



МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УРАЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ»

ГИДРАВЛИКА

Методические указания и варианты
контрольной работы для слушателей факультета заочного обучения
по направлению подготовки 280100 – Безопасность жизнедеятельности
специальность 280104.65 - Пожарная безопасность

Екатеринбург
2011

Гидравлика: Методические указания и варианты контрольной работы для слушателей заочного обучения. – Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2011. – 30 с.

Составители:

Дальков М.П., заслуженный деятель науки РФ, академик РАВН, д.г.н., к.т.н., профессор кафедры пожарной тактики и службы.

Шавалеев М.Р., преподаватель кафедры пожарной тактики и службы.

Рецензенты:

Некрасов А.В., кандидат технических наук, доцент кафедры гидравлики (ФГОУ ВПО «Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»).

Филиппов А.В., кандидат с/х наук, начальник кафедры пожарной техники Уральского института ГПС МЧС России, полковник внутренней службы.

Методические указания включают задания для выполнения контрольной работы по гидравлике, требования по содержанию и оформлению.

Рассмотрена и одобрена на заседании методического совета УрИ ГПС МЧС России. Протокол № 9 от 19 мая 2011 г.

© ФГОУ ВПО «Уральский институт
ГПС МЧС России», 2011.

Содержание

Требования к выполнению и оформлению контрольной работы.....	4
Задание 1	6
Задание 2	9
Задание 3	11
Задание 4	13
Задание 5	15
Задание 6	18
Задание 7	21
Задание 8	24
Задание 9	26
Задание 10	28

Требования к выполнению и оформлению контрольной работы

В соответствии с программой курса «Гидравлика» слушатели специальности 280104.65 – «Пожарная безопасность» самостоятельно (внеаудиторно) выполняют письменную контрольную работу, состоящую из 10 заданий, охватывающих все основные разделы дисциплины. Каждое задание включает в себя два теоретических вопроса и задачу. Исходные данные к задачам выбираются по таблицам в зависимости от двух последних цифр номера зачетной книжки слушателя.

Решение задач проводится в единой системе единиц СИ. Все рисунки и схемы рекомендуется выполнять карандашом. В конце работы необходимо представить перечень использованной литературы с указанием фамилии и инициалов автора, полного названия источника, места издания, издательства и года издания.

На обложке работы следует указать наименование изучаемой дисциплины, номер зачетной книжки, звание, фамилию, имя, отчество, домашний адрес, место службы и должность слушателя.

Контрольная работа считается зачтенной, если решение всех задач принципиально правильно и отвечает перечисленным требованиям.

Работа, выполненная не по своему варианту, неправильно, без соблюдения предъявляемых требований, не засчитывается. Такая работа должна быть выполнена повторно с учетом замечаний рецензента. Все исправления необходимо выполнять в той же тетради после рецензии преподавателя. Исправленный вариант работы слушатель должен выслать вместе с первоначальным заданием для повторной проверки.

При решении задач рекомендуется использовать нижеприведенную литературу:

1. Гидравлика. / Под ред. Абросимова Ю.Г. – М.: АГПС МЧС России, 2005 г. – 312 с.
2. 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.

Задание 1

Ответить на теоретические вопросы:

1. Основные физические свойства жидкостей. Их размерности в системе СИ.
2. В чём отличие жидкостей от твёрдых тел и газов.

Решить задачу:

В вертикальном стальном резервуаре (РВС), заполненном наполовину, хранится нефть (рис.1). Плотность нефти, при начальной температуре, равна $855 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Определить массу хранящейся нефти и колебания её уровня в резервуаре, если температура в течение года принимает значения от -30°C (зима) до $+35^\circ\text{C}$ (лето). Коэффициент температурного расширения нефти и вид резервуара принять согласно исходным данным.

Исходные данные к задаче

Таблица № 1

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	$\alpha_t, \frac{1}{\text{град}}$	Последняя цифра номера зачетной книжки	Вид резервуара
1	0,05	1	РВС-50
2	0,06	2	РВС-100
3	0,04	3	РВС-200
4	0,035	4	РВС-300
5	0,055	5	РВС-400
6	0,05	6	РВС-1000
7	0,07	7	РВС-2000
8	0,08	8	РВС-3000
9	0,09	9	РВС-5000
0	0,065	0	РВС-10000

Таблица № 2

Выписка из справочника РТП (Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожаров. – М.: Стройиздат, 1987. - 288 с.)

Вид резервуара	Объем резервуара, м ³	Диаметр, м	Высота, м
PBC-50	50	4,01	4,16
PBC-100	100	4,74	5,91
PBC-200	200	6,63	5,92
PBC-300	300	7,59	7,37
PBC-400	400	8,53	7,39
PBC-1000	1000	11,38	9,7
PBC-2000	2000	14,62	11,92
PBC-3000	3000	17,9	11,92
PBC-5000	5000	22,8	11,92
PBC-10000	10000	34,2	11,92

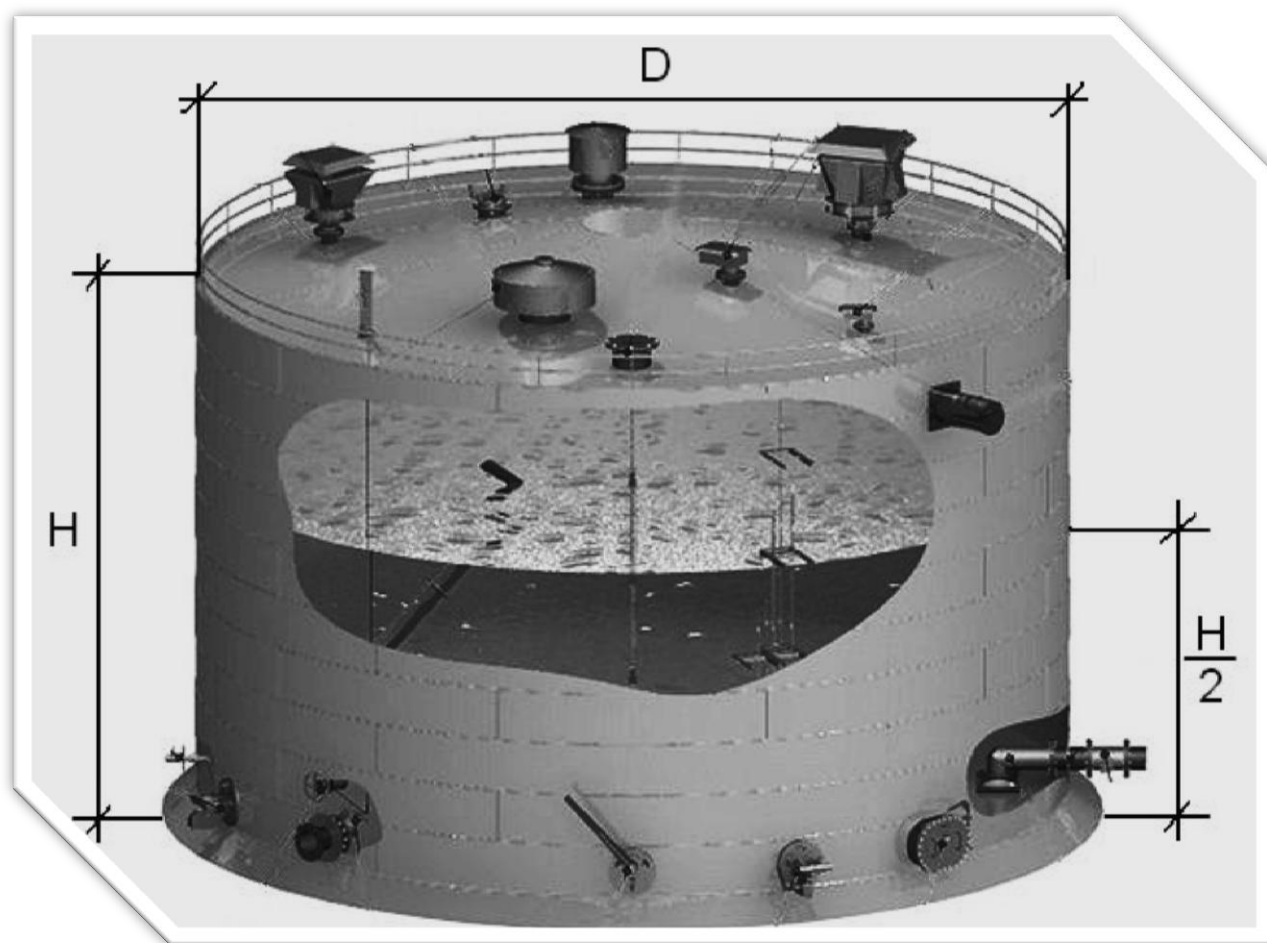


Рис. 1. К заданию № 1.

Методические указания

Геометрически резервуар представляет собой цилиндр. Следовательно, объем этой фигуры рассчитывается так:

$$W = H \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}, [\text{м}^3] \quad (1.1)$$

где H - высота резервуара, м;

D – диаметр резервуара, м.

Плотность жидкости определяется по формуле:

$$\rho = \frac{m}{W}, [\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}] \quad (1.2)$$

где m – масса жидкости, кг;

W – объем жидкости, м^3 .

Температурное расширение жидкости показывает изменение объема жидкости при изменении температуры и находится по формуле:

$$\alpha_T = \frac{\Delta W}{W_0 \cdot \Delta T}, \left[\frac{1}{\text{град}} \right] \quad (1.3)$$

где $\Delta W = (W_H - W_K)$ – изменение объема жидкости из-за увеличения или уменьшения ее температуры, м^3 ;

W_0 – объем жидкости при начальной температуре, м^3 ;

$\Delta T = (T_H - T_K)$ – изменение температуры, $^{\circ}\text{C}$.

Задание 2

Ответить на теоретические вопросы:

1. Объясните понятия абсолютного и избыточного давления, вакуума. Какими приборами измеряется давление, вакуум. Устройство и принцип работы этих приборов.

2. Вывод основного уравнения гидростатики и его физический смысл. Что такое поверхность равного давления и каким уравнением она описывается? Что является поверхностью равного давления для жидкости в поле сил тяжести?

Решить задачу:

На дне пожарного водоема установлен клапан, через который происходит забор воды для системы автоматического пожаротушения. Плотность воды 1000 кг/м^3 , площадь клапана $0,1 \text{ м}^2$. Высота столба жидкости в пожарном водоеме h . Определить, какую силу испытывает клапан (рис. 2), если к жидкости приложено давление P_0 .

Исходные данные к задаче

Таблица № 3

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	h , м	Последняя цифра номера зачетной книжки	P_0
1	2	1	1 атм.
2	3	2	10 м. вод. ст.
3	4	3	10 000 Па
4	5	4	1,2 атм.
5	6	5	20 м. вод. ст.
6	7	6	$9 \cdot 10^4$ Па
7	8	7	3 атм.
8	9	8	$1,5 \cdot 10^5$ Па
9	10	9	2,5 м. вод. ст.
0	12	0	100 000 Па

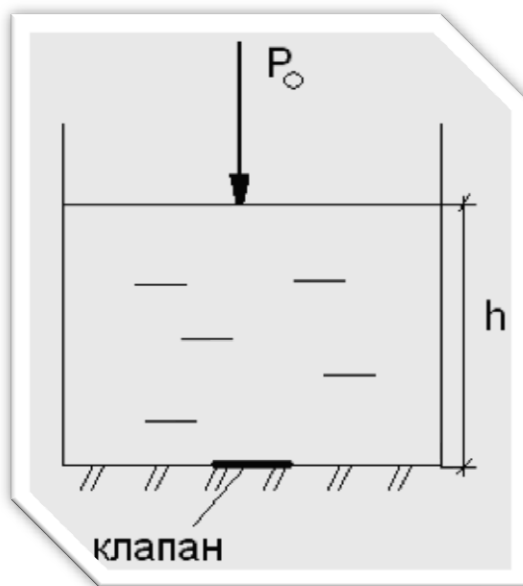


Рис. 2. К заданию № 2.

Методические указания

Сила, действующая на клапан, определяется как отношение абсолютного давления к площади поверхности, т.е.:

$$F = \frac{P_{\text{абс}}}{\omega}, \text{ Н} \quad (2.1)$$

где P – абсолютное давление, Па (**справочно: 1 атм = 10^5 Па = 10 м. вод. ст.**);

ω – площадь, к которой приложено давление, м^2 .

Абсолютное (полное) гидростатическое давление находится как сумма давления, приложенного к поверхности жидкости (P_0), и давления столба жидкости ($P_{\text{изб}}$) высотой, равной глубине погружения клапана.

$$P_{\text{абс}} = P_0 + P_{\text{изб}} = P_0 + \gamma h, \text{ Па} \quad (2.2)$$

где P_0 – давление, приложенное к поверхности жидкости, Па;

γ – удельный вес жидкости, $\frac{\text{Н}}{\text{м}^3}$;

h – высота столба жидкости, м.

Задание 3

Ответить на теоретические вопросы:

1. Перечислите простейшие гидравлические механизмы, используемые в пожарном деле.
2. Объясните, на чем основан принцип их действия.

Решить задачу:

На рисунке 3 изображена простейшая гидравлическая машина – гидравлический подъемник. Определить, какую силу необходимо создать на первом поршне F_1 , чтобы второй поршень поднял тело весом P . Во сколько раз гидравлический подъемник увеличивает силу? Поршень представляет собой цилиндр. Сжатием жидкости пренебречь.

Исходные данные к задаче

Таблица № 3

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	$\frac{d_1}{d_2}$	Последняя цифра номера зачетной книжки	вес тела, Р Н
1	10	1	100
2	12	2	150
3	11	3	200
4	14	4	300
5	15	5	400
6	16	6	110
7	20	7	120
8	14	8	160
9	17	9	170
0	18	0	180

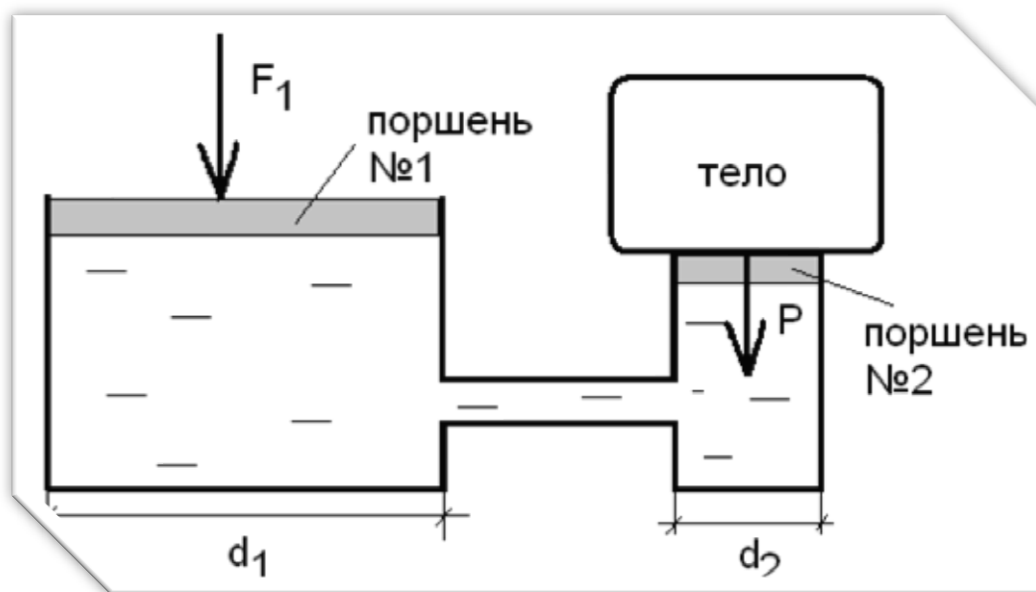


Рис. 3. К заданию № 3.

Методические указания

Закон Паскаля: давление в покоейся жидкости передается во все точки с одинаковой силой без изменений.

Задание 4

Ответить на теоретические вопросы:

1. Гидростатическое давление и его свойства. Что такое “эпюра давления”? Принцип построения эпюр давления. Использование эпюр давления для определения величины гидростатического давления и центра давления.

2. Методика определения силы и центра давления жидкости на цилиндрические поверхности.

Решить задачу:

Определить гидростатическое давление воды, действующее на прямоугольную стенку, и построить эпюру давлений. Плотность воды принять равной 996 кг/м^3 . Размеры стенки выбрать по таблице.

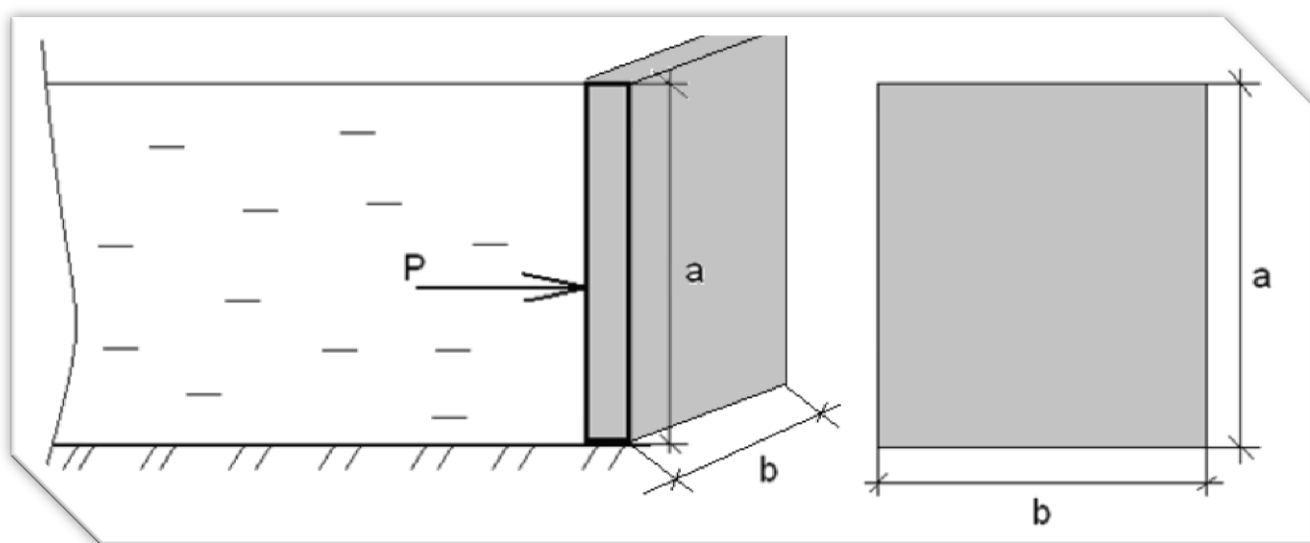


Рис. 4. К заданию № 4.

Методические указания

Эпюра – графическое изображение распределения гидростатического давления в плоскости фигуры. Так как гидростатическое давление возрастает прямо пропорционально глубине погружения, а верхняя точка стенки находится на уровне раздела сред (жидкость - воздух), то эпюра давления принимает вид прямоугольного треугольника (рис.5).

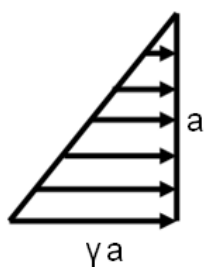


Рис. 5. Эпюра давлений для стенки.

С учетом ширины стенки b эпюра примет вид призмы с основанием прямоугольного треугольника.

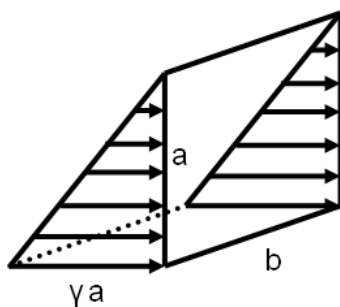


Рис. 6. Эпюра давлений для стенки с учетом ее ширины.

Гидростатическое давление есть объем эпюры. Объем призмы находится так:

$$W = P = a \cdot a\gamma \cdot \frac{1}{2} \cdot b = \frac{a^2\gamma b}{2}, \text{ Па} \quad (4.1)$$

где: b – ширина стенки, м;

a – длина стенки, м;

γ – удельный вес жидкости, $\frac{\text{Н}}{\text{м}^3}$.

Исходные данные к задаче

Таблица № 4

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	$a, \text{м}$	Последняя цифра номера зачетной книжки	$b, \text{м}$
1	4	1	12
2	2	2	10
3	3	3	14
4	4	4	15
5	8	5	16
6	7	6	20
7	6	7	15
8	9	8	16
9	10	9	11
0	6	0	13

Задание 5

Ответить на теоретические вопросы:

1. Как определяется средняя скорость в живом сечении потока? Что такое гидравлический радиус и гидравлический диаметр и зачем введены эти понятия? Чем отличается равномерное движение от неравномерного? Понятие идеальной жидкости.

2. Приведите вывод уравнения неразрывности для элементарной струйки и для потока жидкости и объясните его физический смысл.

Решить задачу:

Определить, какое необходимо создать давление с помощью насоса, чтобы лафетный ствол обеспечивал расход равный Q . Потерями напора местными и по длине пренебречь. Диаметр выходного отверстия лафетного ствола d принять по таблице. Схема подсоединения лафетного ствола показана на рисунке 7. Плотность воды 1000 кг м^3 .

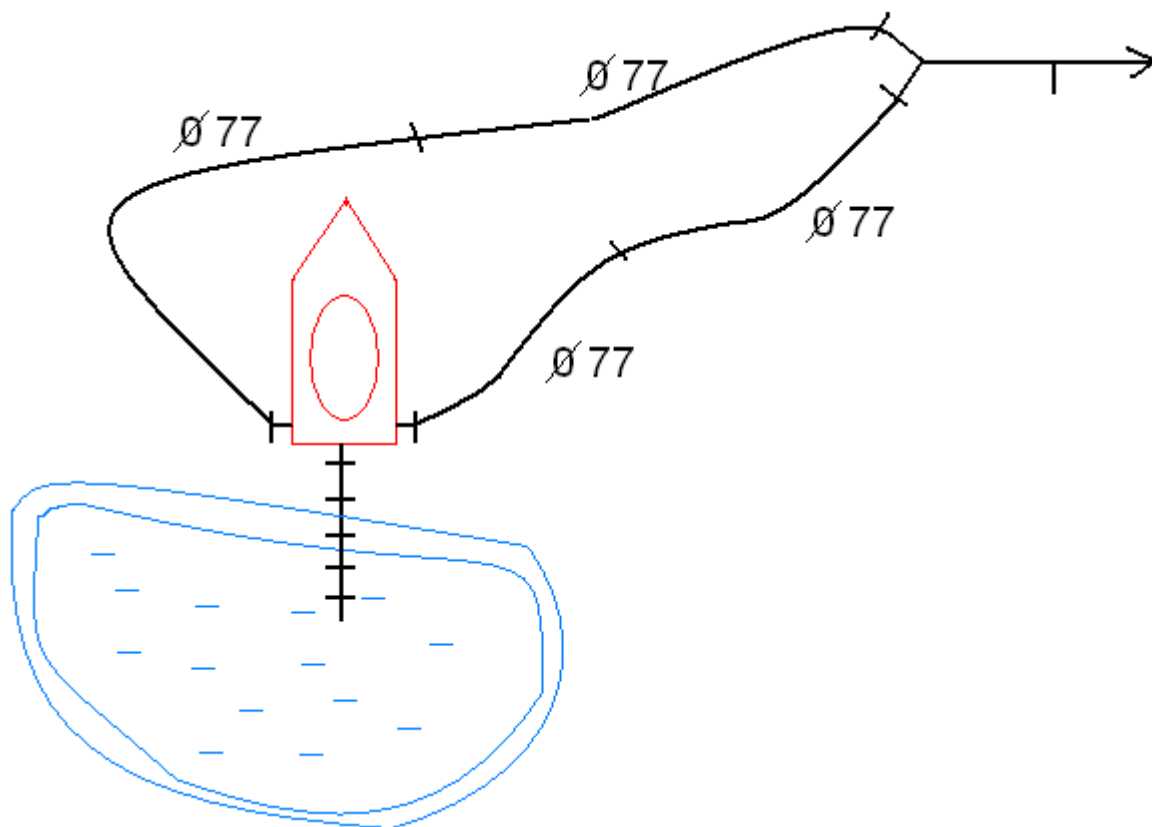


Рис. 7. Рисунок к задаче № 5.

Исходные данные к задаче

Таблица № 6

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	$d, \text{мм}$	Последняя цифра номера зачетной книжки	$Q, \text{л/с}$
1	25	1	20
2	28	2	25
3	32	3	30
4	38	4	35
5	25	5	26
6	28	6	29
7	32	7	32
8	38	8	30
9	25	9	23
0	28	0	28

Методические указания

Так как потерь напора в данном случае нет, следовательно, давление на входе в лафетный ствол равно давлению на насосе.

Составим схематичный рисунок лафетного ствола и выберем сечения:

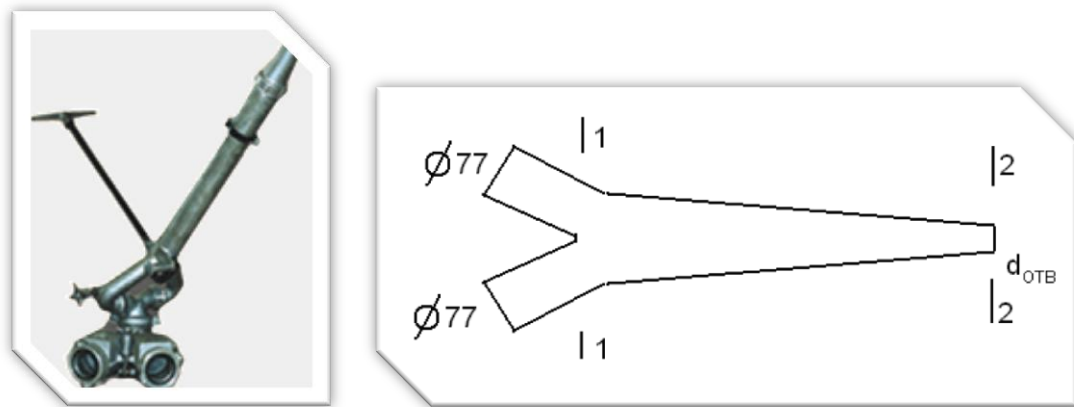


Рис. 8. Схематичный рисунок лафетного ствола с выбором сечений.

Вода поступает через два рукава $d = 77$ мм и, создавая струю, выходит через отверстие.

Составляется уравнение Бернулли для сечений 1-1 и 2-2. Производится анализ слагаемых уравнения:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha \cdot v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2g} + h_{\text{п}}, \quad (5.1)$$

$z_1 = z_2$ – геометрические высоты сечений, в данном случае они равны, т.к. расположены на одном уровне.

Давление на выходе из ствола равно атмосферному, т.е. $P_2 = 0$.

P_1 – давление, создаваемое на насосе (так как расчет ведем без учета потерь);

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 1.$$

Скорость движения воды в сечениях определяется из формулы определения расхода:

$$Q = \omega \cdot V \quad \text{м}^3 \text{ с}, \quad (5.2)$$

полученном из уравнения неразрывности потока:

$$Q = \omega_1 \cdot V_1 = \omega_2 \cdot V_2 = \text{const}, \quad (5.3)$$

где $\omega = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ – площадь поперечного сечения потока.

Задание 6

Ответить на теоретические вопросы:

1. Приведите уравнения движения идеальной и реальной жидкости и поясните, что характеризуют отдельные их члены.
2. Напишите уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости и для потока реальной жидкости. Объясните его физический смысл и дайте геометрическую интерпретацию.

Решить задачу:

Рассчитать, какое минимальное давление необходимо создать на насосе автоцистерны, чтобы подать ствол РС-70 (ствол А) в окно 3-го этажа с расходом Q . Рукавная линия проложена из 3-х рукавов диаметром 77 мм и одного разветвления. Коэффициент местных потерь $\xi_{\text{ствола}} = 0,343$, $\xi_{\text{развл}} = 0,5$. Плотность воды 1000 кг/м^3 .

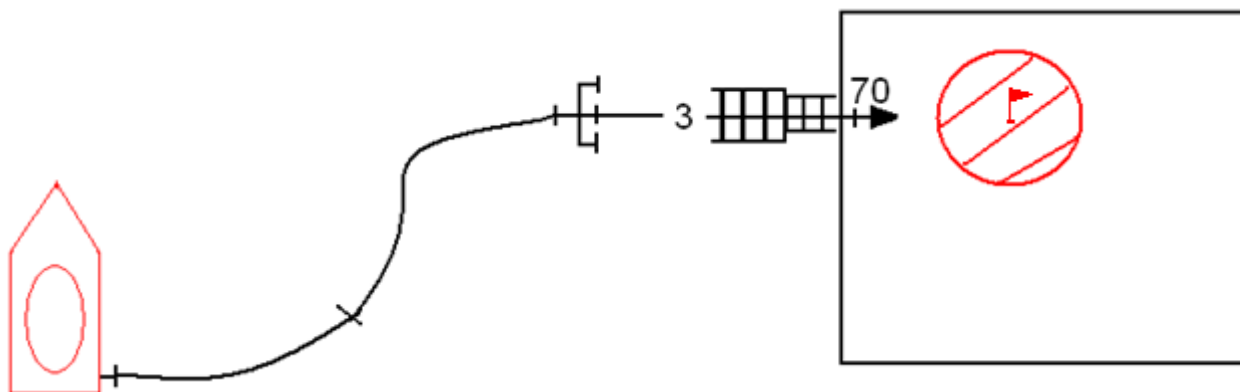


Рис. 9. Рисунок к задаче № 6.
Схема подачи ствола РС-70.

Исходные данные к задаче

Таблица № 7

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	Q, л/с	Последняя цифра номера зачетной книжки	Плотность воды $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
1	7	1	990
2	7,4	2	980
3	7,2	3	1000
4	7,6	4	970
5	6,5	5	1100
6	7,3	6	950
7	7,7	7	960
8	7,1	8	1200
9	7	9	870
0	7,2	0	880

Методические указания

Задача решается при помощи уравнения Бернулли. Выбирают два сечения: первое – на выходе из насоса, второе - на выходе из ствола:

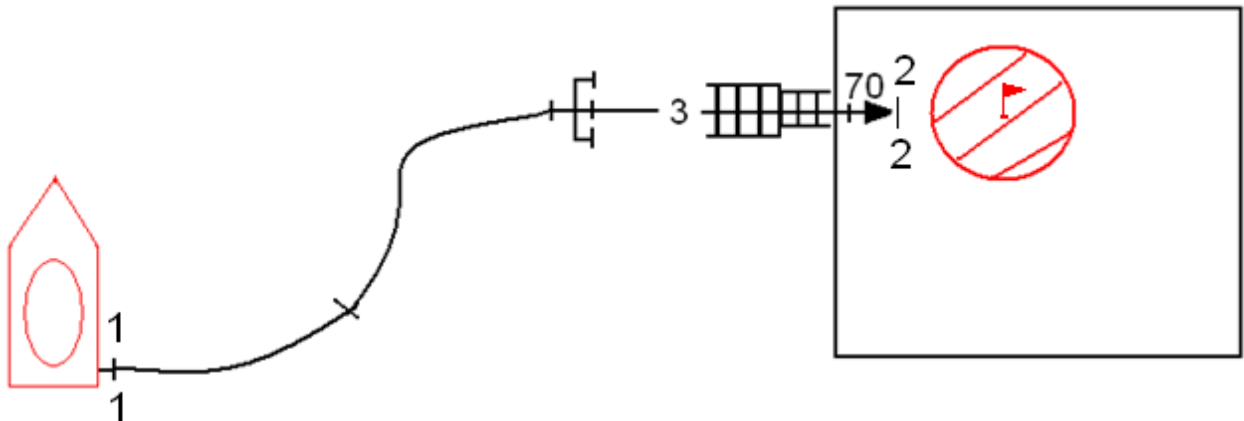


Рис. 10. Выбор сечений для составления уравнения Бернулли.
Составляем уравнения Бернулли:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha \cdot v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2g} + h_{\text{п}}. \quad (6.1)$$

Принимаем первое сечение на уровне точки отсчета $Z_1 = 0$ м. Сечение Z_2 находится на 3-ем этаже, в расчетах принимается высота одного этажа, равная 3 метрам.

Скорости v_1 и v_2 определяются из уравнения неразрывности потока.



Рис.11. Ствол РС-70.

Давление на выходе из ствола равно атмосферному, т.е. $P_2 = 0$.

Суммарные потери h_{Σ} представляют собой совокупность потерь в рукавной линии, в стволе и на разветвлении.

Потери напора рукавной линии, составленной из последовательно соединенных одинаковых рукавов, определяются по формуле:

$$h = n S_p Q^2, \text{ м} . \quad (6.2)$$

Значения сопротивления напорных пожарных рукавов
(Абросимов Ю.Г. Гидравлика. Учебник. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 312 с.)

Таблица № 8

D, мм	рукава прорезиненные	рукава непрорезиненные
	$S_p, (\text{с/л})^2 \cdot \text{м}$	$S_p, (\text{с/л})^2 \cdot \text{м}$
51	0,13	0,24
66	0,034	0,077
77	0,015	0,03
89	0,007	-
110	0,0022	-
150	0,0004	-

Задание 7

Ответить на теоретические вопросы:

1. Объясните причины сжатия струи при истечении жидкости через отверстия. Какие бывают виды сжатия? Что такое инверсия струи и в каких случаях наблюдается это явление?

2. Как определяются скорость и расход жидкости при истечении через отверстие? Связь между коэффициентами скорости, расхода и степени сжатия.

Решить задачу:

В бак, разделенный перегородкой на два отсека, поступает расход воды Q (рис. 12). В перегородке имеется отверстие диаметром $d_1 = 75$ мм. Из второго отсека вода вытекает в атмосферу через внешний цилиндрический насадок диаметром d_2 . Определить, на каких уровнях h_1 и h_2 установится вода в отсеках при достижении стационарного режима. Плотность воды 1000 кг/м^3 . Исходные данные для расчета приведены в таблице.

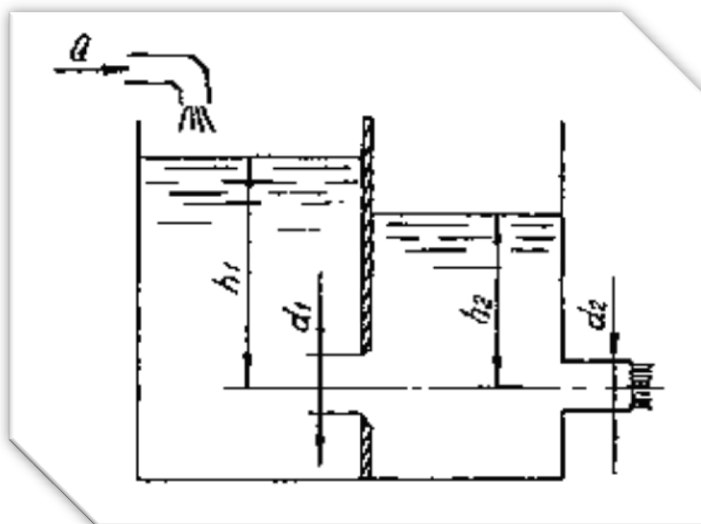


Рис.12. Рисунок к задаче № 5.

Исходные данные к задаче

Таблица № 9

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	d_2	Последняя цифра номера зачетной книжки	Q, л/с
1	75	1	28
2	50	2	25
3	60	3	23
4	70	4	20
5	55	5	30
6	65	6	24
7	80	7	35
8	85	8	32
9	55	9	26
0	70	0	27

Методические указания

Расход жидкости через отверстие (насадок) определяется по формуле:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}, \quad \text{м}^3/\text{с} \quad (7.1)$$

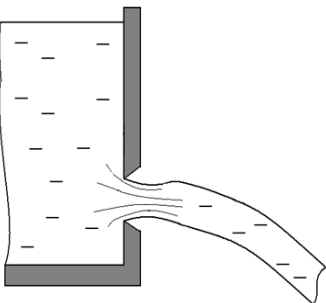
где μ - коэффициент расхода отверстия (насадка);

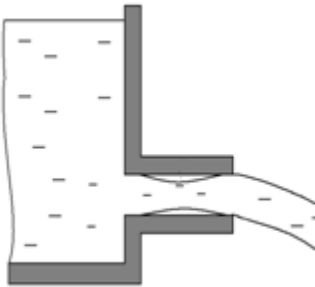
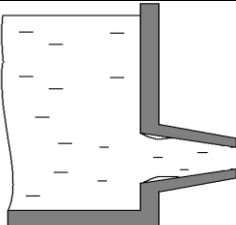
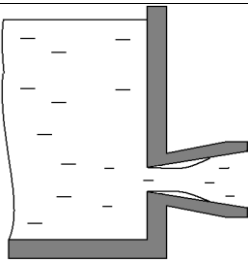
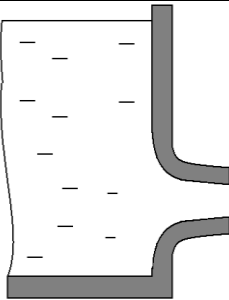
ω – площадь отверстия (насадка), м^2 ;

H – напор перед отверстием (насадком), м.

Значения коэффициента расхода жидкости

Таблица № 10

отверстие (тип насадка)		μ
малое отверстие		0,61

внешний цилиндрический		0,82
конфузор		0,94
диффузор		0,45
коноидальный		0,98

Задание 8

Ответить на теоретические вопросы:

1. Каковы причины возникновения гидравлического удара? Как изменяется во времени давление у задвижки при гидравлическом ударе? Что такое прямой и непрямой гидравлический удар?

2. Как рассчитать величину повышения давления в трубопроводе при прямом и непрямом гидравлическом ударе? От чего зависит скорость ударной волны? Приведите примеры возникновения гидравлического удара при эксплуатации пожарной техники. Как можно уменьшить или предотвратить ударное повышение давления?

Решить задачу:

Стальной водовод от насосной станции до водонапорной башни имеет длину 800 м, диаметр 100 мм, толщину стенок 5 мм. Напор воды перед водонапорной башней равен H , расход воды Q . Температура воды 20 °С.

Определить время закрывания задвижки и напряжение в стенках трубопровода, чтобы максимальное давление не превышало 4 атм. Исходные данные приведены в таблице.

Исходные данные к задаче

Таблица № 11

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	H , м	Последняя цифра номера зачетной книжки	Q , л/с
1	60	1	20
2	70	2	22
3	80	3	24
4	65	4	26
5	75	5	30
6	85	6	28
7	90	7	25
8	100	8	27
9	55	9	32
0	95	0	31

Методические указания

Величина повышения давления при гидравлическом ударе рассчитывается по формуле Н.Е. Жуковского:

$$\Delta P = \rho \cdot v_0 \cdot c, \text{ Па} \quad (8.1)$$

где ρ - плотность жидкости, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

v_0 - первоначальная скорость потока жидкости в трубопроводе, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$;

c - скорость распространения ударной волны, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Для воды скорость распространения ударной волны определяют по формуле:

$$c = \frac{1435}{1 + \frac{d}{\delta} \cdot \frac{K}{E}}, \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (8.2)$$

K – модуль объемной упругости воды, Па.

Таблица № 12

$t, ^\circ\text{C}$	0	5	10	15	20
K	$1,86 \cdot 10^9$	$1,91 \cdot 10^9$	$1,93 \cdot 10^9$	$1,96 \cdot 10^9$	$1,98 \cdot 10^9$

E – модуль упругости материала стенки трубопровода, Па. Для стального трубопровода $E = 21,2 \cdot 10^{10}$ Па.

Безопасная продолжительность закрывания задвижки определяется по формуле:

$$t_{\text{з}} = \frac{v_0 l}{g(H_{\text{max}} - H_0)}, \text{ с} \quad (8.3)$$

где v_0 - первоначальная скорость потока жидкости в трубопроводе, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$;

l – длина трубопровода, м;

H_{max} - допустимый максимальный напор, м;

H_0 - начальный напор, м.

Задание 9

Ответить на теоретические вопросы:

1. Поясните понятия “свободная струя”, “незатопленная струя”, “затопленная струя”, “сплошная струя”, “раздробленная струя”. Причины распада сплошных струй и как обеспечить получение дальнобойных пожарных струй.

2. Методика расчёта огибающих кривых компактной и раздробленной части струи. Как зависит максимальная высота струи от давления перед насадком и диаметра насадка? Способы получения распылённых струй.

Решить задачу:

Определить максимальную дальность боя и реакцию струи, получаемой при помощи лафетного ствола. Угол наклона ствола 30^0 , диаметр насадка d , напор воды на выходе из насадка H .

Построить в масштабе график наклонной струи с обозначением кривых компактной и раздробленной части струи.

Исходные данные к задаче

Таблица № 13

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	H , м	Последняя цифра номера зачетной книжки	d , мм
1	30	1	25
2	40	2	25
3	45	3	28
4	50	4	32
5	35	5	32
6	55	6	38
7	60	7	38
8	65	8	50
9	70	9	50
0	50	0	28

Методические указания

Дальность боя струи определяется по формуле Н.П. Говырина:

$$L_{max} = 0.0415 \cdot \overline{\theta \cdot d_0 \cdot H^2}, \text{ м} \quad (9.1)$$

где L_{max} - дальность боя струи, м;

θ - угол наклона ствола, градусы;

d_0 - диаметр насадка, мм;

H - напор на выходе из насадка, м.

Реакцией струи называется сила, возникающая при истечении жидкости из насадка. Эта сила обуславливается изменением количества движения жидкости в насадке при движении от большего сечения к меньшему и определяется по формуле:

$$F = -2p\omega, \text{ Н} \quad (9.2)$$

где P – давление на выходе из насадка, Па;

ω - площадь насадка, м².

Задание 10

Ответить на теоретические вопросы:

1. Расчёт каких аппаратов пожарной техники основан на уравнении Бернулли? Привести пример методики расчёта одного из указанных аппаратов.

2. Сущность метода анализа размерностей. Вид формул для определения линейных и местных потерь напора. От каких величин зависят коэффициенты линейных (λ) и местных (ζ) потерь напора.

Решить задачу:

На рисунке 13 показана схема соединения рукавов различного диаметра через переходную головку (переход большего диаметра на меньший). Расход рукавной системы составляет 12 л/с. Определить, как и во сколько раз изменится скорость движения воды $\frac{v_1}{v_2}$ и избыточное давление $\frac{p_1}{p_2}$ в сечениях 1-1, 2-2 при движении воды по рукавам различного диаметра. Потерями напора пренебречь.

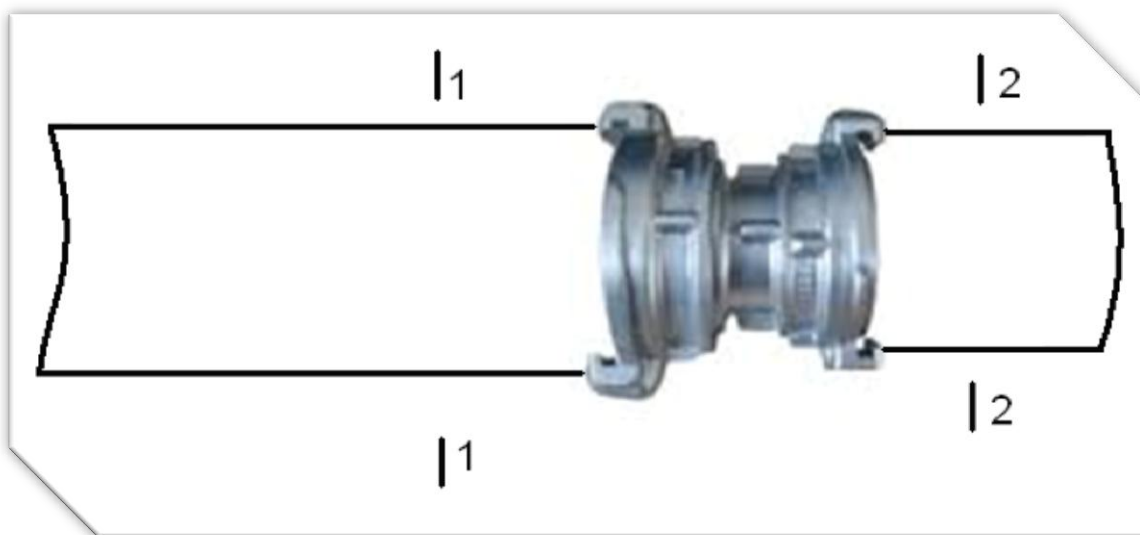


Рис. 13. Рисунок к задаче № 10.

Исходные данные к задаче

Таблица № 14

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	Вид переходной головки	Температура воды, °С	Последняя цифра номера зачетной книжки	Давление в сечении 1-1, атм.
1	77 х 51	0	1	2
2	77 х 66	10	2	3,2
3	66 х 51	20	3	4
4	77 х 51	30	4	2,3
5	77 х 66	0	5	3
6	66 х 51	10	6	2,5
7	77 х 51	20	7	2,7
8	77 х 66	30	8	3,1
9	66 х 51	0	9	4,2
0	77 х 51	10	0	3,8

Методические указания

Скорость движения воды определяется при помощи уравнения неразрывности и формулы определения расхода. Находится их соотношение $\frac{v_1}{v_2}$.

Для определения давления во втором сечении необходимо составить уравнение Бернулли для сечений 1-1 и 2-2. Принять во внимание, что плотность воды определяется исходя из температуры.

Таблица № 15

Значение плотности воды в зависимости от температуры

t, °С	0	4	10	20	30
ρ , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	999,87	1000	999,73	998,23	995,67

Находится соотношение давлений в сечениях $\frac{p_1}{p_2}$.

Наблюдается закономерность - при увеличении скорости движения жидкости в трубопроводе (рукавах) уменьшается избыточное давление.

Это объясняется законом сохранения механической энергии, согласно которому сумма кинетической и потенциальной энергии есть величина постоянная:

$$E_{\text{мех}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{потенц}} = \text{const.} \quad (10.1)$$

Скорость движения жидкости представляет собой кинетическую составляющую энергии, давление – потенциальную. Следовательно, для того чтобы величина механической энергии оставалась постоянной, необходимо выполнить условие: при увеличении кинетической энергии должно происходить уменьшение (угасание) потенциальной энергии и наоборот.