

**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 МДК 02.05
«Противопожарное водоснабжение»**

Специальность
20.02.04 Пожарная безопасность

Направленность
«Тушение и профилактика пожаров»

Иваново 2023

Зарубина Е.В., Репин Д.С.

Методические рекомендации по организации внеаудиторной работы обучающихся по междисциплинарному курсу (далее – МДК 02.05) «Противопожарное водоснабжение» (далее методические рекомендации) по специальности 20.02.04 «Пожарная безопасность» – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2023. – 77 с.

Методические рекомендации содержат советы по планированию и организации времени, необходимого на изучение МДК 02.05, 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 пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор»).

Протокол №17 от «27» апреля 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 МДК 02.05	6
2.1	Тема 1. Основы гидродинамики	6
2.2	Тема 2. Решение задач с использованием уравнения Бернулли	10
2.3	Тема 3. Режимы движения жидкостей	16
2.4	Тема 4. Гидравлические сопротивления и потери напора. Гидравлический расчет трубопроводов	26
2.5	Тема 5. Противопожарное водоснабжение поселений, городских округов и промышленных объектов	30
2.6	Тема 6. Системы наружного противопожарного водоснабжения	38
2.7	Тема 7. Системы внутреннего противопожарного водоснабжения	41
2.8	Тема 8. Определение нормативных расходов воды на хозяйственно питьевые и противопожарные нужды	45
2.9	Тема 9. Специальные наружные и внутренние противопожарные водопроводы	48
3	Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации	53
4	Словарь терминов по дисциплине «Противопожарное водоснабжение»	59
5	Приложения	62

ВВЕДЕНИЕ

Цель изучения МДК 02.05 «Противопожарное водоснабжение» состоит в формировании у обучающихся систематизированных теоретических знаний и комплекса практических умений в области пожарной безопасности систем противопожарного водоснабжения, что позволит им компетентно решать профессиональные задачи пожарной безопасности. Глубокое понимание роли противопожарного водоснабжения в пожарной безопасности обеспечит успешную борьбу с пожарами.

При борьбе с пожарами вопросы противопожарного водоснабжения всегда были и остаются в центре внимания. Противопожарное водоснабжение - комплекс инженерных сооружений и организационных мероприятий, с помощью которых обеспечивается подача воды к месту пожара. МДК 02.05 «Противопожарное водоснабжение» является основой для изучения таких профилирующих дисциплин, как «Пожарная безопасность в строительстве», «Пожарная тактика», «Пожарная техника», «Производственная и пожарная автоматика».

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 «Противопожарное водоснабжение» входит в состав профессионального модуля ПМ.02 «Осуществление государственных мер в области обеспечения пожарной безопасности» программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) по специальности 20.02.04 «Пожарная безопасность».

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

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

Литература

Основная:

1. Противопожарное водоснабжение: учебно-методическое пособие для обучающихся по специальности 20.02.04 «Пожарная безопасность» / Н.М. Панев, В.Б. Бубнов, Е.В. Зарубина, Д.С. Репин. - Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. – 140 с.
2. Бубнов В.Б., Зарубина Е.В. Противопожарное водоснабжение. Примеры и задачи. Учебное пособие.- Иваново: ООНИ ЭКО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, 2019. – 152 с.
3. Бубнов В.Б., Репин Д.С., Зарубина Е.В. Противопожарное водоснабжение: Учебное пособие для обучающихся всех форм обучения по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность» и по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» (профиль подготовки «Пожарная безопасность»). – Иваново: ООНИ ИПСА ГПС МЧС России, 2017.- 78 с.

Дополнительная:

4. 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.

Нормативная:

5. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
6. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. №1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».
7. ГОСТ Р 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний;
8. ГОСТ Р 59643-2021 Внутреннее противопожарное водоснабжение. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность.
9. СП 8.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности.
10. СП 10.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования.
11. СП 30.13330.2020 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*.
12. СП 31.13330.2021 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Электронные ресурсы:

13. Электронная библиотека академии <http://Bibliomchs37.ru>.
14. ЭБС «Юрайт».
15. Национальная электронная библиотека.
16. Цифровая среда Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ МДК 02.05

Тема 1. Основы гидродинамики

Цель: обратить внимание на влияние технологических параметров процесса (температуры, давления) на свойства капельных и упругих жидкостей, на размерности основных физических свойств жидкостей и газов. Рассмотреть методы экспериментального определения свойств жидкостей, научиться пользоваться справочной литературой для их определения.

Методические рекомендации по изучению темы

Данная тема дает общие представления об основных физических свойствах жидкостей и газов: плотность и удельный вес, сжимаемость, температурное расширение, вязкость, поверхностное натяжение.

1. Изучите данную тему с использованием материала лекций и учебной литературы.

2. Заучите определения основных понятий (см. опорные термины, словарь терминов расположен в конце данных методических указаний).

Законы гидравлики являются основополагающими в дисциплине «Противопожарное водоснабжение», на них основана работа пожарной техники.

Для борьбы с неконтролируемым процессом горения, сопровождающимся уничтожением материальных ценностей и создающим опасность для жизни людей, — пожаром человечество издавна использовало воду. Поэтому вопросы *противопожарного водоснабжения* (на разных уровнях) всегда были в центре внимания при борьбе с этой грозной стихией.

Противопожарное водоснабжение — комплекс сооружений, с помощью которых обеспечивается подача воды к месту пожара, — это лишь прикладная инженерная дисциплина, отпочковавшаяся от науки, название которой *гидравлика*. Знание этой науки обязательно для инженера противопожарной техники и безопасности.

Гидравлика (от *hydor* — вода и *aulos* — трубка) — наука о законах движения и равновесия жидкостей, а также способах приложения этих законов к решению задач инженерной практики.

Гидравлика обычно подразделяется на две части: теоретические основы гидравлики, где излагаются важнейшие положения учения о равновесии и движении жидкостей, и практическую гидравлику, использующую эти положения для решения частных вопросов инженерной практики.

Практическая гидравлика изучает течение по трубам (гидравлика трубопроводов), течение в каналах и реках (гидравлика открытых русел), истечение жидкости из отверстия и через водосливы, движение в пористых средах (фильтрация), взаимодействие потока и твердого преграждения (гидравлика сооружений). К практической гидравлике относится и противопожарное водоснабжение.

Таким образом, круг вопросов, изучаемых гидравликой, весьма обширен и законы гидравлики в той или иной мере практически находят применение во всех областях инженерной деятельности. История же развития гидравлики как науки интересна и наполнена драматическими событиями.

Так, некоторые принципы *гидростатики* (раздела гидромеханики, в котором изучаются равновесие жидкости и воздействие покоящейся жидкости на погруженное в нее тело) были еще установлены Архимедом (ок. 287—212 до н. э.) — древнегреческим ученым, математиком и механиком. Архимед сформулировал основные положения гидростатики, в том числе знаменитый закон, названный его именем. Архимед изобрел водоподъемный механизм, так называемый архимедов винт, явившийся прообразом корабельных, а также воздушных винтов.

Возникновение *гидродинамики* (раздела гидромеханики, в котором изучаются движение несжимаемых жидкостей и взаимодействие их с твердыми телами) также относится к античному периоду.

Темы докладов и рефератов

1. Наука гидравлика.
2. Свойства жидкости и газов.
3. Гидродинамика.

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает наука гидравлика?
2. На какие две части она подразделяется?
3. Что называется противопожарным водоснабжением?
4. При каких условиях в гидравлики применимы методы математического анализа?
5. Назвать основные отличия жидкости от газообразного тела?
6. Какие показатели используются для характеристики жидкости?
7. Что называется плотностью, единицы её измерения?
8. Какими термодинамическими параметрами состояния определяется плотность?
9. Что называется удельным весом, единицы его измерения?
10. Что называется сжимаемостью, каким коэффициентом она характеризуется?
11. Какая величина обратная коэффициенту сжатия, единицы её измерения?
12. Каким коэффициентом характеризуется температурное расширение жидкости?
13. Что называется вязкостью жидкости?

Опорные термины по теме «Основы гидродинамики»: противопожарным водоснабжением, гидродинамика, гидростатическое давление, вязкость жидкости, температурное расширение жидкости, коэффициент сжатия.

Тесты для самоконтроля

1. Выберите два варианта ответа.

На участке водопровода требуется экспериментальным путем определить величину возникающих гидравлических потерь при движении по нему воды. Какие измерительные приборы могут быть использованы для этой цели, которые необходимо установить на начальном и конечном участках исследуемого водопровода?

- 1) амперметр
- 2) манометр
- 3) пьезометр
- 4) тахометр
- 5) термометр

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

2. Выберите один вариант ответа.

Водовод пожарного водопровода диаметром 250 мм и длиной 40 м, подготовленных к гидравлическим испытаниям, заполнен водой при атмосферном давлении. Определить, изменение величины избыточного давления в водопроводе, если в него дополнительно был подан объем воды, равный 10 л (коэффициент объемного сжатия воды принять $47 \cdot 10^{-11}$ 1/Па).

- 1) 10,8 МПа
- 2) 1,08 МПа
- 3) 1,08 кПа
- 4) 100 кПа

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 1 балл

3. Выберите один вариант ответа.

Количество жидкости, проходящее через площадь живого сечения за единицу времени, называется

- 1) расход
- 2) напор
- 3) мощность
- 4) объем

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 1 балл

4. Выберите четыре правильных варианта ответа

К числу внесистемных единиц для измерения давления относятся

1. паскаль
2. техническая атмосфера
3. метр водяного столба
4. бар

5. килограмм-сила на квадратный сантиметр

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

5. Дополните предложение, выбрав один вариант ответа

Часть периметра живого сечения, ограниченная твердыми стенками называется

- 1) смоченный периметр
- 2) мокрый периметр
- 3) гидравлический периметр
- 4) периметр контакта

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 1 балл

Вопросы для самостоятельного изучения:

Используя материал, изложенный в [1], изучить вопросы:

1. Что называется касательным напряжением (закон трения Ньютона).
2. Уравнения коэффициентов динамической и кинематической вязкости.
3. На какие группы делятся внешние силы, действующие на данный объём жидкости.
4. Какие силы называются массовыми.
5. Какие силы называются объёмными.
6. Какие силы называются поверхностными.
7. Что изучает гидростатика.
8. Какое давление называется гидростатическим.
9. Первое свойство гидростатического давления.
10. Второе свойство гидростатического давления.

Литература

Основная:

1. Противопожарное водоснабжение: учебно-методическое пособие для обучающихся по специальности 20.02.04 «Пожарная безопасность» / Н.М. Панев, В.Б. Бубнов, Е.В. Зарубина, Д.С. Репин. - Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. – 140 с.
2. Бубнов В.Б., Зарубина Е.В. Противопожарное водоснабжение. Примеры и задачи. Учебное пособие.- Иваново: ООНИ ЭКО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, 2019. – 152 с.

Дополнительная:

4. 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.

Нормативная:

5. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
6. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. №1479 «Об

утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».

Тема 2. Решение задач с использованием уравнения Бернулли

Цель: изучить общее уравнение энергии в интегральной и дифференциальной формах, применение закона импульса и закона момента импульса в гидравлике, определение силы, действующей на стенки диффузора и конфузора, использование уравнения Бернулли для решения задач пожарной практики.

Методические рекомендации по изучению темы

При изучении темы необходимо обратить внимание на подходы к выводу дифференциальных уравнений равновесия жидкости. Изучить геометрический и энергетический смысл основного уравнения гидростатики, характеристику входящих в него членов. Следует рассмотреть основные методы решения практических задач с использованием основного закона гидростатики, расчет давления жидкости на днище аппарата, расчет гидростатического пресса. Изучить аналитический и графический методы расчета давления жидкости на стенки и применение этих методик к решению конкретных задач.

С целью развития логического мышления, понимания сущности уравнения Бернулли на бытовых примерах предлагается объяснить следующие ситуации с позиции изучаемого уравнения:

1. Между двумя полосками бумаги продуваем воздух, они сближаются. Почему так происходит?

Скорость воздуха внутри полосок больше, значит давление между листами меньше, чем снаружи. Из-за разности давлений происходит сближение полосок бумаги.

2. Если взять листок бумаги за короткую сторону и подуть вдоль листа. Лист поднимается вверх. Почему так происходит?

Скорость над листом больше, чем под листом, а давление меньше. Эта разность давлений и поднимает лист вверх. Аэродинамический принцип создания подъемной силы используется при подъеме аппарата тяжелее воздуха, к которым относятся планеры и дельтапланы, самолеты и сверхлегкие моторные летательные аппараты, вертолеты.

Подъемная сила у моторного сверхлегкого летательного аппарата создается неподвижно закрепленным крылом. При поступательном движении аппарата крыло обтекается потоком воздуха. Из-за особой формы сечения крыла (несимметричная форма) воздух, огибающий крыло сверху, движется быстрее, чем внизу, поэтому создается разность давлений под крылом и над ним, а в результате возникает подъемная сила.

3. Напротив воронки зажигаем свечу. Через воронку продуваем воздух, пламя свечи отклоняется в сторону воронки. Как объяснить данное явление?

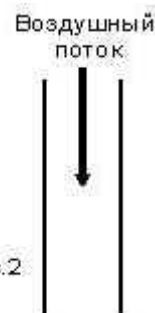
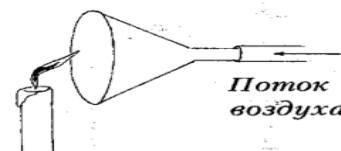
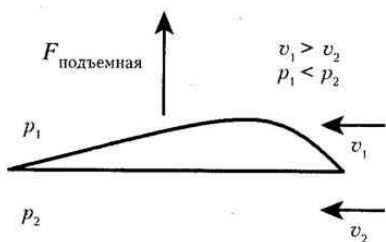
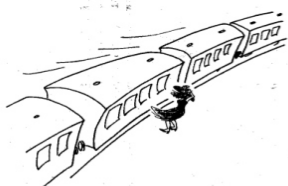


Рис.2



Струи воздуха, выходя из трубки, текут по раструбу воронки и растекаются в стороны к краям воронки. Образуется область пониженного давления, в которую отклоняется пламя свечи.

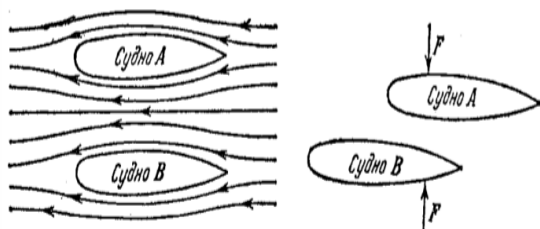


4. Встречные поезда. Скоростные поезда при встрече должны замедлить ход, иначе стекла в вагонах разобьются. Почему? В какую сторону при этом выпадают стекла: внутрь вагонов или наружу?

Впереди быстро идущего поезда создается фронт высокого давления, а за ним - область низкого давления. Когда встречные поезда разъезжаются, стекла в вагонах могут быть выдавлены наружу, поскольку между поездами возникает область пониженного давления.

5. В дождливую ветряную погоду раскрытые зонты иногда "выворачиваются наизнанку". Почему это происходит?

Поток воздуха, набегаящий на изогнутую поверхность зонта, движется по руслу своеобразной сужающейся трубы с большей скоростью, чем воздух в нижней части, следовательно, давление снизу больше, чем сверху, и зонт выворачивается.



6. Суда, идущие параллельным курсом, притягиваются друг к другу, что является причиной морских катастроф. Как объяснить это явление?

Это явление объясняется понижением давления между судами из-за большей скорости воды в суженном пространстве между ними.

После ответов учащихся на поставленные ситуационные задания преподаватель объясняет учащимся алгоритм, которого следует придерживаться при решении практических задач с использованием уравнения Бернулли. Обращает внимание на особенности его использования.

Решение задач с использованием уравнения Бернулли рекомендуется проводить в следующей последовательности:

1. Выбрать два сечения, для которых будут составляться уравнения Бернулли. Необходимо выбрать сечения, для которых известно возможно большее число гидродинамических элементов, а также сечения, для которых гидродинамические элементы необходимо определить.

2. Выбрать горизонтальную плоскость сравнения. Ее необходимо выбирать таким образом, чтобы z_1 или z_2 , входящие в уравнение Бернулли, обратились в нуль.

3. Записать уравнение Бернулли для двух выбранных сечений.

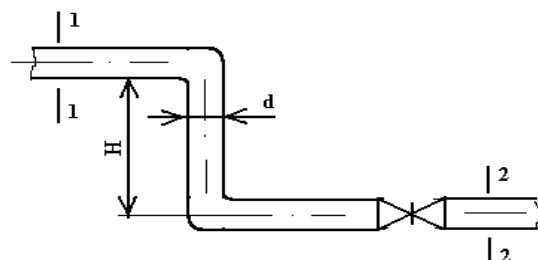
4. Установить значение величин, входящих в уравнение Бернулли.

5. Подставить найденные значения слагаемых в уравнение Бернулли и определить искомую величину.

После изложения алгоритма преподаватель выдает задачи, которые решаются учащимся у доски при аудиторном обсуждении, с соблюдением представленной последовательности решения.

Задача 1.

По трубопроводу диаметром 100 мм перекачивается вода с расходом 2 л/с. Определить давление p_2 в сечении 2-2, если в сечении 1-1, расположенном на высоте 4 м давление равно 1,5 атм. Потерями напора на участке пренебрегаем (жидкость идеальная).



Дано: $d = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$; $Q = 2 \text{ л/с} = 0,002 \text{ м}^3/\text{с}$; $H = 4 \text{ м}$; $p_1 = 1,5 \text{ ат}$. Найти: p_2 .

Решение:

1. Выбираем два сечения: сечение 1-1, давление в котором известно и сечение 2-2, давление в котором требуется определить.

2. Выбираем горизонтальную плоскость отсчета.

Выбираем плоскость нижнего участка трубопровода, для которого величина геометрического напора $z = 0$.

3. Запишем уравнение Бернулли для двух выбранных сечений 1-1 и 2-2.

4. Установим значения величин, входящих в уравнение Бернулли.

Величина геометрического напора: $z_1 = H$; $z_2 = 0$.

Поскольку диаметр трубопровода не изменяется по длине, то скоростной напор на участках 1-1 и 2-2 будет одинаковый.

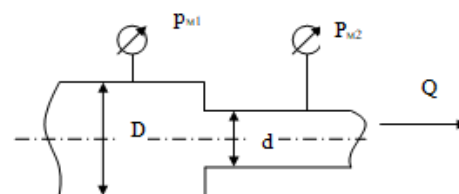
5. Подставим найденные значения слагаемых в уравнении Бернулли и определим искомую величину.

$$H + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{p_2}{\rho g}, \text{ отсюда } p_2 = \rho g \cdot \left(H + \frac{p_1}{\rho g} \right) = \rho g H + p_1;$$

$$p_2 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 4 + 1,5 \cdot 10^5 = 189240 \text{ Па} = 1,89 \text{ атм. Ответ: } p_2 = 1,89 \text{ ат.}$$

Задача 2.

По трубопроводу с переменными размерами поперечного сечения по длине протекает 10 л/с воды. Диаметр большего участка трубопровода 300 мм, меньшего 100 мм. Манометр на широком участке трубопровода показывает давления 1,5 атм.



Потерями напора на участке трубопровода между манометрами пренебрегаем. Какое давление будет показывать манометр на узком участке трубопровода?

Дано: $D = 300 \text{ мм} = 0,3 \text{ м}$; $d = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$; $Q = 10 \text{ л/с} = 0,01 \text{ м}^3/\text{с}$; $p_{m1} = 1,5 \text{ ат}$. Найти: p_{m2} .

Решение:

1. Выбираем два сечения: сечение 1-1, давление в котором известно и сечение 2-2, давление в котором требуется определить.

2. Выбираем горизонтальную плоскость отсчета.

Плоскость отсчета проводим вдоль оси трубопровода, чтобы величины геометрических напоров z обратились в нуль.

3. Запишем уравнение Бернулли для двух выбранных сечений 1-1 и 2-2:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g}.$$

4. Установим значения величин, входящих в уравнение Бернулли.

Величины геометрического напора: $z_1=0$; $z_2=0$. Абсолютное давление в сечениях: $p_1 = p_{м1} + p_{атм}$; $p_2 = p_{м2} + p_{атм}$.

Скорости в сечениях $V_1 = \frac{4Q}{\pi D^2}$; $V_2 = \frac{4Q}{\pi d^2}$

5. Подставим найденные значения слагаемых в уравнении Бернулли и определим искомую величину.

$$\frac{p_{м1} + p_{атм}}{\rho g} + \frac{4^2 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot 2g} = \frac{p_{м2} + p_{атм}}{\rho g} + \frac{4^2 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot d^4 \cdot 2g}$$

Отсюда $\frac{p_{м2} + p_{атм}}{\rho g} = \frac{p_{м1} + p_{атм}}{\rho g} + \frac{4^2 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot 2g} - \frac{4^2 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot d^4 \cdot 2g}$

Абсолютное давление в сечении 2-2

$$p_{м2} + p_{атм} = \rho g \left(\frac{p_{м1} + p_{атм}}{\rho g} + \frac{4^2 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot 2g} - \frac{4^2 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot d^4 \cdot 2g} \right)$$

$$p_{м2} + p_{атм} = 1000 \cdot 9,8 \cdot \left(\frac{1,5 \cdot 10^5 + 10^5}{1000 \cdot 9,8} + \frac{4^2 \cdot 0,01^2}{3,14^2 \cdot 0,3^4 \cdot 2 \cdot 9,8} - \frac{4^2 \cdot 0,01^2}{3,14^2 \cdot 0,1^4 \cdot 2 \cdot 9,8} \right)$$

$$p_{м2} + p_{атм} = 1000 \cdot 9,8 \cdot (25,51 + 0,00102 - 0,083) = 249195 \text{ Па} = 2,49 \text{ атм}$$

$$p_{м2} = 2,49 - 1 = 1,49 \text{ атм}$$

Ответ: $p_2 = 1,49$ ат.

После решения задач преподаватель проводит сравнительную характеристику двух решенных задач, как примеров влияния на движение жидкости геометрического расположения трубопровода в пространстве (задача 1) и перепада скоростного напора (задача 2).

В заключительной части изучения первого учебного вопроса преподаватель обобщает рассмотренные материалы, обращает внимание на ошибки, которые обычно возникают при решении данных задач.

Темы докладов и рефератов

1. Гидростатическое давление и его свойства.
3. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля, использование его в пожарной технике.
4. Абсолютный и относительный покой (равновесие) жидких сред.
5. Виды давлений.

Вопросы для самоконтроля

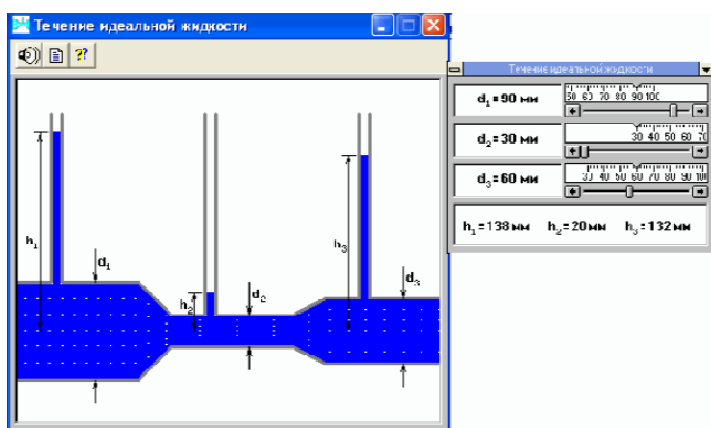
1. Что изучает наука гидравлика?
2. На какие две части она подразделяется?
3. Что называется противопожарным водоснабжением?
4. При каких условиях в гидравлики применимы методы математического анализа?

5. Назвать основные отличия жидкости от газообразного тела?
6. Какие показатели используются для характеристики жидкости?
7. Что называется плотностью, единицы её измерения?
8. Какими термодинамическими параметрами состояния определяется плотность?
9. Что называется удельным весом, единицы его измерения?
10. Что называется сжимаемостью, каким коэффициентом она характеризуется?
11. Какая величина обратная коэффициенту сжатия, единицы её измерения?
12. Каким коэффициентом характеризуется температурное расширение жидкости?
13. Что называется вязкостью жидкости?
14. Что называется касательным напряжением (закон трения Ньютона)?
15. На какие группы делятся внешние силы, действующие на данный объём жидкости?
16. Какие силы называются массовыми?
17. Какие силы называются объёмными?
18. Какие силы называются поверхностными?
19. Что изучает гидростатика?
20. Какое давление называется гидростатическим?
21. Первое свойство гидростатического давления.
22. Второе свойство гидростатического давления.
23. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера.
24. Основное уравнение гидростатики: его геометрический и энергетический смысл.
25. Что называется вакуумом?

Опорные термины по теме «Решение задач с использованием уравнения Бернулли»: уравнение Бернулли, реальная и идеальная жидкости, пьезометр, вакуумметр.

Тесты для самоконтроля

1. Впишите на месте пропуска через запятую три правильных ответа



На рисунке представлена схема экспериментального исследования закона сохранения энергии потока

идеальной жидкости (уравнения Бернулли) в трубопроводе с переменными размерами поперечного сечения по длине. В сечениях установлены трубки, в которых жидкость поднимается на величину, численно равную

- _____.
- 1) геометрическому напору
 - 2) напору давления
 - 3) пьезометрическому напору
 - 4) удельной кинетической энергии
 - 5) удельной потенциальной энергии давления
 - 6) удельной потенциальной энергии положения

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла.

2. По трубопроводу диаметром 100 мм протекает вода со средней скоростью 1 м/с. Чему будет равен объемный расход воды в данном трубопроводе?

Решение представить полностью, без округления в виде: (ПК-58)

- а) _____ м³/с,
- б) _____ л/с.

Критерии оценивания: правильный ответ оценивается в 1 балл (задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания); неправильный – 0 баллов.

3. Выберите два варианта ответа.

При испытании на водоотдачу объемным способом внутреннего пожарного крана в течение 40 секунд в мерном баке оказалось 100 л воды. Чему будет равен расход воды?

- 1) 0,0025 м³/с
- 2) 0,4 л/с
- 3) 0,4 м³/с
- 4) 2,5 л/с
- 5) 25 л/с

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

4. Дополните предложение, выбрав один вариант ответа

Уравнение Бернулли для двух различных сечений потока дает взаимосвязь между

- 1) давлением, расходом и скоростью
- 2) скоростью, давлением и коэффициентом Кориолиса
- 3) давлением, скоростью и геометрической высотой
- 4) геометрической высотой, скоростью, расходом

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 1 балл

5. Выберите один вариант ответа.

Член уравнения Бернулли, обозначаемый буквой z , называется

- 1) геометрической высотой
- 2) пьезометрической высотой
- 3) скоростной высотой
- 4) потерянной высотой

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 1 балл

Вопросы для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный [1], изучить вопросы:

1. Закон Паскаля.
2. Как закон Паскаля применяется в пожарной технике.
3. Абсолютный покой жидких сред.
4. Относительный покой жидких сред.
5. Назвать виды давления.
6. Начертить диаграмму давлений.
7. Начертить схему аппарата с пьезометром, если давление на свободную поверхность жидкости больше атмосферного.

Практические задания для закрепления материала

Определить предельную высоту расположения оси центробежного насоса над уровнем воды в водоисточнике, если расход воды из насоса 40 л/с, диаметр всасывающей трубы 150 мм. Вакуумметрическое давление, создаваемое во всасывающем патрубке, $5,1 \cdot 10^4$ Па. Потери напора во всасывающей линии составляют 1 м.

Тема 3. Режимы движения жидкостей

Цель: изучить опыт Рейнольдса. Критерий Рейнольдса. Режимы движения. Ламинарное и турбулентное движение жидкостей. Особенности движения жидкостей при разных режимах. Турбулентность, ее статистические характеристики.

Методические рекомендации по изучению темы

В данной теме необходимо обратить внимание на характеристику величин, входящих в состав общего уравнения энергии, знать интегральную и дифференциальную форму уравнения. Изучить понятия количества движения и момента количества движения, общую методику решения задач с

использованием уравнения Бернулли.

Еще в 1880 г. Д. И. Менделеев заметил существование двух принципиально разных режимов движения жидкости, которые отличаются различными зависимостями сил трения от скорости движения. Наиболее полно режимы движения жидкости были экспериментально изучены английским физиком О. Рейнольдсом, результаты его работ опубликованы в 1883 г. Свои исследования О. Рейнольдс проводил на приборе, схема которого показана на рис. 1. К баку 2 достаточно большого размера, наполненному жидкостью, присоединяется стеклянная труба 3, снабженная на конце краном 4 для регулирования расхода. Величина расхода определяется при помощи мерного бака 5. Вход из бака в трубу делается плавным для уменьшения возможных возмущений при поступлении жидкости в трубу. Над баком 2 располагается маленький сосуд 1, наполненный раствором какой либо краски. От сосуда отходит тонкая трубка 6, изогнутая внизу так, что ее заостренный выходной конец вдвинут во входной участок стеклянной трубы 3. Расход краски регулируется краном 7.

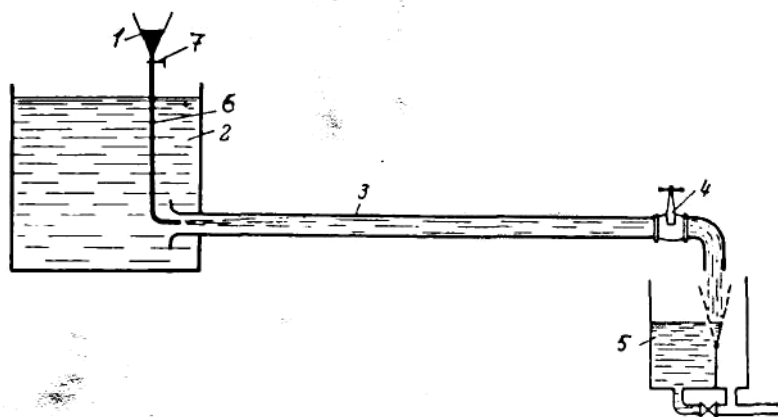


Рис. 1. Схема опытной установки О. Рейнольдса: 1- сосуд с краской; 2- бак; 3- стеклянная труба; 4- кран для регулирования расхода жидкости; 5- мерный бак; 6- трубка; 7- кран для регулирования расхода краски.

Жидкость в баке перед началом опыта выдерживают в покое в течение нескольких часов для устранения всех начальных возмущений в ней. Если затем слегка приоткрыть кран 4, жидкость начнет медленно вытекать из бака 2 через трубу 3, в которой установится некоторая средняя скорость, соответствующая данному расходу. Если одновременно приоткрыть кран 7 в трубке 6, то из последней в трубу 3 начнет поступать краска в виде тонкой прямолинейной и резко выделяющейся струйки. При этом весьма характерно, что краска движется в трубе 3, не смешиваясь с остальной жидкостью. Создается впечатление, что струйка как бы поместилась внутри трубы в виде какого-то постороннего стержня. Если изменить положение конца тонкой трубки 6, выпускающей краску, изменится и положение окрашенной струйки относительно стенок стеклянной трубы 3, но краска по прежнему будет двигаться отдельной струйкой. Следовательно, в стеклянной трубе жидкость движется отдельными

струйками или отдельными слоями. Если несколько увеличить открытие крана 4, расход жидкости через трубу увеличится, соответственно возрастет и скорость, но первоначальная картина движения качественно не изменится. Однако после определенного открытия крана струйка начинает приобретать волнообразное очертание: сначала становится как бы дрожащей, путь ее делается извилистым, хотя она еще остается заметной в массе жидкости. При дальнейшем медленном открытии крана на отдельных участках струйки появляются разрывы, струйка теряет свою отчетливую форму. И наконец, при каком-то открытии крана наступает момент полного разрушения струйки, когда краска полностью смешивается с жидкостью, движущейся по трубе 3, и из крана 4 вытекает равномерно окрашенная жидкость. Движение жидкости в трубе 3 становится беспорядочным. При дальнейшем открытии крана степень беспорядочности внутреннего механизма потока увеличивается.

При обратном проведении опыта, т.е. при постепенном закрытии крана, явление повторяется в обратном порядке, хотя переход от беспорядочного движения в струйное, упорядоченное происходит при более низких значениях скорости движения жидкости в трубе 3.

Режим движения жидкости, при котором сохраняются отдельные струйки жидкости, называется ламинарным (от латинского слова *lamina*- слой). Беспорядочный режим движения жидкости называется турбулентным (от латинского слова *turbulentus*- беспорядочный).

Опыт показывает, что переход от ламинарного течения к турбулентному происходит тем легче, чем больше массовая скорость жидкости ρV и диаметр трубы d и чем меньше вязкость жидкости μ . Рейнольдс установил, что указанные величины можно объединить в безразмерный комплекс, значение которого позволяет судить о режиме движения жидкости. Этот комплекс носит название критерия Рейнольдса (Re):

$$Re = \frac{Vd\rho}{\mu}.$$

Критерий Re является мерой соотношения между силами вязкости и инерции в движущемся потоке. В самом деле, вероятность нарушения ламинарного режима течения и возникновения хаотического перемещения частиц тем больше, чем меньше вязкость жидкости, препятствующая этому нарушению, и чем больше ее плотность, представляющая собой меру инерции отклонившихся от прямолинейного движения частиц. Поэтому при равных скоростях движения различных жидкостей в трубах одинакового диаметра турбулентность возникает тем легче, чем больше плотность и меньше динамическая вязкость, или чем меньше кинематическая вязкость ν . Соответственно критерий Рейнольдса может быть записан в виде:

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

Переход от ламинарного к турбулентному движению характеризуется критическим значением $Re_{кр}$. Так, при движении жидкостей по прямым гладким

трубам $Re_{кр} \approx 2320$. При $Re < 2320$ течение обычно является ламинарным, поэтому данную область значений Re называют областью устойчивого ламинарного режима течения. При $Re > 2320$ чаще всего наблюдается турбулентный характер движения. Однако при $2320 < Re < 10\,000$ режим течения еще неустойчиво турбулентный (эту область изменения значений Re часто называют **переходной**). Хотя турбулентное движение при таких условиях более вероятно, но иногда при этих значениях Re может наблюдаться и ламинарный поток. Лишь при $Re > 10\,000$ турбулентное движение становится установившимся (развитым) (рис. 2).

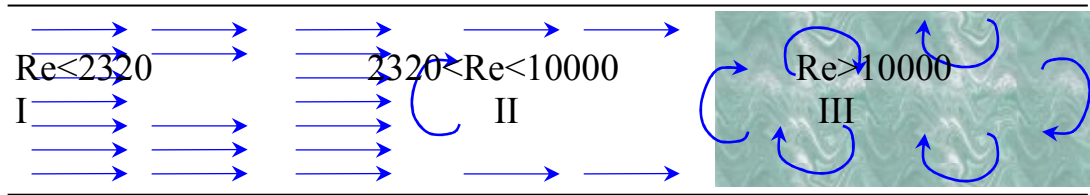


Рис. 2. Режимы движения жидкостей: I- ламинарный; II- переходный; III- турбулентный

В случае движения жидкости через каналы некруглого сечения при расчете критерия Re вместо d используется эквивалентный диаметр, определяемый соотношением:

$$d_3 = \frac{4\omega}{\chi},$$

где ω - площадь поперечного сечения, m^2 ;
 χ - смоченный периметр, m .

Эквивалентный диаметр равен диаметру гипотетического трубопровода круглого сечения, для которого отношение площади к смоченному периметру то же, что и для данного трубопровода некруглого сечения.

Например, для канала прямоугольного сечения со сторонами a и b , полностью заполненного жидкостью:

$$d_3 = \frac{4\omega}{\chi} = \frac{4ab}{2(a+b)} = \frac{2ab}{a+b}.$$

Для канала кольцевого поперечного сечения, в котором жидкость ограничена внутренней и наружной окружностями с диаметрами d_b и d_h соответственно, эквивалентный диаметр:

$$d_3 = \frac{4\omega}{\chi} = \frac{4 \frac{\pi}{4} (d_h^2 - d_b^2)}{\pi(d_h + d_b)} = \frac{(d_h + d_b)(d_h - d_b)}{d_h + d_b} = d_h - d_b.$$

Для круглой трубы с внутренним диаметром d :

$$\frac{4\omega}{d_3} = \frac{4 \frac{\pi}{4} d^2}{\pi d} = d,$$

т.е. равен внутреннему диаметру трубы.

Рассмотрим ламинарный режим движения жидкостей.

Условием существования ламинарного режима движения, как указывалось выше, является следующее:

$$Re < Re_{кр} = 2320.$$

Смена режимов течения при достижении $Re_{кр}$ объясняется тем, что один режим течения теряет устойчивость, а другой ее приобретает.

При числах Рейнольдса, значительно меньших $Re_{кр}$, ламинарные течения не чувствительны к небольшим возмущениям. Ламинарный режим течения сохраняется (не переходит в турбулентный) при наличии небольших внешних вибраций, шероховатостей внутренней поверхности трубы, недостаточно плавного входа из бака в трубу и т.д. Все возмущения в этом случае погашаются влиянием вязкости и ламинарный режим является вполне устойчивым.

Существование ламинарного режима можно затянуть, т.е. добиться того, чтобы течение было ламинарным при больших, чем 2320, числах Рейнольдса, избегая внешних вибраций, используя очень гладкие трубы, обеспечивая спокойствие жидкости в баке и организуя очень плавный вход в трубу. Если предпринять все эти меры предосторожности, режим ламинарного течения удастся затянуть до числа Рейнольдса порядка 20 000. Однако недостаточно незначительных возмущений потока, чтобы режим движения в этих случаях перешел в турбулентный. Поэтому в прикладных расчетах следует придерживаться упомянутого значения критического числа Рейнольдса 2320.

Опыт и теория показывают, что коэффициент трения, характеризующий сопротивление вязкого трения на поверхности тела, значительно меньше при ламинарном пограничном слое, чем при турбулентном. В связи с этим предпринимается множество исследований для разработки мер по затягиванию ламинарного пограничного слоя и получения таким образом выигрыша в снижении сопротивления.

Так, например, обнаружено, что добавление в воду водорастворимых полимерных веществ определенных концентраций позволяет увеличить переходное число Re до 10 000. Любой полимер, уменьшающий сопротивление, может давать максимальный эффект для данной трубы и скорости течения при соответствующем подборе концентрации. Максимальное снижение сопротивления будет наблюдаться в том случае, если течение раствора по всему сечению потока станет ламинарным. Полимерные добавки препятствуют образованию турбулентности в потоке.

Введение полиакриламида в поток воды ($C = 0,02 \%$) позволяет уменьшить сопротивление в трубопроводах спринклерных и дренчерных установок водяного пожаротушения на 67, 5 % и увеличить их пропускную способность в 1, 77 раза. Потери напора в пожарных рукавах при добавках полиоксиэтилена

($C = 0,0002 \%$) уменьшаются на 40 %. Таким образом, при той же мощности насоса будет увеличиваться дальнобойность струи.

Рассмотрим модель ламинарного движения жидкости.

При ламинарном движении жидкости скорости в живом сечении потока изменяются постепенно от нулевых значений у стенок до максимальных на оси трубы. Нулевые значения скорости у стенок объясняются прилипанием жидкости к ним. Жидкость, движущаяся в трубе, может быть представлена в виде отдельных бесконечно тонких цилиндрических слоев, которые перемещаются с различными скоростями, увеличивающимися к оси трубы.

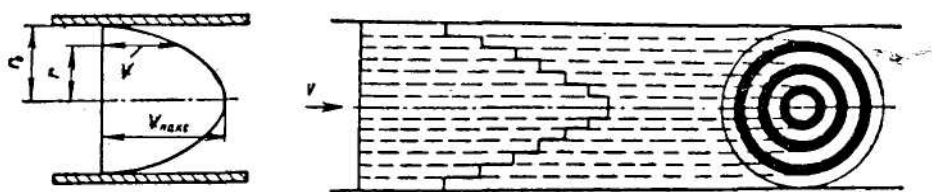


Рис. 3. Модель ламинарного движения жидкости

Слои жидкости, движущиеся быстрее, увлекают за собой слои, движущиеся медленнее, и, наоборот, слои жидкости, движущиеся медленнее, тормозят слои, движущиеся быстрее. Происходит как бы скольжение цилиндрического слоя, движущегося с большей скоростью, по слою, движущемуся с меньшей скоростью; при этом на смежных поверхностях слоев жидкости развиваются силы трения из-за наличия сцепления частиц жидкости друг с другом и со стенками, ее ограничивающими, жидкий объем деформируется. В итоге тормозящее действие сил трения приводит к тому, что отдельные частицы жидкости движутся с различными скоростями.

Средняя скорость при ламинарном режиме

$$V = V_{\text{макс}}/2,$$

т.е. равна половине скорости по оси трубы.

Местная скорость (скорость на некотором расстоянии r от оси трубы)

$$V_r = V_{\text{макс}} \cdot [1 - (r/r_0)^2],$$

где r_0 - радиус трубы, м.

Рассмотрим турбулентный режим движения жидкостей.

Механизм турбулентного потока весьма сложен. Трудность решения связана с тем, что при турбулентном режиме движение конечных масс жидкости происходит как бы беспорядочно в разных направлениях, подобно движению молекул, рассматриваемому в кинетической теории газов. При этом частицы жидкости перемешиваются между собой, а скорость в любой точке потока постоянно изменяется около среднего значения как по направлению, так и по величине. Это явление называют пульсацией скорости.

Турбулентное движение по существу является неустановившимся, так как скорости в нем непрерывно и постоянно изменяются во времени, не подчиняясь каким-либо видимым закономерностям. Такое же нерегулярное изменение скорости в рассматриваемый момент времени характерно и при переходе в

потоке от одной точки к другой. Траектории движения частиц жидкости чрезвычайно сложны, чем и объясняется интенсивное перемешивание частиц жидкости в турбулентном потоке.

По схеме, предложенной Л. Прандтлем, при турбулентном режиме большая часть потока занята турбулентным ядром и лишь у граничной поверхности, в частности, у стенок трубы, образуется очень тонкий ламинарный слой или пленка. В последующем в работах Маттиоли и Г. Гуржиенко представление о структуре пограничного слоя несколько изменилось. Пограничный слой стали считать состоящим из двух подслоев: ламинарного или вязкого и переходного со смешанным режимом – временами ламинарным, временами турбулентным с явно обнаруживаемым срывом вихрей. При этом было принято, что в ламинарном подслое ввиду его малости (доли миллиметра) скорости распределены по линейному закону от нулевого значения у стенок (прилипание жидкости к стенкам) до конечного значения на границе с переходным подслоем. В центральной части потока, в ядре течения, распределение скоростей должно соответствовать турбулентному режиму, где скорости меняются по логарифмическому закону.

В пределах переходного подслоя под влиянием выступов шероховатости зарождаются отдельные вихри, пронизывающие этот подслой и вовлекающиеся в турбулентное ядро. Эти вихри, по-видимому, являются основной причиной перемешивания в турбулентном ядре. От их интенсивности и способности сохраняться зависит степень турбулизации потока. Наивысшая степень турбулизации потока отвечает такому режиму движения жидкости, когда сопротивления пропорциональны скорости во второй степени (квадратичная область движения).

Установлено, что толщина пограничного слоя обратно пропорциональна числу Рейнольдса, т.е. при увеличении скорости движения и по мере повышения турбулизации потока толщина пограничного слоя неуклонно уменьшается. При увеличении диаметра трубы толщина пограничного слоя увеличивается, что объясняет лучшую работу труб больших диаметров.

На рис. 4 показана эпюра скоростей в круглой трубе при турбулентном режиме, из которого видно, что, как и при ламинарном режиме, скорости весьма быстро возрастают в прилегающем к стенке слое незначительной толщины, а затем, благодаря влиянию перемешивания, дальнейшее их возрастание до максимального значения по оси трубы происходит очень медленно.

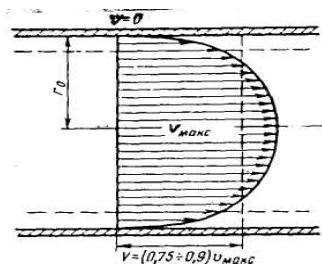


Рис. 4. Распределение скоростей при турбулентном движении

В отличие от ламинарного потока, характеризующегося отношением $V/V_{\text{макс}}=0,5$, в турбулентном потоке это отношение меняется и составляет, например, для труб 0,75 при $Re=2700$; 0,9 при $Re=10^6$; 0,96 при $Re=10^8$ и т.д., приближаясь к единице с увеличением числа Рейнольдса.

В пределе при $Re \rightarrow \infty$ будет совершенно равномерная эпюра скоростей по сечению потока, характерная для невязкой жидкости. Этого и следовало ожидать, так как движение невязкой жидкости можно характеризовать как движение при $Re = \infty$.

Приблизительно распределение скоростей в поперечном сечении трубы при турбулентном режиме описывается уравнением:

$$V = V_{\text{макс}}(y/r_0)^m,$$

где y - расстояние рассматриваемой точки от стенки трубы;

r_0 - радиус трубы;

m - показатель степени, зависящий от шероховатости стенок трубы и числа Re . Изменяется в пределах от $m=0,25$ для шероховатых труб до $m=0,1$ для гладких труб.

Темы докладов и рефератов

1. Общее уравнение энергии в интегральной и дифференциальной формах.
2. Применение закона импульса и закона момента импульса в гидравлике.
3. Расчет силы, действующие на стенки диффузора и конфузора.
4. Использование уравнения Бернулли для решения задач пожарной практики.

Вопросы для самоконтроля

1. Как направлено гидростатическое давление на плоскую стенку?
2. Чему равна сила гидростатического давления на плоскую фигуру?
3. Схема давления на плоскую стенку.
4. Показать на схеме центр тяжести и центр давления?
5. Уравнение определения центра давления.
6. Уравнение определения глубины погружения центра давления?
7. Что называется эпюрой?
8. Какая формула лежит в основании построения эпюры?
9. Построить эпюру гидравлического давления на вертикальную плоскую стенку?
10. Построить эпюру гидравлического давления на плоскую стенку под углом к горизонтали?
11. Начертить схему давления жидкости на криволинейную поверхность.
12. Чему равна элементарная сила избыточного гидростатического давления?
13. Какое тело называется телом давления?
14. Чему равна вертикальная составляющая силы давления жидкости на криволинейную стенку?
15. Чему равна результирующая сила давления?
16. Начертить схему с указанием сил, действующих на погружённое в жидкость тело.
17. Закон Архимеда.

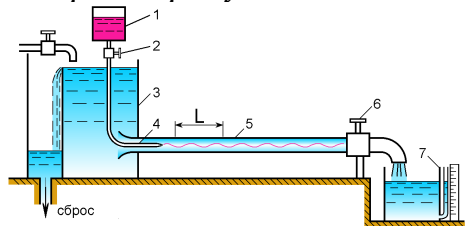
18. Математическое выражение закона Архимеда?

19. Как влияет соотношение веса тела и архимедовой силы на тело погружённое в жидкость?

Опорные термины: эпюра, центр тяжести, центр давления, криволинейную поверхность.

Тесты для самоконтроля

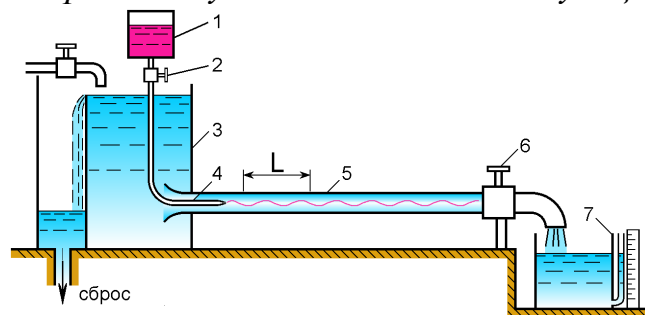
1. Впишите на месте первого пропуску название элемента установки, на месте второго пропуску - название измерительного прибора



Для определения численного значения расхода жидкости в трубопроводе путем деления одной измеренной величины на другую необходимо использовать элемент данной установки - _____ совместно с измерительным прибором - _____

Критерии оценивания: правильный ответ оценивается в 1 балл (задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания); неправильный – 0 баллов.

2. На рисунке представлена схема установки для экспериментального исследования режимов движения жидкости в трубопроводе. Установите соответствие между номером позиции на схеме и наименованием элемента экспериментальной установки. Одному элементу из левого столбика соответствует один элемент из правого столбика. Запишите в таблицу выбранные буквы под соответствующими цифрами.



№ ПОЗИЦИИ НА СХЕМЕ	НАИМЕНОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА
1	А. бак с исследуемой жидкостью
2	Б. бачок для краски с краном
3	В. вентиль для регулировки подачи краски
4	Г. мерная ёмкость

5	Д. насос
6	Е. прозрачная трубка Рейнольдса
7	Ж. регулировочный вентиль для подачи исследуемой жидкости
	З. трубка для подачи краски

Ответ:

1	2	3	4	5	6	7

Критерии оценивания: каждое правильно установленное соответствие оценивается в 0,5 балла.

3. Выберите один вариант ответа

Если при движении жидкости в данной точке русла давление и скорость не изменяются, то такое движение называется

- 1) установившимся
- 2) неуставившимся
- 3) турбулентным установившимся
- 4) ламинарным неуставившимся

Критерии оценивания: правильный ответ оценивается в 1 балл (задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания); неправильный – 0 баллов.

4. Выберите один вариант ответа

Отношение расхода жидкости к площади живого сечения называется

- 1) средний расход потока жидкости;
- 2) средняя скорость потока;
- 3) максимальная скорость потока;
- 4) минимальный расход потока.

Критерии оценивания: правильный ответ оценивается в 1 балл (задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания); неправильный – 0 баллов.

5. Выберите один вариант ответа

Течение жидкости со свободной поверхностью называется

- 1) установившееся;
- 2) напорное;
- 3) безнапорное;
- 4) свободное

Критерии оценивания: правильный ответ оценивается в 1 балл (задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания); неправильный – 0 баллов.

Вопросы для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный в [1], изучить вопрос:

1. В каких отраслях экономики проводят расчёты давления жидкости на плоские и криволинейные стенки.
2. Практическое применение законов гидростатики в пожарном деле.

Тема 4. Гидравлические сопротивления и потери напора. Гидравлический расчет трубопроводов

Цель: активизировать знание видов потерь напора, возникающих при движении жидкости; изучить методики решения инженерных задач, связанных с определением потерь напора на трение; проверить качество усвоения обучающимися учебного материала.

Методические рекомендации по изучению темы

По теме необходимо изучить сущность экспериментальных исследований Рейнольдса по изучению режимов движения жидкостей, знать структуру потока при движении жидкостей в разных режимах. Научиться решать задачи по определению режимов движения жидкостей в трубах и рукавных линиях. Знать модель ламинарного и турбулентного потока и основные статистические характеристики турбулентного движения. Следует обратить внимание на необходимость расчета эквивалентного диаметра в случае движения жидкостей через каналы некруглого сечения.

При расчетах напорных трубопроводов основной задачей является либо определение пропускной способности (расхода), либо потери напора на том или ином участке, равно как и на всей длине, либо диаметра трубопровода на заданных расходе и потерях напора.

В практике трубопроводы делятся на *короткие* и *длинные*. К первым относятся все трубопроводы, в которых местные потери напора превышают 5...10% потерь напора по длине. При расчетах таких трубопроводов обязательно учитывают потери напора в местных сопротивлениях. К ним относят, к примеру, маслопроводы объемных передач.

Ко вторым относятся трубопроводы, в которых местные потери меньше 5...10% потерь напора по длине. Их расчет ведется без учета местных потерь. К таким трубопроводам относятся, например, магистральные водоводы, нефтепроводы.

Учитывая гидравлическую схему работы длинных трубопроводов, их можно разделить также на *простые* и *сложные*. Простыми называются последовательно соединенные трубопроводы одного или различных сечений, не имеющих никаких ответвлений. К сложным трубопроводам относятся системы труб с одним или несколькими ответвлениями, параллельными ветвями и т.д. К сложным относятся и так называемые кольцевые трубопроводы.

Жидкость по трубопроводу движется благодаря тому, что ее энергия в начале трубопровода больше, чем в конце. Этот перепад уровней энергии может создаваться несколькими способами: работой насоса, разностью уровней жидкости, давлением газа.

Рассмотрим простой трубопровод постоянного сечения, который расположен произвольно в пространстве (рис. 6.1), имеет общую длину l и диаметр d , а также содержит ряд местных сопротивлений (вентиль, фильтр и обратный клапан). В начальном сечении трубопровода 1-1 геометрическая высота равна z_1 и избыточное давление P_1 , а в конечном сечении 2-2 - соответственно z_2 и P_2 . Скорость потока в этих сечениях вследствие постоянства диаметра трубы одинакова и равна v .

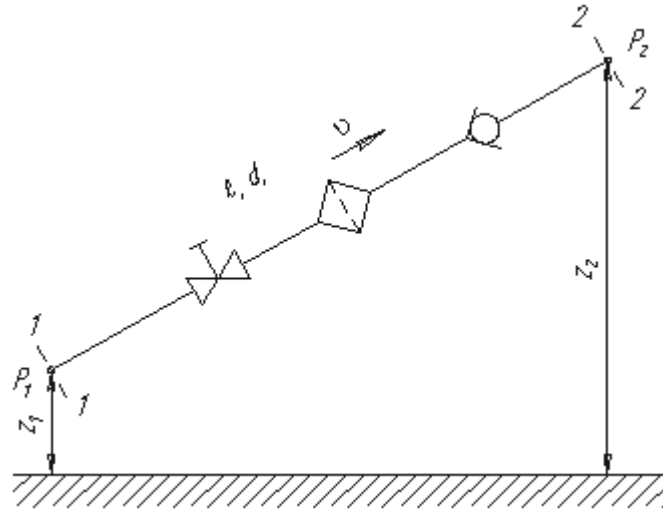


Рис. 1. Схема простого трубопровода

Запишем уравнение Бернулли для сечений 1-1 и 2-2. Поскольку скорость в обоих сечениях одинакова и $\alpha_1 = \alpha_2$, то скоростной напор можно не учитывать. При этом получим

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \sum h$$

или

$$\frac{P_1}{\rho g} = z_2 - z_1 + \frac{P_2}{\rho g} + \sum h$$

Пьезометрическую высоту, стоящую в левой части уравнения, назовем *потребным напором* $H_{нотр}$. Если же эта пьезометрическая высота задана, то ее называют *располагаемым напором* $H_{расп}$. Такой напор складывается из геометрической высоты $H_{нотр}$, на которую поднимается жидкость, пьезометрической высоты в конце трубопровода и суммы всех потерь напора в трубопроводе.

Назовем сумму первых двух слагаемых *статическим напором*, который представим как некоторую эквивалентную геометрическую высоту

$$H_{ст} = \Delta z + \frac{P_2}{\rho g}$$

а последнее слагаемое Σh - как степенную функцию расхода

$$\Sigma h = KQ^m$$

тогда

$$H_{\text{нотр}} = H_{\text{ст}} + KQ^m$$

где K - величина, называемая сопротивлением трубопровода;
 Q - расход жидкости;
 m - показатель степени, который имеет разные значения в зависимости от режима течения.

Для ламинарного течения при замене местных сопротивлений эквивалентными длинами сопротивление трубопровода равно

$$K = \frac{128\nu l_{\text{расч}}}{\pi g d^4} \quad \text{и} \quad m = 1$$

где $l_{\text{расч}} = l + l_{\text{экв}}$.

Численные значения эквивалентных длин $l_{\text{экв}}$ для различных местных сопротивлений обычно находят опытным путем.

Для турбулентного течения, используя формулу Вейсбаха-Дарси, и выражая в ней скорость через расход, получаем

$$K = \left(\sum \zeta + \lambda_r \frac{l}{d} \right) \frac{16}{2g\pi^2 d^4} \quad \text{и} \quad m = 2$$

По этим формулам можно построить кривую потребного напора в зависимости от расхода. Чем больше расход Q , который необходимо обеспечить в трубопроводе, тем больше требуется потребный напор $H_{\text{нотр}}$.

Темы докладов и рефератов

1. Уравнение Бернулли для реальной жидкости.
2. Опыт Рейнольдса, критерий Рейнольдса.

Вопросы для самоконтроля

1. Какая жидкость называется реальной.
2. В результате чего возникают касательные напряжения.
3. Что происходит с энергией реальной движущейся жидкости.
4. Теоремы подобия.
5. Преобразование дифференциальных уравнений движения реальной жидкости Навье-Стокса методами теории подобия.
6. Критерий Рейнольдса, его физический смысл.

7. Критерий Эйлера, его физический смысл.
8. Критерий Фруда, его физический смысл.
9. Критерий гомохронности, его физический смысл
10. Обобщенное критериальное уравнение гидродинамики.
11. Вывод уравнения Бернулли для реальной жидкости.

Тесты для самоконтроля

1. Впишите на месте пропуска через запятую два правильных ответа

При расчете потерь напора в рукавной линии по формуле $h_p = n S_p Q^2$ сопротивление одного стандартного рукава длиной 20 м S_p является справочной величиной. Для его определения необходимо знать _____

Критерии оценивания: правильный ответ оценивается в 1 балл (задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания); неправильный – 0 баллов.

2. Впишите на месте пропуска правильный ответ, указав название области гидравлического трения (ПК-2.2, ОК-2)

При выполнении проектных расчетов систем противопожарного водоснабжения важной задачей является расчет потери напора. Потеря напора на трение опреляется по формуле Дарси-Весбаха

$h_{тр.} = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$. Входящий в это уравнение коэффициент гидравлического

трения λ в области _____ рассчитывается в зависимости от критерия Рейнольдса и относительной шероховатости трубопровода.

Критерии оценивания: правильно записанный ответ оценивается в 1 балл

3. Выберите два варианта ответа.

Действие каких из перечисленных аппаратов, устройств, экспериментальных измерительных приборов основано на принципе уравнения Бернулли (закона сохранения энергии в потоке жидкости)? (ПК-2.2, ОК-2)

- 1) поршневой насос
- 2) расходомер
- 3) гидроэлеватор
- 4) барометр
- 5) гидротестер

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

4. Выберите два варианта ответа.

Коэффициент гидравлического трения λ зависит от

- 1) критерия Рейнольдса
- 2) относительной шероховатости
- 3) расхода жидкости

4) давления

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

5. Выберите один вариант ответа

Коэффициент гидравлического трения λ в области гидравлически гладких труб зависит от

- 1) скорости движения жидкости
- 2) шероховатости
- 3) критерия Рейнольдса
- 4) расхода жидкости

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 1 балл

Вопросы для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный в [1], изучить вопросы:

1. Коэффициент неравномерности распределения скоростей α , его значения.
2. Условия применения уравнения Бернулли.
3. Геометрический смысл уравнения Бернулли.
4. Энергетический смысл уравнения Бернулли.
5. Графическое изображение уравнения Бернулли.

Тема 5. Противопожарное водоснабжение поселений, городских округов и промышленных объектов

Цель: изучить систему водоснабжения. Комплекс инженерно-технических сооружений, предназначенных для забора воды из природных источников, подъема ее на высоту, очистки (в случае необходимости), хранения запасов воды и подачи ее к местам потребления.

Методические рекомендации по изучению темы

При изучении темы необходимо изучить системы водоснабжения (водопроводы). Их классифицируются по ряду признаков.

1. По виду обслуживаемого объекта системы водоснабжения делятся на городские, поселковые, промышленные, сельскохозяйственные, железнодорожные и пр.

2. По способу подачи воды различают напорные и самотёчные водопроводы.

Напорные водопроводы- в них вода из источника к потребителю подаётся насосами; самотёчные – вода из высоко расположенного источника подается к потребителю самотёком (горные районы).

3. По назначению системы водоснабжения подразделяются на хозяйственно-питьевые, предназначенные для подачи воды на хозяйственные

и питьевые нужды населения; производственные, снабжающие водой технологические процессы производств; противопожарные, обеспечивающие подачу воды для тушения пожаров.

Классификация дается по различным признакам:

- а) по видам потребителей – системы хозяйственно-питьевого водоснабжения, в том числе сельскохозяйственного; производственного водоснабжения; противопожарного водоснабжения; поливочные; многофункциональные, охватывающие несколько видов потребления;
- б) по видам объектов водоснабжения – системы водоснабжения городов; водоснабжения поселков, водоснабжения производственных объектов;
- в) по охвату снабжаемых объектов - системы водоснабжения одного объекта; системы водоснабжения групповые, районные, охватывающие группу объектов, разнородные объекты на территории района;
- г) по кратности использования подаваемой воды – системы прямоточные; с оборотом воды; с последовательным использованием воды на различных установках;
- д) по природным источникам водоснабжения – системы, использующие воду поверхностных источников (реки, водохранилища, озера, моря); системы, использующие подземные воды (грунтовые воды, артезианские воды, родники);
- е) по способам подачи воды – самотечные системы (гравитационные); с механической подачей воды (нагнетание); смешанная подача (в пределах системы).

Система водоснабжения представляет собой комплекс взаимосвязанных сооружений, предназначенных для обеспечения потребностей в воде какого-либо объекта: города, промпредприятия, сельскохозяйственного предприятия.

Системы водоснабжения, обеспечивающие водой отдельные районы страны или группы различных населенных пунктов и других объектов, называются **районными** или **групповыми** системами водоснабжения.

Задачи системы водоснабжения:

- получение воды из природного источника;
- улучшение ее качества в соответствии с требованиями потребителей;
- транспортирование на территорию объекта и подача ко всем заданным точкам отбора.

Состав системы водоснабжения:

- а) водозаборные сооружения (ВЗС), осуществляющие забор воды из выбранных для данного объекта природных источников;
- б) насосные станции (НС) – водоподъемные сооружения, создающие требуемые напоры для подачи заданных расходов воды на заданную высоту;
- в) очистные сооружения (ОС), осуществляющие улучшение качества (очистку) природной воды в соответствии с требованиями потребителей;
- г) ВВ - водоводы и ВС - водопроводные сети, транспортирующие воду

к объектам и местам ее потребления;

д) регулирующие и запасные емкости – резервуары различных типов для хранения и аккумуляции воды, например, резервуары чистой воды (РЧВ), водонапорные башни (ВБ).

(б + г + д) = система подачи и распределения воды (подсистема системы водоснабжения).

Примеры схем систем водоснабжения:

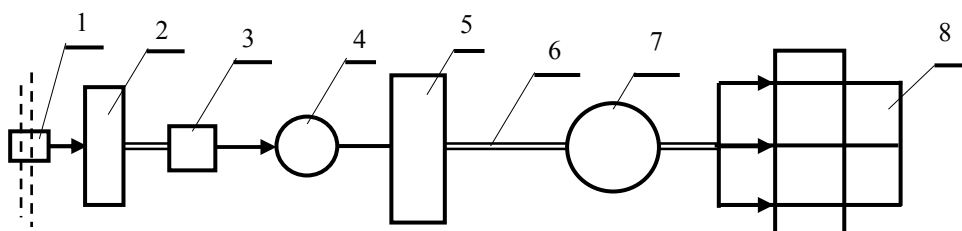


Рис. 1. Схема водоснабжения из поверхностного источника:

1 – водозаборное сооружение; 2 – насосная станция I подъема; 3 – очистные сооружения; 4 – резервуары чистой воды; 5 – насосная станция II подъема; 6 – водоводы; 7 – водонапорная башня; 8 – магистральная водопроводная сеть

В каждом конкретном случае могут быть модификации данной схемы ВБ в начале, в конце или в наивысшей точке сети; отсутствие НС - II в случае самотечного движения от 4 к 7; отсутствие ОС в случае, если качество воды удовлетворяет потребителя и т.п.)

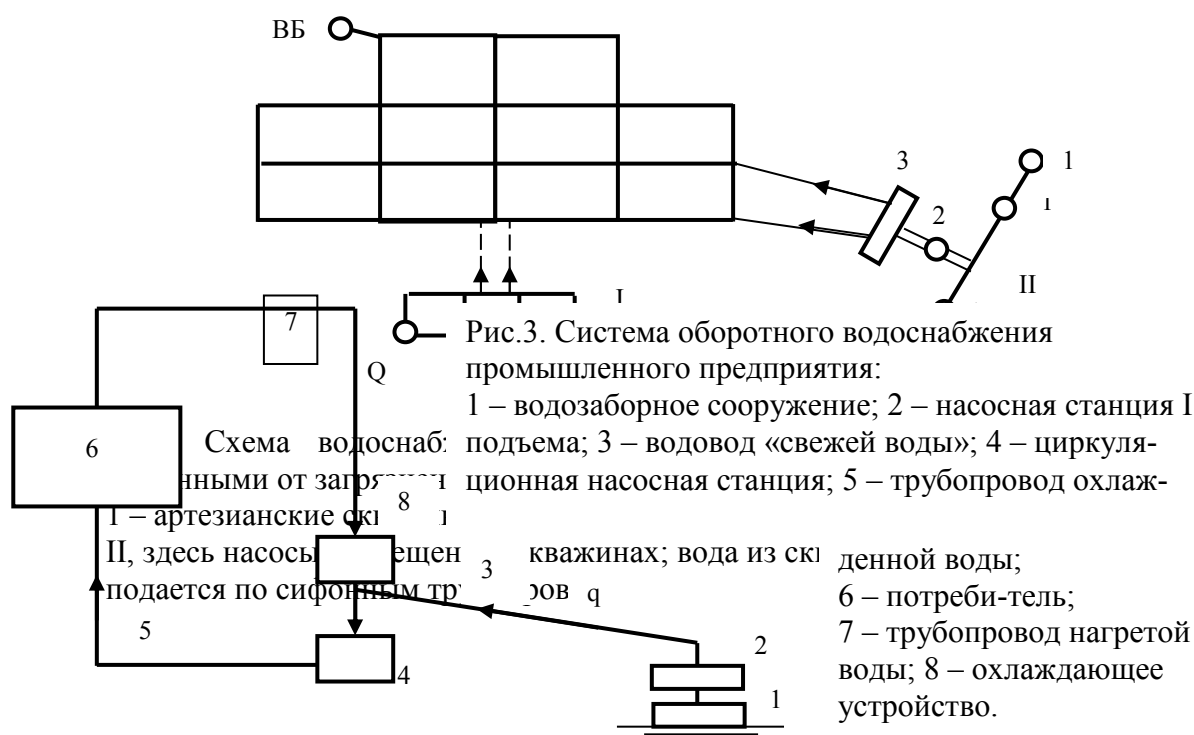


Рис.3. Система оборотного водоснабжения промышленного предприятия:

1 – водозаборное сооружение; 2 – насосная станция I подъема; 3 – водовод «свежей воды»; 4 – циркуляционная насосная станция; 5 – трубопровод охлаждающей воды; 6 – потребитель; 7 – трубопровод нагретой воды; 8 – охлаждающее устройство.

Когда вода, сбрасываемая одним потребителем, может быть использована другим, устраивают системы последовательного (повторного) использования воды.

Чаще всего реальные системы водоснабжения крупных предприятий представляют собой комбинацию систем прямоточного, оборотного и последовательного водоиспользования.

Одним из основных требований к системе водоснабжения является ее **надежность**. Основной показатель надежности – вероятность безотказной работы в течение заданного периода времени. Основные причины отказов:

- отказ источника воды: снижение уровня ниже допустимого, шуговые заторы, обледенения, падение уровня подземных вод;
- повреждение водоводов или магистральных линий сети;
- аварии насосов, прекращение подачи электроэнергии;
- аварии на ОС.

Повышение надежности достигается в основном путем **структурного** резервирования элементов системы, т.е. параллельным включением нескольких взаимозаменяемых элементов схемы вместо одного или путем **временного** резервирования – использования различных резервуаров системы для обеспечения аварийных запасов воды.

Вода расходуется потребителями на самые разнообразные нужды. Однако большинство видов использования воды в народном хозяйстве может быть сведено к следующим основным категориям:

а) **хозяйственно-питьевые** потребности людей (жителей населенных пунктов и рабочих во время их пребывания на производстве);

б) **производственные потребности**, связанные с использованием воды в технологических процессах различных производств, и другие технологические нужды;

в) расходы воды, связанные с обеспечением **благоустройства** населенных пунктов и промышленных предприятий: поливка и мытье улиц и площадей, полив зеленых насаждений, газонов и т.п.

г) расходы воды на **пожаротушение**.

Требования, предъявляемые различными потребителями к качеству воды различны. К воде, используемой для хозяйственно-питьевых целей, предъявляются высокие санитарные и вкусовые требования. Качество воды, используемой на производственные нужды, определяется характером технологического процесса и может быть весьма разнообразно. К качеству воды, используемой для благоустройства и пожаротушения, специальных требований не предъявляется.

Второй преподаватель знакомит курсантов с нормативными документами и учебно-методическими материалами, на основании которых будет произведено изучение схемы водоснабжения городского округа.

Напорные системы.

Населённые пункты характеризуются значительной численностью

населения, наличием, а них промышленных и других объектов требующих значительное количество воды. В современных городских водопроводах расход воды на технические нужды промышленности составляют в среднем около 40% от общего количества воды, подаваемой в сеть городских водопроводов. Выбор источника водоснабжения в каждом отдельном случае обосновывается соответствующими техническими и экономическими показателями.

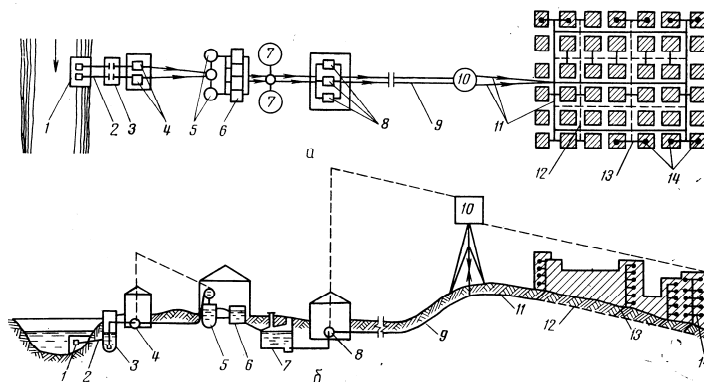


Рис. 4. Схема водоснабжения населённого пункта:

а — план; б — разрез

На рис. 4 приведена общая схема водоснабжения города с получением воды из реки. Речная вода поступает в водоприёмник 1 и по самотёчным трубам 2 перетекает в береговой колодец 3, а из него насосами первого подъёма 4 подаётся в отстойник 5 и далее на фильтры 6 для очистки от загрязнений и обеззараживания. Затем вода поступает в запасные резервуары чистой воды 7, из которых насосами второго подъёма 8 подаётся по водоводам 9 в напорно-регулирующее сооружение 10 (наземный или подземный резервуар, размещённый на естественном возвышении, водонапорную башню или пневматическую установку), а также в магистральные трубы 11 водопроводной сети, по которым вода транспортируется в различные районы города и по распределительным трубам 12 и домовым вводам 13 поступает к потребителям 14.

Система водоснабжения разделяется на две части: *наружную* и *внутреннюю*. К наружному водопроводу относят все сооружения для забора, очистки и распределения воды водопроводной сетью. Внутренние водопроводы забирают воду от наружной сети и подают её к потребителю.

Работа очистных сооружений наиболее эффективна при равномерном поступлении воды за счёт работы насосов подъёма. Регулирование работы которых достигается благодаря устройству запасных резервуаров воды.

Водонапорные башни, напорно-регулирующие сооружения предназначены для накапливания излишка воды в часы малого потребления. Кроме того, напорно-регулирующие сооружения предназначаются для хранения запаса воды на тушения пожара. Водонапорная башня (рис. 4) расположена в начале водопроводной сени на естественной возвышенности. В случаях когда водонапорная башня находится на возвышенности в противоположенной стороне от водопровода её называют *контррезервуаром*.

При сглаживании неравномерного водопотребления по часам суток

обходятся без напорно-регулирующих сооружений. В этом случае воду в трубы распределительной сети подают насосами, а для хранения пожарного запаса воды устраивают резервуары, из которых вода для тушения пожара забирается насосами.

Для местного водоснабжения в городах применяется:

1. пневматические установки при суточном расходе воды до 300 м^3 ;
2. водонапорная башня при суточном расходе воды до 60000 м^3 .

Если вода из источника по качеству удовлетворяет требованиям потребителей, то отпадает необходимость в постройке очистных сооружений. В этом случае вода из источника погружным насосом подаётся по водоводам в магистральную сеть (рис. 5).

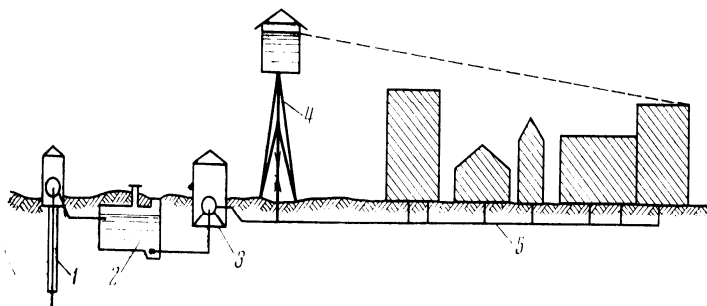


Рис. 5. Схема водопровода с использованием подземных вод

Вода из артезианской скважины насосами 1 подаётся в запасной резервуар 2, из которого насосами подъёма 3 подаётся по водоводам в водонапорную башню 4, после чего по водопроводной сети поступает к потребителю.

Существуют *смешенные системы* с поверхностными и подземными водоисточниками. В этом случае подземные водоисточники используются как аварийные в условиях особого периода.

Зонные системы водоснабжения, т.е. системы разделённые на отдельные зоны с самостоятельным питанием водой, устраивают при значительной разности отметок снабжаемой территории, большой её протяжённости, а также при значительной разнице в напорах (микрорайоны города с разной этажностью застройки). Разделение на зоны проводят исходя из следующих условий: в высшей точке сети, должен быть необходимый свободный напор; а низшей точке напор не должен превышать 60 м.

Зонные системы водоснабжения бывают горизонтальные и вертикальные с последовательным или параллельным зонированием. При последовательном зонировании насосная станция каждой зоны подаёт воду в количестве, необходимом для всех вышележащих зон. При параллельной системе зонирования вода подаётся в сеть каждой зоны отдельными группами насосов, установленными в общей насосной станции, по отдельным водоводам.

Горизонтальный тип зонного водопровода применяют для больших по протяжённости территорий (более 7 км) в городах со сравнительно ровным рельефом. Вертикальный тип зонирования применяют при больших разностях отметок в связи с большим напором в нижних районах сети.

Наряду с централизованными водопроводами в настоящее время в городах большое распространение имеют системы местного водоснабжения. Эти системы имеют управляемые вручную или автоматически насосные установки небольшой производительностью ($Q < 150 \text{ м}^3/\text{ч}$).

Самотёчная система.

Для водоснабжения городов может применяться самотёчная система, если водоисточник находится на достаточной высоте для создания необходимого напора в сети без помощи насосов (рис. 6).

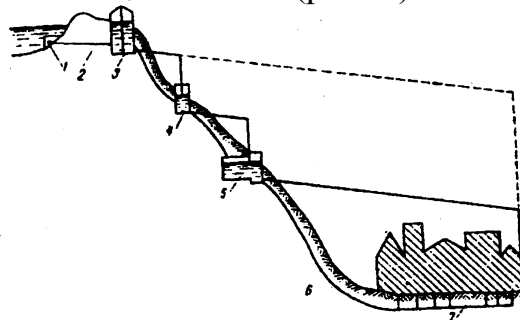


Рис. 6. Схема самотёчного водопровода

Вода из водоисточника 1 по водоводу поступает в береговой колодезь на очистные сооружения 2, затем в разгрузочный колодезь 3 и разгрузочный резервуар 4, необходимые для снижения избыточного напора. Из разгрузочного резервуара вода поступает к потребителю. Самотёчные системы характеризуются меньшими капитальными и эксплуатационными затратами чем напорные.

Темы докладов и рефератов

1. Классификацию систем водоснабжения.
2. Схемы противопожарного водоснабжения промышленных предприятий.
3. Схемы водоснабжения городов.

Вопросы для самоконтроля

1. Как классифицируются системы водоснабжения.
2. Схемы водоснабжения городов.
3. Схемы противопожарного водоснабжения промышленных предприятий.
4. Схемы противопожарного водоснабжения малых населённых мест.
5. Что такое безводопроводное противопожарное водоснабжение.
6. Расскажите методику расчёта расхода воды для целей пожаротушения населённого пункта и предприятия.

Опорные термины: промышленные предприятия, безводопроводное противопожарное водоснабжение.

Тесты для самоконтроля

1. Укажите цифрами последовательность номеров элементов системы наружного водоснабжения по направлению движения воды от водоисточника до потребителя

- 1) береговой колодец
- 2) насосная станция I подъема
- 3) насосная станция II подъема
- 4) резервуар чистой воды
- 5) система водоочистки

Критерии оценивания: присваивается 1 балл при ответе, полностью соответствующем эталону, и 0 баллов при наличии ошибки.

2. Заполните пропуск в предложении. Ответ запишите цифрой
Системы водоснабжения по степени обеспеченности подачи воды (по надежности действия) подразделяются на _____ категории

Критерии оценивания: присваивается 1 балл при ответе, полностью соответствующем эталону, и 0 баллов при наличии ошибки.

3. Заполните пропуск в предложении. Ответ запишите цифрой
Тупиковый трубопровод - трубопроводная линия, длиной не более _____ м, соединяющая внешнюю магистральную сеть с не закольцованной внутренней трубопроводной сетью

Критерии оценивания: присваивается 1 балл при ответе, полностью соответствующем эталону, и 0 баллов при наличии ошибки.

4. Выберите два варианта ответа
Резервуары чистой воды выполняют роль

- 1) регулирующих емкостей
- 2) запасных емкостей
- 3) аварийных емкостей
- 4) аварийных и регулирующих емкостей
- 5) аварийных и запасных емкостей

Критерии оценивания: присваивается 0,5 балла при ответе, полностью соответствующем эталону, и 0 баллов при наличии ошибки.

5. Выберите три варианта ответа
Выделяют следующие классификации систем водоснабжения по

- 1) виду обслуживаемого объекта
- 2) способу подачи воды
- 3) назначению
- 4) виду подачи воды
- 5) способу транспортировки воды
- 6) условиям использования воды

Критерии оценивания: присваивается 0,5 балла при ответе, полностью соответствующем эталону, и 0 баллов при наличии ошибки.

Вопрос для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный в [1], изучить вопрос:

1. Расскажите методику расчёта расхода воды на хозяйственно-питьевые, производственные нужды

Тема 6. Системы наружного противопожарного водоснабжения

Цель: изучить расчетный расход воды на пожаротушение.

Методические рекомендации по изучению темы

При изучении темы необходимо изучить общий расчетный расход воды на пожаротушение. Он складывается из наружного расхода от гидрантов, внутреннего расхода от пожарных кранов и расхода от стационарных спринклерных или дренчерных установок:

$$Q_{\text{пож.}} = Q_{\text{н}} + Q_{\text{вн}} + Q_{\text{уст.}}$$

При объединенном водопроводе этот расход должен быть обеспечен с учетом наибольшего потребления на другие нужды населенного пункта или промышленного предприятия, исключая расходы на поливку территории, приема душа, мытья полов и мойку оборудования.

Расход воды на наружное пожаротушение и количество возможных одновременных пожаров определяют по таблицам в зависимости от числа жителей и этажности зданий.

Расход на тушение пожара в жилых районах с одно- и двухэтажной застройкой, входящих в состав населенных пунктов с большой этажностью застройки, определяют отдельно- с учетом численности населения этих районов. Общий расход устанавливают по численности всего населения, суммируя данные по смешанной застройке.

При зонном водоснабжении расчетный расход на наружное пожаротушение определяют для каждой зоны отдельно в зависимости от числа жителей в ней. Число одновременных пожаров устанавливают по таблице исходя из общей численности населения.

Расчетный расход воды на наружное пожаротушение через гидранты на промышленном предприятии или сельскохозяйственном комплексе зависит от категории пожарной опасности производства, степени огнестойкости зданий, их объема и особенностей конструкции.

Для пожаротушения зданий, разделенных на части противопожарными стенами или имеющих различную категорию пожарной опасности, расчетный расход воды следует принимать по той части зданий, где он наибольший.

В таблицах приводятся нормы расхода воды в расчете на один пожар, причем число одновременных пожаров принимается в зависимости от площади территории предприятия: один пожар- при площади до 150 га, при большей площади- два пожара.

Продолжительность тушения пожаров при подаче воды от гидрантов, установленных на наружной водопроводной сети, в соответствии с нормативами

составляет 3ч; лишь для зданий I и II степени огнестойкости (с несгораемыми стенами, перегородками и утеплителем покрытия) с производством категорий Г и Д она составляет 2 ч.

Темы докладов и рефератов

1. Расчёт расхода воды на хозяйственно питьевые и производственные нужды.
2. Расчёт расхода воды для целей пожаротушения.

Вопросы для самоконтроля

1. Как определяется расход воды на нужды пожаротушения.
2. Назовите нормативные документы, регламентирующие требования пожарной безопасности к наружному противопожарному водопроводу.
3. Назовите нормативные документы, регламентирующие требования пожарной безопасности к внутреннему противопожарному водопроводу.

Опорные термины: пожар, зонирование, регламент.

Тесты для самоконтроля

1. Укажите цифрами последовательность номеров элементов системы наружного водоснабжения по направлению движения воды от водоисточника до потребителя

- 1) береговой колодец
- 2) насосная станция I подъема
- 3) насосная станция II подъема
- 4) резервуар чистой воды
- 5) система водоочистки

Критерии оценивания: присваивается 1 балл при ответе, полностью соответствующем эталону, и 0 баллов при наличии ошибки.

. Дополните предложение, выбрав два варианта ответа.

Наибольшее распространение в нашей стране получил пожарный гидрант

- 1) Дорошевского
- 2) надземного типа
- 3) подземного типа
- 4) подземно-надземного типа
- 5) созданный русским инженером Н. П. Зиминным
- 6) типа гидрант-пистолет

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

3. Выберите один вариант ответа.

Согласно требованиям современных нормативных документов расстановка пожарных гидрантов на водопроводной сети должна обеспечивать подачу воды

с расчетным расходом на пожаротушение любой точки обслуживаемого данной сетью здания на уровне нулевой отметки не менее, чем от двух гидрантов при расходе воды на наружное пожаротушение ____ л/с и более

- 1) 10
- 2) 15
- 3) 20
- 4) 25
- 5) 40

Критерии оценивания: правильно выбранный вариант ответа оценивается в 1 балл

4. Установите соответствие максимального срока восстановления пожарного объема воды от следующих параметров согласно СП 10.13130.2020. *Каждой цифре из левого столбца соответствует одна буква из правого столбца. Ответ запишите в таблицу:*

Срок восстановления	Параметры
1) 24 ч. 2) 36 ч. 3) 72 ч.	<p>А. В населенных пунктах с числом жителей более 5 тыс.чел. и на промышленных предприятиях со зданиями категорий А, Б, В по пожарной и взрывопожарной опасности</p> <p>Б. На промышленных предприятиях со зданиями категорий Г и Д по пожарной и взрывопожарной опасности</p> <p>В. В населенных пунктах с числом жителей не более 5 тыс.чел. и на сельскохозяйственных предприятиях</p> <p>Г. В населенных пунктах с числом жителей более 5 тыс.чел. и на промышленных предприятиях со зданиями категорий Г и Д по пожарной и взрывопожарной опасности</p>

Ответ:

1	2	3

5. Выберите один вариант ответа.

При выполнении инженерного проектного расчета объединенного противопожарного водопровода, обслуживающего населенный пункт и промышленное предприятие, расположенное вне населенного пункта, какое расчетное количество одновременных пожаров следует принять, если площадь территории предприятия составляет 120 га, а в населенном пункте проживает 7 тыс. чел.?

- 1) один пожар на предприятии
- 2) один пожар (на предприятии или в поселении по наибольшему расходу воды)

- 3) два пожара (один на предприятии, один в поселении)
 4) два пожара (два на предприятии или два в поселении– по наибольшему расходу)

Критерии оценивания: правильно выбранный вариант ответа оценивается в 1 балл

Вопрос для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный в [1], изучить вопрос:

1. Что такое зонирование водоснабжения.

Тема 7. Системы внутреннего противопожарного водоснабжения

Цель: изучить обеспечение надежности работы систем противопожарного водоснабжения. Понятие надежности системы. Обеспечение надежности работы водоводов. Обеспечение надежности работы водопроводной сети. Классификацию и назначение пожарных гидрантов. Классификацию насосных станций. Обеспечение надёжности работы насосных станций. Назначение напорно-регулирующих емкостей. Необходимое время ликвидации аварий на трубопроводах. Требования, предъявляемые к системам водоснабжения в особых природных и климатических условиях.

Методические рекомендации по изучению темы

При изучении темы необходимо изучить свойства систем водоснабжения такую как надежность. **Надежность**- это свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта.

Под объектом может пониматься как система в целом, так и отдельные ее элементы. Надежность включает в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Система водоснабжения может находиться в следующих основных состояниях: полной работоспособности, т.е. система может выполнять функции водоснабжения на заданном уровне;

неполной работоспособности, т.е. система может выполнять функции водообеспечения на уровне, более низком, чем нормальный, но не ниже установленного нормами допустимого предела;

неработоспособности (состояние отказа), т.е. система не может выполнять функции водообеспечения на допустимом уровне.

Обеспечение надежности водоводов, осуществляющих подачу воды от источника воды к потребителю, является важнейшей задачей. Отказ водоводов при одном источнике может вызвать полный отказ системы водоснабжения. Одним из наиболее часто применяемых методов повышения надежности работы

водоводов является метод резервирования путем введения избыточности. При этом могут использоваться два способа резервирования: без перемычек и с перемычками.

В случае резервирования без перемычек введение избыточности в систему водоводов производится за счет увеличения числа параллельно проложенных линий. Различают следующие возможные режимы работы резервных элементов:

ненагруженный резерв - резервные элементы при обычной работе не несут нагрузки;

нагруженный резерв - резервные элементы работают в том же режиме, что и остальные;

облегченный резерв - резервные элементы находятся на облегченном режиме по сравнению с остальными.

Ненагруженный резерв неэкономичен и практически не применяется в водоснабжении.

Чаще применяется нагруженный резерв. При этом в период нормального функционирования все линии работают в облегченном режиме. Полную нагрузку линии несут в случае отказа резервных элементов, т.е. в аварийной ситуации. В системах водоснабжения используется обычно принцип постоянного резервирования, т.е. n параллельно работающих линий участвуют одновременно в работе и несут одинаковую нагрузку. Таким образом, все водоводы являются обезличенными и фактически не разделяются на основные и резервные. Отношение числа резервных линий n_p к числу основных n_0 $K = n_p / n_0$ называется кратностью резервирования. Надежность системы возрастает с увеличением кратности резервирования, но при этом возрастает и стоимость системы водоснабжения. Решение задачи оптимального резервирования сводится к нахождению варианта, отвечающего требованиям надежности и экономичности. Эта задача решается при условии, что подача воды в случае аварии не должна снижаться ниже величины, заданной нормативными документами. То есть в случае повреждения одного водовода или его участка допускается снижать общую подачу воды на хозяйственно-питьевые цели не более чем на 30 % расчетного расхода, на производственные цели - не ниже значения расхода по аварийному графику. Расход воды на пожаротушение должен обеспечиваться полностью.

Темы докладов и рефератов

1. Обеспечение надежности работы водоводов и водопроводной сети
2. Пожарные гидранты и колонки
3. Обеспечение надёжности работы насосных станций
4. Напорно-регулирующие ёмкости

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое обеспечение надежности работы водоводов и водопроводной сети
2. Расскажите принцип действия пожарных гидрантов и колонок
3. Что такое обеспечение надёжности работы насосных станций

4. Расскажите, для чего служат напорно-регулирующие ёмкости

Опорные термины: обеспечение надежности, насосных станций, напорно-регулирующие ёмкости.

Тесты для самоконтроля

1. Выберите один вариант ответа.

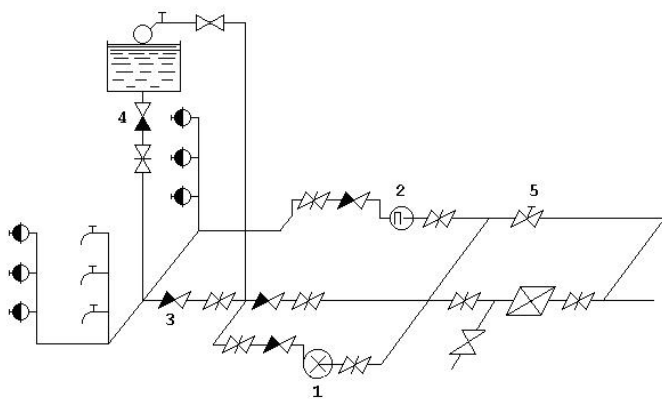
При проверке пожарного крана внешним осмотром было обнаружено нарушение

1. рукав не присоединен к пожарному крану
2. не установлен перекрывной ствол
3. пожарный шкаф выполнен не по ГОСТ
4. отсутствует огнетушитель
5. отсутствует прибор измерения давления

Критерии оценивания: правильно выбранный вариант ответа оценивается в 1 балл

2. Выберите один вариант ответа.

Представленная схема по способу подачи воды относится к внутреннему водопроводу



1. Без повысительных установок
2. С пожарным насосом-повысителем
3. С водонапорным баком и насосами
4. С пневматической установкой

Критерии оценивания: правильно выбранный вариант ответа оценивается в 1 балл

3. Выберите один вариант ответа.

При экспериментальном определении водоотдачи внутреннего противопожарного водопровода испытаниям подвергаются диктующие пожарные краны в здании. Какие пожарные краны вы выберете в качестве диктующих при проведении экспериментальных испытаний?

- 1) ближайший к водопитателю пожарный кран
- 2) пожарные краны, расположенные на первом этаже здания
- 3) пожарный кран, гидравлическое сопротивление трубопроводной сети до которого имеет наименьшее значение по сравнению с другими пожарными кранами
- 4) наиболее высокорасположенный и/или удаленный от водопитателя пожарный кран, гидравлическое сопротивление трубопроводной сети до которого имеет наибольшее значение по сравнению с другими пожарными кранами

Критерии оценивания: правильно выбранный вариант ответа оценивается в 1 балл

4. Выберите три варианта ответа.

Какие приборы используются для экспериментального определения расхода воды при испытании внутреннего пожарного крана на водоотдачу?

- 1) барометр
- 2) гидротестер
- 3) дифференциальный манометр
- 4) модификация трубки Пито, разработанная ВНИИПО
- 5) пьезометр
- 6) ротаметр
- 7) ствол-водомер с манометром

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

5. Выберите из перечисленного элементы системы внутреннего противопожарного водоснабжения (четыре верных варианта ответа):

- 1) ввод в здание
- 2) водонапорная башня
- 3) насос
- 4) очистные сооружения
- 5) пожарный гидрант
- 6) пожарный кран
- 7) распределительный трубопровод

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

Вопросы для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный в [1], изучить вопрос:

1. Расчет напорно-регулирующие ёмкости.

Тема 8. Определение нормативных расходов воды на хозяйственно питьевые и противопожарные нужды

Цель: изучить область применения и устройство противопожарных водопроводов высокого давления. Минимальный расход воды на пожаротушение производственной зоны и склада. Противопожарные водопроводы с пенными установками пожаротушения. Лафетные стволы, вышки и системы орошения.

Методические рекомендации по изучению темы

При изучении темы необходимо изучить внутренние противопожарные водопроводы. Места, где их устраивают. Их устраивают, где пожар развивается быстро и использования передвижных сил и средств не обеспечивает эффективного пожаротушения: склады лесных материалов, нефти и нефтепродуктов, предприятия нефтехимической промышленности.

Склады лесных материалов предназначены для хранения запасов пиломатериалов, древесины, опилок. Они устраиваются на бетонированных, асфальтных, грунтовых площадках. Пожары на складах лесоматериалов имеют ряд особенностей: большая скорость распространения фронта пламени, большая скорость притока свежего воздуха в зону горения.

Противопожарное водоснабжение должно устраиваться таким образом, чтобы обеспечить расход воды на пожаротушение не менее 200 л/с через 5 мин после получения сообщения о пожаре в течение не менее 40 мин и возможности наращивания расхода воды до 500-600 л/с.

Открытые технологические установки по переработке углеводородных газов, нефти характеризуются высокой производительностью и площадью застройки. Они обычно состоят из колонных аппаратов высотой до 100 м, объемом до 2000 м³. Процессы в них проводятся при высоких температурах и давлениях. Статистика показывает, что каждый четвертый пожар сопровождается взрывом с последующим развитием горения на площади до 5000 м². Увеличению площади пожара способствует подаваемая на охлаждение оборудования вода, по которой горящий нефтепродукт растекается по территории. В связи с этим правильная организация сбросов пожарных расходов воды через канализацию является важным мероприятием по ограничению развития пожара. Расходы воды на тушение пожара могут достигать 300 л/с и более.

Темы докладов и рефератов

1. Строительные нормы и правила при устройстве противопожарных водопроводов на складах лесных материалов и нефтепродуктов.
2. Строительные нормы и правила при определении расхода воды на пожаротушение открытых складов.
3. Гидравлический расчёт водопроводов

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое классификация и основные элементы внутреннего водопровода
2. Схемы внутренних водопроводов, требование нормативных документов
3. Пожарные шкафы, классификация и основные параметры
4. Обследование систем внутреннего ППВ на водоотдачу

Опорные термины: гидравлический расчёт, водоотдача.

Тесты для самоконтроля

1. При выполнении инженерных расчетов систем обеспечения пожарной безопасности, а именно систем противопожарного водоснабжения, необходимо определить значения требуемых расходов воды на пожаротушение для различных объектов. Заполните таблицу, указав какие исходные параметры мы должны знать и какой нормативный документ использовать при определении требуемых расходов воды

Одному элементу из столбика «ОПРЕДЕЛЯЕМЫЙ РАСХОД ВОДЫ» соответствует один элемент из столбика «ИСХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ВОДЫ» и один элемент из столбика «НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ»

ОПРЕДЕЛЯЕМЫЙ РАСХОД ВОДЫ	ИСХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ВОДЫ	НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ
1) расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте	А. высота здания	А. СП 8.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Наружное
2) расход воды на внутреннее пожаротушение для производственного здания	Б. высота и объем здания	противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности.
3) расход воды на внутреннее пожаротушение для больниц	В. количество работников, степень огнестойкости, категория здания по пожарной опасности	Б. СП 10.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Внутренний
4) расход воды на внутреннее пожаротушение для складского здания	Г. степень огнестойкости, категория здания по пожарной опасности, объем	противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования В. СП 31.13330.2021 «СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»

	Д. степень огнестойкости, категория здания по пожарной опасности, класс конструктивной пожарной опасности, объем Е. число жителей, число этажей зданий	Г. СП 30.13330.2020 «СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий». Д. СП 486.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности
--	---	---

Ответ:

1	2	3	4

2. Заполните пропуск в предложении. Впишите номер соответствующей категории

Насосные станции по степени обеспеченности подачи воды подразделяют на _____ по СП 31.13330.2021

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 1 балл

3. Выберите три правильных варианта ответа

В пожарных шкафах рукава для внутреннего противопожарного водоснабжения применяются следующей длины

- 1) 10
- 2) 12
- 3) 15
- 4) 17
- 5) 20
- 6) 25

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

4. Выберите три правильных варианта ответа

Расход воды на наружное пожаротушение зданий класса функциональной пожарной опасности Ф5 зависит от

1. площади
2. объёма
3. степени огнестойкости
4. категории зданий и сооружений по взрывопожарной и пожарной опасности
5. класса функциональной пожарной опасности
6. этажности

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

5. Выберите три правильных варианта ответа

В зависимости от исполнения и способа установки в сооружениях пожарные шкафы подразделяют на

1. подвесные
2. приставные
3. навесные
4. встроенные
5. открытые
6. закрытые

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

Вопросы для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный в [1], изучить вопрос:

1. Гидравлический расчёт водопроводов.

Тема 9. Специальные наружные и внутренние противопожарные водопроводы

Цель: изучить методику рассмотрения проектов наружных противопожарных водопроводов. Методику рассмотрения проектов внутренних противопожарных водопроводов. Методику обследования наружных и внутренних противопожарных водопроводов.

Методические рекомендации по изучению темы

При изучении темы необходимо изучить возможные системы внутреннего водопровода по способу создания в них напора:

без повысительных установок под напором наружного водопровода (устраивают в случаях, когда напор в наружном водопроводе достаточен для подачи необходимого количества воды к наиболее удаленным хозяйственным кранам в обычное время работы и для создания расчетных пожарных струй из

наиболее удаленных пожарных кранов при работе водопровода во время пожара. Это наиболее простая и распространенная схема.

с пожарным насосом-повысителем (устанавливается в случаях, когда гарантированный напор в наружной сети меньше, чем напор, необходимый для работы пожарных кранов, но больше напора, необходимого для нормальной работы хозяйственных приборов).

с водонапорным баком и насосами (применяют при постоянном недостатке напора в наружной сети, когда гарантированный напор меньше требуемого напора для хозяйственных приборов и пожарных кранов). Водонапорный бак в этом случае играет роль напорно-регулирующей емкости.

с пневматической установкой (применяют в тех же случаях, что и водопровод с насосами и водонапорным баком, но когда устройство водонапорного бака невозможно). Составной частью такой системы являются воздушно-водяной бак, выполняющий роль напорно-регулирующей емкости и компрессор для периодической подачи сжатого воздуха.

с запасным резервуаром (устанавливается в случаях, когда в наружном водопроводе величина гарантированного напора 5 м и менее). Обычно по такой схеме устанавливаются внутренние водопроводы в театрах, в цехах повышенной пожарной опасности, в зданиях повышенной этажности.

Жилые и общественные здания, а также административно-бытовые здания промышленных предприятий оборудуются внутренним противопожарным водопроводом. Расход воды на внутреннее пожаротушение зависит от числа этажей, длины коридоров, объемов зданий и их назначения.

В производственных и складских зданиях необходимость устройства внутреннего противопожарного водопровода и его расход определяется в зависимости от объема здания, степени его огнестойкости, категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. По данной теме читается лекция, проводится практическое занятие по решению задач.

К зданиям повышенной этажности относят здания 17 этажей и более (высота более 50 м). При такой высоте подача стволов на верхние этажи затруднительна, а надежная работа насосно-рукавных систем при пожаре не гарантируется. Поэтому в таких зданиях устанавливают специальные противопожарные водопроводы со своими насосными станциями, водонапорными и гидропневмобачами, обеспечивающими создание полного расчетного напора воды для целей пожаротушения. Внутренние водопроводы в этих зданиях устанавливаются раздельными: хозяйственно-питьевые и самостоятельные противопожарные.

Темы докладов и рефератов

1. Методика рассмотрения проектов наружных противопожарных водопроводов.
2. Методика рассмотрения проектов внутренних противопожарных водопроводов.
3. Проверка наружных и внутренних противопожарных водопроводов.

Вопросы для самоконтроля

1. В каких случаях устройство внутреннего водопровода осуществляется с насосами-повысителями;
2. В каких случаях устройство внутреннего водопровода осуществляется с пневмоустановками;
3. В каких случаях устройство внутреннего водопровода осуществляется с водонапорным баком;
4. В каких случаях устройство внутреннего водопровода осуществляется с запасным резервуаром.

Опорные термины: проверка систем противопожарного водоснабжения.

Тесты для самоконтроля

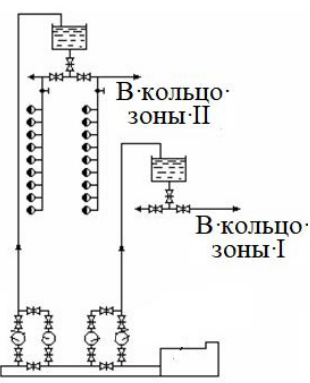
1. Выберите три правильных варианта ответа

Перечислите основные расчетные параметры насосов

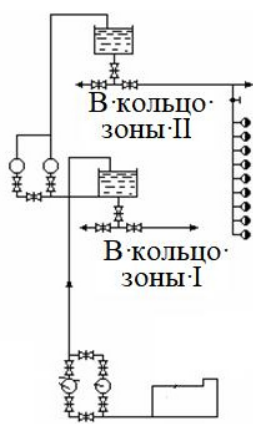
1. Подача
2. Напор
3. Потребляемая мощность
4. Скорость
5. Габаритные размеры

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

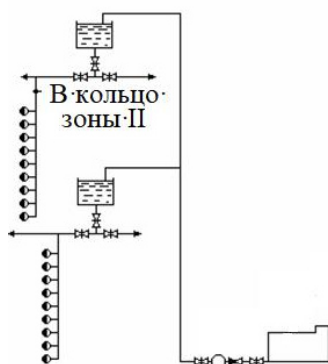
2. Установите соответствие между схемами подачи воды в здания повышенной этажности и их названиями. Каждой цифре из левого столбца соответствует одна буква из правого столбца. Ответ запишите в таблицу:

Схема подачи воды	Название
<p>1) </p>	<p>А. Параллельная Б. Последовательная В. Общая Г. Обратная Д. С насосом-повысителем Е. Без насоса-повысителя</p>

2)



3)



Ответ:

1	2	3

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

3. Выберите три правильных варианта ответа

Гидравлический расчет насосно-рукавных систем сводится к решению трех основных задач

1. Определение максимального расхода через рукавную систему
2. Определение напора насоса
3. Определение предельной длины насосно-рукавной системы по расчетному расходу воды и напору насос
4. Определение мощности насоса
5. Определение КПД насоса

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

4. Установите соответствие между данными условиями по нормам при объединенном противопожарном водопроводе населенного пункта и промышленного предприятия, расположенного вне населенного пункта и их значениями расчетного количества одновременных пожаров. Запишите в

таблицу выбранные буквы под соответствующими цифрами

Нормативные требования	Значения
1) площадь территории свыше 150 га и число жителей более 25 тыс. чел. 2) площадь территории предприятия до 150 га и число жителей свыше 10 тыс. чел. до 25 тыс. чел. 3) площадь территории предприятия свыше 150 га и число жителей до 25 тыс. чел.	А) два пожара (два на территории предприятия или два в населенном пункте по наибольшему расходу) Б) один пожар (на территории предприятия или в населенном пункте по наибольшему расходу воды) В) два пожара (один на территории предприятия и один в населенном пункте) Г) сумма необходимого большего расхода (на территории предприятия или в населенном пункте) и 50 % необходимого меньшего расхода (на территории предприятия или в населенном пункте)

Ответ

1	2	3

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

5. Выберите два варианта ответа.

Каким образом следует осуществлять защиту колонных аппаратов (ректификационных, абсорбционных) высотой более 30 м? (ПК-2.2, ОК-2)

- 1) до высоты 15 м - лафетными стволами и передвижной пожарной техникой
- 2) до высоты 30 м - передвижной пожарной техникой
- 3) до высоты 30 м - лафетными стволами и передвижной пожарной техникой
- 4) выше высоты 15 м - стационарными установками орошения
- 5) выше высоты 30 м – лафетными стволами
- 6) выше высоты 30 м - стационарными установками орошения
- 7) по всей высоте аппарата стационарными установками орошения

Критерии оценивания: каждый правильно выбранный вариант ответа оценивается в 0,5 балла

Вопросы для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный в [1], изучить вопрос:

1. Расчет и предназначение гидропневмобаков.

Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации

Зачеты и экзамены являются формой итогового контроля успеваемости курсантов (слушателей). Они проводятся в объеме рабочих программ по дисциплине.

Цель зачетов - выявить и оценить теоретические знания, практические умения и навыки курсантов (слушателей) за полный курс или часть (раздел) дисциплины.

Экзамены являются заключительным этапом изучения дисциплины в полном объеме или ее части, определяющим уровень теоретических знаний и умений, приобретенных за курс (семестр), развития творческого мышления, умение синтезировать знания и применять их в практической деятельности пожарной охраны.

Зачет и экзамен по дисциплине проводятся согласно Положению о зачетах и экзаменах ИПСА ГПС МЧС России.

Психолог советует: не бойтесь приближения экзамена. Рассматривайте экзамен 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/зачету не существует, поэтому важно выбрать наиболее приемлемый для Вас. Приведенные ниже правила можно рассматривать в качестве общего руководства.

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

2. Составьте расписание занятий. Спланировать подготовку к 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 практического навыка

Отметка «5» – обучающийся обладает системными теоретическими знаниями, знает методику выполнения практических навыков, без ошибок самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений.

Отметка «4» – обучающийся обладает теоретическими знаниями, знает методику выполнения практических навыков, самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые неточности (малосущественные ошибки), которые самостоятельно обнаруживает и быстро исправляет.

Отметка «3» – обучающийся обладает удовлетворительными теоретическими знаниями, знает основные положения методики выполнения практических навыков, демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые ошибки, которые может исправить при коррекции их преподавателем.

Отметка «2» – обучающийся не обладает достаточным уровнем теоретических знаний, не знает методики выполнения практических навыков, и/или не может самостоятельно продемонстрировать практические умения или выполняет их, допуская грубые ошибки.

Критерии оценки практических (лабораторных) работ

Отметка «5» (отлично) – обучающийся выполнил все задания практической (лабораторной) работы, четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

Отметка «4» (хорошо) – обучающийся выполнил все задания практической (лабораторной) работы, но ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Отметка «3» (удовлетворительно) – обучающийся выполнил все задания практической (лабораторной) работы с замечаниями и ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Отметка «2» (не зачтено) – обучающийся не выполнил или выполнил неправильно задания практической (лабораторной) работы и ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

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 грубые ошибки, или не полностью решил задачу.

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

Критерии оценки устного опроса

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 тестовых работ

Отметка «5» ставится, если обучающийся выполнил все задания верно.

Отметка «4» ставится, если обучающийся выполнил правильно не менее 3/4 заданий.

Отметка «3» ставится, если обучающийся выполнил не менее половины заданий.

Отметка «2» ставится, если обучающийся выполнил менее половины заданий.

Критерии оценки доклада

Под докладом подразумевается итог самостоятельной исследовательской работы обучающегося. Чтобы его подготовить, необходимо не только познакомиться с определенной научной литературой, но и выдвинуть свою гипотезу, провести сбор эмпирического материала, используя самостоятельные наблюдения, применяя устные опросы, анкеты, тесты, изучить необходимые документы и т.д., проверить гипотезу, прийти к обоснованным выводам, доказать правильность собственного решения проблемы и оформить полученные результаты в виде письменной работы. Максимальное количество баллов – 5. При выставлении оценки за доклад должны учитываться следующие критерии:

- полное раскрытие темы и соблюдение логичности изложения – 2 балла;
- наличие собственных выводов и предложений, обобщений, критического анализа - 1 балл;
- использование широкой информационной базы, правильность оформления, соблюдение правил цитирования - 1 балл;
- качество устного выступления: умение говорить публично, заинтересовать слушателей, владение речью, ясность, образность, живость речи - 1 балл.

По сумме баллов и степени реализации каждого из критериев выставляется отметка за доклад.

Критерии оценки реферата

Одним из видов текущего контроля по окончании изучения темы является выполнение обучающимися рефератов.

Рефераты изначально направлены на сбор информации о каком-то объекте, явлении, на ознакомление участников проекта с этой информацией, ее анализ и обобщение фактов, предназначенных для широкой аудитории.

Критерии оценки рефератов (примерные):

- четкость поставленных цели и задач;
- тематическая актуальность и объем использованной литературы;
- полнота раскрытия выбранной темы;
- обоснованность выводов и их соответствие поставленным задачам;
- анализ полученных данных;
- наличие в работе вывода или практических рекомендаций;
- качество оформления работы (наличие таблиц, схем, графиков, фотоматериалов, зарисовок, списка используемой литературы и т.д.).

Максимальное количество баллов – 100.

При выставлении оценки за реферат должны учитываться следующие критерии:

1. Чёткость поставленной цели и задач – максимальное количество баллов

10;

2. Актуальность и объём использованной литературы – максимальное количество баллов 15;

3. Полнота раскрытия выбранной темы – максимальное количество баллов 15;

4. Логичность построения – максимальное количество баллов 15;

5. Обоснованность выводов и их соответствие поставленным задачам – максимальное количество баллов 15;

6. Наличие в работе вывода или практических рекомендаций – максимальное количество баллов 10;

7. Качество оформления работы – максимальное количество баллов 10;

8. Представление результатов – максимальное количество баллов 10.

Оценку представления рефератов преподаватель проводит, суммируя результаты в баллах:

85-100 баллов – оценка «5»

70 - 84 балла – оценка «4»

50 - 69 баллов – оценка «3»

Менее 50 баллов – оценка «2»

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена по итогам освоения

МДК 02.05 «Противопожарное водоснабжение»

1. Основные физические свойства жидкостей и газов (ПК 1.5).
2. Гидростатическое давление и его свойства (ПК 1.5).
3. Основное уравнение гидростатики (ПК 1.5).
4. Применение основного уравнения гидростатики к решению практических задач (ПК 1.5).
5. Давление жидкости на плоские стенки (ПК 1.5).
6. Определение плотности неизвестной жидкости (ПК 1.5).
7. Эпюры гидростатического давления (ПК 1.5).
8. Основные понятия гидродинамики (ПК 1.5).
9. Уравнение неразрывности (сплошности) движения .
10. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости (ПК 1.5).
11. Уравнение Бернулли для реальной жидкости. Графическая интерпретация уравнения Бернулли (ПК 1.5).
12. Использование уравнения Бернулли для решения задач пожарной практики (ПК 1.5, 2.6).
13. Опыт Рейнольдса, критерий Рейнольдса (ПК 1.5).
14. Режимы движения жидкостей (ПК 1.5).
15. Турбулентность и ее основные статистические характеристики (ПК 1.5).
16. Виды гидравлических сопротивлений (ПК 1.5, ПК 2.6).
17. Потери напора по длине трубопровода (ПК 1.5, ПК 2.6).
18. Местные сопротивления в трубопроводах (ПК 1.5, ПК 2.6).

19. Потери напора в пожарных рукавах(ПК 1.5, ПК 2.6).
20. Влияние режимов движения жидкости на потери напора (ПК 1.5, ПК 2.6).
21. Области трения (ПК 1.5, ПК 2.6).
22. Гидравлический расчет трубопроводов (ПК 1.5, ПК 2.6).
23. Классификация систем противопожарного водоснабжения (ПК 2.2, ПК 2.6).
24. Схемы противопожарного водоснабжения городских округов (ПК 2.2, ПК 2.6).
25. Схемы противопожарного водоснабжения промышленных предприятий (ПК 2.2, ПК 2.6).
26. Схемы противопожарного водоснабжения в сельской местности (ПК 2.2, ПК 2.6).
27. Расход воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды и его учет в расчетах объединенных хозяйственно- и производственно-противопожарных водопроводов (ПК 1.5, ПК 2.2, ПК 2.6).
28. Требования нормативных документов к определению расхода воды для целей пожаротушения (ПК 2.2, ПК 2.4, ПК 2.6).
29. Обеспечение надежности работы водопроводной сети (ПК 2.2, ПК 2.4, ПК 2.6).
30. Требования нормативных документов к размещению и эксплуатации пожарных гидрантов (ПК 1.5, ПК 2.2, ПК 2.4, ПК 2.6).
31. Хранение противопожарного запаса воды в системах противопожарного водоснабжения. Напорно-регулирующие ёмкости (ПК 2.2, ПК 2.4, ПК 2.6).
32. Область применения и устройство специальных противопожарных водопроводов высокого давления (ПК 2.2, ПК 2.4, ПК 2.6).
33. Методика обследования внутренних противопожарных водопроводов (ПК 1.5, ПК 2.6).
34. Применение лафетных стволов и систем орошения в противопожарном водоснабжении(ПК 1.5, ПК 2.6).
35. Классификация и основные элементы внутренних противопожарных водопроводов (ПК 1.5, ПК 2.6).
36. Схемы внутренних противопожарных водопроводов (ПК 1.5, ПК 2.6).
37. Требования нормативных документов к устройству и эксплуатации систем внутреннего противопожарного водоснабжения (ПК 1.5, ПК 2.6).
38. Пожарные шкафы, классификация и основные параметры (ПК 1.5, ПК 2.2, ПК 2.6).
39. Пожарные насосные станции и водонапорные баки (ПК 2.6).
40. Противопожарные водопроводы зданий повышенной этажности (ПК 1.5, ПК 2.6).
41. Противопожарное водоснабжение театров (ПК 1.5, ПК 2.6).

**Перечень практических заданий
для проведения промежуточной аттестации в форме
экзамена по итогам освоения
дисциплины «Противопожарное водоснабжение»**

1. Дать заключение о соответствии требованиям нормативных документов по пожарной безопасности расположения пожарных гидрантов на территории академии (ПК 1.5, ПК 2.6).
2. Провести проверку пожарных шкафов на первом этаже учебного корпуса (корпус № 3) и дать заключение о соответствии требованиям нормативов (ПК 1.5, ПК 2.4, ПК 2.6).
3. Провести проверку пожарного крана в аудитории 2113, определить нормативный расход и расчетное количество струй (ПК 1.5, ПК 2.4).
4. Определить объем РЧВ для определенного водопровода для заданного населенного пункта (ПК 1.5).
5. Определить неприкосновенный запас в резервуарах чистой воды (РЧВ) для объединенного водопровода заданного населенного пункта (ПК 1.5).
6. Определить высоту расположения бака водонапорной башни, установленной на пожарно-производственном водопроводе объекта при заданных условиях (ПК 1.5).
7. Рассчитать объединенный хозяйственно-противопожарный водопровод заданного производственного здания (ПК 1.5).
8. Определить напор и расход воды из пожарного крана, а также расход воды на внутреннее пожаротушение (ПК 1.5, ПК 2.6).
9. Определить расстояние между пожарными кранами для заданного помещения (ПК 1.5, ПК 2.6).
10. Определить расход воды на наружное и внутреннее пожаротушение для заданного водопровода населенного пункта (ПК 1.5, ПК 2.4, ПК 2.6).
11. Определить потерю напора и потерю давления водопровода при заданных параметрах (ПК 1.5, ПК 2.6).
12. Определить возможность подачи воды, если требуется получить из ствола струю с заданной длиной компактной части (ПК 1.5, ПК 2.6).
13. Определить расход и скорость истечения жидкости через различные отверстия и насадки (ПК 1.5, ПК 2.6)..
14. Определить предельно возможную длину магистральной линии (ПК 1.5, ПК 2.6).
15. Определить возможность получения требуемой струи при подаче воды по указанной схеме (ПК 1.5, ПК 2.6).
16. Определить возможность подачи воды при пожаротушении заданного жилого здания, по заданной схеме (ПК 1.5, ПК 2.6).

Словарь терминов

по дисциплине «Противопожарное водоснабжение»

Комплектное распределительное устройство – распределительное устройство, состоящее из полностью или частично закрытых шкафов или блоков со встроенными в них коммутационными аппаратами, оборудованием, устройствами защиты и автоматики, поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. Комплектное распределительное

устройство (КРУ) предназначено для внутренней установки. Комплектное распределительное устройство (КРУН) предназначено для наружной установки.

Меры пожарной безопасности – действия по обеспечению пожарной безопасности, в том числе по выполнению требований пожарной безопасности.

Нарушение требований пожарной безопасности – невыполнение или ненадлежащее выполнение требований пожарной безопасности.

Опасный фактор пожара – фактор пожара, воздействие которого на людей и/или материальные ценности может приводить к ущербу.

Огнезащищенное изделие (материал, конструкция) – изделие (материал, конструкция), пониженная пожарная опасность которого является результатом огнезащиты.

Огнезащита – снижение пожарной опасности материалов и конструкций путем специальной обработки

Пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

Правила пожарной безопасности – комплекс положений, устанавливающих порядок соблюдения требований и норм пожарной безопасности при строительстве и эксплуатации объекта.

Противопожарное водоснабжение - совокупность мероприятий по обеспечению водой различных потребителей для тушения пожара. Проблема противопожарного водоснабжения одна из основных в области пожарного дела.

Противопожарный режим – правила поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания помещений (территории), обеспечивающие предупреждение нарушений требований пожарной безопасности и тушения пожаров.

Пожарная профилактика – Комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара.

Показатель пожарной опасности (показатель пожароопасности) – величина, количественно характеризующая какое-либо свойство пожарной опасности Принципиальная электрическая схема электростанции (подстанции) – схема, отображающая состав оборудования и его связи, дающая представление о принципе работы электрической части электростанции (подстанции).

Противопожарное состояние объекта – состояние объекта, характеризующее числом пожаров и ущербом от них, числом загораний, а также травм, отравлений и погибших людей, уровнем реализации требований пожарной безопасности, уровнем боеготовности пожарных подразделений и добровольных формирований, а также противопожарной агитации и пропаганды.

Противодымная защита – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение воздействия на людей дыма, повышенной температуры и токсичных продуктов горения.

Пожарная охрана – совокупность созданных в установленном порядке органов управления, сил и средств, в том числе противопожарных формирований, предназначенных для организации предупреждения пожаров и их тушения, проведения связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ.

Пожарный надзор – функция пожарной охраны, состоящая в осуществлении контроля за выполнением мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объектов и повышение эффективности борьбы с пожарами.

Система предотвращения пожара – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключение условий возникновения пожара

Система обеспечения пожарной безопасности – совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами.

Система противопожарной защиты – совокупность организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничение материального ущерба от него.

Требования пожарной безопасности – специальные условия социального и/или технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом.

Приложение 1
Таблица 1

Плотность ρ и удельный вес γ некоторых жидкостей

Жидкость	t, °C	ρ , кг/м ³	γ , Н/м ³
Вода	0	999,87	9805,37
	4	1000	9806,65
	10	999,73	9840
	20	998,23	9789,29
	30	995,67	9764,19
	40	992,24	9730,55
	15	790	7747,25
Ацетон	15	680-740	6668,52-7256,92
Бензин	15		
Глицерин безводный	20	1260	12236,4
Керосин	15	790-820	7747,25-8041,45
Масло машинное	20	898	8806,37
Масло трансформаторное	20	887	8698,5
Нефть натуральная	15	700-900	6864,65-8825,98
Ртуть	0	13596	133331
Спирт метиловый, 100 %	20	13546	132841
90 %	0-20	800	7848
30 %	0-20	820	8044,2
Спирт этиловый, 100%	0-20	950	9319,5
70 %	0-20	790	7749,9
40 %	0-20	850	8338,5
10 %	0-20	920	9025,2
	0-20	980	9613,8

Таблица 2

Значения модуля объемной упругости воды E_v

Температура, °C	E_w в кгс/см ² (10^6 Па=10,2 кгс/см ²) при давлении в ат				
	5	10	20	40	80
0	18900	19000	19200	19500	19800
5	19300	19500	19700	20100	20700
10	19500	19700	20100	20500	21200
15	19700	20000	20300	20900	21700
20	19800	20200	20600	21200	22170

Таблица 3

Значения модуля упругости воды E_w при давлении 10^5 Па

в зависимости от температуры

t, °C	0	5	10	15	20
$E_w \cdot 10^{-9}$, Па	1,86	1,91	1,93	1,96	1,98

Таблица 4

Коэффициенты объемного сжатия β_w некоторых жидкостей

Жидкость	$\beta_v \cdot 10^{11}$, Па ⁻¹
Вода	47
Глицерин	22,3
Керосин	68-92
Ртуть	4
Спирт этиловый	113

Таблица 5

Значения коэффициента температурного расширения воды β_t

Температура, °C	β_t (в миллионных долях) при давлении в ат				
	1	100	200	500	900
1-10	14	43	72	149	229
10-20	150	165	183	236	289
40-50	422	422	426	429	437
60-70	556	548	539	523	514
90-100	719	704	691	661	621

Таблица 6

Коэффициенты температурного расширения β_t жидкостей
(для температур около 18 °C)

Жидкость	$\beta_t \cdot 10^4$, К ⁻¹
Ацетон	14,3
Бензол	10,6
Глицерин	5,06
Керосин	10
Нефть	9,2
Ртуть	1,8
Скипидар	9,4
Спирт метиловый	11,9
Спирт этиловый	11
Кислота азотная	12,4
Эфир этиловый	16,3

Таблица 7

Значения динамического коэффициента вязкости для воды μ

Температура, °C	μ , Па·с	Температура, °C	μ , Па·с
0	0,001792	55	0,0005064
5	0,001519	60	0,0004688
10	0,001308	65	0,0004355
15	0,00114	70	0,0004061
20	0,001005	75	0,0003799
25	0,0008937	80	0,0003565
30	0,0008007	85	0,0003355

35	0,00007225	90	0,0003165
40	0,000656	95	0,0002994
45	0,0005988	100	0,0002838
50	0,0005494		

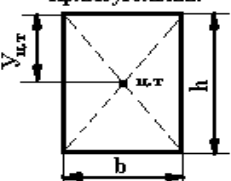
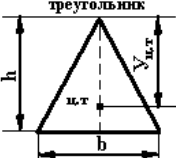
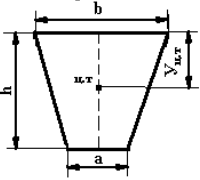
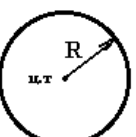
Таблица 8

Значения динамического μ и кинематического ν коэффициентов вязкостей для некоторых жидкостей

Жидкость	μ , Па·с	ν , см ² /с
Спирт этиловый	0,00119	0,0151
Керосин	0,0016	0,02
Раствор 26-%-й NaCl	0,00184	0,0153
Нефть при 15 °С	0,007	0,081
Масло минеральное	0,0275	0,313
Глицерин	0,512	4,1
Масло касторовое	0,972	10,02

Таблица 9

Формулы для определения момента инерции I_0 и координаты центра тяжести $Y_{ц.т.}$ для некоторых фигур

Фигура	I_0	$Y_{ц.т.}$	ω
<p>Прямоугольник</p> 	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{1}{2}h$	bh
<p>Равнобедренный треугольник</p> 	$\frac{bh^3}{3b}$	$\frac{2}{3}h$	$\frac{1}{2}bh$
<p>Равнобедренная трапеция</p> 	$\frac{h^3}{3b} \cdot \frac{a^2 + 4ab + b^2}{a + b}$	$\frac{h}{3} \cdot \frac{a + 2b}{a + b}$	$\frac{h}{2}(a + b)$
<p>Круг</p> 	$\frac{\pi R^4}{4}$	R	πR^2

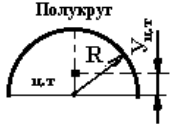
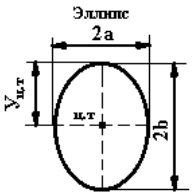
	$\frac{9\pi - 64}{72\pi} R^4$	$\frac{4}{3} \cdot \frac{R}{\pi}$	$\frac{1}{2} \pi R^2$
	$\frac{1}{4} \pi a b^3$	b	$\pi a b$

Таблица 10

Значения абсолютной шероховатости Δ для труб из различных материалов

Материал стенки трубопровода	Δ , мм
Медь, латунь, свинец, стекло	0,01-0,05
Сталь, неподвергшаяся коррозии	0,06-0,1
Сталь в условиях эксплуатации	0,1-0,2
Сталь сильно прокорродированная	0,5-3
Асбоцементные трубы	0,05-0,1
Новые чугунные трубы	0,3
Чугун после длительной эксплуатации	0,85-3
Железо оцинкованное	0,15
Бетон	0,3-3

Таблица 11

Формулы для расчета коэффициента трения

№ п/п	Режим движения	Область трения	Границы области	Формула для расчёта
1	Ламинарный	Соответствующая ламинарному режиму	$Re > 2320$	$\lambda = 64 / Re$
2	Турбулентный	Гидравлически гладкие трубы	$2320 < Re \leq 20d/\Delta$	$\lambda = 0,316 / Re^{0,25}$
		Гидравлически шероховатые трубы	$20d/\Delta < Re \leq 500d/\Delta$	$\lambda = 0,11 (68/Re + \Delta/d)^{0,25}$
		Автомодельная (квадратичная)	$Re > 500d/\Delta$	$\lambda = 0,11 (\Delta/d)^{0,25}$

Таблица 12

Расчетные значения удельных сопротивлений Λ и расходных характеристик K для стальных и чугунных водопроводных труб

Трубы стальные	Трубы чугунные
----------------	----------------

Условный проход мм	A (для Q м³/с)	K² (для Q м³/с)	A (для Q м³/с)	K² (для Q м³/с)
50	3686	0,000271	11540	0,0000866
60	2292	0,000436	-	-
75	929,4	0,00108	-	-
80	454,3	0,0022	953,4	0,00105
100	172,9	0,00578	311,7	0,00321
125	76,36	0,0131	96,72	0,0103
150	30,65	0,03263	37,11	0,027
175	20,79	0,0481	-	-
200	6,959	0,1437	8,092	0,1236
250	2,187	0,4572	2,528	0,3956
300	0,8466	1,1812	0,9485	1,0543
350	0,3731	2,6802	-	-
400	0,1859	5,3792	-	-

Таблица 15

Значения сопротивления S_p одного стандартного пожарного рукава длиной 20 м

Диаметр d, мм	Сопротивление рукава (для Q, л/с)	
	непрорезиненные	прорезиненные
51	0,24	0,13
66	0,077	0,034
77	0,03	0,015
89	-	0,00385
150	-	0,00045

Таблица 16

Значения коэффициентов сжатия, скорости и расхода.

№	Вид отверстия или насадка	ε	φ	μ	ζ
1	Круглое отверстие с острой кромкой.	0,64	0,97	0,62	0,06
2	Внешний цилиндрический насадок	1	0,82	0,82	0,49
3	Внутренний цилиндрический насадок	1	0,71	0,71	1
4	Конически сходящийся насадок	0,98	0,96	0,94	0,09
5	Конически расходящийся насадок	1	0,475	0,475	3,45
6	Коноидальный насадок	1	0,97	0,97	0,06

Таблица 17

Значение сопротивлений S_n и проводимостей p насадков(для Q , л/с)

Диаметр насадка, мм	S_n	p	Диаметр насадка, мм	S_n	p
10	8,26	0,348	27	0,156	2,54
11	5,64	0,421	28	0,134	2,73
12	3,98	0,501	29	0,117	2,93
13	2,89	0,588	30	0,102	3,13
14	2,40	0,682	31	0,088	3,37
15	1,63	0,783	32	0,079	3,56
16	1,26	0,891	33	0,070	3,80
17	0,99	1,01	34	0,062	4,02
18	0,787	1,13	35	0,055	4,26
19	0,634	1,26	36	0,049	4,51
20	0,516	1,39	38	0,040	5,02
21	0,425	1,53	40	0,032	5,57
22	0,353	1,68	42	0,026	6,14
23	0,295	1,84	44	0,022	6,74
24	0,249	2,00	46	0,018	7,35
25	0,212	2,17	48	0,016	8,02
26	0,181	2,35	50	0,0132	8,70
			65	0,0053	13,74

Таблица 18

Значение коэффициента φ для различных диаметров насадков.

d мм	φ	d мм	φ
10	0,0228	32	0,0039
13	0,0165	38	0,0028
16	0,0124	45	0,0018
19	0,0097	50	0,0014
22	0,0077	65	0,00074
25	0,0061	76	0,00049
28	0,0050	89	0,00032

Таблица 19

Значение коэффициента α

H_K , м	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
α	1,19	1,20	1,21	1,22	1,24	1,27	1,32	1,38	1,45	1,55	1,67	1,84
H_B , м	9,5	12	14,5	17,2	20	23	26,5	30,5	35	40	47	55

Таблица 20

Значение коэффициента β

Θ град	0	15	30	45	60	75	90
β	1,40	1,30	1,20	1,12	1,07	1,03	1,00

Таблица 21

Модуль упругости E твердых тел

Материал	Железо (сталь)	Чугун
$E \cdot 10^{-10}$, Па	21,2	11,5

Таблица 22

Значения скорости распространения ударной волны в воде

Материал	Скорость распространения ударной волны, м/с
Стальные трубы	1200
Чугунные трубы	1000
Асбоцемент	700
Новые льняные рукава	80
Льняные рукава б/у	120
Прорезиненные рукава	300

Примеры расчета рабочих характеристик центробежных насосов

Пример 1. Центробежный насос, установленный на высоте 1,5 м от уровня жидкости ($\rho=1050 \text{ кг/м}^3$) в емкости, подает эту жидкость по трубопроводу диаметром 0,1 м в количестве $0,0055 \text{ м}^3/\text{с}$ на высоту 4 м в аппарат с давлением 196,2 кПа. Общее гидравлическое сопротивление всасывающего и нагнетательного трубопроводов 3 м. Показание манометра, присоединенного на уровне 0,5 м от оси насоса, 167,6 кПа, вакуумметра перед насосом 12,4 кПа. Давление в емкости, из которой подается жидкость 98,1 кПа. КПД насоса 0,6.

Определить напор, полезную и потребляемую мощность насоса.

Решение:

Напор насоса по значениям давлений в емкостях и потерь напора в трубопроводах

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + H_{\Gamma} + \sum h_{\Pi}$$

$$H = \frac{(196,2 - 98,1) \cdot 10^3}{1050 \cdot 9,81} + 1,5 + 3 = 18(\text{м})$$

Напор насоса по показаниям приборов

$$H = \frac{p_{\text{м}} + p_{\text{в}}}{\rho g} + z$$

$$H = \frac{(167,6 + 12,4) \cdot 10^3}{1050 \cdot 9,81} + 0,5 = 18(\text{м})$$

Полезная мощность насоса

$$N_e = Q \rho g H$$

$$N_e = 0,0055 \cdot 1050 \cdot 9,81 \cdot 18 = 1025 \text{ (Вт)}$$

Потребляемая мощность насоса

$$N = \frac{N_e}{\eta} = \frac{1025}{0,6} = 1710(\text{Вт})$$

Ответ: $H = 18 \text{ м}$; $N_e = 1025 \text{ Вт}$; $N = 1710 \text{ Вт}$.

Пример 2. Определить мощность, потребляемую центробежным насосом ЦН-60, если его подача $0,06 \text{ м}^3/\text{с}$, полный напор 100 м, полный КПД 0,6.

Решение:

1. Мощность, потребляемая насосом

$$N = \frac{N_{\Pi}}{\eta} = \frac{Q \rho g H}{\eta}.$$

2. Плотность воды при 20 °С, $\rho = 998,23 \text{ кг/м}^3$;
 g – ускорение свободного падения, м/с^2

$$N = \frac{0,06 \cdot 998,23 \cdot 9,81 \cdot 100}{0,6} = 97,9 \text{ кВт}.$$

Ответ: мощность, потребляемая центробежным насосом $N = 97,9 \text{ кВт}$.

Пример 3. Подача пожарного насоса ПН-40УВ Q_1 при напоре $H_{н1}$, частоте вращения n_1 , коэффициент полезного действия η . Определить какой мощности и частоты вращения необходимо установить электрический двигатель, чтобы повысить подачу насоса до Q_2 . Как изменится напор насоса?

Решение:

1. Рассчитываем частоту вращения при увеличении подачи насоса.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2};$$

$$n_2 = \frac{Q_2 n_1}{Q_1} = \frac{0,038 \cdot 2200}{0,034} = 2459 \text{ об/мин}$$

2. Рассчитываем потребляемую мощность насоса при заданной подаче.

$$N_1 = \frac{\rho g H_1 Q_1}{\eta \cdot 1000} = \frac{998,23 \cdot 9,81 \cdot 95 \cdot 0,034}{0,64 \cdot 1000} = 49,4 \text{ кВт}$$

где: ρ – плотность воды при 20 °С, кг/м^3 (приложение 4, табл.1);
 g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

3. Рассчитываем напор насоса при повышении подачи насоса.

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2;$$

$$H_2 = H_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 = 95 \cdot \left(\frac{2459}{2200} \right)^2 = 118,68 \text{ м}.$$

4. Рассчитываем мощность электродвигателя при повышении подачи насоса.

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3;$$

$$N_2 = N_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 = 49,4 \cdot \left(\frac{2459}{2200} \right)^3 = 68,98 \text{ кВт}.$$

Ответ: необходимо установить электродвигатель мощностью 68,98 кВт и частотой вращения 2459 об/мин, при этом напор увеличится до 118,68 м.

Пример 4. Для подачи 20 л/с воды с напором 10 м центробежный насос потребляет 2 кВт мощности. Определить, как изменится подача, напор и

потребляемая мощность, если насос заменили на подобный, но рабочее колесо вращается с удвоенной частотой.

Решение:

1. Определяем подачу насоса при изменении частоты вращения.

$$Q_2 = Q_1 \frac{n_2}{n_1};$$

$$Q_2 = 20 \cdot 2 = 40 \text{ л/с.}$$

2. Определяем напора насоса при изменении частоты вращения.

$$H_2 = H_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2;$$

$$H_2 = 10 \cdot 2^2 = 40 \text{ м.}$$

3. Определяем мощность насоса при изменении частоты вращения.

$$N_2 = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3;$$

$$N_2 = 2 \cdot 2^3 = 16 \text{ кВт.}$$

Ответ: $Q_2 = 40 \text{ л/с}$; $H_2 = 40 \text{ м}$; $N_2 = 16 \text{ кВт}$.

Примеры определения расхода, напора воды и числа пожарных струй

Пример 1. Для объединенного хозяйственно-противопожарного водопровода определить расход и число пожарных струй. Угол наклона струи 60° . Водопровод обслуживает двухэтажное производственное здание II степени огнестойкости категории В с высотой помещений 8,2 м и размерами в плане 24×60 м (объем 23616 м^3). Определить также диаметр пожарных кранов, которыми должна оборудоваться водопроводная сеть и расстояние между ними.

Дано:

$$\alpha = 60^\circ;$$

$$T=8,2 \text{ м};$$

$$B \times L = 24 \times 60 \text{ м};$$

$$V=23616 \text{ м}^3.$$

Найти:

$$Q_{\text{вн}}, n_{\text{стр}}, d_{\text{кр}}, L_{\text{кр}} - ?$$

Решение:

1. Определение нормативного расхода и числа пожарных струй.

Согласно СП 10113130.2009, табл. 2 на внутреннее пожаротушение в производственном здании высотой до 50 м требуется 2 струи по $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

$$Q_{\text{вн}} = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 10 \cdot 10^{-3} (\text{м}^3/\text{с}).$$

2. Радиус компактной части струи.

При угле наклона струи $\alpha = 60^\circ$

$$R_{\kappa} = \frac{T - 1,35}{\sin \alpha} = \frac{8,2 - 1,35}{\sin 60^\circ} = 8 (\text{м}).$$

Т.к. расход пожарной струи больше $4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, водопроводная сеть должна оборудоваться пожарными кранами 65 мм со стволами, имеющими насадки 19 мм и рукавами длиной 20 м. (СНиП 2.04.01-85*, п. 6.8).

При этом действительный расход струи равен $5,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, напор у пожарного крана 19,9 м, а компактная часть струи $R_{\kappa}=12$ м. (СП 10.13130.2009, табл. 3).

3. Расстояние между пожарными кранами.

Исходя из условия орошения каждой точки помещения двумя струями

$$L_{\text{кр}} = k \sqrt{\left(\frac{R_{\kappa}}{2} + l_p\right)^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2} = 1 \sqrt{\left(\frac{12}{2} + 20\right)^2 - \left(\frac{24}{2}\right)^2} = 23 (\text{м}).$$

Ответ: $Q_{\text{вн}}=5,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, две пожарные струи; $d_{\text{кр}}=65 \text{ мм}$; $L_{\text{кр}}=23 \text{ м}$.

Пример 2. Определить напор у насадка диаметром 13 мм, необходимый для получения струи с расходом 2,5 л/с.

Дано:

$$d = 13 \text{ мм};$$

$$Q = 2,5 \text{ л/с}$$

Найти: H ?

Решение:

1. Рассчитываем напор.

$$H = S_n \cdot Q^2$$

где S_n – сопротивления насадка, при $d = 13 \text{ мм}$, $S_n = 2,89$.

$$H = 2,89 \cdot (2,5)^2 = 18,06 \text{ м}$$

Ответ: $H = 18,06 \text{ м}$

Пример 3. Определить минимальный напор у пожарного насоса, обеспечивающего работу внутренних пожарных кранов театрального здания, если самый удалённый пожарный кран диаметром 65 мм расположен на высоте 20 м и оборудован непрорезиненным рукавом длиной 10 м и стволом с насадком диаметром 19 мм. Производительность струи 6,3 л/с. Потери напора во внутренней сети 7 м.

Дано:

$$d = 65 \text{ мм};$$

$$z = 20 \text{ м};$$

$$l = 10 \text{ м};$$

$$d_n = 19 \text{ мм};$$

$$Q = 6,3 \text{ л/с}$$

$$h_{вн} = 7 \text{ м}$$

Найти: H ?

Решение:

1. Рассчитываем потери напора в рукаве.

$$h_p = n S_p Q^2 = 1 \cdot 0,0358 \cdot 6,3^2 = 1,52 \text{ м}$$

Сопротивление рукава при диаметре 65 мм $S_p = 0,077/2 = 0,0358$ (приложение).

2. Рассчитываем напор у насадка.

$$H_{св} = S_n Q^2 = 0,634 \cdot 6,3^2 = 25,16 \text{ м}$$

Сопротивление насадка при диаметре 19 мм $S_n = 0,634$. (приложение).

3. Рассчитываем необходимый напор у пожарного крана, он определяется как сумма потерь во внутренней сети, напора в рукаве и напора у насадка.

$$H = z + h_{вн} + h_p + H_{св} = 20 + 7 + 1,52 + 25,16 = 53,68 \text{ м}$$

Ответ: $H = 53,68 \text{ м}$

Пример 3. Определить необходимый напор у гидранта пожарного водопровода высокого давления. Высота самого высокого предприятия, на крышу которого подняты стволы с насадками диаметром 19 мм, составляет 25 м. Подача воды от колонки, установленной на гидрант, осуществляется по непрорезиненной рукавной линии диаметром 66 мм и длиной 120 м. Расход воды из ствола должен быть не менее 5 л/с.

Дано:

$$d_p = 66 \text{ мм};$$

$$z = 25 \text{ м};$$

$$L = 120 \text{ м};$$

$$l = 20 \text{ м};$$

$$d_n = 19 \text{ мм};$$

$$Q = 5 \text{ л/с}$$

Найти: Н?

Решение:

1. Рассчитываем потери напора в рукаве.

$$h_p = n S_p Q^2 = 6 \cdot 0,077 \cdot 5^2 = 11,55 \text{ м}$$

Сопротивление рукава при диаметре 66 мм $S_p = 0,077$.

Количество рукавов.

$$n = L/l = 120/20 = 6 \text{ шт.}$$

2. Рассчитываем напор у насадка.

$$H_{cb} = S_n Q^2 = 0,634 \cdot 5^2 = 15,85 \text{ м}$$

Сопротивление насадка при диаметре 19 мм $S_p = 0,634$.

3. Рассчитываем необходимый напор у гидранта, он определяется как сумма потерь напора в рукаве и напора у насадка.

$$H = z + h_p + H_{cb} = 25 + 11,55 + 15,85 = 52,4 \text{ м}$$

Ответ: Н = 52,4 м

Пример 5. Определить возможный расход воды от пожарного крана диаметром 50 мм, оборудованного непрорезиненным рукавом длиной 20 м и стволом с насадком диаметром 16 мм, если гарантированный напор у пожарного крана составляет 20 м.

Дано:

$$d = 50 \text{ мм};$$

$$l = 20 \text{ м};$$

$$d_n = 16 \text{ мм};$$

$$H_{cb} = 20 \text{ м}$$

Найти: Q?

Решение:

1. Рассчитываем расход воды от пожарного крана.

$$H = h_p + H_{cb} = n S_p Q^2 + S_n Q^2 \Rightarrow H = Q^2 (n S_p + S_n) \Rightarrow$$

$$Q = \sqrt{\frac{H}{nS_p + S_n}} = \sqrt{\frac{20}{1 \cdot 0,24 + 1,26}} = 3,65 \text{ л/с}$$

Ответ: $Q = 3,65 \text{ л/с}$

Пример 6. Определить возможный расход воды от пожарного крана диаметром 65 мм, оборудованного непрорезиненным рукавом длиной 20 м и стволом с насадком диаметром 19 мм, если гарантированное избыточное давление в баке гидропневматической установки $4,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Пожарный кран, расположенный на высоте 20 м относительно уровня бака пневматической установки, потери напора во внутренней сети 5 м.

Дано:

$d = 65 \text{ мм};$

$l = 20 \text{ м};$

$d_n = 19 \text{ мм};$

$P = 4,2 \cdot 10^5;$

$z = 20 \text{ м};$

$h_{вн} = 5 \text{ м}$

Найти: Q ?

Решение:

1. Рассчитываем напор при котором происходит истечение.

$$H = P/\rho g = 4,2 \cdot 10^5 / 1000 \cdot 9,81 = 42,86 \text{ м}$$

2. Рассчитываем расход воды от пожарного крана.

$$H = z + h_{вн} + h_p + H_{св} = z + h_{вн} + nS_p Q^2 + S_n Q^2 \Rightarrow$$

$$H - z - h_{вн} = Q^2(nS_p + S_n) \Rightarrow$$

$$Q = \sqrt{\frac{H - z - h_{вн}}{nS_p + S_n}} = \sqrt{\frac{42,86 - 20 - 5}{1 \cdot 0,077 + 0,634}} = 5 \text{ л/с}$$

Ответ: $Q = 5 \text{ л/с}$

Примерный перечень тем выпускных квалификационных работ по дисциплине «Противопожарное водоснабжение»

1. Анализ и обоснование нормативных требований по расходам воды для целей наружного пожаротушения производственного здания.
2. Усовершенствование систем наружного противопожарного водоснабжения с учетом требуемых расходов воды на цели наружного пожаротушения производственного здания.
3. Разработка комплекса мероприятий по модернизации систем противопожарного водоснабжения здания повышенной этажности.
4. Разработка комплекса мероприятий по модернизации систем противопожарного водоснабжения химического завода.
5. Разработка комплекса мероприятий по модернизации систем противопожарного водоснабжения населенного пункта.
6. Разработка комплекса мероприятий по модернизации систем противопожарного водоснабжения здания с массовым пребыванием людей.
7. Разработка комплекса мероприятий по модернизации систем противопожарного водоснабжения на базах нефти и нефтепродуктов.
8. Разработка комплекса мероприятий по модернизации систем противопожарного водоснабжения объектов атомной промышленности.
9. Разработка комплекса мероприятий по модернизации систем противопожарного водоснабжения животноводческого комплекса.
10. Разработка комплекса мероприятий по модернизации систем противопожарного водоснабжения нефтеперерабатывающего завода.
11. Проектирование внутреннего противопожарного водопровода на промышленном предприятии.
12. Модернизация систем внутреннего противопожарного водоснабжения объекта с массовым пребыванием людей.
13. Исследование гидравлических сопротивлений при проектировании систем противопожарного водоснабжения.
14. Исследование гидравлических сопротивлений при эксплуатации систем противопожарного водоснабжения.
15. Анализ состояния противопожарных водопроводов на объекте и их модернизация.
16. Проектирование систем наружного противопожарного водоснабжения городского округа.
17. Проектирование систем наружного противопожарного водоснабжения химического предприятия.
18. Проектирование систем наружного противопожарного водоснабжения multifunctional комплекса.
19. Проектирование систем наружного противопожарного водоснабжения нефтеперерабатывающего предприятия.

20. Проектирование систем внутреннего противопожарного водоснабжения центра культуры и отдыха.

21. Исследования прочности соединений противопожарных водопроводов различной конфигурации.

22. Разработка комплекса мероприятий по обеспечению надежности систем противопожарного водоснабжения города с учетом перспективы его развития.

23. Разработка комплекса мероприятий по обеспечению надежности систем противопожарного водоснабжения при строительстве зданий повышенной этажности.

24. Обоснование нормативных расходов воды на наружное пожаротушение в поселении при наличии зданий различной функциональной пожарной опасности.

25. Исследование гидравлических сопротивлений в рукавных системах.

26. Исследование гидравлических сопротивлений в противопожарных водопроводах.

27. Исследование влияния полимерных добавок на гидравлические сопротивления и дальность полета пожарных струй в системах противопожарного водоснабжения.

28. Исследование качественных характеристик водяных пожарных струй.

29. Разработка компьютерных лабораторных комплексов по исследованию гидравлических систем в противопожарном водоснабжении.

30. Разработка мероприятий по усовершенствованию систем противопожарного водоснабжения кинотеатра с разработкой внутреннего противопожарного водопровода.

31. Разработка систем противопожарного водоснабжения при тушении лесных и торфяных пожаров.

32. Разработка мероприятий по усовершенствованию систем противопожарного водоснабжения института.

33. Разработка мероприятий по усовершенствованию систем противопожарного водоснабжения больницы.

34. Разработка комплекса мероприятий по модернизации систем противопожарного водоснабжения цеха подготовки перекачки нефти месторождения.

35. Проектирование систем наружного противопожарного водоснабжения фабрики.

36. Проектирование систем внутреннего противопожарного водоснабжения детского дома.

37. Разработка мероприятий по усовершенствованию систем внутреннего противопожарного водоснабжения детского дома.

38. Разработка комплекса мероприятий по модернизации систем противопожарного водоснабжения военного госпиталя.

39. Применение скин-эффекта для изучения напряженно-деформированного состояния противопожарного водопровода.