

МЧС РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Уральский институт Государственной противопожарной службы
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

ГИДРАВЛИКА

Методические рекомендации
по подготовке к экзамену

Специальность
20.05.01
Пожарная безопасность
(уровень специалитета)

Екатеринбург
2022

Гидравлика [Текст]: методические рекомендации по подготовке к экзамену. Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность / О.Ю. Баранова, А.А. Сушкевич, М. Р. Шавалеев. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2022. – 28 с.

Составители:

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

Сушкевич А.А., заведующий кафедрой физико-технических основ безопасности Уральского института ГПС МЧС России, кандидат технических наук, доцент;

Шавалеев М.Р., старший преподаватель кафедры пожаротушения и аварийно-спасательных работ Уральского института ГПС МЧС России, кандидат технических наук, доцент.

Методические рекомендации предназначены для подготовки к экзамену по дисциплине «Гидравлика». В рекомендациях описываются порядок проведения экзамена, приводится перечень вопросов и задач по дисциплине, которые используются при составлении экзаменационных билетов, представлены пример ответа на экзаменационный билет и список литературы, необходимый для подготовки к экзамену.

© ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение……. 4

Требования к результатам освоения дисциплины...…….. 5

1. Структура и содержание дисциплины…… 7

2. Порядок проведения экзамена и система оценки знаний обучаемых 9

3. Перечень вопросов для самостоятельной подготовки к экзамену..... 12

4. Задачи для самостоятельной подготовки к экзамену…….. 15

5. Список рекомендуемой литературы…….. 15

6. Рекомендации для подготовки к экзамену……..... 17

7. Пример ответа на экзаменационный билет…… 20

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации по подготовке к экзамену по дисциплине «Гидравлика» составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению специальности 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета), согласно рабочей программе дисциплины.

Целью освоения учебной дисциплины «Гидравлика» является формирование современных теоретических научных знаний по законам равновесия и движения жидкостей и способам приложения этих законов при решении практических вопросов пожарной безопасности, а также формирование практических навыков использования теоретических основ гидравлики при решении профессиональных задач.

Для достижения данных целей предусматривается решение следующих основных задач:

– усвоение основных законов гидростатики и гидродинамики;

– формирование умений по их применению при решении вопросов пожарной безопасности;

– овладение методами гидравлического расчета автоматических установок пожаротушения;

– формирование умений по конструированию и эксплуатации пожарных линий и рукавов, лестниц, аварийного слива ЛВЖ и ГЖ, водопроводных сооружений.

Организационными формами изучения курса являются лекции, практические и лабораторные занятия, самостоятельная проработка материала, рекомендуемого преподавателем, а также индивидуальная работа преподавателей с обучаемыми.

При подготовке к сдаче экзамена по дисциплине «Гидравлика» важная роль принадлежит умению обучаемых эффективно организовать самостоятельную работу, в ходе которой дорабатываются вопросы, рассмотренные на лекциях, происходит ознакомление с литературой, указанной в методических рекомендациях. Данное методическое пособие составлено для подготовки к экзамену и содержит конкретные методические указания, направленные на организацию самостоятельной работы на завершающем этапе изучения дисциплины.

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Гидравлика» направлен на формирование компетенций: **УК-1** – способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий; **ОПК-3** – способность решать прикладные задачи в области обеспечения пожарной безопасности, охраны окружающей среды и экологической безопасности используя теорию и методы фундаментальных наук предусмотренных Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета). По окончании изучения дисциплины предусмотрен экзамен. Экзамен по дисциплине «Гидравлика» представляет собой итоговое испытание по профессионально-ориентированным проблемам, устанавливающее соответствие подготовленности обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС).

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны:

знать:

– основные понятия и законы гидравлики;

– физическую сущность изучаемых явлений и закономерностей;

– факторы, влияющие на местные потери напора и линейные;

– влияние, на истечение жидкостей, через отверстия, насадки, короткие трубопроводы, на характеристики пожарных струй, режимных и геометрических параметров;

– причины вызывающие гидравлический удар и способы борьбы с ним;

уметь:

– применять основные законы и закономерности гидравлики при решении вопросов обеспечения противопожарной защиты;

– производить расчет систем аварийного слива ЛВЖ и ГЖ, параметров траектории струи её реакции, перфорированных трубопроводов, потерь напора в системах подачи воды, потерь давления в газовых АУП;

В ходе экзамена проверяется способность обучающихся к выполнению профессиональных задач, определенных квалификационными требованиями. Экзамен является итоговым контролем и имеет целью проверить учебную работу обучающихся, уровень полученных ими знаний и умение применять их при решении профессиональных практических задач.

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

Лабораторные работы проводятся по темам: «Основные физические свойства жидкости», «Приборы и измерение гидростатического давления», «Исследование режимов течения жидкости», «Иллюстрация уравнения Бернулли», «Определение местных потерь напора», «Определение потерь напора по длине в круглой трубе», «Исследование величины силы струи на различные поверхности», «Исследование гидравлического удара».

По итогам выполнения лабораторных работ обучаемые составляют отчет в котором формулируют выводы о проделанной работе и отвечают на контрольные вопросы, закрепляя таким образом знания и умения, полученные в ходе экспериментального исследования.

Задания на самоподготовку к лабораторным и практическим занятиям выдаются обучаемым заблаговременно на аудиторных занятиях.

1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, что соответствует 108 часам.

Распределение тем дисциплины «Гидравлика»

№ тем п/п	Наименование разделов и тем
1	2
Раздел 1. Гидростатика	
1	Физические свойства жидкости

2	Давление покоящейся жидкости (гидростатика)
3	Давление жидкости на плоские криволинейные стенки. Центр давления
Раздел 2 Гидродинамика	
4	Основные законы движения жидкости (гидродинамика)
5	Движение реальных жидкостей. Общее уравнение энергии. Уравнение Бернулли для элементарной струйки и потока реальной жидкости
6	Практическое применение уравнения Бернулли в гидравлике. Режимы движения жидкости
7	Потери напора и расчет трубопроводов
8	Истечение жидкости через отверстия и насадки
9	Гидравлические струи
10	Неустановившееся напорное движение жидкости. Гидравлический удар в трубопроводах
11	Основы теории насосов

2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКЗАМЕНА

В процессе подготовки к экзамену кафедра организует предэкзаменационные консультации для всех учебных групп.

Как правило, экзамен принимает преподаватель, читавший учебную дисциплину. В аудитории, где проводится экзамен, должно одновременно находится не более шести обучающихся.

Для прохождения экзамена обучаемым необходимо иметь при себе зачетную книжку и письменные принадлежности.

Экзамен проводится в течение 6 учебных часов (3 пары).

На экзамен выносится материал в объеме, предусмотренном рабочей программой учебной дисциплины. Экзамен проводится по билетам, утвержденным на заседании кафедры. Экзаменационный билет включает в себя два теоретических вопроса с задачей. Формулировка вопросов совпадает с формулировкой перечня вопросов, доведенного до сведения обучаемых накануне экзаменационной сессии. Содержание вопросов одного билета относится к различным разделам программы с тем, чтобы более полно охватить материал учебной дисциплины.

Вначале экзамена преподаватель кратко напоминает порядок сдачи экзамена, правила поведения, объявляет фамилии не допущенных до экзамена. На первой паре, в течение 2 учебных часов, обучающиеся по одному заходят в аудиторию, предъявляют зачетную книжку, берут билет и бумагу для выполнения задания, называют номер билета и приступают к выполнению. На подготовку к ответу по билету отводится 90 минут.

Получив билет, обучаемый должен хорошо продумать содержание поставленных вопросов. Значительное число неудачных ответов объясняется неясным пониманием поставленной проблемы. Правильное понимание вопроса обеспечит успех при ответе на него. При подготовке к ответу на билет нужно составить развернутый план по каждому вопросу.

Теоретические вопросы предполагают устный ответ обучающегося и позволяют оценить усвоенные знания. Отвечая на вопросы экзаменационного билета, не следует спешить. Необходимо излагать материал спокойно, владеть собой, следить за построением фраз. Следует избегать подхода издалека, общих рассуждений. Рекомендуется строить ответы четко, последовательно, конкретно и по возможности исчерпывающе. Вместе с тем желательно иллюстрировать свой ответ примерами, графиками, цифрами.

Практическое задание предполагает реализацию полученных знаний.

Использовать учебники, задачники или конспекты во время проведения экзамена запрещается. В случае нарушения установленных правил сдачи экзамена обучаемый удаляется с экзамена и ему выставляется неудовлетворительная оценка.

Ответ обучающегося оценивается по пятибалльной шкале. Общая экзаменационная оценка выводится из оценок за выполнение каждого задания в билете и является их средним арифметическим. Результат экзамена выражается оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся полно, логично, осознано излагает материал, выделяет главное, аргументирует свою точку зрения на ту или иную проблему, имеет системные полные знания и умения по составленному вопросу. Содержание вопроса обучающийся излагает связно, в краткой форме, раскрывает последовательно суть изученного материала, демонстрируя прочность и прикладную направленность полученных знаний и умений, не допускает терминологических ошибок. Практическое задание выполнено в полном объеме в соответствии с поставленной задачей.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся знает материал, строит ответ четко, логично, но допускает незначительные неточности в изложении материала. Практическое задание выполнено с незначительными отклонениями от поставленной задачи.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся ориентируется в основных понятиях, строит ответ на репродуктивном уровне, но при этом допускает неточности и ошибки в изложении материала,

нуждается в наводящих вопросах, не может привести примеры. Практическое задание выполнено частично.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся не ориентируется в основных понятиях, демонстрирует поверхностные знания, если в ходе ответа отсутствует самостоятельность в изложении материала, либо звучит отказ дать ответ. Практическое задание не выполнено.

С целью уточнения оценки экзаменатор может задать не более одного-дву дополнительных вопросов, не выходящих за рамки требований рабочей программы. Под дополнительным вопросом подразумевается вопрос, не связанный с тематикой вопросов билета. Дополнительный вопрос, также как и основные вопросы билета требует развернутого ответа. Кроме того преподаватель может задать ряд уточняющих и наводящих вопросов, связанных с тематикой основных вопросов билета. Число уточняющих и наводящих вопросов не ограничено.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

Раздел 1 «Гидростатика»

Тема №1 «Физические свойства жидкостей и газов»

1. Физические свойства жидкости и газов, единицы измерения.

Тема №2 «Давление покоящейся жидкости (гидростатика)»

2. Основное уравнение гидростатики и его физический смысл.

Тема №3 «Давление жидкости на плоские и криволинейные стенки. Центр давления»

3. Гидростатическое давление и его свойства.
4. Пьезометрическая и вакуумметрическая высоты.

5. Дифференциальные уравнения гидростатики. /Вывод./
6. Эпюры гидростатического давления.
7. Определения силы и центра давления жидкости на плоские и криволинейные стенки.

Раздел №2 «Гидравлика»

Тема №4. «Основные законы движения жидкости (гидравлика)»

8. Основные понятия кинематики жидкости; установившееся и не установившееся движение линии тока, элементарная струйка и поток жидкости. Вывод уравнения неразрывности для потока жидкости.
9. Гидравлические элементы живого сечения.
10. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости.
11. Уравнение Бернулли для струйки идеальной жидкости и его интерпретации.

Тема №5. «Движение реальных жидкостей. Общее уравнение энергии. Уравнение Бернулли для элементарной струйки и потока реальной жидкости»

12. Вывод уравнения Бернулли для струйки реальной жидкости.
13. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, его физический и геометрический смысл.

Тема №6 «Практическое применение уравнений Бернулли в гидравлике. Режимы движения жидкости»

14. Режимы движения жидкости. Методика экспериментального исследования режимов движения.

15. Изменение коэффициента сопротивления трения в зависимости от режимов движения жидкости /график Никурадзе/.

Тема №7. «Потери напора и расчет трубопроводов»

16. Гидравлический расчет простых трубопроводов.
17. Физический смысл влияния шероховатости на величину потерь напора. Гидравлически гладкие и гидравлически шероховатые трубы.
18. Определение потерь напора в пожарных рукавах.

Тема №8. Истечение жидкостей через отверстия и насадки

19. Вывод формулы для определения расхода жидкости при истечении через затопленные отверстия /под уровень/.
20. Вывод формулы для определения скорости и расхода жидкости при истечении через малые отверстия в тонкой стенке/случай истечения в атмосферу/.

Тема №9. «Гидравлические струи»

21. Вывод формулы для определения величины вакуума в сжатом сечении струи вытекающей из цилиндрической насадки.
22. Сжатие струи; вид сжатия, коэффициент скорости, истечения и расхода, их физический смысл, инверсия струи.
23. Вывод формулы для определения расхода жидкости при истечении через систему коротких трубопроводов при постоянном напоре.
24. Элементы траектории пожарных струй и их соотношение. Расчет наклонных пожарных струй. Способы получения распыленных струй.
25. Формулы Фримана и Люгера для определения высоты вертикальной пожарной струи.

26. Вывод формулы для определения реакции струи, вытекающей из пожарного ствола. Роль насадков пожарных стволов.

Тема №10. «Неустановившееся напорное движение жидкости. Гидравлический удар в трубопроводах»

27. Гидравлический удар в трубах; фаза и скорость распространения ударной волны, полный и неполный удар, вывод формулы для определения давления при гидравлическом ударе /формула Жуковского/.

Тема № 11. «Основы теории насосов»

28. Основные рабочие параметры насоса. Баланс энергии в насосе
29. Высота всасывания и явление кавитации. Вакуумметрическая и геометрическая высота всасывания.
30. Движение жидкости в рабочем колесе. Основное уравнение центробежного насоса

4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

1. Абросимов Ю.Г. Гидрогазодинамика: учеб./ Ю.Г. Абросимов, В.В. Жучков, С.В. Пузач – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – 325 с.

Тема №1. №№ 1.4, 1.6, 1.7, 1.8-1.12.

Тема №2. №№ 1.20-1.23, 1.25.

Тема №3. №№ 1.26, 1.27.

Тема №4. №№ 2.1, 2.4-2.8, 2.15-2.16.

Тема №5. №№ 2.21, 2.25, 2.26, 2.27, 2.30, 2.31.

Тема №6. №№ 2.22, 2.24.

Тема №7. №№ 3.1, 3.4, 3.5-3.7, 3.9, 3.12.

Тема №8. №№ 4.10, 4.16, 4.17.

Тема №9. №№ 4.18-4.20, 4.24, 4.25.

Тема №10. №№ 3.14, 3.17, 3.19,.14, 3.17, 3.19, 3.21.

Задачник по гидравлике и противопожарному водоснабжению. / Под ред. Качалова А.А. Часть I. Гидравлика в пожарном деле. –М.: ВИПТШ МВД СССР, 1989 г. – 116 с.

Тема №1. №№ 1.27, 1.31, 2.1, 2.5, 2.16, 2.28.

Тема №2. №№3.10,3.13.

Тема №3. №№ 4.2, 4.4, 4.8, 4.22.

Тема №4. №№ 5.13, 5.19, 5.21, 5.31, 5.40, 5.44.

5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

2. Кудинов А.А. Гидрогазодинамика: учеб. пособие / А.А. Кудинов. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 336 с.
3. Исаев А.П., Кожевникова Н.Г., Ещин А.В. Гидравлика: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 420 с.

4. Абросимов Ю.Г. Гидрогазодинамика: учеб./ Ю.Г. Абросимов, В.В. Жучков, С.В. Пузач – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – 325 с.
5. Бубков В.П., Репин Д.С. Гидравлика: учебное пособие для слушателей факультета заочного обучения по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность» - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. – 103с.
6. Карама Е.А. «Гидравлика в пожарном деле»: Учеб. пособие.- Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2012. - 113 с.
7. Карама Е.А. Сборник профессионально-ориентированных учебно-творческих задач по гидравлике и противопожарному водоснабжению. Учеб. пособие.- Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2011. - 107 с.
8. Косой В.Д., Рыжов С.А. Гидравлика (с примерами решения инженерных задач). – М.: ДеЛи принт, 2008. – 495 с.
9. Лапшев Н.Н. Гидравлика: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ Н.Н. Лапшев. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 272 с.
10. Ухов С.В. Гидравлика: учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФА-М, 2010.- 464 с.
11. Дальков М.П., Шавалеев М.Р., Тикина И.В., Попова С.В.. [текст] Методические рекомендации по самостоятельному изучению дисциплины по направлению подготовки 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета). - Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2017. 34 с.
12. Дальков М.П., Шавалеев М.Р., Тикина И.В., Попова С.В.. [текст] Методические рекомендации по самостоятельному изучению дисциплины по направлению подготовки 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета). - Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2017. 105 с.
13. Гидравлика: лабораторный практикум. Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета): учебное пособие/ Екатеринбург: ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 53 с.

Дополнительная литература

1. Абросимов Ю.Г. Гидравлика и противопожарное водоснабжение / Абросимова Ю.Г. –М. АГПС МЧС России, 2005 г. – 312 с.
2. Баскин Ю.Г., Белявцев А.И. Противопожарное водоснабжение . Сборник задач. –М.: МССШМ МВД СССР, 1986 г. – 86 с.
3. Качалов А.А. Задачник по гидравлике и противопожарному водоснабжению./ Часть I. Гидравлика в пожарном деле. –М.:ВИПТШ МВД СССР, 1989г. –116 с.
4. Калицун В.И., Кедров В.С., Ласков Ю.М.. Гидравлика, водоснабжение и канализация. –М.: Стройиздат, 2002 г. – 120 с.

5. Тарасов-Агалаков Н.А.. Практическая гидравлика в пожарном деле. –М.: Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1959 г. – 80 с.
6. Чугаев Р.Р., Гидравлика. – Л.:Энергия, 1982.- 672с.
7. Ходаков В.Ф.. Гидравлика в пожарном деле. –М.: Высшая школа МООП РСФСР, 1965г. – 90 с.

Электронные ресурсы

22. Сайт ВНИИПО http://www.mtu-net.ru/pojstat16/index.htm;
23. Раздел Статистика сайта МЧС России http://www.mchs.gov.ru/stats;
24. Сайт http://www.fire-fight.ru;
25. Сайт http://66.mchs.gov.ru;
26. Электронно-библиотечная система IPRbooks,http://www.iprbookshop.ru/.

6. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

Специфик периода подготовки к экзамену заключается в том, что обучающийся уже ничего не изучает, он лишь вспоминает и систематизирует изученное. Приступая к подготовке, важно с самого начала правильно распределить время и силы. Подготовка должна заключаться не в простом прочтении лекций, пособий или учебников, а в составлении готовых текстов устных ответов на каждый вопрос билета.

Подготовку рекомендуется начинать по порядку следования тем изложения лекционного материала. Для этого обучаемые могут воспользоваться конспектами лекций и учебными пособиями, приведенными в списке литературы. По справочной литературе или Интернет-источникам следует уточнить определения терминов и выписать их на отдельный лист. При первом чтении материала не стоит задерживаться на математических выводах и запоминании уравнений, сначала следует получить общее представление о рассматриваемых вопросах, а также выявить сложные и

непонятные моменты. Внимательно прочитывайте текст, старайтесь выявить сущность вопросов и не пытайтесь сразу запомнить все определения и детали. Такой подход, при котором все изучаемые процессы и явления рассматриваются на уровне сущности, а не набора отдельных понятий и фактов, способствует не только более глубокому и прочному усвоению материала, но и формированию логического мышления, способности воспринимать и осмысливать изучаемый материал. При последующей проработке материала в прочитанном тексте выделяются главные идеи, устанавливаются логические взаимосвязи между ними, большее внимание уделяется деталям, материал повторяется несколько раз для лучшего запоминания определений и формул. После глубокого знакомства с темой лучше всего составить простой план-конспект будущего ответа. Конспект может представлять собой как полный письменный аналог устного ответа, так и предельно сжатый тезисный план. По такому план-конспекту можно быстро восстановить содержание ответа накануне экзамена. Письменное оформление конспекта ответа оттачивает логику его построения, отдельные формулировки, приучает к четкости мысли, высвечивает пробелы в знаниях.

Сложные вопросы, недостаточно уясненные в процессе подготовки к экзамену, необходимо записать и получить на них разъяснения у преподавателей во время предэкзаменационных консультаций.

Подготовка к экзамену должна обязательно сопровождаться повторением и решением задач, поскольку это один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Для повторения и закрепления методик решения расчетных задач рекомендуется воспользоваться учебно-методическими учебниками [1-3]. Следует напомнить, что для качественного освоения материала, облегчения

подготовки к экзамену и успешной его сдачи необходимо систематическое выполнение заданий на самоподготовке в течение семестра.

Приступая к самостоятельному решению задачи, необходимо обдумать план ее решения, сравнивая ее с примерами, предложенными в задачнике, и имеющимися в конспекте вариантами решения типовых задач. В случае появления неясностей при выборе решения следует обратиться к теоретическому материалу той темы, на основании которого построена задача.

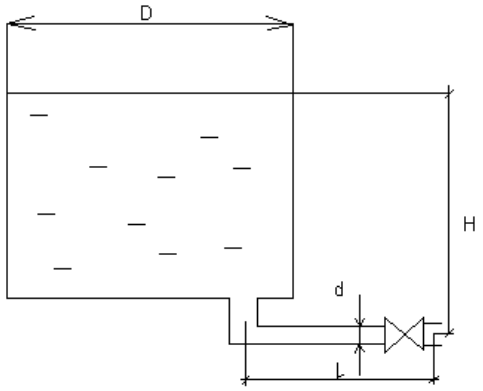
При записи решения задачи следует приводить весь ход решения и математические преобразования. Решение должно быть аккуратно оформлено, написано четким разборчивым почерком. Если у обучающегося возникают затруднения при подготовке к экзамену, то следует обратиться за консультацией к преподавателю.

7. ПРИМЕР ОТВЕТА НА ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ

ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России	**Билет № XX Кафедра ФТОБ Дисциплина «Гидравлика»**	**Утверждаю Заведующий кафедрой _____ «___»_____20__ г.**

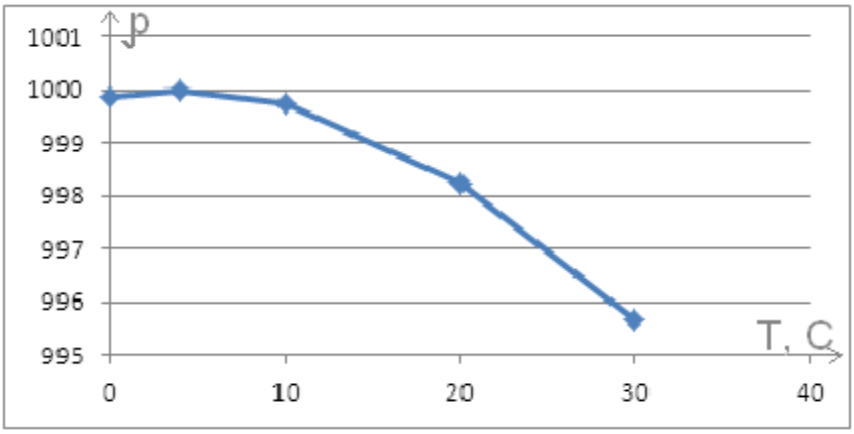
1. Основные физические свойства жидкостей и газов.
2. Потери напора. Местные потери, потери напора по длине.
3. Задача.

Цилиндрический резервуар диаметром D=3,5м (рис), заполненный спиртом, оборудован аварийным сливом в виде трубы диаметром d=100мм, длиной l=35м, с задвижкой. Определить время опорожнения резервуара, если начальный уровень спирта в резервуаре равен H=4,0 м. Значения коэффициентов местных сопротивлений: входа $\zeta_{вх} = 0{,}5$, задвижки $\zeta_{задв} = 1{,}4$, коэффициент $\lambda = 0{,}03$.



Ответ на первый вопрос билета

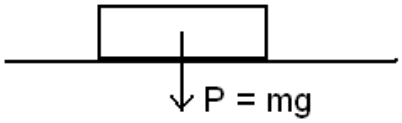
1. **Плотность**: ρ - масса вещества в единице объема, $\left[\frac{кг}{м^3}\right]$.



Удельный вес – вес жидкости в единице объема. γ, $\left[\frac{\text{н}}{\text{м}^3}\right]$.

$$\gamma = \frac{P}{W} = \frac{mg}{W} = \rho \cdot g$$

Вес – сила, с которой тело давит на опору и равная: P=mg. (**Н**); **g=9,81м/с^2**



Масса – скалярная величина, являющаяся инерционной составляющей тела. (**кг**)

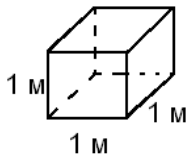
Сжимаемость жидкости (газа) – свойство изменять свой объем под действием избыточного давления.

β, [Па$^{-1}$] – коэффициент сжимаемости жидкости (газа).

$$\beta_p = -\frac{\Delta W}{w \cdot \Delta p};$$

знак «-» - показывает, что происходит уменьшение объема жидкости.

Для воды $\beta_p = \frac{1}{2 \cdot 10^9}$, рассмотрим насколько жидкость сжимаема. Для чего выделим объем жидкости равный 1 м^3, т.е. куб с ребрами по 1 метру

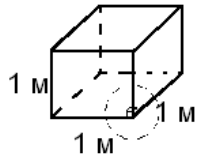


Создадим давление, давящий на данный объем жидкости равное Δp = 5 атм. (Справочно: **1 атм.(техническая)= 10^5 Па = 10 м.вод.ст.=730 мм.рт.ст.= 1 кгс/см^2**).

Тогда изменение (уменьшение) объема составит:

$$\Delta W = -\beta_p w \cdot \Delta p = -2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Таким образом, уменьшение объема составит 0,02%.

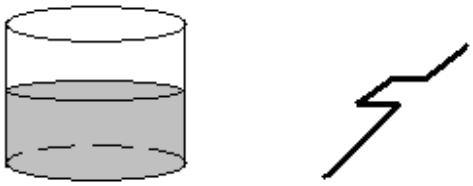


Т.е. значительное увеличение давления приводит к небольшому сжатию жидкости, настолько малым, что им можно пренебрегать при решении задач. Например, сжимаемость воздуха в 20 000 раз больше, чем у воды.
Сжатие жидкости будет учитываться только при расчете гидравлического удара.

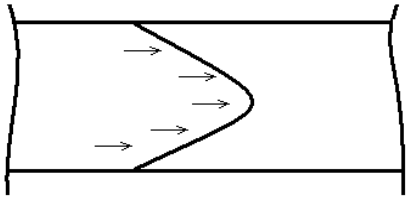
Температурное расширение – свойства изменять свой объем под действие давления.

$\alpha_t = \frac{\Delta W}{\Delta t \cdot W_1}, \left[\frac{1}{\text{К}}\right]$ или $\left[\frac{1}{\text{град}}\right]$

Уровень зеркала резервуара трубопроводы (гнутые компенсаторы)



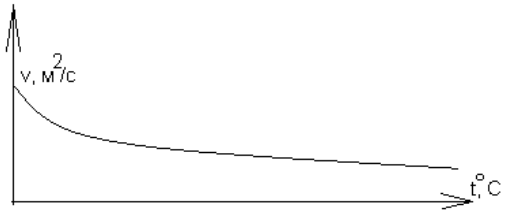
Вязкость жидкости (газа) – силы трения, возникающие между частицами и слоями жидкости (газа).



Кинематическая вязкость $\left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}}\right]$

$$\text{v} = \frac{\mu(\text{динамическая вязкость})}{\rho}$$

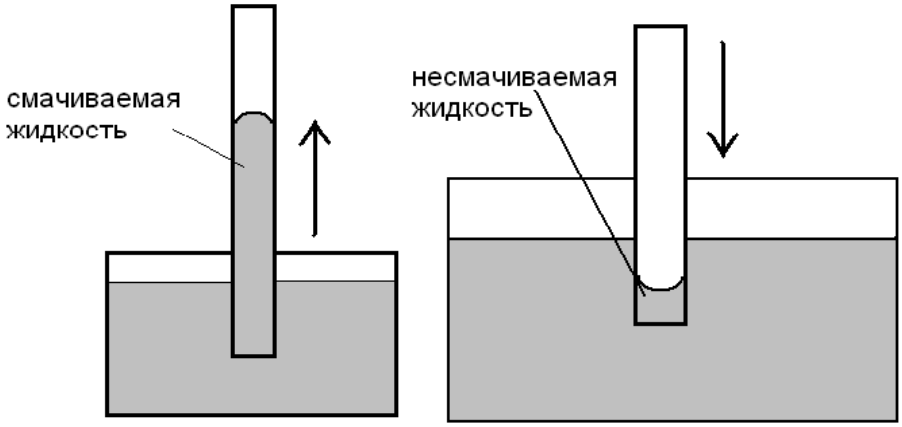
Зависит от рода и температуры жидкости.



Поверхностное натяжение – явление, возникающие вследствие притяжения молекул, при котором капля стремиться принять форму сферы.



Капиллярность – свойство жидкости, подниматься или отпускаться в каналах малого диаметра (капиллярах, менисках) под действием давления вызванного силами поверхностного натяжения.



Высота подъема жидкости в капилляре (мениске):

$$h = \frac{\Delta p}{\gamma} \text{ [м]}$$

где Δp – давление в сферической капле, Па.

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{r_к} \text{ [м]}$$

σ – коэффициент поверхностного натяжения [Н/м]

Для воды $\sigma = 0{,}073$ [Н/м]

Тогда:

$$h = \frac{2\sigma}{\gamma \cdot r_к}$$

Ответ на второй вопрос билета

В уравнения Бернулли для реальных жидкостей имеется слагаемое $h_п$ – потери напора.

Два вида потери напора:

- местные (задвижка, клапан и др.);

- по длине (трение вследствие шероховатости труб)

Местные потери напора учитываются только на коротких участках и считают их равными 5-15% от потерь по длине.

Потери по длине:

Находится по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$h_l = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

λ - коэффициент гидравлического трения;

l - длина трубопровода, м;

d – диаметр трубопровода, м;

v – скорость потока жидкости, м/с.

Из формулы видно, что увеличение скорости потока приводит к увеличению потери напора квадрату этого значения.

Коэффициент гидравлического трения определяется в зависимости от режима движения.

Определяем число Рейнольдса, $Re = \frac{vd}{\nu}$ и устанавливает режим движения.

1) ламинарное движение (Re<2300):

$$\lambda = {}^{64}/_{Re}$$

2) турбулентное движение (Re>2300):

Определяем произведение $Re\frac{\Delta}{d}$

Δ - абсолютная шероховатость (Абросимов, стр. 154)

При $Re\frac{\Delta}{d}$<10 $\quad \lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}}$

При $10 < Re\frac{\Delta}{d} < 500$, $\lambda = 0{,}11\left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0.25}$

При $Re\frac{\Delta}{d} > 500$, $\lambda = 0{,}11\left(\frac{\Delta}{d}\right)^{0.25}$

Для чугунных и стальных труб $V \geq 1.2$ м/с (ф-ла Шевелева)

$$\lambda = \frac{0{,}021}{d^{0.3}}$$

Потери в рукавах:

$$h_l = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{Q^2}{w^2 \cdot 2g} = A \cdot l \cdot Q^2$$

Q – расход, л/с;

l – длина, м;

A – удельное сопротивление пожарного рукава $(с/л)^2$ (Абросимов, стр. 180).

Местное сопротивление:

$$h_M = \xi \cdot \frac{v^2}{2g}$$

ξ - коэффициент местнго сопротивления, зависит от вида потерь и определяется по табл.4.6. стр.167 Абросимов.

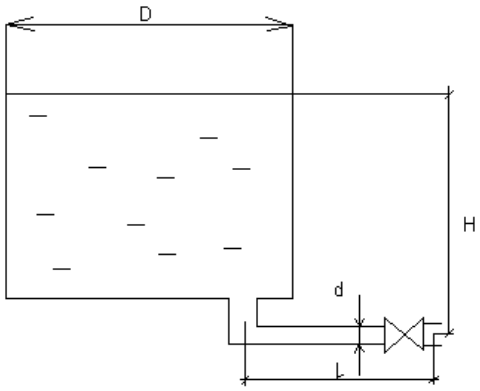
Потери на участке определяют, как:

$$h_п = h_l + h_M$$

Решение задачи

Цилиндрический резервуар диаметром D=3,5м (рис), заполненный спиртом, оборудован аварийным сливом в виде трубы диаметром d=100мм, длиной l=35м, с задвижкой.

Определить время опорожнения резервуара, если начальный уровень спирта в резервуаре равен H=4,0 м. Значения коэффициентов местных сопротивлений: входа $\zeta_{вх} = 0{,}5$, задвижки $\zeta_{задв} = 1{,}4$, коэффициент λ=0,03.



Решение:

Время слива определяется:

$$t = \frac{2 * W}{\mu_{СИСТ}\omega\sqrt{2 * g * H}}$$

$\mu_{СИСТ}$- коэффициент расхода системы;

$\omega -$ площадь сечения трубопровода, м^2;

H – напор, м;

W - объем жидкости, м^3;

$$W = \frac{\pi * D^2}{4} * H = 38{,}5 \text{ м}^3$$

$$\omega = \frac{\pi * d^2}{4} = 7.85 * 10^{-3} \text{м}^2$$

$$\mu_{СИСТ} = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta_{СИСТ}}}$$

$$\zeta_{СИСТ} = \lambda * \frac{l}{d} + \zeta_{вх} + \zeta_{задв} = 12{,}4$$

$$\mu_{СИСТ} = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta_{СИСТ}}} = 0{,}273$$

Время опорожнения:

$$t = \frac{2*W}{\mu_{\text{СИСТ}}\omega\sqrt{2*g*H}} = 3631 \text{ с}$$

Ответ: Время опорожнения резервуара при неизменном объеме вытекающей жидкости W и начальном уровне спирта H можно уменьшить за счет увеличения площади выходного сечения трубопровода ω и коэффициента расхода системы (уменьшить коэффициент сопротивления системы за счет увеличения диаметра d и уменьшения длины трубопровода L).