

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



Методические рекомендации для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Противопожарное водоснабжение»

Направление подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль
«Пожарная безопасность»

Иваново 2024

Зарубина Е.В.

Методические рекомендации для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Противопожарное водоснабжение» (далее – методические рекомендации) по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность профиль «Пожарная безопасность» – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2024.– 47 с.

Методические рекомендации содержат краткое изложение дисциплины «Противопожарное водоснабжение» в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность и основной профессиональной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, советы по планированию и организации времени, необходимого на изучение дисциплины, пожелания по изучению отдельных тем курса, рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса, рекомендации по работе с литературой; советы по подготовке к промежуточной аттестации.

Методические рекомендации рассмотрены на заседании кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор»).

Протокол № ____ от « ____ » ____ 2024 г.

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

Протокол № ____ от « ____ » ____ 2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Наименование раздела	Стр.
1.	Введение	4
2.	Методические рекомендации по изучению тем дисциплины	5
2.1	Тема 1. Вводные сведения. Физические свойства жидкостей.	5
2.2	Тема 2. Основные понятия и законы гидродинамики.	7
2.3	Тема 3. Истечение жидкости через отверстия и насадки.	9
2.4	Тема 4. Гидродинамическое подобие.	10
2.5	Тема 5. Гидравлический расчет трубопроводов.	11
2.6	Тема 6. Нестационарное движение жидкостей.	13
2.7	Тема 7. Основы теории насосов.	14
2.8	Тема 8. Насосно-рукавные системы.	15
2.9	Тема 9. Противопожарное водоснабжение поселений, городских округов и промышленных объектов.	17
2.10	Тема 10. Расходы воды и напоры в наружных противопожарных водопроводах	18
2.11	Тема 11. Обеспечение надежности работы систем противопожарного водоснабжения	20
2.12	Тема 12. Противопожарное водоснабжение внутри зданий	22
2.13	Тема 13. Обследование систем противопожарного водоснабжения	23
3.	Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации	27
4.	Словарь терминов по дисциплине «Противопожарное водоснабжение»	32

1. ВВЕДЕНИЕ

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

Дисциплина «Противопожарное водоснабжение» является основой для изучения таких профилирующих дисциплин, как «Пожарная тактика», «Пожарная техника», «Производственная и пожарная автоматика».

Целью изучения дисциплины «Противопожарное водоснабжение» является приобретение слушателями теоретических знаний по методикам расчета насосно-рукавных систем, определения расхода воды и напора в наружных и внутренних противопожарных водопроводах, обеспечению надёжности работы систем противопожарного водоснабжения, проведению экспертизы проектных материалов и практических навыков по обследованию систем противопожарного водоснабжения.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Вводные сведения. Физические свойства жидкостей.

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

Учебные вопросы:

1. Вводные сведения
2. Физические свойства жидкостей и газов
3. Основы гидростатики. Гидростатическое давление и его свойства

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.

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 об-

лостях 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. Гидростатика.

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. Уравнения коэффициентов динамической и кинематической вязкости.
16. На какие группы делятся внешние силы, действующие на данный объём жидкости?
17. Какие силы называются массовыми?
18. Какие силы называются объёмными?
19. Какие силы называются поверхностными?

20. Что изучает гидростатика?
21. Какое давление называется гидростатическим?
22. Первое свойство гидростатического давления.
23. Второе свойство гидростатического давления.

Список рекомендуемой литературы

При изучении данной темы используйте следующую литературу:
основная [1, 2].

Тема 2. Основные понятия и законы гидродинамики

Цель: изучить абсолютный и относительный покой жидких сред, дифференциальное уравнение равновесия жидкости, основное уравнение гидростатики, закон Паскаля. Научиться строить эпюры гидростатического давления. Научиться применять основное уравнение гидростатики к решению практических задач. Изучить виды давлений, давление жидкости на плоские стенки, давление жидкости на криволинейные стенки, закон Архимеда.

Учебные вопросы:

1. Основные понятия гидрогазодинамики
2. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости.
3. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости
4. Уравнение неразрывности (сплошности) движения. Уравнение постоянства расхода

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 прессы. Изучить аналитический и графический методы расчета давления жидкости на стенки и применение этих методик к решению конкретных задач.

Темы докладов и рефератов

1. Гидростатическое давление и его свойства.
2. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля, использование его в пожарной технике.
3. Абсолютный и относительный покой (равновесие) жидких сред.
4. 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. Закон Паскаля.
26. Как закон Паскаля применяется в пожарной технике?
27. Абсолютный покой жидких сред.
28. Относительный покой жидких сред.
29. Назвать виды давления.
30. Начертить диаграмму давлений.
31. Начертить схему аппарата с пьезометром, если давление на свободную поверхность жидкости больше атмосферного.
32. Что называется вакуумом?

Список рекомендуемой литературы

При изучении данной темы используйте следующую литературу:

основная [1, 2], дополнительная [1].

Тема 3. Истечение жидкости через отверстия и насадки.

Цель: изучить истечение жидкости через отверстия. Классификация отверстий. Коэффициенты сжатия струи, скорости и расхода. Истечение жидкости через насадки. Истечение жидкости через короткие трубопроводы. Типы насадков. Особенности истечения жидкостей через насадки различных типов. Расчет скорости и расхода при истечении. Методы экспериментального определения коэффициентов, характеризующих истечение жидкостей. Истечение жидкости при переменном уровне. Опорожнение резервуаров.

Классификация струй. Расчет вертикальных и наклонных струй. Реакция струи. Устойчивость водяных пожарных струй. Распыленные струи и способы их получения. 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.

Учебные вопросы:

1. Истечение жидкости через отверстия и насадки
2. Истечение жидкости через короткие трубопроводы
3. Опорожнение резервуаров

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.

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

Список рекомендуемой литературы

При изучении данной темы используйте следующую литературу: основная [1, 2], дополнительная [1].

Тема 4. Гидродинамическое подобие.

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

Учебные вопросы:

1. Опыт Рейнольдса
2. Особенности движения жидкости при различных режимах
3. Турбулентность, ее статистические характеристики

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.

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.
12. Коэффициент неравномерности распределения скоростей α , его значения.
13. Условия применения уравнения Бернулли.
14. Геометрический смысл уравнения Бернулли.
15. Энергетический смысл уравнения Бернулли.
16. Графическое изображение уравнения Бернулли.

Рекомендуемая литература

При изучении данной темы используйте следующую литературу: основная [1, 2], дополнительная [1].

Тема 5. Гидравлический расчет трубопроводов.

Цель: изучить расчет потерь напора в трубопроводах и пожарных рукавах. Экспериментальное определение потерь напора. Гидравлический расчет трубопроводов. Изучить одномерную модель реальных потоков. Виды гидравлических сопротивлений. Потери напора по длине трубопровода. Режимы течения жидкостей, расчет коэффициента внешнего трения. Местные сопротивления. Потери напора в рукавных линиях. Теоретические и экспериментальные методы определения потерь напора. Влияние режимов движения жидкости на потери напора. Гидравлический расчет трубопроводов. Классификация трубопроводов, основные расчетные формулы. Расчет газопроводов при малых и больших перепадах давлений

Учебные вопросы:

1. Основные понятия гидродинамики.
2. Уравнение неразрывности.
3. Модель идеальной (невязкой) жидкости.
4. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости.

Методические рекомендации по изучению темы

При изучении темы необходимо уяснить сущность теории подобия и применение методов подобия и теорем подобия к преобразованию дифференциальных уравнений с целью приведения их к простой критериальной зависимости. Необходимо изучить физический смысл критериев гидродинамического подобия и применения критериального уравнения к различным частным случаям. Уяснить отличие записи уравнения Бернулли для идеальных и реальных (вязких) жидкостей.

Темы докладов и рефератов

1. Режимы движения жидкости.
2. Ученые, занимающиеся изучением законов движения жидкости.

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает гидродинамикой?
2. Назвать виды движения жидкости.
3. Какое движение называется установившемся?
4. Какое движение называется неустановившемся?
5. Что называется потоком жидкости?
6. Какой поток называется безнапорным?
7. Какой поток называется напорным?
8. Что называется гидравлической струёй?
9. Что называется живым сечением потока?
10. Что называется смоченным периметром?
11. Что называется гидравлическим радиусом?
12. Что называется средней скоростью потока?
13. Два вида установившегося движения жидкости.
14. Какое движение называется равномерным?
15. Какое движение называется неравномерным?
16. Уравнение постоянства расхода.
17. Уравнение неразрывности потока.
18. Вывести дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости.
19. Что позволяют определить уравнения Эйлера?
20. Вывести уравнение Бернулли для установившегося движения идеальной жидкости.
21. Физический смысл уравнения Бернулли.

Рекомендуемая литература

При изучении данной темы используйте следующую литературу: основная [1, 2, 3].

Тема 6. Нестационарное движение жидкостей.

Цель: изучить неустановившееся движение жидкости. Уравнение Бернулли для неустановившегося движения. Гидравлический удар в трубопроводах. Фаза удара. Прямой и не прямой удар. Способы уменьшения давления при гидравлическом ударе.

Учебные вопросы:

1. Гидравлический удар в трубопроводах.
2. Методы снижения гидравлического удара.

Методические рекомендации по изучению темы

При изучении темы необходимо выяснить физику появления гидроудара. Рассмотреть формулы для расчета гидравлических явлений в трубопроводах.

Обратить внимание на особенности разнонаправленных скачков, естественно, при деформирующем воздействии на трубы, элементы запорной арматуры. Мероприятия по снижению потерь напора и методы уменьшения давления при гидравлическом ударе.

Темы докладов и рефератов

1. Физика возникновения гидроудара.
2. Потери напора в пожарных рукавах.
3. Коэффициенты, характеризующие процессы истечения жидкостей.
4. Факторы, влияющие на качественные характеристики пожарных струй.
5. Способы получения распыленных струй.
6. Гидравлический удар: основные понятия, расчет, использование на практике.
7. Способы уменьшения давления при гидравлическом ударе.

Вопросы для самоконтроля

- 1.Какая скорость называется критической скоростью течения?
- 2.Число Рейнольдса.
- 3.Значения числа Рейнольдса при ламинарном режиме.
- 4.Значения числа Рейнольдса при турбулентном режиме.
- 5.Какой режим движения жидкости называется ламинарным?
- 6.Формула для определения величины повышения давления при гидравлическом ударе.
- 7.Скорость распространения ударной волны.

8. Факторы, влияющие на скорость распространения ударной волны и на величину повышения давления.

9. Понятие фазы удара.

10. Выражения для расчета скорости распространения ударной волны.

11. Факторы, влияющие на величину скорости распространения ударной волны. Понятие прямого и непрямого гидравлического удара.

12. Последствия гидравлического удара.

Эксплуатационные и конструкторские мероприятия по уменьшению гидравлического удара.

Рекомендуемая литература

При изучении данной темы используйте следующую литературу: основная [1, 2, 3], дополнительная [1].

Тема 7. Основы теории насосов.

Цель: изучить расчет насосных установок. Способы регулирования работы насосов. Испытание центробежных насосов. Работа насосов на водопроводную сеть.

Учебные вопросы:

1. Основные параметры насосов
2. Расчет насосной установки

Методические рекомендации по изучению темы

При изучении темы необходимо изучить работу насоса. Характеризуется работа насоса следующими параметрами: подачей Q , м³/с (л/с); напором H , м; потребляемой мощностью N , кВт; коэффициентом полезного действия η и высотой всасывания $H_{вс}$, м.

Рабочая точка насоса задаётся параметрами Q и H , для определения которых необходимо рассчитать сопротивление системы рукавной линии определяется по формуле:

$$S_C = S_M n_M + \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{n_1 S_1 + S_{CT1}}} + \frac{1}{\sqrt{n_2 S_2 + S_{CT2}}} + \frac{1}{\sqrt{n_3 S_3 + S_{CT3}}} \right)^2}, \quad (\text{с/л})^2 \text{м}$$

где S_M, S_1, S_2, S_3 — сопротивление одного рукава соответственно в магистральной, первой, второй и третьей линии, (с/л)²м;

n_M, n_1, n_2, n_3 — количество рукавов в соответствующих линиях, шт.;

$S_{CT1}, S_{CT2}, S_{CT3}$ — сопротивление насадков стволов соответствующих линий, (с/л)²м;

Определив сопротивление системы, рассчитываем максимальный расход воды, подаваемый насосно-рукавной системой.

$$Q = \sqrt{\frac{a-z}{b+S_c}}, \text{ л/с}$$

где a, b – коэффициенты характеристики пожарного насоса;
 z – высота поднятия стволов, м.

Напор насоса определяется из выражения

$$a - b Q^2 = S_c Q^2 + z$$

$$H = S_c Q^2 + z, \text{ м}$$

Темы докладов и рефератов

1. Основные параметры насосов
2. Расчет насосной установки

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется рабочей точкой насосов.
2. Назовите основные параметры насосов.
3. Как определить сопротивление системы рукавной линии.
4. Что такое потребляемая мощность у насоса.
5. Что называется подачей насоса.

Рекомендуемая литература

При изучении данной темы используйте следующую литературу:
 основная [1], дополнительная [1, 2, 3].

Тема 8. Насосно-рукавные системы

Цель: изучить классификацию насосов. Работу насоса на сеть. Виды насосно-рукавных систем. Расчёт насосно-рукавных систем с ручными стволами. Расчёт насосно-рукавных систем, осуществляющие перекачку воды. Расчёт насосно-рукавных систем, обеспечивающих работу лафетных стволов. Определение напора на насосе при заборе воды гидроэлеваторными системами.

Учебные вопросы:

1. Насосно-рукавные системы, их виды
2. Расчёт насосно-рукавных систем с ручными стволами
3. Последовательная и параллельная работа насосов

Методические рекомендации по изучению темы

При изучении темы необходимо изучить основные задачи гидравлического расчёта насосно-рукавных систем. Задачами является определение напора насоса, если заданы расчётный расход воды, а также диаметр и длина рукавных линий.

Часто в практике пожаротушения применяется смешенное соединение насосно-рукавной системы, обеспечивающее подачу нескольких стволов, работа которых обеспечивается самостоятельными рабочими рукавными линиями, подсоединёнными через разветвление к магистральной рукавной линии.

При смешенном соединении напор в точке А на рукавном разветвлении по i – ой рабочей рукавной линии, равен:

$$H_{Ai} = (n_i S_{pi} + S_{cti}) Q_i^2 + z_i, \text{ м},$$

где: S_{pi} – сопротивление одного напорного рукава длиной 20 м, (с/л)²м;

n_i – количество напорных рукавов в линии;

S_{cti} – сопротивление ствола с диаметром насадка, (с/л)²м;

Q_i – расход воды для ствола с диаметром насадка, л/с;

z_i – разность высот между расположением ствола и рукавным разветвлением, м.

Определив напор на рукавном разветвлении по i – ой рабочей рукавной линии, рассчитываем расход воды по двум рабочим рукавным линиям.

$$Q_i = \sqrt{\frac{H_{Ai} - z_i}{n_i S_{pi} + S_{cti}}}, \text{ л/с}$$

Рассчитываем расход воды в магистральной линии.

$$Q_M = Q_1 + Q_2 + Q_3, \text{ л/с}$$

Требуемый напор поддерживаемый на насосе составляет

$$H_H^{TP} = n_M S_M Q_M^2 + z_A + h_A + H_{Ai}, \text{ м}$$

где: S_M – сопротивление одного магистрального рукава длиной 20 м, (с/л)²м;

n_M – количество рукавов магистральной линии;

z_A – разность высот между расположением трёхходового рукавного разветвления и насоса, м;

h_A – потери насоса в разветвлении, м.

Для симметричных насосно-рукавных систем, т.е систем где магистральные и рабочие рукавные линии включают одинаковое количество рукавов одного диаметра, диаметры насадок стволов равны и подняты на одну и ту же высоту относительно оси насоса, то требуемый напор на насосе определяется по формуле

$$H_H^{TP} = S_c Q_H^2 + z + h_A, \text{ м}$$

где: S_c – сопротивление рукавной системы, (с/л)²м;

Q – подача насоса, л/с.

Сопротивление рукавной системы вычисляется как

$$S_c = \frac{n_M S_M}{\varepsilon^2} + \frac{n_i S_{pi} + S_{cti}}{\delta^2}, \text{ (с/л)}^2 \text{ м}$$

где: ε – количество магистральных линий; δ – количество рабочих линий.

Темы докладов и рефератов

1. Основные параметры насосов
2. Расчет насосной установки

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется рабочей точкой насосов.
2. Назовите основные параметры насосов.
3. Как определить сопротивление системы рукавной линии.
4. Что такое потребляемая мощность у насоса.
5. Что называется подачей насоса.

Рекомендуемая литература

При изучении данной темы используйте следующую литературу: основная [1], дополнительная [1, 2, 3].

Тема 9. 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.

Учебные вопросы:

1. Классификация систем водоснабжения
2. Схемы водоснабжения городских округов
3. Схемы противопожарного водоснабжения промышленных предприятий и поселений

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 высокорасположенного 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.

Часто устраивают объединённые системы водоснабжения. В городах и населённых пунктах, как правило, устраивают объединённые хозяйственно-противопожарные водопроводы. Из этих же водопроводов вода подаётся на промышленные предприятия, если последние потребляют незначительное количество воды, или по условиям технологического процесса производства требуется вода пи-

твеевого качества. При больших расходах воды промышленные предприятия могут иметь самостоятельный водопровод, обеспечивающий их хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды. На промышленных предприятиях чаще всего устраиваются отдельные хозяйственно-противопожарный и производственный водопроводы и реже - отдельные производственно-противопожарный, хозяйственно-питьевой или объединённый хозяйственно-производственно-противопожарный.

Совмещение противопожарного водопровода с хозяйственным, а не с производственным объясняется следующими причинами:

1. Производственная водопроводная сеть обычно бывает мало разветвлённой, хозяйственная и противопожарная сети должны охватывать все объекты предприятия;

2. Для многих технологических процессов вода подаётся под строго определённым напором и расходом, что изменит напор при тушении пожара в производственно-противопожарном водопроводе, это может привести к нарушению режима работы производственных аппаратов.

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 на хозяйственно-питьевые, производственные нужды и для целей пожаротушения населённого пункта и предприятия.

Рекомендуемая литература

При изучении данной темы используйте следующую литературу: основная [1], дополнительная [1, 2, 3].

Тема 10. Расходы воды и напоры в наружных противопожарных водопроводах

Цель: изучить расчетный расход воды на пожаротушение.

Учебные вопросы:

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

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.
4. Что такое зонирование водоснабжения.

Рекомендуемая литература

При изучении данной темы используйте следующую литературу: основная [1, 2, 3], дополнительная [1, 2].

Тема 11. Обеспечение надежности работы систем 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 надежности работы насосных станций. Назначение напорно-регулирующих емкостей. Необходимое время ликвидации аварий на трубопроводах. Требования, предъявляемые к системам водоснабжения в особых природных и климатических условиях.

Учебные вопросы:

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

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 СНиП. 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

Рекомендуемая литература

При изучении данной темы используйте следующую литературу: основная [1, 2, 3], дополнительная [1, 2].

Тема 12. Противопожарное водоснабжение внутри зданий

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.

Учебные вопросы:

1. 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

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

Рекомендуемая литература

При изучении данной темы используйте следующую литературу: основная [1, 2].

Тема 13. Обследование систем противопожарного водоснабжения

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

Учебные вопросы:

1. Методика 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 (устраивается 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 (устраивается в случаях, когда в наружном водопроводе величина гарантированного напора 5 м и менее). Обычно по такой схеме устраиваются 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 устраивают специальные противопожарные водопроводы со своими насосными станциями, водонапорными и гидропневмобаками, обеспечивающими создание полного расчетного напора воды для целей пожаротушения. Внутренние водопроводы в этих зданиях устраиваются отдельными: хозяйственно-питьевые и самостоятельные противопожарные.

Темы докладов и рефератов

1. Методика рассмотрения проектов наружных противопожарных водопроводов.
2. Методика рассмотрения проектов внутренних противопожарных водопроводов.
3. Обследование 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

Рекомендуемая литература

При изучении данной темы используйте следующую литературу: основная [1, 2, 3], дополнительная [1, 2, 3].

Список рекомендуемой литературы

а) основная литература

1. Бубнов В.Б., Репин Д.С., Сергеев Е.В., Родионов Е.Г. Гидравлика. Примеры и задачи. Учебное пособие. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – 130 с. (электронный ресурс)
2. Бубнов В.Б., Репин Д.С., Сайбель С.Ю. Газодинамика. Лабораторный практикум.- Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. – 82 с. (электронный ресурс)
3. Бубнов В.Б., Елин Н.Н., Снегирев Д.Г. Противопожарное водоснабжение: Учебное пособие для курсантов, слушателей и студентов всех форм обучения по специальностям 280104.65 «Пожарная безопасность», 280102.65 «Безопасность технологических процессов и производств». – Иваново: ООНИ ИВИ ГПС МЧС России, 2009.- 152 с. (электронный ресурс)
4. 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.- 82 с. (электронный ресурс)
5. Бубнов В. Б., Елин Н.Н., Снегирев Д. Г. Насосные станции: Учебное пособие для курсантов, слушателей и студентов всех форм обучения по

специальностям 280104.65 «Пожарная безопасность», 280102.65 Безопасность технологических процессов и производств». – Иваново: ООНИ ИВИ ГПС России, 2012.-129 с. (электронный ресурс)

б) дополнительная литература

6. Абросимов Ю.Г. Гидравлика: Учебник.- М: Академия ГПС МЧС России, 2005. - 312 с.

7. Абросимов Ю.Г., А.И. Иванов, А.А. Качалов Противопожарное водоснабжение. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2008. - 381 с.

8. Бубнов В.Б., Чистова И.Н., Снегирев Д.Г. Гидравлика. Противопожарное водоснабжение (лабораторный практикум): Учебное пособие.- Иваново: ООНИ ИВИ ГПС МЧС России, 2007. - 125 с.

9. Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод: Уч. пособие. ч. 1. Основы механики жидкости и газа.- М.: МГИУ, 2005. - 192 с.

10. Калекин А.А. Гидравлика и гидравлические машины.- М.: Мир, 2005.- 512 с.

11. Штеренлихт Д.В. Гидравлика: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп.- М.: КолосС, 2005.- 656 с.

в) нормативная литература

12. Федеральный закон от 22.07.08 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

13. Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утв. Постановлением Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479.

14. СП 8.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности.

15. СП 10.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования.

16. СП 30.13330.2020 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*.

17. СП 31.13330.2020 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*».

18. ГОСТ Р 51844-2009 Техника пожарная. Шкафы пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний.

19. ГОСТ 29226-91. Вискозиметры жидкостей.

20. ГОСТ Р 8.675-2009 ГСИ. Расходомеры электромагнитные.

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

21. Электронная библиотека академии <http://Bibliomchs37.ru>.

22. ЭБС «Юрайт».

23. Национальная электронная библиотека.

24. Цифровая среда Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

3. 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.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации (в форме дифференцированного зачета) по итогам освоения дисциплины «Противопожарное водоснабжение»

1. Основные физические свойства жидкостей.
2. Силы, действующие на жидкость. Гидростатическое давление и его свойства.
3. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости.
4. Основное уравнение гидростатики.
5. Давление жидкости на плоские стенки.
6. Давление жидкости на криволинейные стенки.
7. Эпюры гидростатического давления.
8. Основные понятия гидродинамики.
9. Уравнение неразрывности (сплошности) движения.
10. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости.
11. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости.
12. Энергетический и геометрический смысл уравнения Бернулли.
13. Сущность гидравлического моделирования. Теория подобия.
14. Теоремы подобия.
15. Критерии гидродинамического подобия.
16. Обобщенное критериальное уравнение гидродинамики.
17. Уравнение Бернулли для реальной жидкости.
18. Графическая интерпретация уравнения Бернулли.
19. Практические приложения уравнения Бернулли.
20. Режимы движения жидкостей.
21. Критерий Рейнольдса. Эквивалентный диаметр.
22. Особенности движения жидкостей при различных режимах.
23. Виды гидравлических сопротивлений.
24. Потери напора по длине трубопровода.
25. Местные сопротивления в трубопроводах.
26. Влияние режимов движения жидкости на потери напора.

27. Области трения, методы определения коэффициента внешнего трения.
28. Гидравлический расчет трубопроводов.
29. Классификация трубопроводов и основные расчетные зависимости.

**Перечень практических заданий (задач, навыков, нормативов и т.п.)
для проведения промежуточной аттестации
(в форме дифференцированного зачета)
по итогам освоения дисциплины «Противопожарное водоснабжение»**

1. Водопровод пожарного водопровода диаметром d и длиной l , подготовленный к гидравлическим испытаниям, заполнен водой при атмосферном давлении. Определить, изменение величины избыточного давления в водопроводе, если в него дополнительно был подан объем воды, равный.
2. В кольцевом пространстве аппарата протекает вода в количестве Q . При заданной температуре воды. Внутренний диаметр большей трубы D , наружный диаметр меньшей трубы d . Определить, в каком режиме движется вода.
3. Определить потерю напора и потерю давления на трение при протекании воды по трубе, выполненной из материала M , диаметром d , длиной l . Скорость воды V . При заданной температуре воды.
4. Противопожарный водопровод состоит из трех параллельных участков чугунных труб диаметром d_1, d_2, d_3 , выходящих из узла A и соединяющихся в узле B , величина напора которых составляет H_A и H_B . Расход воды по участкам равен Q_1, Q_2, Q_3 . Определить длину каждого участка и скорость течения воды в них.
5. Определить предельную высоту расположения оси центробежного насоса над уровнем воды в водоисточнике h , если расход воды из насоса Q , диаметр всасывающей трубы d . Вакуумметрической давление, создаваемое во всасывающем патрубке P_v , потери напора во всасывающей линии $h_{п.}$

**Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации
(в форме экзамена) по итогам освоения дисциплины «Противопожарное водоснабжение»**

1. Классификация и области применения насосов.
2. Основные параметры насосов.
3. Характеристики насосов.
4. Работа насосов на сеть.
5. Способы регулирования работы насосов.
6. Последовательное соединение насосов.
7. Параллельное соединение насосов.
8. Истечение жидкости через отверстия и насадки.
9. Классификация насосов.
10. Рабочие параметры насосов, применяемых в противопожарном водоснабжении.
11. Работа центробежного пожарного насоса на сеть.

12. Насосно-рукавные системы, их виды.
13. Расчёт насосно-рукавных систем с ручными стволами.
14. Последовательная работа насосов для целей пожаротушения.
15. Параллельная работа насосов при подаче воды к месту пожара.
16. Классификация систем противопожарного водоснабжения.
17. Схемы противопожарного водоснабжения городских округов.
18. Схемы противопожарного водоснабжения промышленных предприятий.
19. Схемы противопожарного водоснабжения в сельской местности.
20. Требование нормативных документов к резервуарам и водоемам с запасами воды на цели наружного пожаротушения.
21. Требования нормативных документов к размещению и эксплуатации пожарных гидрантов.
22. Обеспечение надёжности работы пожарных насосных станций.
23. Хранение противопожарного запаса воды в системах противопожарного водоснабжения. Напорно-регулирующие ёмкости.
24. Методика обследования внутренних противопожарных водопроводов.
25. Применение лафетных стволов и систем орошения в противопожарном водоснабжении.
26. Классификация и основные элементы внутренних противопожарных водопроводов.
27. Схемы внутренних противопожарных водопроводов.
28. Требования нормативных документов к устройству и эксплуатации систем внутреннего противопожарного водоснабжения.
29. Пожарные шкафы, классификация и основные параметры.
30. Пожарные насосные станции и водонапорные баки.
31. Противопожарные водопроводы зданий повышенной этажности.
32. Противопожарное водоснабжение театров.
33. Особенности противопожарного водоснабжения производственных зданий большой площади.

**Перечень практических заданий (задач, навыков, нормативов и т.п.)
для проведения промежуточной аттестации (в форме экзамена)
по итогам освоения дисциплины «Противопожарное водоснабжение»**

1. Дать заключение о соответствии требованиям нормативов расположений пожарных кранов на третьем этаже учебного корпуса (корпус № 3).
2. Провести проверку водоотдачи пожарных кранов в жилом корпусе академии (корпус № 4). Дать заключение о соответствии требованиям пожарной безопасности.
3. Дать заключение о соответствии расположения пожарных кранов на втором этаже третьего учебного корпуса академии (корпус № 3).
4. Дать заключение о соответствии требованиям нормативных документов по пожарной безопасности расположения пожарных гидрантов на территории академии.

5. Провести проверку пожарных шкафов на первом этаже учебного корпуса (корпус № 3) и дать заключение о соответствии требованиям нормативов.
6. Провести проверку пожарного крана в аудитории 2113, определить нормативный расход и расчетное количество струй.
7. Провести проверку и дать заключение о достаточности первичных средств пожаротушения в 3 учебном корпусе академии.
8. Определить объем РЧВ для определенного водопровода для заданного населенного пункта.
9. Определить неприкосновенный запас в резервуарах чистой воды (РЧВ) для объединенного водопровода заданного населенного пункта.
10. Определить высоту расположения бака водонапорной башни, установленной на пожарно-производственном водопроводе объекта при заданных условиях.
11. Рассчитать объединенный хозяйственно-противопожарный водопровод заданного производственного здания.
12. Определить напор и расход воды из пожарных кранов из условия орошения каждой точки помещения заданным числом компактных струй. Построить карту орошения.
13. Определить напор и расход воды из пожарного крана, установленного в заданном помещении.
14. Определить напор и расход воды из пожарного крана, а также расход воды на внутреннее пожаротушение.
15. Произвести размещение пожарных кранов в заданном.
16. Определить расстояние между пожарными кранами для заданного помещения.
17. Определить, какой должен быть радиус действия гидранта при вертикальной и ползучей прокладке.
18. Определить водоотдачу для заданной сети.
19. Определить расход воды на наружное и внутреннее пожаротушение для заданного водопровода заданного населенного.
20. Определить расстояние между пожарными кранами для заданного объекта.
21. Определить расход воды на наружное пожаротушение в заданном водопроводе, для определенного населенного пункта.
22. Определить необходимость насосов-повысителей для заданного промышленного объекта.
23. Определить необходимость насосов-повысителей в заданном здании.
24. Определить, при каком гарантированном напоре в наружной водопроводной сети на вводе в здание будет обеспечен заданный расход от пожарного крана заданного диаметра.
25. Определить высоту расположения насоса над уровнем воды в водоисточнике.
26. Определить возможность подачи воды, если требуется получить из ствола струю с заданной длиной компактной части.
27. Определить время заполнения пожарного водоема объемом.
28. Определить количество насосов перекачки и расстояние между ними.

29. Определить предельно возможную длину магистральной линии.

30. Определить возможность получения требуемой струи при подаче воды по указанной схеме.

31. Определить возможность подачи воды при пожаротушении заданного жилого здания, по заданной схеме.

32. Решить задачу, если перекачка осуществляется по способу из насоса в цистерну пожарной машины.

33. Произвести расстановку насосов на пересеченной местности для перекачки воды по заданным рукавным линиям заданного диаметра.

4 СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВО- ДОСНАБЖЕНИЕ»

НПС	насосная перекачивающая станция
ГНПС	головная нефтеперекачивающая станция
ППС	промежуточная перекачивающая станция
ЦППН	цех подготовки и перекачки нефти
УВС	углеводородное сырье
РЧВ	резервуар чистой воды
кВт	киловатт
МПа	мегапаскаль

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
Ацетон	15	790	7747,25
Бензин	15	680-740	6668,52-7256,92
Глицерин безводный			
Керосин	20	1260	12236,4
Масло машинное	15	790-820	7747,25-8041,45
Масло трансформатор- ное	20	898	8806,37
Нефть натуральная	20	887	8698,5
Ртуть	15	700-900	6864,65-8825,98
Спирт метиловый,	0	13596	133331
	100 %	20	13546
	90 %		132841
30 %	0-20	800	7848
Спирт этиловый, 100%	0-20	820	8044,2
	70 %	0-20	9319,5
	40 %		
	10 %	0-20	7749,9
	0-20	850	8338,5
	0-20	920	9025,2
	0-20	980	9613,8

Таблица 2

Значения модуля объемной упругости воды E_v

Температура, °C	E_v 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

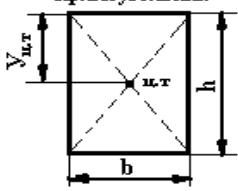
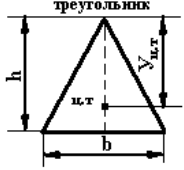
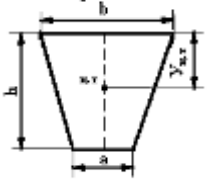
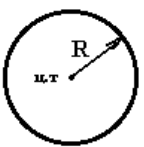
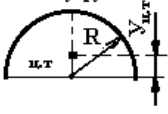
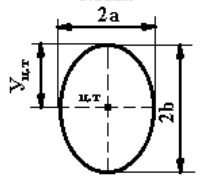
Температура, °C	μ , Па·с	Температура, °C	μ , Па·с
0	0,001792	55	0,0005064
5	0,001519	60	0,0004688
10	0,001308	65	0,0004355
15	0,00114	70	0,0004061
20	0,001005	75	0,0003799
25	0,0008937	80	0,0003565
30	0,0008007	85	0,0003355
35	0,0007225	90	0,0003165
40	0,000656	95	0,0002994
45	0,0005988	100	0,0002838
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 °C	0,007	0,081
Масло минеральное	0,0275	0,313
Глицерин	0,512	4,1
Масло касторовое	0,972	10,02

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
<p>Полукруг</p> 	$\frac{9\pi - 64}{72\pi} R^4$	$\frac{4}{3} \cdot \frac{R}{\pi}$	$\frac{1}{2}\pi R^2$
<p>Эллипс</p> 	$\frac{1}{4}\pi ab^3$	b	πab

Значения абсолютной шероховатости Δ для труб из различных материалов

Материал стенки трубопровода	Δ , мм
Медь, латунь, свинец, стекло	0,01-0,05
Сталь, неподвергающаяся 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 A и расходных характеристик K для стальных и чугунных водопроводных труб

Условный проход мм	Трубы стальные		Трубы чугунные	
	A (для Q м ³ /с)	K^2 (для Q м ³ /с)	A (для Q м ³ /с)	K^2 (для Q м ³ /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 высоту 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 $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\rho = 998,23 \text{ кг/м}^3$;

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 $N = 97,9$ 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°C , кг/м^3 (приложение 1, 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.

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

$$H_2 = 10 \cdot 2 = 20 \text{ м.}$$

3. Определяем мощность насоса при изменении частоты вращения.

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

$$N_2 = 2 \cdot 8 = 16 \text{ кВт.}$$

Ответ: $Q_2 = 40 \text{ л/с}$; $H_2 = 20 \text{ м}$; $N_2 = 16 \text{ кВт}$.

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: Н?

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: Н = 18,06 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: Н?

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: Н = 53,68 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:

$$d_p = 66 \text{ мм};$$

$$z = 25 \text{ м};$$

$$L = 120 \text{ м};$$

$$l = 20 \text{ м};$$

$$d_h = 19 \text{ мм};$$

$$Q = 5 \text{ л/с}$$

Найти: Н?

Решение:

1. Рассчитываем потери напора в рукаве.

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

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

Количество рукавов.

$$n = L/l = 120/20 = 6 \text{ шт.}$$

2. Рассчитываем напор у насадка.

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

Соппротивление 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:

$$d = 50 \text{ мм};$$

$$l = 20 \text{ м};$$

$$d_h = 16 \text{ мм};$$

$$H_{cb} = 20 \text{ м}$$

Найти: Q?

Решение:

1. Рассчитываем расход воды от пожарного крана.

$$H = h_p + H_{св} = nS_p Q^2 + S_n Q^2 \Rightarrow H = Q^2 (nS_p + S_n) \Rightarrow$$

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

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 рефератов по дисциплине «Противопожарное водоснабжение»

1. Методы расчета и экспериментального определения основных физических свойств жидкостей и газов.
2. Уравнение Бернулли, его геометрический и энергетический смысл, графическая интерпретация.
3. Применение уравнения Бернулли при расчете процессов истечения.
4. Применение уравнения Бернулли в аппаратах и измерительных приборах.
5. Особенности движения жидкостей при различных режимах.
6. Математическое моделирование технологических процессов
7. Гидравлические сопротивления и потери напора при движении жидкостей и газов.
8. Пути снижения величины гидравлических потерь на этапах проектирования и эксплуатации гидравлических систем.
9. Области применения процессов псевдооживления и режима пневмотранспорта. Расчет гидродинамических характеристик псевдооживленных систем.
10. Области применения насадочных аппаратов. Гидравлическое сопротивление аппаратов с насадкой.
11. Классификация и области применения насосов.
12. Классификация и области применения машин для перемещения и сжатия газов.
13. Анализ состояний противопожарного водоснабжения на объектах.
14. Насосно-рукавные системы, их виды.
15. Схемы водоснабжения городских округов.
16. Схемы противопожарного водоснабжения промышленных предприятий.
17. Схемы противопожарного водоснабжения малых населённых мест.
18. Расход воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды.
19. Расход воды для целей пожаротушения.
20. Обеспечение надежности работы водоводов.
21. Обеспечение надежности работы водопроводной сети.
22. Пожарные гидранты и колонки.
23. Обеспечение надёжности работы насосных станций.
24. Напорно-регулирующие ёмкости.
25. Область применения и устройство противопожарных водопроводов высокого давления.