.08 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru)

### ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С ЛИТЕРАТУРОЙ

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

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

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

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

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

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

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

Различают следующие основные виды чтения:

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

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

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

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

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

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

## **ПРАВИЛА РАЦИОНАЛЬНОГО ЗАПОМИНАНИЯ**

У нашей памяти есть свойство: созданные ассоциации самопроизвольно разрушаются примерно через 40 - 60 минут, если их не закрепить повторением. Точно доказано: чтобы запомнить как следует, нужно повторять с достаточно большими интервалами. Вот алгоритм, который позволит задержать в голове максимум знаний:

***Если надо запомнить текст:***

- первый раз мысленно повторите новую информацию сразу после запоминания;
- второй раз – через 15-20 минут;
- третий раз – через 6-8 часов (обязательно в тот же день);
- четвертый раз – на следующий день;

***Если надо запомнить точную информацию (например, формулы):***

- второе повторение – через 40-60 минут;
- третье повторение – через 3-4 часа (в день запоминания);
- четвертое повторение – в течение следующего дня

**Законы памяти**

**Закон 1 - осмысления.** Чем глубже осмысление запоминаемого, тем лучше (прочнее, легче, подробнее) оно сохраняется в памяти. Пользоваться этим законом - значит максимально приблизить процессы восприятия, запоминания к процессу мышления. Выработайте привычку, читая, выделять смысловые опорные пункты - неделимые, законченные "единицы смысла". При этом на полях можно отмечать: вот первая мысль, вот вторая, вот третья. Можно придумывать каждой мысли названия, привязывать к ним зримые образы, связывать их между собой. Этих «единиц смыслов» может оказаться совсем немного, но они помогут понять и запомнить главное.

**Закон 2 - интереса.** Легко запоминается интересное. Основа формирования интереса - цель. Когда мы видим: это может понадобиться для будущей работы, становится интересно. Мысль в тексте связывается с конкретной практической необходимостью и таким образом - часто без специальных усилий запоминается.

**Закон 3 - объема знаний.** Чем больше знаний по определенной теме, тем лучше запоминается все новое. Перед чтением вспомните все, что уже известно по данной теме может быть, нужно не просто вспомнить, но и более активно "приподнять" запрятанные в глубинах памяти знания.

Если Вы хотите запомнить что-то совершенно новое, учтите, что при единовременном восприятии память способна удержать в среднем 7 объектов (от 5 до 9). Безразлично, будут ли это отдельные слова, предметы или мысли. Кладите на стол 1, 2, 3 и т. д. различных предметов и запоминайте каждый набор. Где-то после 7 при воспроизведении некоторые предметы начнут "выпадать". А далее Вы вынуждены будете группировать их. То есть, устанавливая связи внутри запоминаемого материала, Вы так или иначе начнете осмысливать его.

**Закон 4 - готовности к запоминанию.** Давно известно, что готовность к выполнению определенного действия (установка) предопределяет восприятие. На восприятие какого материала Вы настроились, что приготовились увидеть в тексте, то и увидите. Допустим, Вам надо ознакомиться с описанием некоторого технического устройства. Вы должны быть готовы к тому, что в описании встретятся: название устройства, область его применения, принцип действия, техническая и экономиче-

ская эффективность, рабочие параметры и т. п. На получение такой информации Вы настраиваетесь - такую и получите из текста.

То же самое относится к установке на время. Опыты показывают следующее. Два человека запоминают одну и ту же информацию в течение одного и того же промежутка времени. Но один - с установкой запомнить надолго, а второй - только на короткое время. При проверке - не только по прошествии длительного времени, но и сразу после запоминания - оказывается, что первый показывает лучшие результаты.

**Закон 5 - одновременных впечатлений.** Он основан на следующем: если Вам трудно вспомнить что-либо, надо вызвать в памяти максимум одновременных (смежных) впечатлений.

**Закон 6 - последовательных впечатлений.** Если Вы должны запомнить что-то целиком и близко к тексту, никогда не учите частями - только все вместе. Заучивание кусками - побочный способ запоминания. В погоне за быстрым результатом (как хочется скорее увидеть хотя бы часть уже сделанной работы!) мы повторяем несколько раз один кусок, пока не запомнится, - за ним следующий и т. д. В результате конец каждого куска - по закону последовательных впечатлений - связывается не с началом следующего, а с началом его же самого. И при воспроизведении происходит то же самое.

**Закон 7 - усиления первоначального впечатления.** Чем сильнее первое впечатление от запоминаемого, чем ярче образ, чем больше каналов, по которым идет информация, тем запоминание прочнее. Отсюда задача - всеми средствами усиливать первоначальное впечатление от запоминаемого. Существует два способа усиления первоначального впечатления: рациональный и эмоциональный. При рациональном старайтесь направлять информацию по нескольким каналам: записать то, что надо запомнить, нарисовать, проговорить, пропеть и т. п. Очень полезно обсудить, "проспорить" запоминание, особенно с лицом, придерживающимся противоположного мнения.

**Закон 8 - торможения.** Всякое последующее запоминание тормозит предыдущее. Лучший способ забыть только что заученное - сразу вслед за этим постараться запомнить сходный материал. Любая информация - чтобы быть запомненной - должна "отстояться".

Из законов памяти вытекают **три основных способа запоминания.**

**Рациональный** - основан на установлении логических, смысловых связей внутри запоминаемого материала, а также между ним и уже накопленными знаниями. Это наиболее эффективный способ.

**Механический** - его мы называем "зубрежкой". Он самый неэффективный, но, бывает, становится необходимым. Ориентируйтесь здесь на законы повторения и усиления первоначального впечатления.

**Мнемotechnический** - способ опосредованного запоминания. То, что необходимо запомнить, по определенным правилам или ассоциативно переводится в другую знаковую систему, в иные образы, которые запоминаются легче.

### **ЗАПОМНИТЕ!**

- Печаль, раздражение, неуверенность, страх - враги нам
  - Не проработав как следует одного материала, не переходите к следующему, так как в Вашей нервной системе возникает своего рода процесс торможения и одни следы парализуют другие.
- Не заставляйте себя работать, когда мозг утомлен - такое состояние мозга влечет тупое усвоение и, следовательно, неотчетливое припоминание. Лучше поработать два часа на свежую голову, чем восемь в состоянии утомления.

## **ЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

Одной из важных форм самостоятельной работы является подготовка к практическому занятию. При подготовке к практическим занятиям обучающийся должен придерживаться следующей технологии:

1. внимательно изучить основные вопросы темы и план практического занятия, определить место темы занятия в общем содержании, ее связь с другими темами;
2. найти и проработать соответствующие разделы в рекомендованных нормативных документах, учебниках и дополнительной литературе;
3. после ознакомления с теоретическим материалом ответить на вопросы для самопроверки;
4. продумать свое понимание сложившейся ситуации в изучаемой сфере, пути и способы решения проблемных вопросов;
5. продумать развернутые ответы на предложенные вопросы темы, опираясь на лекционные материалы, расширяя и дополняя их данными из учебников, дополнительной литературы.

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ**

1. Внимательно изучить условие задачи и переписать это условие.
2. Привести чертежи и схемы, необходимые для более полного понимания условия задачи и хода ее решения.
3. Записать данные в столбик, под которым, предварительно подчеркнув его, записать, что требуется определить.
4. Все представленные величины перевести в систему СИ и записать их справа от данных, отчеркнув последние вертикальной чертой.
5. Приступить к решению задачи. При решении необходимо показать весь ход решения и математические преобразования. Промежуточные и конечные величины, полученные при решении, должны сопровождаться размерностями.

6. Каждая задача должна сопровождаться развёрнутым ответом и соответствующими выводами.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Психолог советует: не бойтесь приближения экзамена. Рассматривайте его как возможность показать обширность своих знаний и получить вознаграждение за проделанную работу. Отведите себе время с запасом, особенно для дел, которые надо выполнить перед экзаменом, и приходите на экзамен незадолго до его начала. Не старайтесь повторить весь материал в последнюю минуту.

Универсальных методов для подготовки к 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 экзаменам 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 экзамену, 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 экзамене. Старайтесь проговаривать ответы на вопросы вслух, это способствует более глубокому усвоению материала и является хорошей тренировкой перед экзаменом.

### **Критерии оценки устного ответа**

Отметка «5» ставится, если обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, приводит примеры, не затрудняется с ответом при видоизменении



задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, не допускает ошибок.

Отметка «4» ставится, если обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных ошибок в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий, допускает неточности в ответе.

Отметка «3» ставится, если обучающийся 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.

Отметка «2» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке определений понятий, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «2» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

### **Критерии оценки решения задач**

Ситуационные и практические задачи представляют собой ситуации из реальных событий, которые обучающийся должен решить правильно и грамотно. Решение задачи оценивается максимально в 5 баллов.

Отметка «5» ставится, если обучающийся дал полное и правильное решение задачи.

Отметка «4» ставится, если обучающийся при выполнении задачи допустил неточности в расчетах, формулировках.

Отметка «3» ставится, если обучающийся представил неполное решение, допустил ошибки, или не полностью решил задачу.

Отметка «2» ставится, если обучающийся представил последовательность решения, но решение оказалось неправильным.

### **Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации**

**Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации (в форме экзамена) по итогам освоения дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика»**

1. Идеальный газ. Рабочее тело. Характерные свойства газа.
2. Основные параметры идеального газа, единицы измерения.
3. Виды давления, единицы измерения, приборы.
4. Температура, системы и единицы измерения.
5. Основное уравнение состояния для газов.
6. Уравнение Клапейрона. Практическое значение.
7. Универсальная газовая постоянная, физический смысл, размерность.

8. Основные газовые законы.
9. Закон Бойля-Мариотта, практическое проявление.
10. Закон Гей-Люссака, практическое проявление.
11. Закон Шарля, практическое проявление.
12. Газовые смеси, основные параметры. Закон Дальтона.
13. Способы задания газовых смесей. Закон Амага.
14. Теплоёмкость, виды теплоёмкости.
15. Зависимость теплоёмкости от температуры.
16. Термодинамическая система. Уравнение состояния. Термодинамический процесс.
17. Работа и внутренняя энергия.
18. 1-й закон термодинамики.
19. Характеристика изотермического процесса.
20. Характеристика изобарного процесса.
21. Характеристика изохорного процесса.
22. Характеристика адиабатного процесса.
23. Характеристика политропного процесса.
24. Химическая термодинамика.
25. Термодинамические циклы.
26. 2-й закон термодинамики.
27. Цикл Карно, Термический КПД.
28. Теплопроводность.
29. Коэффициент теплопроводности. Физический смысл, факторы, влияющие на коэффициент теплопроводности.
30. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенки.
31. Теплопроводность однослойной и многослойной цилиндрической стенки.
32. Нестационарная теплопроводность. Стандартный температурный режим.
33. Конвекция. Закон Ньютона – Рихмана.
34. Интенсивность конвективного теплообмена. Коэффициент теплоотдачи.
35. Лучистый теплообмен.
36. Основные законы лучистого теплообмена.
37. Тепловые экраны. Виды, назначение.
38. Основные физические свойства жидкостей и газов.
39. Силы, действующие на жидкость.
40. Гидростатическое давление и его свойства.
41. Основное уравнение гидростатики.
42. Закон Паскаля.
43. Давление жидкости на плоские стенки.
44. Закон Архимеда.
45. Основные понятия гидродинамики.
46. Уравнение неразрывности движения жидкости.
47. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости.
48. Опыт Рейнольдса, критерий Рейнольдса.

49. Режимы движения жидкостей.
50. Турбулентность и ее основные статистические характеристики.
51. Виды гидравлических сопротивлений.
52. Потери напора.
53. Гидравлический удар.
54. Дросселирование газов.

**Типовые задачи для проведения промежуточной аттестации (в форме экзамена) по итогам освоения дисциплины «Термодинамика, теплопередача и гидравлика»**

1. Определите абсолютное давление (в Па) в сосуде, если вакуумметр, присоединенный к нему, показывает разрежение 660 мм тр. ст. Атмосферное давление 744 мм тр. ст.
2. Определить абсолютное давление пара (в бар) в котле, если манометр показывает давление  $P_{\text{ман}} = 1,3$  бар, а атмосферное давление по ртутному барометру составляет  $P_{\text{бар}} = 735$  мм рт. ст. при температуре  $t = 24$  °C
3. Определить массу воздуха в баллоне объемом 10 л, если его плотность составляет 2,56 кг/м<sup>3</sup>.
4. Каково давление в резервуаре емкостью 0,5 м<sup>3</sup>, если в нем содержится 0,945 кг водорода при температуре 25 °C?
5. Какой объем занимает смесь, состоящая из 0,8 молей одного газа и 0,4 молей другого газа при давлении  $2,94 \cdot 10^5$  Па и температуре 45 °C?
6. Поезд идет со скоростью 20 км/ч. Какова мощность его двигателя если на 1 км пути расходуется 25 кг дизельного топлива с теплотой сгорания 42000 кДж/кг? Коэффициент полезного действия двигателя 40%.
7. К воздуху массой 5 кг подведена теплота 83 кДж, в результате чего воздух совершена работа 49 кДж. Как при этом изменилась удельная внутренняя энергия воздуха?
8. Какое количество теплоты  $Q$  необходимо отвести от 3 кг углекислого газа, чтобы его объем уменьшился в 5 раз, а температура осталась неизменной и равной 30°C?
9. По стальному паропроводу диаметром 25/19 мм движется пар температурой 300°C. Паропровод покрыт теплоизоляцией, толщиной 55 мм. Температура на поверхности изоляции 40°C, а температура окружающего воздуха 20°C. Определить коэффициент теплопроводности теплоизоляции.
10. В закрытом сосуде емкостью  $V = 0,6$  м<sup>3</sup> содержится воздух при давлении  $P_1 = 5$  бар и температуре  $t_1 = 20$ °C. В результате охлаждения сосуда воздух, содержащийся в нем, теряет тепло в количестве  $Q = -105$  кДж. Принимая теплоемкость воздуха постоянной, определить, какое давление и какая температура установятся после этого в сосуде.
11. Рассчитать теплообмен излучением между двумя параллельно расположенными поверхностями с температурами  $T_1 = 800$  К и  $T_2 = 400$  К. Коэффициент излуче-

ния первой поверхности  $C_1 = 5,1$ , второй  $C_2 = 4,2$  Вт/(м<sup>2</sup>К<sup>4</sup>). Потерю тепла боковыми поверхностями не учитывать.

12. Медный шар диаметром  $d = 100$  мм весит в воздухе  $G_1 = 45,7$  Н, а при погружении в жидкость его вес стал равен  $G_2 = 40,6$  Н. Определить плотность жидкости.
13. Водолазы при подъеме затонувшего судна работали в море на глубине  $h = 50$  м. Определите давление воды на этой глубине и силу давления на скафандр водолаза, если площадь поверхности  $S$  скафандра равна  $2,5$  м<sup>2</sup>. Атмосферное давление считать равным  $p_0 = 1,013 \times 10^5$  Па, плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.
14. Для переправы грузов через реку построен плот из 25 штук пустых железных бочек. Размеры бочек: диаметр  $d = 0,8$  м, высота  $h = 1,3$  м. Масса одной бочки  $m = 50$  кг. Определить грузоподъемность плота  $M_{\max}$  при условии его полного погружения. Плотность воды принять равной  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.
15. Из небольшого отверстия, проделанного в тонкой стенке бака, вытекает струя воды. Центр сечения отверстия расположен на  $1,5$  м ниже постоянно поддерживаемого уровня воды в баке. Определить скорость истечения воды из отверстия, если коэффициент расхода равен  $\mu_s = 0,6$ .
16. Определите, какую мощность должен иметь электродвигатель привода водяного насоса, если насос при подаче  $Q = 0,05$  м<sup>3</sup>/с создает напор  $H = 40$  м, а его полный КПД  $\eta = 0,6$ . Плотность воды принять равной  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

### Словарь терминов по дисциплине «Термодинамика, теплопередача и гидравлика» Раздел «Термодинамика и теплопередача»

**Абсолютное давление** - давление, отсчитываемое от полного вакуума.

**Адиабатный процесс** - процесс, происходящий без теплообмена рабочего тела с окружающей средой.

**Второй закон термодинамики** устанавливает условия протекания термодинамических процессов превращения теплоты в работу.

**Газотурбинный двигатель (ГД)** - тепловой двигатель, предназначенный для преобразования теплоты сгорания топлива в кинетическую энергию реактивной струи и механическую работу по всему двигателю.

**Давление** - сила, с которой газ (или пар) действует на единицу площади своей оболочки.

**Двигатель внутреннего сгорания (ДВС)** - тепловой двигатель, внутри которого происходит сжигание топлива с получением механической работы.

**Закрытая термодинамическая система** - система, которая не обменивается со средой веществом.

**Идеальный газ** - газ, в котором отсутствуют силы взаимодействия между молекулами на расстоянии, а размер последних пренебрежимо мал по сравнению с длиной свободного пробега.

- Излучательная способность** - полный лучистый поток, испускаемый с единицы поверхности, которую обозначают  $E$  и выражают в ваттах на метр квадратный ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ).
- Изобарический процесс** - термодинамический процесс, протекающий при постоянном давлении.
- Изотермический процесс** - термодинамический процесс, протекающий при постоянной температуре.
- Изохорический процесс** - термодинамический процесс, происходящий при постоянном объеме.
- Компрессор** - устройство для повышения давления в рабочем теле.
- Конвекцией** (от лат. *conviction* – перемещение, доставка) - теплообмен, осуществляемый макроскопическими элементами жидкой или газообразной среды при их перемещении.
- Коэффициент теплопроводности** - величина, характеризующая теплопроводящие свойства материала. Обозначение  $\lambda$ , с единицей измерения ватт на метр-кельвин ( $\text{Вт}/(\text{м} \times \text{К})$ ).
- Круговой процесс** или цикл - совокупность процессов, в результате которых рабочее тело периодически возвращается в исходное состояние.
- Лучистый теплообмен** - перенос энергии между телами системы (или системами) тепловым излучением.
- МГД-генератор** - установка прямого преобразования тепловой энергии в электрическую энергию в результате прохождения плазмы в магнитном поле.
- Насыщенный пар** (мокрый, влажный) - пар, находящийся в термодинамическом равновесии с жидкостью или твердым телом того же состава.
- Необратимый процесс** - неравновесный процесс, который может протекать только в одном направлении.
- Неравновесный процесс** - процесс, скорость протекания которого больше или сравнима со скоростью релаксации.
- Обратимый процесс** - равновесный процесс, который может происходить как в прямом, так и в обратном направлении через все те же самые промежуточные состояния.
- Окружающая среда** - тела, не входящие в термодинамическую систему.
- Открытая термодинамическая система** - система, которая обменивается со средой и веществом, и работой, и энергией.
- Параметры состояния** - физические величины, которые однозначно определяют состояние термодинамической системы и изменяют свои значения при совершении процесса.
- Перегретый пар** - пар, нагретый до температуры, превышающей температуру кипения при данном давлении.
- Первый закон термодинамики** - применение всеобщего закона сохранения и превращения энергии к явлениям взаимопревращения теплоты и работы.
- Плотность** - масса единицы объема.
- Политропный процесс** - процесс изменения состояния рабочего тела, при котором

в течение всего процесса теплоемкость постоянна.

**Поршневой компрессор** - компрессор, в котором сжатие газа осуществляется в цилиндре под поршнем.

**Работа** - количество энергии, которой термодинамическая система обменивается с окружающей средой в результате макроскопического упорядоченного направленного движения.

**Рабочее тело** - вещество, с помощью которого осуществляется преобразование энергии. Равновесный процесс - процесс перехода термодинамической системы из одного равновесного состояния в другое, при котором скорость протекания процесса значительно меньше скорости релаксации.

**Реактивный двигатель** - устройство, в котором химическая энергия топлива преобразуется в энергию струи рабочего вещества.

**Регенерация** - использование теплоты отработанных газов (или пара) для подогрева поступающих воздуха, воды, топлива в установку.

**Сопло** - канал, в котором происходит увеличение скорости рабочего тела.

**Температура** - мера (или степень) нагретости тела.

**Теория теплового подобия** – это система понятий и правил, обеспечивающих возможность переноса результатов экспериментов по определению коэффициентов теплоотдачи с одних объектов на другие.

**Тепловое излучение** – это процесс распространения части внутренней энергии излучающего тела посредством электромагнитных волн определенной длины со скоростью 299790 км/с.

**Тепловой поток** - количество теплоты, проходящее в единицу времени через изотермическую поверхность.

**Теплоемкость** - количество теплоты, необходимой для нагревания вещества на 1 градус.

**Теплоизолированная (адиабатная) система** - система, которая не имеет возможности обмениваться со средой теплотой.

**Теплообмен** – это самопроизвольный необратимый процесс переноса теплоты в пространстве с неоднородным полем температуры.

**Теплопередача** - процесс переноса теплоты от одного теплоносителя к другому через разделяющую их стенку.

**Теплопроводность** - теплообмен посредством теплового движения микроструктурных частиц вещества (молекул, атомов, электронов, ионов) в той или иной среде.

**Теплота** - особая форма передачи энергии, которая в отличие от работы не связана с видимым перемещением тела.

**Теплота парообразования** - количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг жидкости, нагретой до температуры кипения в сухой насыщенный пар при постоянном давлении (температуре).

**Термический КПД** - отношение величины работы, произведенной в цикле, и величины подведенной для этого к рабочему телу теплоты.

**Термодинамика** - наука о закономерностях взаимопревращения теплоты и работы и

свойств тела, участвующих в этих превращениях.

**Термодинамическая система** - совокупность материальных тел, находящихся во взаимодействии с окружающими их телами в виде обмена энергией, работой и веществом.

**Термодинамически равновесное состояние** характеризуется равенством температур (термическое равновесие) и давлений (механическое равновесие) во всех точках объема, занимаемого рабочим телом.

**Термодинамический процесс** - всякое изменение, происходящее в термодинамической системе и связанное с изменением хотя бы одного ее параметра состояния.

**Третий закон термодинамики** (теорема Нернста) - о недостижимости абсолютного нуля.

**Турбокомпрессор** - центробежный или осевой лопаточный компрессор для сжатия и подачи рабочего тела.

**Удельная теплоемкость** - количество теплоты, необходимой для нагревания какой-либо единицы вещества на 1 градус.

**Удельный объем** - объем единицы массы вещества.

**Уравнение состояния** - уравнение выражающее связь между параметрами всех возможных равновесных состояний термодинамической системы.

**Холодильный цикл** - обратный круговой процесс, служащий для передачи теплоты от менее нагретых тел к телам более нагретым с затратой для этого работы.

**Цикл Карно** - обратимый круговой процесс (цикл), в котором совершается наиболее полное превращение теплоты в работу (или наоборот), состоящий из двух изотермических процессов (нагрева и охлаждения) и двух адиабатических процессов (сжатия и расширения).

**Энтальпия** - сумма внутренней энергии и потенциальной энергии давления.

**Энтропия** - в термодинамике функция состояния термодинамической системы, изменение которой в равновесном процессе равно отношению количества теплоты, сообщаемого системе или отведенного от нее, к термодинамической температуре системы.

**Энергия теплоты** - максимальная работа, совершаемая рабочим телом в тепловой машине, если в качестве холодного источника принимается окружающая среда.

**Энергия потока рабочего тела** - максимальная работа, которую можно получить в процессе обратимого перехода в состояние термодинамического равновесия с окружающей средой.

## Раздел «Гидравлика»

**Абсолютный покой** - покой жидкости, при котором действует только сила тяжести.

**Безнапорное движение** - это движение жидкости, при котором поток имеет свободную поверхность, а давление атмосферное.

**Ватерлиния** - линия пересечения поверхности плавающего тела с поверхностью жидкости.

**Вязкость** - свойство жидкости оказывать сопротивление относительному движению

(сдвигу) частиц жидкости. Характеристиками вязкости являются: динамический коэффициент вязкости  $\mu$  и кинематический коэффициент вязкости  $\nu$ .

**Гидравлический диаметр  $D_r$**  - размерная величина, равная учетверенному гидравлическому радиусу:  $D_r = 4 \cdot R_r$ .

**Гидравлический удар** - явление резкого изменения давления в напорном трубопроводе при внезапном изменении скорости движения жидкости, связанном с быстрым закрытием или открытием задвижки, крана, клапана и т. п., быстрым остановом или пуском гидродвигателя или насоса. В указанных случаях при уменьшении или увеличении скорости движения жидкости давление перед запорным устройством соответственно резко увеличивается (**положительный гидравлический удар**) или уменьшается (**отрицательный гидравлический удар**). Это изменение давления распространяется по всей длине трубопровода с большой скоростью  $a$ , называемой скоростью распространения ударной волны.

**Гидродинамический привод (передача)** состоит из лопастных гидромашин - насосного и турбинного колес, предельно сближенных друг с другом и расположенных соосно.

**Давление насыщенных паров или давление парообразования  $p_{н.п}$**  - давление, при котором жидкость закипает при данной температуре. Величина давления зависит от рода жидкости и ее температуры.

**Диффузор** - канал, в котором происходит торможение потока с увеличением давления рабочего тела.

**Дросселирование** - процесс понижения давления рабочего тела при преодолении местного гидравлического сопротивления без совершения полезной работы.

**Живое сечение потока** — поверхность в пределах потока жидкости, перпендикулярная в каждой своей точке к вектору соответствующей местной скорости в этой точке. При плавно изменяющемся движении жидкости живое сечение представляет плоскость, перпендикулярную к направлению движения. Живое сечение потока характеризуется **площадью живого сечения  $S$** , **смоченным периметром  $\chi$** , **гидравлическим радиусом  $R_r$**  и гидравлическим диаметром  $D_r$ . **Смоченный периметр  $\chi$**  - длина линии, по которой живое сечение потока соприкасается с ограничивающими его стенками. **Гидравлический радиус  $R_r$**  - размерная величина, равная отношению площади живого сечения к смоченному периметру:  $R_r = S/\chi$ .

**Жидкость** - непрерывная среда, обладающая свойством текучести, т. е. способная неограниченно изменять свою форму под действием сколь угодно малых сил, но в отличие от газа мало изменяющая свою плотность при изменении давления.

**Закон Архимеда** - подъемная сила, действующая на тело со стороны жидкости, равна силе тяжести жидкости, вытесняемой телом.

**Закон гидростатического давления** - гидростатическое давление в любой точке жидкости равно сумме поверхностного давления и давления столба жидкости над этой точкой.

**Закон неразрывности потока жидкости (основной закон гидродинамики)** - при



установившемся движении жидкости произведение средней скорости движения на площадь живого сечения является величиной постоянной, т.е.  $vS = \text{const}$ .

**Избыточное давление**  $p_{\text{изб}}$  - разность между абсолютным давлением  $p$  и атмосферным давлением  $p_a$ .  $p_{\text{изб}} = p - p_a$ .

**Критическая скорость** - скорость, при которой для данной жидкости и определенного диаметра трубопроводов происходит смена режимов движения.

**Ламинарный режим** движения жидкости - жидкость движется слоями без поперечного перемешивания, причем пульсации скорости и давления отсутствуют. Критерием для определения режима движения является безразмерное число Рейнольдса.

**Напорное движение** представляет движение жидкости в закрытом русле, при котором поток не имеет свободной поверхности, а давление отличается от атмосферного.

**Насосы** - машины для создания напорного потока жидкой среды. Этот поток создается в результате силового воздействия на жидкость в рабочей камере насоса. По характеру силового воздействия, а следовательно, и по виду рабочей камеры различают насосы **динамические** и **объемные**. В динамическом насосе силовое воздействие на жидкость осуществляется в проточной камере, постоянно сообщаемой со входом и выходом насоса. В объемном насосе силовое воздействие на жидкость происходит в рабочей камере, периодически изменяющей свой объем и попеременно сообщаемой со входом и выходом насоса.

**Неустановившееся движение жидкости** - это движение, при котором параметры жидкости (давление, скорость, а иногда и плотность) в каждой точке потока зависят не только от координат, но и от времени. Таким образом, для одномерного потока  $p = f_1(L, t)$  и  $v = f_2(L, t)$ , где  $L$  - длина пути жидкости.

**Неньютоновскими, или аномальными, жидкостями** называют жидкости, которые не подчиняются основному закону внутреннего трения Ньютона, выраженному уравнением выше. К ним относятся: литой бетон, глинистые, цементные, известковые и коллоидные растворы, нефтепродукты и смазочные масла при температуре, близкой к температуре застывания, краски, клей, смолы, целлюлоза, бумажная масса, растворы каучука, желатин, крахмал, различные белки, жиры и другие продукты пищевой промышленности, огнеупоры, шлаки, расплавленные силикаты и т. п.

**Ньютоновские жидкости** - жидкости, в которых напряжения трения определяются эмпирической формулой Ньютона:  $\tau = \mu \cdot (dv/dn)$ , определяющей закон вязкого трения: напряжения трения пропорциональны градиенту скорости  $v$  в относительном движении. Здесь  $n$  - нормаль к поверхности, вдоль которой движется жидкость; коэффициент пропорциональности  $\mu$  называется динамическим коэффициентом вязкости. Он измеряется в пуазах, в  $(\text{Н/м}^2) \cdot \text{с}$  ( $\text{Па} \cdot \text{с}$ ) - СИ,  $(\text{кг/м}^2) \cdot \text{с}$  - (МКГСС).

**Объемная подача насоса**  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) - объем жидкости, подаваемой насосом в единицу времени. Применяются также понятия массовая подача  $Q_m$  ( $\text{кг/с}$ ) и весовая подача  $G$  ( $\text{кг/с}$ ).

**Оптимальный режим насоса** - режим работы насоса при наибольшем значении к. п. д. Номинальный режим насоса - режим работы насоса, обеспечивающий заданные технические показатели.

**Плавно изменяющееся движение** близко к прямолинейному и параллельно струйному, т. е. это движение, при котором кривизна линий тока и угол расхождения между ними весьма малы и в пределе стремятся к нулю. При несоблюдении этого условия имеет место движение резко изменяющееся.

**Равномерное движение** — это установившееся движение жидкости, при котором скорости частиц в соответствующих точках живых сечений, а также средние скорости не изменяются вдоль потока. При неравномерном движении скорость частиц в соответствующих точках живых сечений и средние скорости изменяются вдоль потока.

**Расход** - количество жидкости, протекающей через живое сечение потока в единицу времени. Расход может измеряться в единицах объема, веса или массы. Соответственно различают расходы: объемный, весовой и массовый.

**Сжимаемость** — свойство жидкости изменять свой объем под действием давления.

**Температурное расширение жидкостей** количественно характеризуется коэффициентом температурного расширения  $\beta_t$ , представляющим относительное изменение объема  $V_0$  при изменении температуры  $t$  на  $1^\circ\text{C}$ .

**Турбулентный режим** движения жидкости - слоистость нарушается, движение жидкости сопровождается перемешиванием и пульсациями скорости и давления. Критерием для определения режима движения является безразмерное число Рейнольдса.

**Установившееся движение жидкости** - когда характеристики (скорость, давление и др.) движения во всех точках рассматриваемого пространства не изменяются с течением времени. Движение жидкости, при котором скорость и давление жидкости изменяются во времени, называется **неустановившимся**.