

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Строительный институт

Кафедра водоснабжения и водоотведения

ГИДРАВЛИКА

методические указания к контрольной работе
для студентов направления 08.03.01 «Строительство»
профиль «Водоснабжение и водоотведение»,
очной формы обучения

Составитель
О.В.Сидоренко,
кандидат технических наук, доцент

Тюмень
ТИУ
2016

УДК: 532
С - 34

Сидоренко О.В. Гидравлика: методические указания к контрольной работе для студентов направления 08.03.01 «Строительство» профиля «Водоснабжение и водоотведение» очной формы обучения. - Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2016. – 22 с.

Методические указания разработаны на основании рабочей программы ФГБОУ ВО «ТИУ» дисциплины «Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения» для студентов направления 08.03.01 «Строительство» профиля «Водоснабжение и водоотведение» очной формы обучения. Методические указания содержат задания к выполнению контрольной работы, краткие теоретические сведения и указания к решению задач.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ	5
ЗАДАЧА №1	6
ЗАДАЧА № 2	8
ЗАДАЧА № 3	10
ЗАДАЧА № 4	14
ЗАДАЧА № 5	15
ЗАДАЧА № 6	16
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	20
Приложение А	21
Приложение Б	21
Приложение В	22
Приложение Г	22

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к выполнению контрольной работы по гидравлике предназначены для студентов направления 08.03.01 «Строительство» профиля «Водоснабжение и водоотведение» очной формы обучения.

Целью контрольной работы является закрепление студентами изучаемого материала, путем самостоятельного решения задач и детальной проработки теоретического материала, а также привитие навыков выполнения расчётов в области гидростатики и гидродинамики.

Процесс выполнения контрольной работы направлен на формирование следующих компетенций:

общекультурных

ОПК-1- использование основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применение методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

ОПК-5- выявление естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечение для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

В настоящих методических указаниях приведены задания к выполнению контрольной работы, а также краткие теоретические сведения и рекомендации к решению задач.

Контрольная работа состоит из шести задач по основным разделам гидростатики (гидростатическое давление, сила давления на плоские и криволинейные поверхности) и гидродинамики (уравнение Д. Бернулли, истечение из отверстий и насадков, расчёт сложных трубопроводов).

В Методические указания включены справочные материалы, представленные в приложениях.

Методические указания предназначены в помощь студентам и не могут заменить учебную и справочную литературу для изучения всего курса гидравлики.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Контрольная работа выполняется студентами на листах формата А4. Работа должна включать: титульный лист, содержание, шесть задач и список литературы.

Перед решением задач студент должен проработать соответствующий раздел курса по учебникам (см. список литературы).

Для каждой задачи приведено двадцать вариантов исходных данных. Номер варианта студенту назначается преподавателем по списку.

При выполнении контрольной работы необходимо учитывать следующие требования:

- работу следует писать от руки на одной стороне листа (вторая сторона оставляется для замечаний преподавателя и внесения исправлений), каждая задача оформляется с новой страницы. Страницы должны быть пронумерованы;

- условие задачи переписывается полностью с подстановкой данных согласно своему варианту;

- все размерные величины должны иметь размерность в соответствии с Международной системой единиц СИ, при наличии внесистемных единиц измерения следует произвести их перевод в систему СИ;

- решение задачи необходимо вести поэтапно с пояснением каждого действия;

- перед проведением вычислений необходимо записать расчётную формулу, дать описание всех входящих в неё параметров и только затем подставить численные значения и получить ответ;

- при использовании в решении задач каких-либо коэффициентов необходимо обосновать их ссылкой на литературу;

- все схемы и графики в работе выполняются в карандаше без масштаба, но с соблюдением пропорций;

- в конце работы приводится список литературы, используемой студентом при выполнении работы, с указанием наименования источника, автора и года издания.

Контрольная работа выполняется в течение всего семестра по мере изучения материала. Правильно оформленная работа должна быть сдана на проверку до начала зачётной недели.

ЗАДАЧА №1

Построить эпюру гидростатического давления на боковую стенку открытого резервуара (рисунок 1). Определить силу давления и точку приложения для плоской поверхности АВ. Исходные данные приведены в таблице 1.

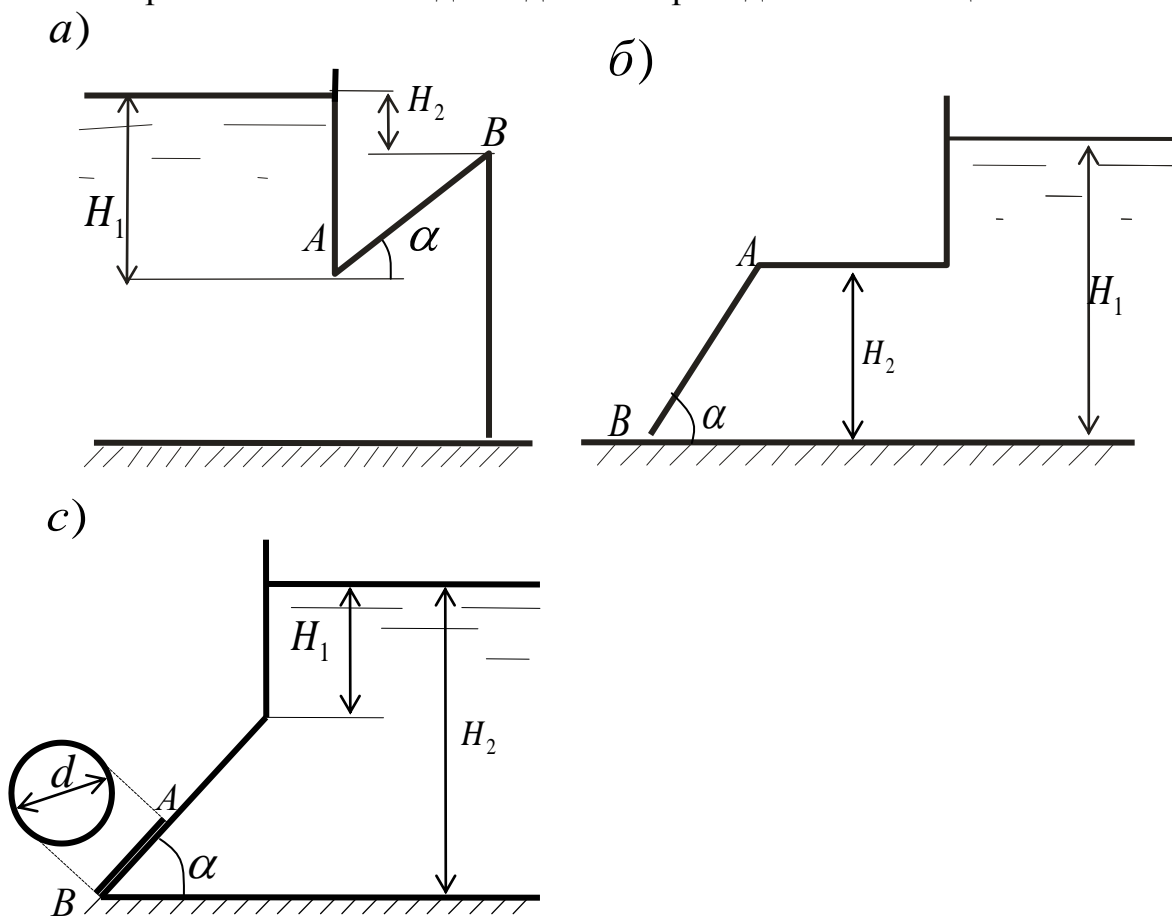


Рисунок 1

Таблица 1 - Исходные данные к задаче №1

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Схема	а	б	с	а	б	с	а	б	с	а
H_1 , м	2,5	2,8	0,6	2,0	2,2	1,0	3,2	1,6	0,9	2,4
H_2 , м	0,8	1,2	2,5	1,2	1,5	2,6	2,0	0,4	0,4	1,2
α	45	30	60	30	45	35	50	40	60	30
b (d), м	1,2	1,0	1,5	1,4	1,3	1,8	1,6	1,1	0,5	1,0

Продолжение таблицы 1

№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Схема	б	с	а	б	с	а	б	с	а	б
H_1 , м	3,0	1,2	3,5	3,8	1,5	2,9	3,3	1,4	4,2	3,5
H_2 , м	1,5	2,4	2,2	2,5	3,2	1,3	1,8	3,0	2,5	0,6
α	45	30	55	60	45	70	30	60	55	40
b (d), м	1,5	2,4	2,0	1,4	0,8	0,6	1,0	0,6	1,5	0,8

Методические указания к решению задачи

Сила гидростатического давления на плоскую поверхность равна произведению площади смоченной поверхности на гидростатическое давление в центре тяжести этой поверхности

$$P = \rho \cdot g \cdot h_c \cdot S, \quad (1)$$

где h_c – глубина погружения центра тяжести поверхности под уровень жидкости, м;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

S – площадь смоченной поверхности, м².

Точка приложения силы гидростатического давления (центр давления) для негоризонтальной поверхности лежит ниже центра тяжести и определяется по формуле

$$z_d = z_c + \frac{I_0}{z_c \cdot S}, \quad (2)$$

где z_d и z_c – расстояния от линии пересечения плоской стенки со свободной поверхностью до центра давления и центра тяжести соответственно, м;

I_0 – момент инерции смоченной площади стенки относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести.

График распределения давления по смоченной поверхности называется эпюрой гидростатического давления. Эпюра избыточного гидростатического давления для плоской фигуры АВ показаны на рисунке 2. Гидростатическое давление изменяется пропорционально глубине (в первой степени) погружения точки, т.е. по закону прямой. Поэтому для построения эпюры достаточно определить величину давления в двух точках (А и В), из этих точек провести нормали к смоченной поверхности (так как давление направлено перпендикулярно к площадке действия), на которых в масштабе отложить отрезки равные гидростатическим давлениям в этих точках. Соединив концы отрезков прямой линией, получим эпюру гидростатического давления.

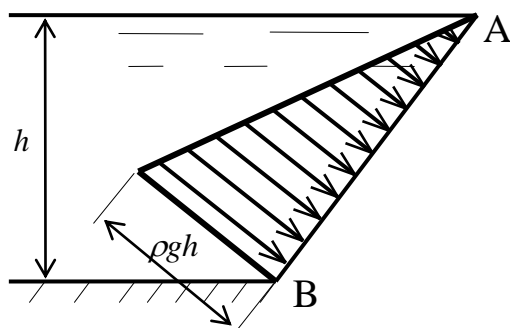


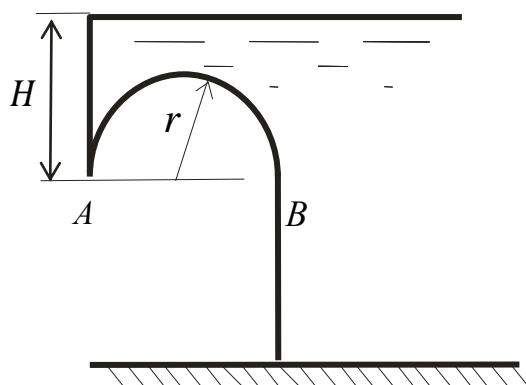
Рисунок 2

Объем эпюры равен силе гидростатического давления, а линия действия силы проходит через центр тяжести эпюры.

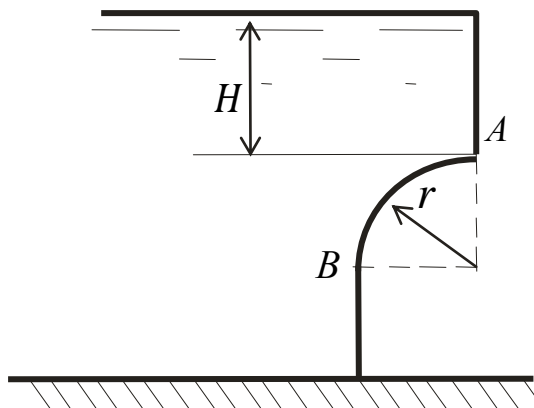
ЗАДАЧА № 2

Определить величину и точку приложения силы гидростатического давления на цилиндрическую поверхность АВ шириной $b = 1$ м (рисунок 3). Исходные данные приведены в таблице 2.

а)



б)



с)

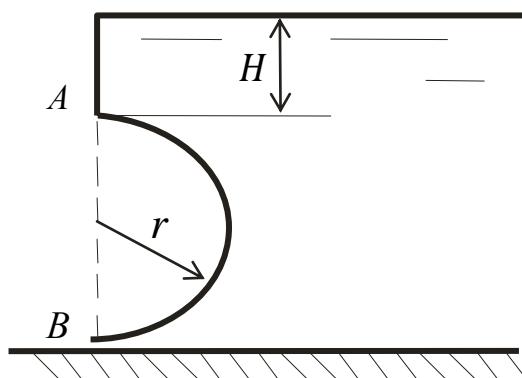


Рисунок 3

Таблица 2 - Исходные данные к задаче №2

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Схема	а	б	с	а	б	с	а	б	с	а
H, м	1,8	0,6	0,8	2,4	1,0	1,2	3,0	1,4	1,6	3,6
r, м	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	0,5	0,7	0,9

Продолжение таблицы 2

№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Схема	б	с	а	б	с	а	б	с	а	б
H, м	0,7	0,5	2,0	1,2	1,0	2,6	1,8	1,5	2,8	0,9
r, м	0,5	0,7	1,0	0,6	1,5	1,3	0,9	1,1	1,5	1,4

Методические указания к решению задачи

Сила давления жидкости на цилиндрическую поверхность представляет собой равнодействующую всех сил

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} \quad (3)$$

где P_x, P_z – составляющие силы P параллельные координатным осям.

Горизонтальная составляющая P_x равна силе давления на вертикальную проекцию цилиндрической поверхности EF (рисунок 4, 5)

$$P_x = \rho \cdot g \cdot h_c \cdot S = \gamma \cdot h_c \cdot S, \quad (4)$$

где S – площадь вертикальной проекции, m^2 ;

h_c – глубина погружения центра тяжести вертикальной проекции, м.

Величина горизонтальной составляющей может быть также выражена объемом эпюры гидростатического давления FEE' (рисунок 4). Положение линии действия силы P_x определяется аналогично силе давления на плоскую стенку по формуле (2).

Вертикальная составляющая P_z равна весу жидкости в объеме тела давления. Тело давления представляет собой столб жидкости, опирающийся на криволинейную поверхность, и ограниченный сверху уровнем жидкости (или его продолжением), АВВ' (рисунок 4, 5).

Тело давления, заполненное жидкостью является положительным и сила P_z направлена вниз (рисунок 4). На рисунке 5 тело давления отрицательное - сила P_z направлена вверх.

Линия действия вертикальной силы P_z проходит через центр тяжести тела давления.

Направление равнодействующей силы давления P характеризуется углом наклона ее к горизонту

$$\varphi = \arctg \frac{P_z}{P_x}. \quad (5)$$

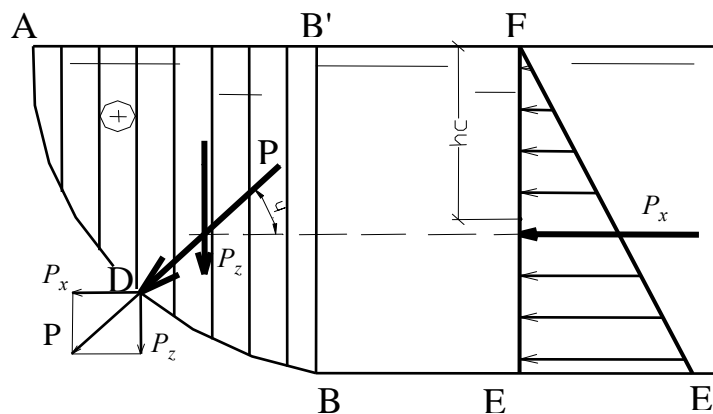


Рисунок 4

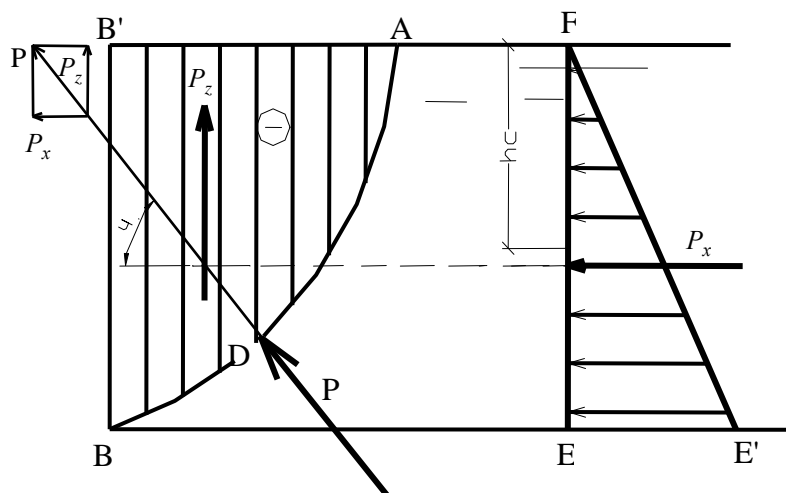


Рисунок 5

Вектор силы P проходит через точку пересечения P_x и P_z под углом φ к горизонту, а точка пересечения этого вектора с криволинейной поверхностью АВ является центром давления жидкости (т. D – точка приложения силы P).

ЗАДАЧА № 3

Вода вытекает в атмосферу по трубопроводу переменного сечения (рисунок б). Показание ртутного манометра h . Определить напор (H), или расход воды (Q), или показание ртутного манометра (h). Исходные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Исходные данные к задаче №3

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , л/с	?	7,8	5,6	?	2,8	8,4	?	13,5	22,3	?
H , м	2,2	?	5,0	5,5	?	3,5	2,5	?	1,5	2,4
l_1 , м	15	20	22	24	26	28	30	16	18	14
l_2 , м	21	27	23	25	19	17	11	13	10	18
d_1 , мм	25	100	50	40	32	50	80	150	200	100
d_2 , мм	32	125	40	32	50	80	100	100	150	80
h , м	0,1	0,12	?	0,06	0,06	?	0,11	0,19	?	0,09
t , °C	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10
материал труб	стальн. нов.	чуг. нов.	стальн б/у	чуг. б/у	стальн. нов.	чуг. нов.	стальн б/у	чуг. б/у	стальн нов.	чуг. нов.

№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Q , л/с	7,5	14,3	?	0,8	4,8	?	30,0	38,6	?	4,9
H , м	?	1,5	2	?	3,2	3,5	?	1,6	5,5	?
l_1 , м	10	13	11	17	19	25	23	27	21	29
l_2 , м	14	16	30	28	26	24	22	20	15	17
d_1 , мм	80	125	32	25	50	80	125	150	50	40
d_2 , мм	50	80	40	40	100	125	200	200	32	50
h , м	0,08	?	0,02	0,04	?	0,14	0,07	?	0,05	0,08
t , °С	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10
материал труб	стальн. нов.	чуг. нов.	стальн. б/у	чуг. б/у	стальн. нов.	чуг. нов.	стальн. б/у	чуг. б/у	стальн. нов.	чуг. нов.

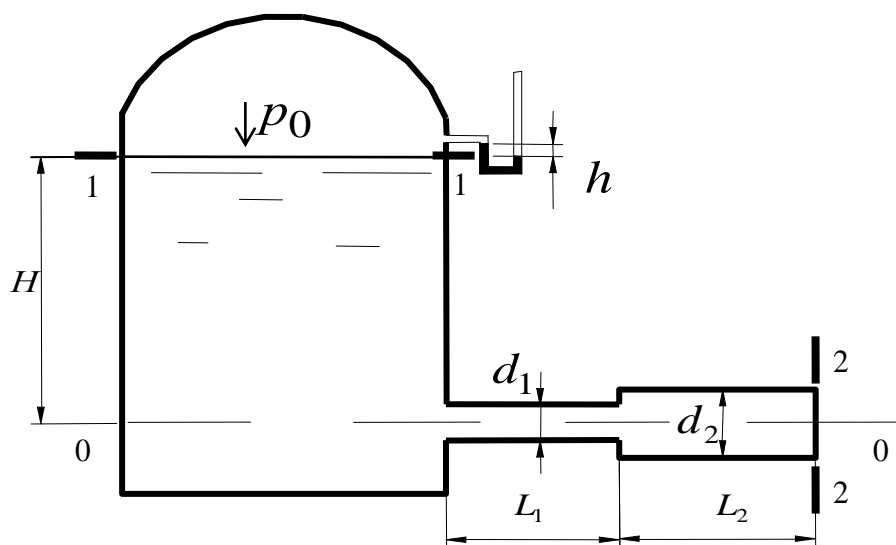


Рисунок 6

Методические указания к решению задачи

Для решения задачи записывается уравнение Бернулли для двух сечений 1-1 и 2-2 (рисунок 7) относительно плоскости сравнения 0-0, совпадающей с осью трубопровод.

Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости в полном виде

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_f, \quad (6)$$

где z_1 и z_2 – геометрическая высота расположения соответствующего сечения над плоскостью сравнения, м;

p_1/γ и p_2/γ – пьезометрические высоты, соответствующие избыточным давлениям в соответствующих сечениях, м;

$\frac{\alpha v_1^2}{2g}$ и $\frac{\alpha v_2^2}{2g}$ – скоростные напоры в соответствующих сечениях, м;

h_f – потери напора в трубопроводе, определяются по формуле

$$h_f = h_l + h_m, \quad (7)$$

h_l – потери напора по длине, м;

h_m – потери напора на местные сопротивления, м.

Потери напора по длине определяются по формуле Дарси-Вейсбаха

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (8)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения;

l – длина трубопровода, м;

d – диаметр трубопровода, м;

v – средняя скорость на участке трубопровода, м/с

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}. \quad (9)$$

Коэффициент гидравлического трения λ в общем случае зависит от режима движения жидкости и от шероховатости стенок трубопровода

$$\lambda = f(Re, k_s),$$

где Re – безразмерный критерий – число Рейнольдса

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}, \quad (10)$$

ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости, м²/с (принимается по приложению А в зависимости от температуры);

k_s – эквивалентная шероховатость трубопровода, м, (принимается по приложению Б в зависимости от материала труб).

Режим движения жидкости является ламинарным, если выполняется условие - $Re < Re_k$, где $Re_k = 2320$ - критическое число Рейнольдса. Если $Re > Re_k$ - режим движения турбулентный.

При ламинарном режиме движения коэффициент гидравлического трения определяется по формуле

$$\lambda = \frac{64}{Re}. \quad (11)$$

При турбулентном движении жидкости существуют три области гидравлических сопротивлений:

1. Область гидравлически гладких труб. В этой области шероховатость не влияет на гидравлические сопротивления, λ зависит только от Re и определяется по формуле Блазиуса

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}. \quad (12)$$

2. Область доквадратичных сопротивлений. В этой области на гидравлические сопротивления влияют как число Рейнольдса так и величина выступов шероховатости, λ определяется по формуле Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_s}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} \quad (13)$$

3. Область квадратичных сопротивлений. В этой области гидравлические сопротивления не зависят от числа Рейнольдса, а зависят только от шероховатости, λ определяется по формуле Шифринсона

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_s}{d} \right)^{0,25} \quad (14)$$

Область гидравлических сопротивлений можно определить, используя безразмерный критерий $\text{Re} \cdot \frac{k_s}{d}$:

- если $\text{Re} \cdot \frac{k_s}{d} < 10$ – область гидравлически гладких труб, λ определяется по формуле (12);

- $10 < \text{Re} \cdot \frac{k_s}{d} < 500$ – область докватратичных сопротивлений, λ определяется по формуле (13);

- $\text{Re} \cdot \frac{k_s}{d} > 500$ – область квадратичных сопротивлений, λ определяется по формуле (14).

В общем случае потери напора на местные сопротивления определяются по формуле Вейсбаха

$$h_m = \zeta \frac{v^2}{2g}, \quad (15)$$

где ζ – коэффициент местного сопротивления, зависит от вида сопротивления. При резком изменении сечения трубопровода определяется по формулам:

- резкое расширение трубопровода (рисунок 7):

$$\zeta_{p.p.} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2, \quad (16)$$

тогда потеря напора составит

$$h_{p.p.} = \zeta_{p.p.} \frac{v_1^2}{2g}; \quad (17)$$

- резкое сужении трубопровода (рисунок 8):

$$\zeta_{p.c.} = 0,5 \left(1 - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right), \quad (18)$$

тогда потеря напора составит

$$h_{p.c.} = \zeta_{p.c.} \frac{v_2^2}{2g}. \quad (19)$$

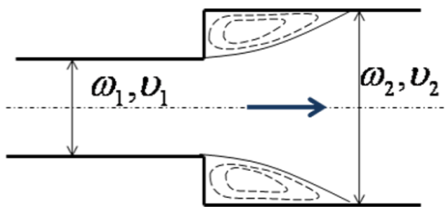


Рисунок 7

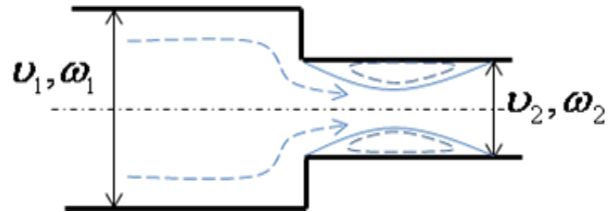


Рисунок 8

ЗАДАЧА № 4

Из закрытого резервуара вытекает вода с расходом Q через отверстия диаметром d при постоянном напоре H (рисунок 9). Давление на свободной поверхности жидкости p_0 . Определить неизвестную величину. Исходные данные приведены в таблице 4.

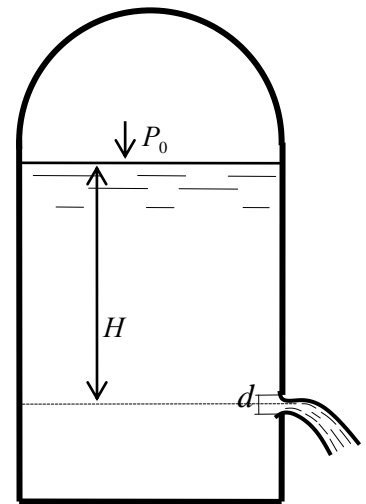


Рисунок 9

Таблица 4 - Исходные данные к задаче №4

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
p_0 , МПа	0,11	?	0,21	0,155	?	0,165	0,215	0,15	0,12	0,17
H , м	?	1,8	0,6	1,9	2,7	1,7	?	2,0	2,6	?
d , мм	6	12	?	9	8	?	12	7	?	20
Q , л/с	0,2	0,9	0,7	?	0,3	2,0	1,0	?	0,5	2,5

Продолжение таблицы 4

№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
p_0 , МПа	?	0,145	0,125	0,175	?	0,14	0,13	0,18	?	0,135
H , м	0,9	?	2,5	1,5	1,0	?	2,4	1,4	1,2	?
d , мм	15	5	?	15	16	20	?	10	14	18
Q , л/с	1,6	0,1	0,7	?	1,8	2,2	1,1	?	1,4	1,7

Методические указания к решению задачи

Для решения задачи используется формула расхода жидкости при истечении из малого отверстия в тонкой стенке

$$Q = \mu \cdot \omega \sqrt{2g \left(H + \frac{P_0}{\gamma} - \frac{P_a}{\gamma} \right)}, \quad (20)$$

где μ – коэффициент расхода, для круглого отверстия $\mu = 0,62$;

ω – площадь отверстия, м^2 ;

H – геометрический напор над центром тяжести отверстия, м ;

P_0 – давление на свободной поверхности жидкости в резервуаре, Па ;

P_a – атмосферное давление, Па ;

γ – удельный вес жидкости, Н/м^3 .

ЗАДАЧА № 5

Из колодца вода насосом перекачивается в напорный резервуар (рисунок 10). Подача насоса Q . Отметка уровня воды в колодце – z_k , отметка уровня воды в напорном резервуаре – z_b . Длина всасывающей трубы – l_{bc} , длина напорной трубы – l_n . Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0,02$. Трубы стальные. Допустимые скорости движения воды: во всасывающем трубопроводе $v = 0,6 - 1$ м/с; в напорном – $v = 0,8 - 2$ м/с. Подобрать диаметры всасывающего (d_{bc}) и напорного (d_n) трубопроводов, определить геометрическую высоту всасывания (H_{bc}) и требуемый напор (H) насоса. Исходные данные приведены в таблице 5.

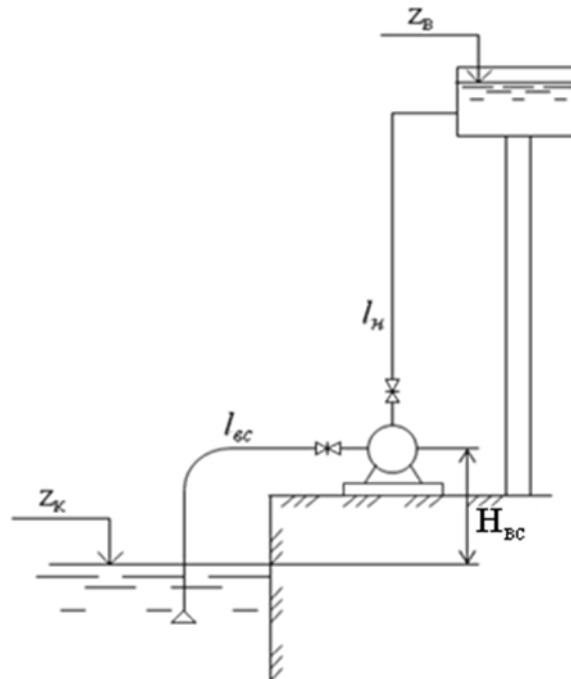


Рисунок 10

Таблица 5 - Исходные данные к задаче №5

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , л/с	2	12	16	30	52	70	120	200	220	240
$l_{вс}$, м	5	7	9	11	13	4	6	8	10	12
$l_{н}$, м	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
$z_{к}$, м	16	22	39	45	52	67	73	86	93	112
$z_{б}$, м	26	37	52	65	68	77	84	100	110	140
$h_{вак}^{дон}$, м	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7

Продолжение таблицы 5

№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Q , л/с	3	8	18	26	64	78	150	170	210	260
$l_{вс}$, м	12	10	8	6	4	5	7	9	11	13
$l_{н}$, м	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
$z_{к}$, м	116	92	89	75	62	57	43	36	23	12
$z_{б}$, м	126	117	102	95	88	67	64	50	40	30
$h_{вак}^{дон}$, м	7	6	5	4	3	7	6	5	4	3

Методические указания к решению задачи

Диаметры всасывающего и напорного трубопроводов определяются с учетом допустимых скоростей из формулы (9).

Требуемый напор насоса определяется по формуле

$$H = H_z + h_{вс} + h_n \quad (21)$$

где H_z – геометрическая высота подъема воды, м, определяется как разность отметок воды в напорном резервуаре и в колодце;

$h_{вс}$, h_n – потери напора во всасывающем и напорном трубопроводе соответственно, м, определяются по формуле (7).

Общие потери напора (с учетом местных потерь) принять:

- для всасывающей трубы $h_{вс} = 1,2h_l$;
- для напорной трубы $h_n = 1,1h_l$.

Для определения геометрической высоты всасывания насоса $H_{вс}$ необходимо записать уравнение Бернулли для двух сечений: первое – совпадает с уровнем воды в колодце; второе – с осью насоса.

ЗАДАЧА № 6

Определить расходы воды на параллельных участках трубопровода (Q_1 , Q_2 и Q_3) и давление в т. 2 (рисунок 11). Исходные данные приведены в таблице

6. Местные потери не учитывать. Каким будет давление в точке 2, если перекрыть подачу воды на участках 1 и 2?

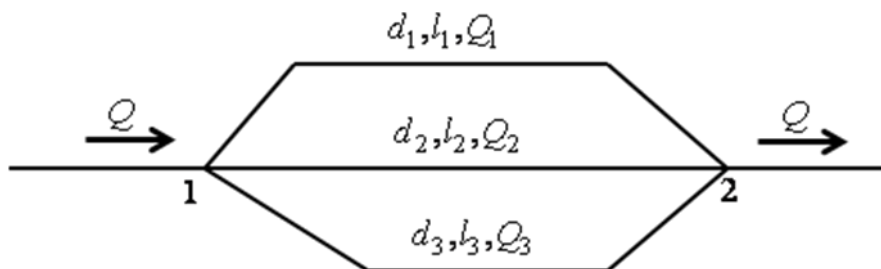


Рисунок 11

Таблица 6 - Исходные данные к задаче №6

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_1 , м	0,1	0,4	0,25	0,3	0,4	0,6	0,35	0,6	0,2	0,8
d_2 , м	0,08	0,5	0,3	0,25	0,35	0,6	0,25	0,7	0,15	0,7
d_3 , м	0,125	0,6	0,2	0,3	0,3	0,5	0,3	0,8	0,125	0,9
L_1 , м	100	200	450	180	510	600	120	480	200	700
L_2 , м	90	250	300	230	460	500	100	450	230	600
L_3 , м	150	300	400	300	540	630	180	540	300	800
Q , л/с	26	250	56	74	120	320	90	440	28	580
p_1 , ат	3,2	2,5	4,1	1,8	2,2	3,3	1,6	2,6	3,1	1,5
z_1 , м	18	22	35	41	55	34	61	77	13	27
z_2 , м	19	24	34	42	53	36	60	78	12	30
Материал труб	сталь	чугун	сталь	чугун	сталь	чугун	сталь	чугун	сталь	чугун

Продолжение таблицы 6

№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
d_1 , м	0,4	0,9	0,1	0,35	1	0,6	0,2	0,8	0,3	0,2
d_2 , м	0,3	0,7	0,125	0,4	0,9	0,5	0,15	0,9	0,25	0,125
d_3 , м	0,35	0,8	0,08	0,45	1,2	0,7	0,2	1	0,2	0,15
L_1 , м	500	800	150	340	840	650	160	500	280	300
L_2 , м	380	900	240	400	900	580	140	600	340	400
L_3 , м	430	750	200	450	800	600	230	550	300	320
Q , л/с	82	660	9	180	930	390	34	710	49	30
p_1 , ат	2,4	3,4	4,2	1,3	2,1	3,5	4,4	1,9	2,0	3,0
z_1 , м	38	42	75	51	85	14	31	47	93	67
z_2 , м	39	45	74	52	82	16	30	49	92	79
Материал труб	сталь	чугун	сталь	чугун	сталь	чугун	сталь	чугун	сталь	чугун

Методические указания к решению задачи

Трубопроводы, имеющие параллельные участки с общими узловыми точками в начале и в конце, рассчитывают с учетом того, что потери напора по всем участкам одинаковы (рисунок 10), т.е.

$$H_1 - H_2 = h_{l_1} = h_{l_2} = h_{l_3} \quad (22)$$

где H_1 и H_2 – пьезометрические напоры в узловых точках, м, определяются по формуле

$$H = z + \frac{p}{\gamma} \quad (23)$$

z – геодезическая отметка какой-либо точки трубопровода, м;

p – избыточное давление в этой точке, Па;

γ – удельный вес жидкости, Н/м³;

h_l – потери напора по длине участка, м

$$h_l = S_0 \cdot Q^2 \cdot l \quad (24)$$

S_0 – удельное сопротивление трубопровода, с²/м⁶, (в зависимости от материала труб принять по приложению В);

Q – расход воды на участке, м³/с;

l – длина участка, м.

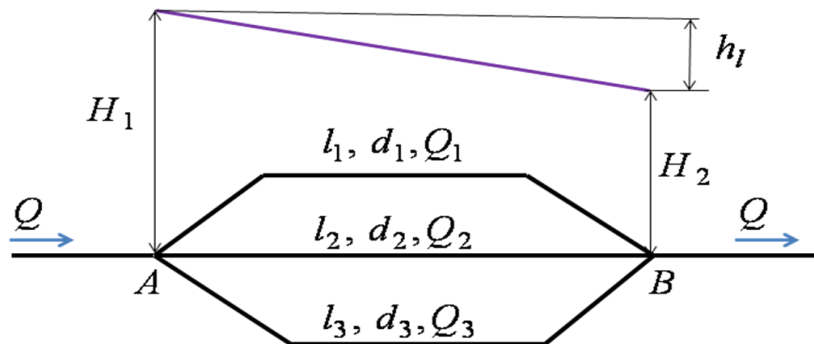


Рисунок 12

Расходы в параллельных ветвях определяются из системы уравнений:

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ \frac{Q_1}{Q_2} &= \sqrt{\frac{S_{02} l_2}{S_{01} l_1}} \\ \frac{Q_1}{Q_3} &= \sqrt{\frac{S_{03} l_3}{S_{01} l_1}} \end{aligned} \quad (25)$$

Из уравнений (25) можно выразить расходы на отдельных участках, например, через Q_1 :

$$Q = Q_1 + Q_1 \sqrt{\frac{S_{01} \cdot l_1}{S_{02} \cdot l_2}} + Q_1 \sqrt{\frac{S_{01} \cdot l_1}{S_{03} \cdot l_3}} \quad (26)$$

$$Q_1 = \frac{Q}{1 + \sqrt{\frac{S_{01} \cdot l_1}{S_{02} \cdot l_2}} + \sqrt{\frac{S_{01} \cdot l_1}{S_{03} \cdot l_3}}}$$

Аналогичным образом определяются расходы Q_2 и Q_3 .

Если перекрыть подачу воды по участкам 2 и 3, то весь расход Q пойдет по участку 1 и потери напора на участке увеличатся. Давление в т. 2 определим из уравнения Бернулли

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + h_l \quad (27)$$

предварительно рассчитав потери напора на участке 1 по формуле (24).

Примечание:

Формула (24) применима при скорости $v \geq 1,2$ м/с. Если скорость движения воды $v < 1,2$ м/с необходимо учитывать поправочный коэффициент, т.е.

$$h_L = S_0 \cdot Q^2 \cdot L \cdot \delta \quad (28)$$

где δ – поправка на скорость, определяется по таблице (приложение Г).

При решении задачи в первом приближении считаем $\delta = 1$. Определив скорости на участках, при необходимости, делаем перерасчёт с учётом поправочного коэффициента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чугаев Р.Р. Гидравлика: учебник/ Р.Р. Чугаев. – 5-е изд., репринт. – М.: БАСТЕТ, 2008. – 672 с.
2. Ухин, Б. В. Гидравлика: учеб. пособие умо/ Б. В. Ухин.- М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2009.- 464 с.
3. Сайриддинов С.Ш. Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения: учебное пособие/ С. Ш. Сайриддинов.- М.: АСВ, 2004.- 344 с.
4. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика: Учебное пособие мо. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2007: Высшая школа.-199 с.
5. Штеренлихт Д.В. Гидравлика: Учебник мо /Штеренлихт Д.В. – М : КолосС, 2004.- 656 с.
6. Лапшев Н.Н. Гидравлика: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Н.Н. Лапшев. – 2-е изд., испр. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 272 с.

Приложение А

Зависимость кинематической вязкости воды ν от температуры

$t, ^\circ\text{C}$	$\nu, \text{cm}^2/\text{c}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\nu, \text{cm}^2/\text{c}$
0	0,0179	18	0,0106
2	0,0167	20	0,0101
4	0,0157	25	0,0090
6	0,0147	30	0,0080
8	0,0139	35	0,0072
10	0,0131	40	0,0065
12	0,0124	45	0,0060
14	0,0118	50	0,0055
16	0,0112	60	0,0048

Приложение Б

Значения эквивалентной шероховатости

№	Материал труб	$k_s, \text{мм}$
1	Стальные сварные новые	0,04 – 0,1
2	Стальные сварные неновые	0,8 – 1,5
3	Чугунные новые	0,25 – 1
4	Чугунные неновые	0,8 – 1,5

Приложение В

Диаметр условного прохода, d, мм	Удельное сопротивление трубопровода S_0 , c^2/m^6	
	Стальные трубы	Чугунные трубы
50	3686	11540
80	454	953
100	173	312
125	76,4	96,7
150	30,7	37,1
200	6,96	8,09
250	2,19	2,53
300	0,85	0,95
350	0,373	0,437
400	0,186	0,219
450	0,099	0,199
500	0,058	0,0678
600	0,0226	0,026
700	0,011	0,0115
800	0,00551	0,00567
900	0,00296	0,00305
1000	0,0017	0,00175
1200	0,00654	0,000663

Приложение Г

Скорость v , м/с	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1	1,1	1,2
Коэффициент δ	1,41	1,2	1,11	1,06	1,04	1,03	1,015	1