

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Тихоокеанский государственный университет»

**Решения задач размещены
на сайте zadachi24.ru**
ГИДРОМЕХАНИКА

Методические указания по выполнению контрольной работы

Составитель:
Л. Н. Александрова

Хабаровск 2014 г.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Цель контрольных заданий – способствовать выработке у студентов-заочников навыков применения теоретических сведений к решению конкретных задач технического характера и тем самым освоить практику гидравлических расчетов.

Гидромеханика является одной из важнейших дисциплин общепрофессионального цикла для подготовки специалистов машиностроительного и транспортного направлений.

Круг вопросов, изучаемых гидромеханикой, весьма обширен, и ее законы в той или иной форме находят применение практически во всех областях инженерной деятельности. Чрезвычайное значение гидромеханика имеет для различных отраслей промышленности, в том числе при открытых горных работах, эксплуатации гидравлических машин и механизмов для перемещения жидкости и газов. Знание основных законов необходимо уже на начальной стадии разработки месторождений, на транспорте, в хранении нефтепродуктов.

В соответствии с учебным планом студенты выполняют контрольную работу, состоящую из пяти задач.

Задачи, предлагаемые студентам в контрольных работах, разбиты по разделам, к которым в методических указаниях приведен минимальный теоретический материал. Однако это не означает возможности выполнения контрольных работ без изучения теоретического материала по учебнику. Примеры типовых задач можно найти в библиографическом списке, приведенном в конце данных указаний. В приложениях имеются необходимые для решения задач справочные данные. При использовании студентом дополнительного справочного материала в тексте контрольной работы рекомендуется давать ссылки на источники.

При выполнении задания следует пользоваться Международной системой (СИ) единиц измерения. В условиях контрольной работы не всегда указываются все численные значения параметров, необходимые для решения задач (например, может быть не указана плотность, коэффициент вязкости или другой параметр). Тогда недостающие параметры определяются по справочникам.

Студент, выполнивший контрольное задание, допускается к лабораторным работам. Выполненные и оформленные лабораторные работы необходимо защитить. К экзамену студент допускается после защиты контрольного задания и лабораторных работ.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа состоит из задач девяти разделов. Номера задач выбираются в соответствии с последней цифрой зачетной книжки студента

по таблице.

Последняя цифра зачетной книжки	Обозначения разделов и номера задач				
	A1	B1	Д1	Ж1	И1
0	A2	B2	Д2	Ж2	И2
1	A3	B3	Д3	Ж3	И3
2	A4	B4	Д4	Ж4	И4
3	A5	B5	Д5	Ж5	И5
4	Б1	Г1	Е1	31	И6
5	Б2	Г2	Е2	32	И7
6	Б3	Г3	Е3	33	И8
7	Б4	Г4	Е4	34	И9
8	Б5	Г5	Е5	35	И10

A. Основное уравнение гидростатики

Давлением в покоящейся жидкости называется нормальное напряжение, возникшее в результате действия всех внешних сил в жидкости:

$$P = \lim_{\Delta\omega \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta\omega} \quad \text{при } \Delta\omega \rightarrow 0,$$
(1)

где P – давление в точке; ΔP – нормальная сила, действующая на площадку; $\Delta\omega$ – площадь элементарной площадки.

В заданной точке покоящейся жидкости давление рассчитывается согласно основному уравнению гидростатики

$$P = P_0 + \rho gh,$$
(2)

где P – полное или абсолютное давление в точке покоящейся жидкости; P_0 – давление на поверхности жидкости; ρ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения; h – глубина погружения точки в жидкость.

В открытом резервуаре абсолютное давление в точке покоящейся жидкости на глубине h

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{ат}} + \rho gh,$$
(3)

где $P_{\text{ат}}$ – атмосферное давление на поверхности жидкости.

Разность между абсолютным и атмосферным давлением называется избыточным, или манометрическим давлением:

$$P_{\text{изб}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{ат}} = \rho gh.$$
(4)

Давление, не достающее до атмосферного, называется вакуумметрическим:

$$P_{\text{вак}} = P_{\text{ат}} - P_{\text{абс}}.$$
(5)

При решении задач по определению давления в покоящейся жидкости

пользуются условиями равновесия жидкости относительно плоскости уровня.

Б. Давление жидкости на плоские поверхности

Для определения силы абсолютного давления жидкости на плоские стенки пользуются зависимостью

$$P_{\text{абс}} = (P_0 + \rho gh_c)\omega, \quad (6)$$

где ω – площадь стенки; P_0 – давление на поверхности жидкости; ρ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения; h_c – глубина погружения центра тяжести стенки от свободной поверхности.

Составляющая от избыточного давления жидкости $P_{\text{изб}} = \rho gh_c\omega$ приложена в точке, называемой центром давления. Координата центра давления определяется по формуле

$$y_d = y_c + \frac{J_o}{y_c \omega},$$

(7)

где y_c – координата центра стенки; J_o – центральный момент инерции стенки;

ω – площадь смоченной стенки.

В. Давление жидкости на криволинейные поверхности. Закон Архимеда

Равнодействующая силы давления на криволинейную поверхность определяется как геометрическая сумма горизонтальной и вертикальной составляющих:

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}. \quad (8)$$

Горизонтальная составляющая силы давления на криволинейную поверхность равна силе давления жидкости на плоскую вертикальную проекцию криволинейной поверхности:

$$P_x = \rho g h_c^{\text{пр}} \omega^{\text{пр}},$$

(9)

где $h_c^{\text{пр}}$ – глубина погружения центра тяжести вертикальной проекции криволинейной поверхности; $\omega^{\text{пр}}$ – площадь вертикальной проекции.

Вертикальная составляющая силы давления жидкости на криволинейную поверхность равна весу жидкости в объеме тела давления

$$P_x = \rho g W_{\text{т.д}},$$

(10)

где $W_{\text{т.д}}$ – объем тела давления.

Объем тела давления – объем вертикального столба, опирающегося на заданную криволинейную поверхность и ограниченного сверху плоскостью

свободной поверхности или ее продолжением.

Направление силы P определяется углом φ :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{P_z}{P_x}.$$

(11)

Если поверхность цилиндрическая, с постоянным радиусом кривизны, то сила P будет проходить через центр радиуса кривизны этой поверхности.

На тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, называемая архимедовой силой P_a ; она направлена вверх и равна весу вытесненной телом жидкости:

$$P_a = \gamma W,$$

(12)

где W – объем части тела, погруженной в жидкость; $\gamma = \rho g$ – удельный вес жидкости.

Г. Уравнение неразрывности. Уравнение Д. Бернулли для невязкой жидкости

Уравнение неразрывности для установившегося движения потока несжимаемой жидкости выражает постоянство объемного расхода по длине трубы

$$Q = V_1 \omega_1 = V_2 \omega_2 = \text{const},$$

(13)

где V_1 и V_2 – средние скорости потока; ω_1 и ω_2 – площади живых сечений. Уравнение неразрывности можно представить в виде

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}.$$

Уравнение Д. Бернулли для потока невязкой жидкости – одно из основных уравнений гидравлики – имеет следующий вид:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}.$$

(14)

Уравнение записано для двух сечений неразрывного потока, где Z – геометрический напор или высота любой точки в живом сечении потока относительно плоскости сравнения; $\frac{P}{\gamma}$ – пьезометрический напор, соответствующий давлению в рассматриваемом сечении; $\frac{\alpha V^2}{2g}$ – скоростной напор; α – коэффициент Кориолиса.

Все члены уравнения имеют линейную размерность. Если задачу требуется решить без учета потерь напора (невязкая жидкость), то $h_{w1-2} = 0$ и $\alpha = 1$.

Д. Уравнение Д. Бернулли для потока вязкой несжимаемой жидкости

В данном разделе приведены задачи по расчету простых коротких трубопроводов. Для использования уравнения Д. Бернулли выбирают плоскость сравнения и два сечения. Плоскость сравнения выбирается горизонтальной на любом уровне, так, чтобы обеспечить во всех расчетных сечениях $Z \geq 0$. В качестве расчетных назначаются сечения, где известно максимальное число слагаемых уравнения Бернулли (геометрические высоты, скорости, давления). Гидравлический расчет коротких трубопроводов сводится к решению трех основных типов задач.

К первому типу относятся задачи по определению перепадов напоров в питающем и приемном резервуарах по заданным расходам в трубах заданных диаметров. Такие задачи решаются путем непосредственного использования уравнения Бернулли для потока вязкой несжимаемой жидкости, которое имеет следующий вид:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_{W1-2}. \quad (15)$$

Уравнение записано для двух сечений неразрывного потока, где Z – геометрический напор или высота любой точки в живом сечении потока относительно плоскости сравнения; $\frac{P}{\gamma}$ – пьезометрический напор, соответствующий давлению в рассматриваемом сечении; $\frac{\alpha V^2}{2g}$ – скоростной напор; α – коэффициент Кориолиса; h_{W1-2} – потери напора на преодоление гидравлических сопротивлений между сечениями 1–1 и 2–2.

Решение задач второго типа – определение расходов в трубах заданных диаметров по известным перепадам напоров – приходится вести методом последовательных приближений, считая в первом приближении, что трубопровод работает в квадратичной области гидравлического сопротивления, где коэффициенты λ и ζ не зависят от числа Рейнольдса.

В задачах третьего типа требуется подобрать диаметр трубопровода по заданному расходу и перепаду напора в питателе и приемнике. Такие задачи решают методом подбора, для ускорения расчетов прибегают к построению графиков $Q = f_1(d)$ или $H = f_2(d)$.

При вычислении потерь напора необходимо различить два режима движения потока жидкости – ламинарный и турбулентный. Скорость, соответствующая смене режимов движения, называется критической. Режим движения жидкости устанавливается по критерию Рейнольдса Re . Для напорных трубопроводов число Рейнольдса рассчитывается по формуле

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

(16)

где V – средняя скорость движения жидкости; d – внутренний диаметр

трубы;

v – кинематический коэффициент вязкости.

Чтобы определить режим движения для потока жидкости, рассчитанное число Рейнольдса Re надо сравнить с критическим значением $Re_{kp} = 2320$. Если $Re < Re_{kp}$, режим движения ламинарный, в случае $Re > Re_{kp}$ – режим турбулентный.

Потери напора по длине потока для круглых труб рассчитываются по формуле Вейсбаха – Дарси

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g},$$

(17)

где l – длина трубопровода; d – диаметр трубопровода; V – средняя скорость потока; λ – коэффициент гидравлического трения.

Коэффициент гидравлического трения λ зависит от числа Рейнольдса и от шероховатости стенок русла.

Формула Вейсбаха – Дарси может быть использована для определения потерь напора в любой области сопротивления, коэффициент λ для каждой из областей сопротивления определяется по специальным формулам.

При ламинарном течении жидкости коэффициент гидравлического трения является функцией только числа Рейнольдса и не зависит от шероховатости:

$$\lambda = \frac{64}{Re}.$$

(18)

При расчете трубопроводов в широком диапазоне чисел Рейнольдса для всех областей турбулентного течения используется универсальная формула

А. Д. Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{k_3}{d} \right)^{0,25},$$

(19)

где k_3 – эквивалентная шероховатость трубы.

При $Re < 10 \frac{d}{k_3}$ имеет место область гладких труб, шероховатость не влияет на потери напора, а формула для определения λ имеет вид

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{Re} \right)^{0,25} = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}.$$

(20)

При $10 \frac{d}{k_3} < Re < 500 \frac{d}{k_3}$ потери напора зависят от числа Рейнольдса и шероховатости, наблюдается область доквадратичного сопротивления. Расчеты коэффициента λ следует вести по формуле (19).

При $Re > 500 \frac{d}{k_3}$ имеет место область квадратичного сопротивления. В формуле (19) пренебрегаем первым слагаемым, и она принимает вид

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_3}{d} \right)^{0,25}.$$

(21)

Потери напора, происходящие на коротких участках трубопровода в результате изменения формы или размеров поперечного сечения или направления движения жидкости, называются местными потерями. Потери напора на местных сопротивлениях определяются по формуле Вейсбаха

$$h_M = \zeta \frac{V^2}{2g},$$

(22)

где V – средняя скорость в сечении, расположенном ниже по течению за данным сопротивлением; ζ – безразмерный коэффициент местного сопротивления.

Значения коэффициентов местных сопротивлений зависят от конфигурации местных сопротивлений и режима потока.

Е. Гидравлический расчет длинных трубопроводов

Гидравлический расчет длинных трубопроводов предусматривает пренебрежение местными потерями и скоростными напорами. Потери по длине рассчитываются по формуле

$$H = S_0 Q^2 l,$$

(23)

где S_0 – удельное сопротивление трубы.

Гидравлический расчет длинных трубопроводов можно производить и по формуле

$$Q = K \sqrt{J},$$

(24)

где K – расходная характеристика трубы, зависящая от диаметра d и коэффициента шероховатости n ; $J = \frac{h_l}{l}$ – гидравлический уклон.

Сравнивая зависимости (23) и (24), можно отметить, что

$$S_0 = \frac{1}{K^2}.$$

(25)

Полную потерю напора в системе при последовательном соединении простых трубопроводов определяют по формуле

$$H = Q^2 \sum \frac{l_i}{K_i^2} = Q^2 \sum S_{oi} l_i,$$

(26)

где l_i , K_i , S_{oi} – соответственно длина, расходная характеристика, удельное сопротивление отдельных участков.

При параллельном соединении трубопроводов потери напора в отдельных ветвях разветвления равны

$$H_1 = H_2 = H_3 = H_4.$$

Расходы распределяются по отдельным ветвям в соответствии с зависимостью

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{K_1}{K_2} \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} = \sqrt{\frac{S_{02}l_2}{S_{01}l_1}}.$$

(27)

Если трубопроводы работают в неквадратичной области сопротивления, то потери напора определяются по формуле

$$H = \frac{Q^2}{(\Theta_1 K_{\text{KB}})^2} l = \Theta_2 S_{0\text{KB}} Q^2 l,$$

(28)

где Θ_1 и Θ_2 – поправки на неквадратичность, причем $\Theta_2 = \frac{1}{\Theta_1^2}$.

Ж. Истечение жидкости через отверстия и насадки

Расход жидкости при истечении при постоянном напоре из отверстий и насадков определяется следующей зависимостью:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH},$$

(29)

где $\mu = \varepsilon \varphi$ – коэффициент расхода; ε – коэффициент сжатия; φ – коэффициент скорости; ω – площадь выходного сечения отверстия или насадка; H – напор над центром отверстия или насадка.

Коэффициенты $\mu, \varepsilon, \varphi$ зависят от формы насадка, входной кромки отверстия, чисел Рейнольдса.

3. Гидравлический удар в трубопроводах

Величину повышения давления при гидравлическом ударе определяют по формуле Н. Е. Жуковского

$$\Delta P = \rho V C,$$

(30)

где ρ – плотность жидкости; C – скорость распространения ударной волны; V – скорость движения жидкости в трубе до повышения давления.

Скорость распространения ударной волны находят по формуле

$$C = \frac{\sqrt{\frac{E_{\text{ж}}}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{dE_{\text{ж}}}{\delta E_{\text{т}}}}},$$

(31)

где $E_{\text{ж}}$ – модуль упругости жидкости; $E_{\text{т}}$ – модуль упругости материала стенки трубы; d – диаметр трубы; δ – толщина стенки трубы.

И. Расчет технических характеристик насоса. Гидромашины

Работа насоса характеризуется следующими основными параметрами: подачей, напором, потребляемой мощностью, коэффициентом полезного

действия (КПД) и частотой вращения.

Подачей насоса Q называется объем жидкости, проходящий в единицу времени через напорный (выходной) патрубок.

Подача насоса зависит от геометрических размеров рабочей камеры, рабочего органа и скорости его движения, а также от утечек жидкости внутри насоса через неплотности между областями нагнетания и всасывания.

Рабочим объемом V_0 объемного насоса называется сумма разностей наибольшего и наименьшего значений объемов рабочих камер насоса за один оборот приводного вала.

Напором насоса H называется удельная (приходящаяся на единицу веса) энергия жидкости, приобретаемая при прохождении насоса:

$$H = \left(z_h + \frac{P_h}{\rho g} + \frac{\alpha_h v_h^2}{2g} \right) - \left(z_v + \frac{P_v}{\rho g} + \frac{\alpha_v v_v^2}{2g} \right), \quad (32)$$

где Z – положение центра крайнего поперечного сечения соответствующего патрубка насоса относительно плоскости сравнения; P и v – давление и средняя скорость жидкости в соответствующем патрубке (индекс « h » относится к напорному патрубку, « v » – к входному).

Давление насоса P определяется зависимостью

$$P = \rho g H, \quad ,$$

(33)

где ρ – плотность перекачиваемой жидкости; H – напор насоса.

Мощностью насоса N называется мощность, потребляемая насосом:

$$N = M\omega = M \frac{\pi n}{30}, \quad (34)$$

где M – крутящий момент на валу насоса; ω – угловая скорость вращения вала; n – частота вращения вала.

Полезной мощностью насоса N_{π} называется мощность, приобретаемая жидкостью при прохождении ею насоса:

$$N_{\pi} = \rho g Q H. \quad (35)$$

Отношение полезной мощности N_{π} к мощности насоса N называется коэффициентом полезного действия (КПД) насоса:

$$\eta = \frac{N_{\pi}}{N}. \quad (36)$$

3. УСЛОВИЯ ЗАДАЧ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

A. Основное уравнение гидростатики

Задача 1

Цилиндрический резервуар заполнен жидкостью, плотность которой $\rho_{ж} = 740 \text{ кг}/\text{м}^3$. К верхней части резервуара подключен

U-образный ртутный манометр, к нижней части резервуара подключен пьезометр (рис. 1). Определить давление на свободной поверхности P_0 и показания пьезометра h_2 , если показание ртутного манометра $h_1 = 90 \text{ мм}$, плотность ртути $\rho_{pt} = 13\,600 \text{ кг}/\text{м}^3$.

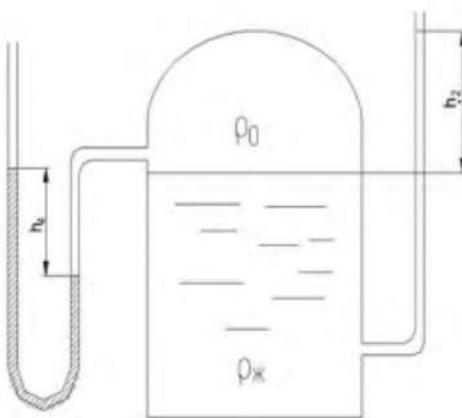
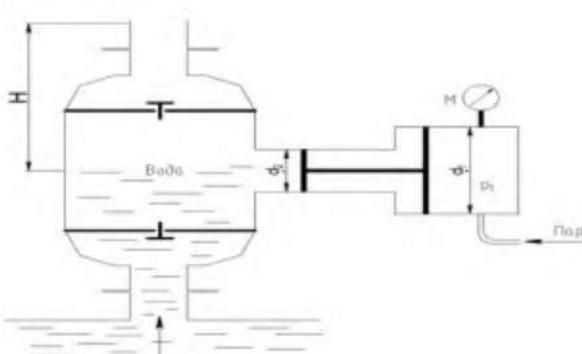


Рис. 1

Задача 2

В канале, подводящем воду к очистным сооружениям, установлен пневматический уровнемер с самопищущим манометром 3. Нижний конец трубы погружен в воду на величину $h_1 = 0,1 \text{ м}$. (рис. 2). В верхнюю часть трубы 1 по шлангу 2 подается воздух с постоянным расходом и под давлением, достаточным для его выхода в воду через нижний конец трубы 1. Определить глубину h воды в канале, если показание манометра $P_m = 12,26 \text{ Па}$. Плотность воды $\rho_{в} = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Задача 3



Определить давление пара P_1 в цилиндре поршневого парового насоса, необходимое для подачи воды на высоту $H = 55 \text{ м}$ (рис. 3). Диаметр цилиндра паровой машины $d_1 = 0,25 \text{ м}$, диаметр поршневого насоса $d_2 = 0,15 \text{ м}$.

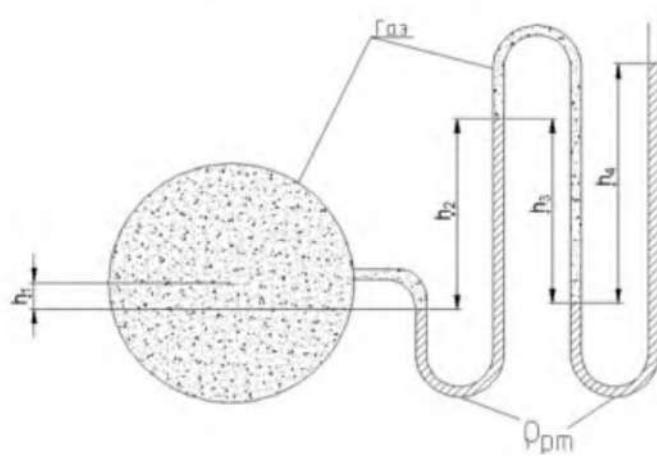


Рис. 3

Задача 4

К газопроводу подключен трехколенный газортутный манометр, среднее колено

которого заполнено газом. Определить абсолютное и избыточное давление в точке, лежащей на оси трубопровода, если известны: $h_1 = 150$ мм, $h_2 = 300$ мм, $h_3 = 200$ мм, $h_4 = 700$ мм (Рис. 4). Плотность ртути $\rho_{\text{pt}} = 13600$ кг/м³, плотностью газа пренебречь.

Рис. 4

Задача 5

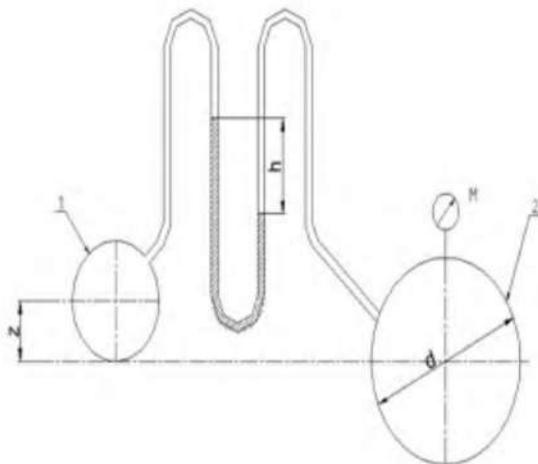


Рис. 5

Два трубопровода располагаются по осям относительно друг друга на высоте $z = 0,4$ м (рис. 5). К трубопроводам подсоединен ртутный манометр, который показывает перепад $h = 0,25$ м. Определить разность давлений в трубопроводах, а также давление P_1 в первом трубопроводе, если механический манометр, присоединенный ко второму трубопроводу диаметром $d = 0,3$ м, показывает давление $P_m = 340$ кПа. Плотность воды $\rho_w = 1000$ кг/м³, плотность ртути $\rho_{\text{pt}} = 13600$ кг/м³.

Б. Давление жидкости на плоские поверхности

Задача 1

Вход в водоотводящий канал перекрыт плоским затвором с плотностью материала $\rho_m = 2,6$ т/м³, размером $a \cdot a \cdot \delta$, где $a = 3$ м, $\delta = 0,08$ м (рис. 6). Глубина воды над верхней кромкой щита $h_1 = 1,4$ м, а в канале – $h_2 = 1,8$ м. Определить силу давления P и точку ее приложения. Вычислить силу T , необходимую для подъема затвора, если коэффициент трения в пазах $f = 0,5$.

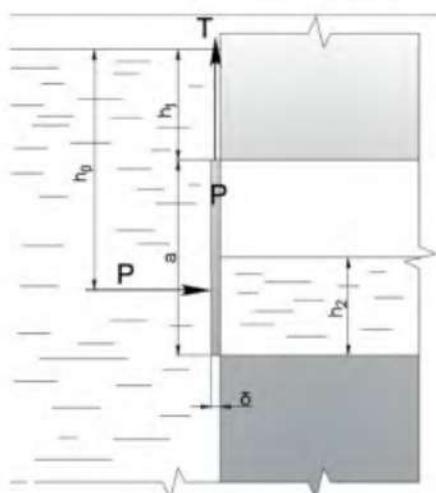


Рис. 6

Задача 2

Дисковый затвор диаметром $D = 1$ м, установленный в трубе под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту, закрывает выход воды из резервуара А в резервуар В (рис. 7). Определить величину внешнего начального момента M , необходимого для открывания затвора против часовой стрелки, с учетом момента трения в цапфах затвора диаметром $d = 150$ мм, если коэффициент трения скольжения в цапфах $f = 0,2$. Ось затвора располагается на расстоянии $h_1 = 1,2$ м от уровня воды в резервуаре А и на $h_2 = 2$ м от уровня воды в резервуаре В. Задачу решить в двух вариантах.

1. В трубе за затвором находится воздух под атмосферным давлением.
2. Труба за затвором заполнена водой.

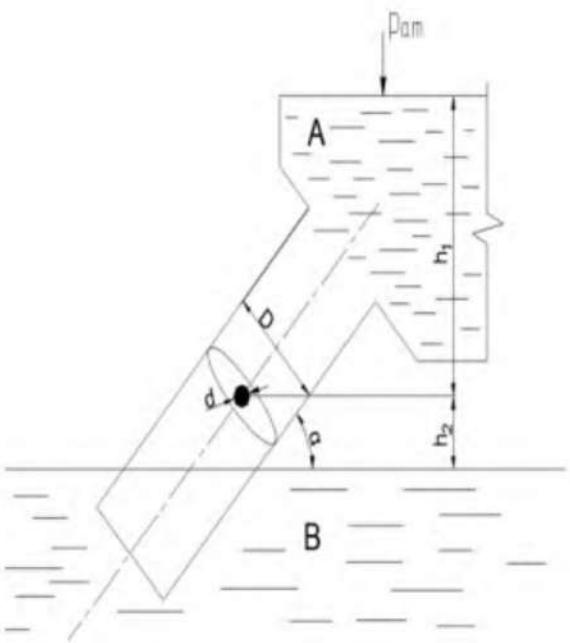
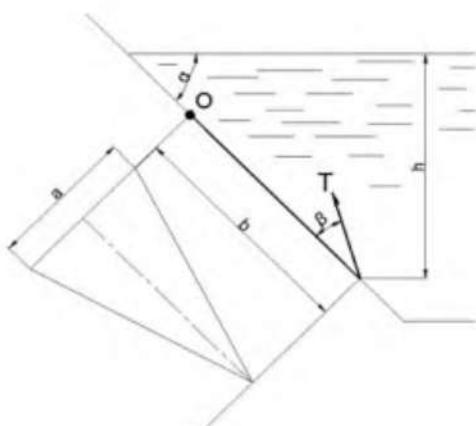


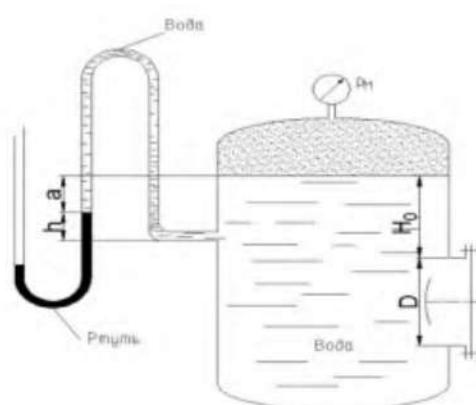
Рис. 7

Задача 3



Определить минимальное натяжение троса и величину реакции R_0 на оси О поворота щита, закрывающего треугольное отверстие в плоской стенке, наклоненной под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту (рис. 8). Ширина отверстия $a = 1,6$ м, высота $b = 2$ м. Низ отверстия заглублен на величину $h = 3$ м. Трос прикреплен к щиту под углом $\beta = 30^\circ$.

Рис. 8



Задача 4

Определить силу давления жидкости (воды) на крышку люка (рис. 9) диаметром

$D = 1$ м, в следующих двух случаях:

1. Показание манометра $P_m = 0,08$ МПа, H_0

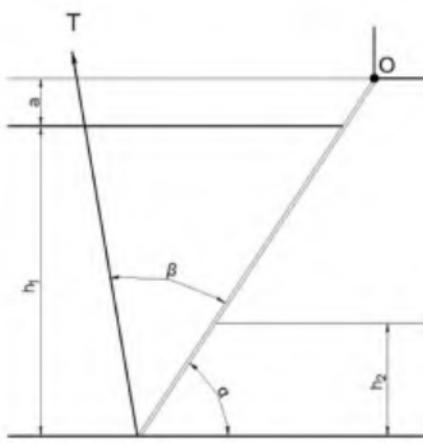
=

$$= 1,5 \text{ м};$$

2. Показание ртутного вакуумметра $h = 73,5 \text{ мм}$ при $a = 1 \text{ м}$; $\rho_{\text{pt}} = 13\,600 \text{ кг/м}^3$; $H_0 = 1,5 \text{ м}$.

Рис. 9

Задача 5



Определить силу давления воды на прямоугольный щит шириной $b = 3 \text{ м}$ и положение центра давления (от дна), если глубина воды слева от щита $h_1 = 3 \text{ м}$, а справа

$h_2 = 1,8 \text{ м}$ (рис. 10). Щит наклонен к горизонту под углом $\alpha = 60^\circ$. Найти начальное усилие T , которое нужно приложить к тросу, направленному под углом $\beta = 45^\circ$ к щиту, если вес щита $G = 600 \text{ Н}$. Трением в шарнире O пренебречь. Превышение шарнира над горизонтом воды $a = 0,3 \text{ м}$.

Рис. 10

В. Давление жидкости на криволинейные поверхности. Закон Архимеда

Задача 1

Круглое отверстие диаметром $D = 0,3 \text{ м}$ в дне резервуара с водой перекрыто полусферическим клапаном такого же диаметра. Вес клапана $G = 150 \text{ Н}$ (рис. 11). Вычислить:

1. Силу T , необходимую для поднятия клапана при уровне воды в резервуаре $h = 2 \text{ м}$, если $P_0 = P_{\text{атм}}$.
2. Уровень воды h , при котором клапан откроется автоматически, если $P_0 = P_{\text{вак}} = 10 \text{ кПа}$.

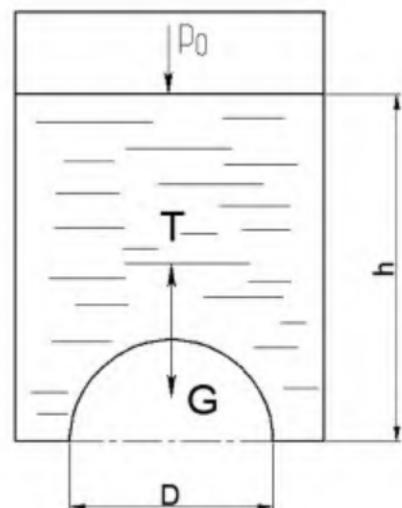


Рис. 11

Задача 2

Две соединенные внизу емкости заполнены жидкостью плотностью $\rho = 810 \text{ кг}/\text{м}^3$, левая – полностью, правая – на высоту $h = 2,5 \text{ м}$ (рис. 12). Вычислить силу суммарного гидростатического давления, которое действует на цилиндрическую поверхность ABCD. Ширина емкостей $b = 1 \text{ м}$, а радиус цилиндрической поверхности $R = 0,6 \text{ м}$. Определить центр давления h_D .

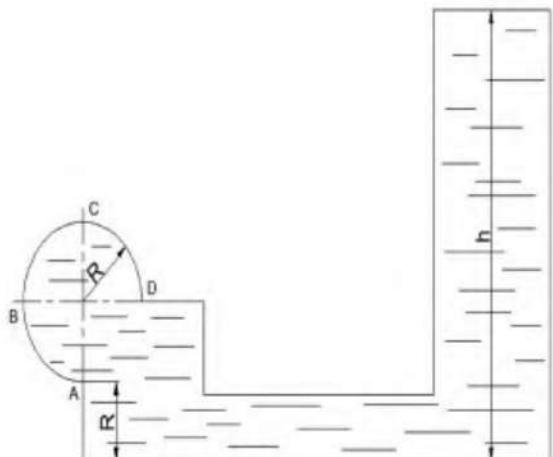


Рис. 12

Задача 3

Сегментный щит АВ радиусом $R = 5 \text{ м}$ перекрывает отверстие шириной $b = 7 \text{ м}$ (рис. 13). Центральный угол сектора $\alpha = 45^\circ$. Глубина воды перед щитом $h = 3 \text{ м}$. Определить силу гидростатического давления на щит и точку ее приложения h_D .

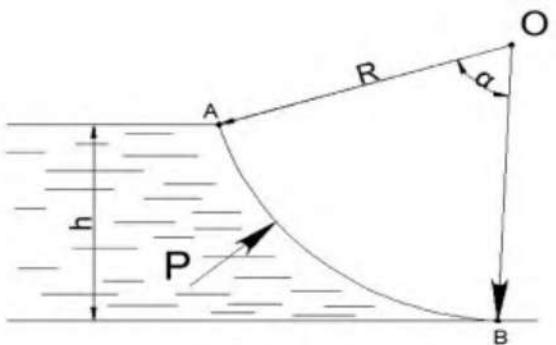


Рис. 13

Задача 4

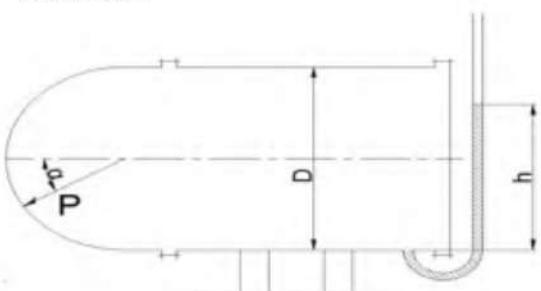
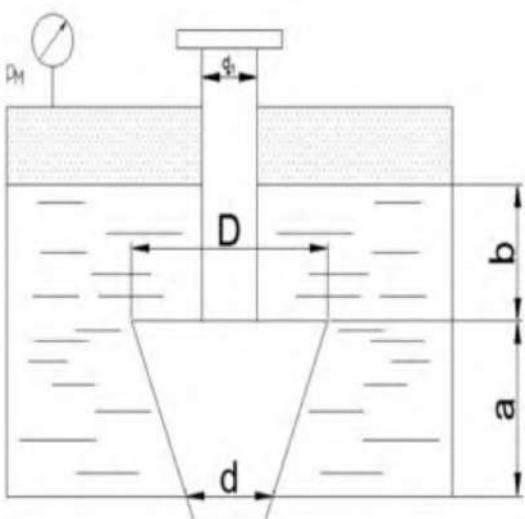


Рис. 14

Определить величину и направление силы давления жидкости плотностью $\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ на полусферическое днище цилиндрического сосуда диаметром $D = 1 \text{ м}$, если показание пьезометра равно $h = 0,7 \text{ м}$ (рис. 14). Найти положение центра давления h_D .



Задача 5

Отверстие в дне сосуда, содержащего масло плотностью $\rho = 830 \text{ кг}/\text{м}^3$, закрыто конической пробкой высотой $a = 0,1 \text{ м}$ и диаметрами оснований $D = 100 \text{ мм}$ и $d = 50 \text{ мм}$ (рис. 15). Пробка укреплена на штоке диаметром $d_1 = 25 \text{ мм}$, уровень масла расположен выше пробки на $b = 0,05 \text{ м}$, а показание манометра $P_m = 10 \text{ кПа}$.

Собственным весом пробки и трением в сальнике пренебрегаем. Определить:

- 1) начальное усилие, необходимое для подъема пробки;
- 2) давление P_m , при котором усилие P станет равным нулю.

Рис. 15

Г. Уравнение неразрывности. Уравнение Д. Бернулли для невязкой жидкости

Задача 1

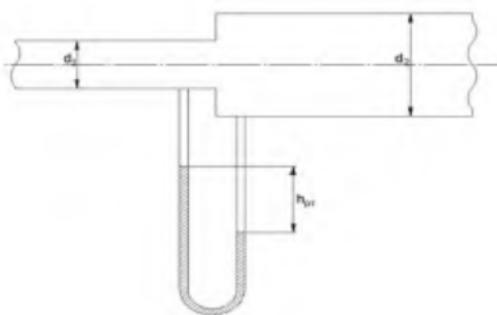


Рис. 16

Задача 2

При внезапном расширении трубопровода скорость жидкости в трубе меньшего диаметра равна $V_1 = 5 \text{ м/с}$ (рис. 17). Определить разность показаний пьезометров h , если отношение диаметров труб $D:d = 2$; потерями напора на трение пренебречь.

По трубопроводу, внезапно расширяющемуся от диаметра $d_1 = 100 \text{ мм}$ до диаметра $d_2 = 250 \text{ мм}$, протекает вода с расходом $Q = 85 \text{ м}^3/\text{ч}$ (рис. 16). Определить, какую разность уровней ртути покажет дифференциальный манометр при прямом и обратном направлении воды. Потерями напора на трение по длине пренебречь.

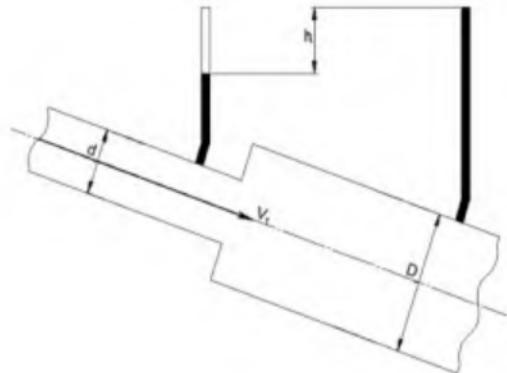


Рис. 17

Задача 3

Истечение воды из бака А происходит по системе труб переменного сечения (рис. 18). Пренебрегая сопротивлениями, определить скорость истечения, расход воды и построить пьезометрическую линию, если напор $H = 5 \text{ м}$, а диаметры труб $d_1 = 100 \text{ мм}$, $d_2 = 150 \text{ мм}$, $d_3 = 125 \text{ мм}$, $d_4 = 75 \text{ мм}$. Напор сохраняется постоянным.

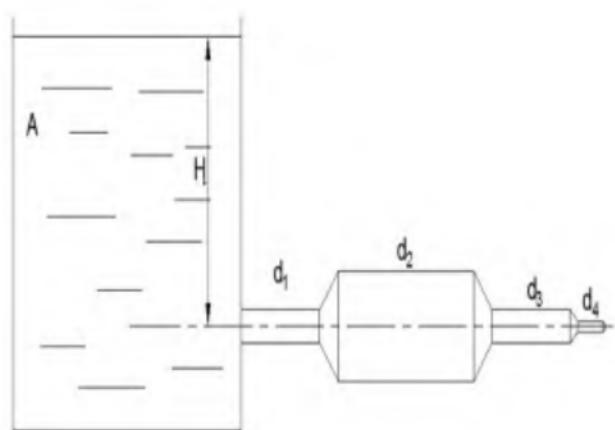


Рис. 18

Задача 4

Для размыва грунта в котловане применяется гидромонитор (рис. 19). Диаметр выходного отверстия сопла $d = 0,06$ м, диаметр трубопровода $D = 0,3$ м, давление в трубопроводе $P_m = 794,6$ кПа. Определить скорость истечения воды и расход. Гидравлическими потерями пренебречь.

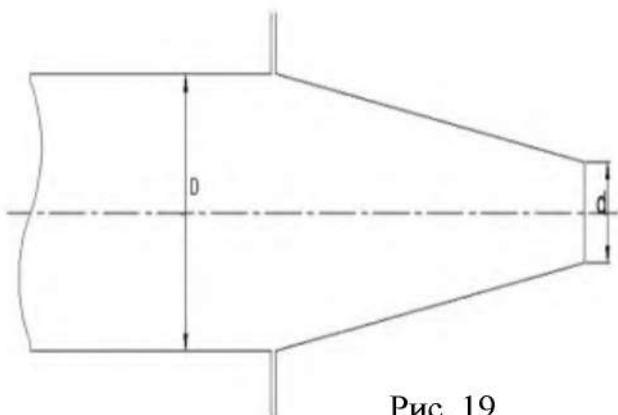


Рис. 19

Рис. 19

Задача 5

На нагнетательном патрубке вентилятора диаметром $d_1 = 0,2$ м, подающего воздух плотностью $\rho = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$ в количестве $Q = 0,83 \text{ м}^3/\text{с}$ при избыточном давлении $P_m = 1000$ Па, установлен диффузор с диаметром выходного сечения $d_2 = 0,4$ м (рис. 20). Определить давление воздуха на выходе из диффузора. Изменение плотности воздуха и потери в диффузоре не учитывать.

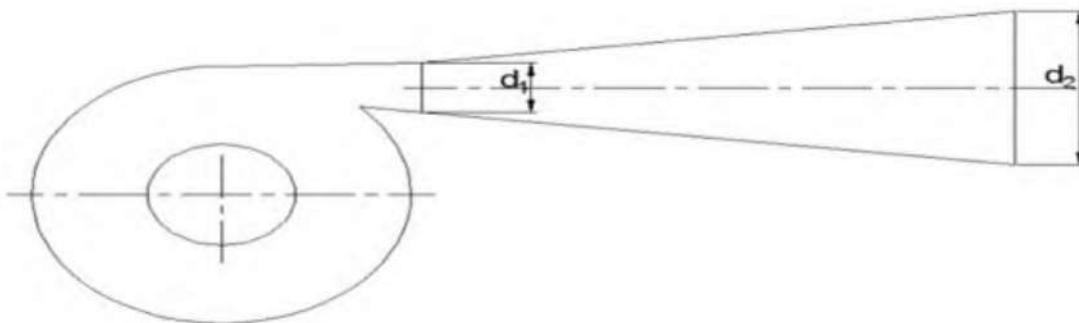
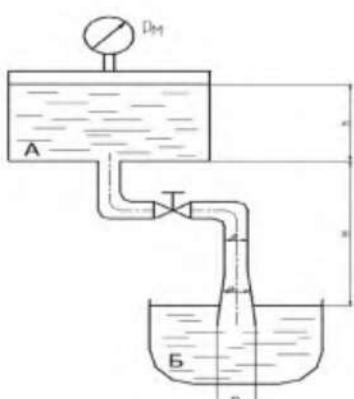


Рис. 20

Д. Уравнение Д. Бернуlli для потока вязкой несжимаемой жидкости

Задача 1



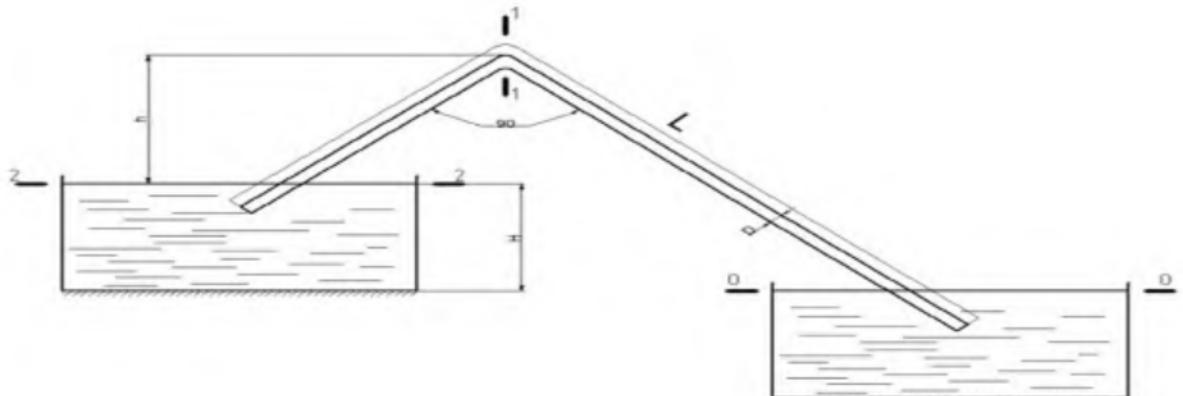
Вода перетекает из бака А в резервуар Б по трубе длиной $l = 2,5$ м и диаметром $d = 25$ мм, на которой установлены вентиль ($\zeta_v = 3,5$) и диффузор с углом $\alpha = 8^\circ$ и диаметром выходного отверстия $D = 75$ мм. Показания мановакуумметра $P_{вак} = 10$ кПа;

высота $H = 2,5$ м, $h = 2$ м. Определить расход Q с учетом всех местных сопротивлений и трения по длине ($\lambda = 0,03$). Вход в трубу без закруглений, радиус кривизны колен $R = 25$ мм. Взаимным влиянием сопротивлений пренебречь (рис. 21).

Рис. 21

Задача 2

Из верхнего резервуара в нижний поступает вода при $t = 45^{\circ}\text{C}$ по новому стальному сифонному трубопроводу диаметром $D = 25$ мм, длиной $l = 14$ м и расходом $Q = 0,5$ л/с. Расстояние от начала трубопровода до сечения 1–1 равно 4 м (рис. 22). Определить: 1. Разность уровней H в резервуарах; 2. Превышение наивысшей точки сифона над уровнем воды в верхнем резервуаре h при условии, что полное давление P_1 в сечении 1–1 не должно быть менее 50 кПа ($0,51 \text{ кгс}/\text{см}^2$); 3. Вакуум в наивысшей точке сифона при превышении ее отметки над уровнем воды в верхнем резервуаре



$$h = 2,5 \text{ м.}$$

Рис. 22

Задача 3

Вода перетекает из напорного бака А в резервуар Б через вентиль с коэффициентом сопротивления $\zeta_v = 3$ по трубе. Диаметры: $d_1 = 40$ мм, $d_2 = 60$ мм. Считая режим течения турбулентным и пренебрегая потерями на трение по длине, определить расход. Учесть потери напора при внезапных сужениях и расширениях. Высоты: $H_1 = 1$ м, $H_2 = 2$ м; избыточное давление в напорном баке $P_0 = 0,15 \text{ МПа}$ (рис. 23).

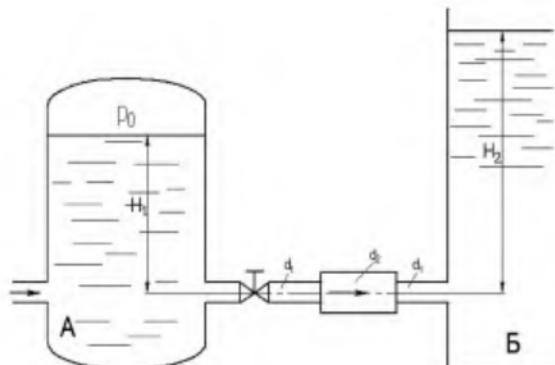


Рис. 23

Задача 4

Определить расход жидкости, вытекающей из трубы диаметром $d = 16$ мм через плавное расширение (диффузор) и далее по трубе диаметром $D = 20$ мм в бак. Коэффициент сопротивления диффузора $\zeta = 0,2$ (отнесен к скорости в трубе), показание манометра $P_m = 20$ кПа; высота $h = 0,5$ м; $H = 5$ м; плотность жидкости $\rho = 1000$ кг/м³. Учесть потери на внезапное расширение, потерями на трение пренебречь, режим течения считать турбулентным (рис. 24).

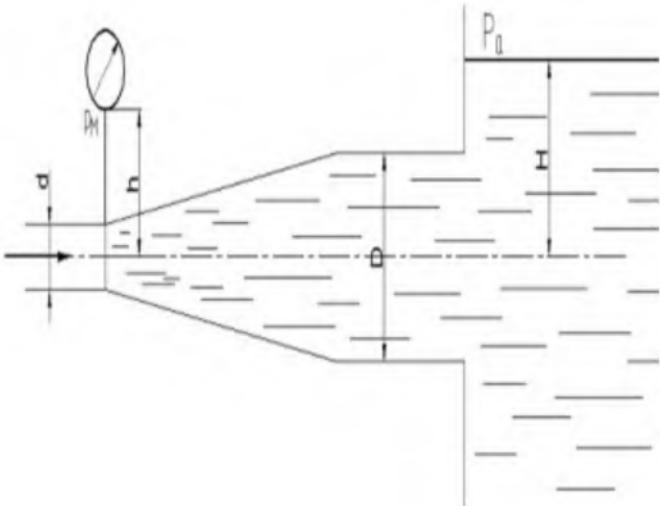
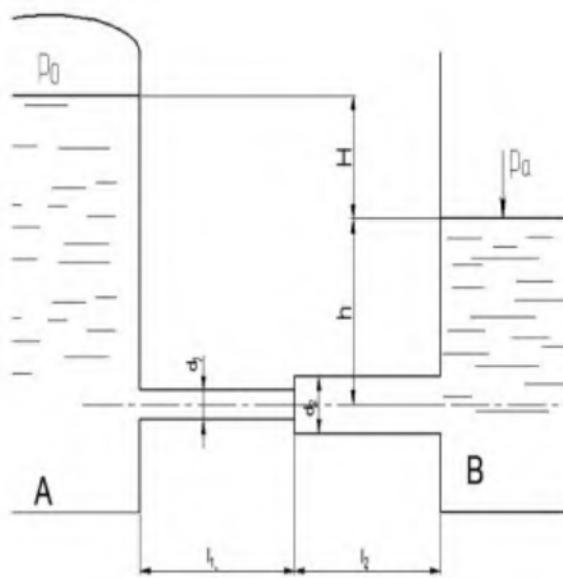


Рис. 24

Задача 5



Резервуары А и В соединены горизонтальной новой чугунной трубой переменного сечения с длинами участков $l_1 = 10$ м, $l_2 = 6$ м и диаметрами $d_1 = 50$ мм, $d_2 = 75$ мм (рис. 25). По трубе движется вода при температуре $t = 15$ °С и напоре $H = 8$ м. Определить: 1. Расход Q в трубопроводе (построить пьезометрическую линию, если в резервуаре А манометрическое давление на свободной поверхности воды $P_m = 0,02$ МПа (0,204 кгс/см²), а $h = 1$ м);

2. Полное давление P_0 на свободной

поверхности воды в резервуаре, необходимое для пропуска воды по трубе с расходом $Q = 10$ л/с и $h = 2$ м.

Рис. 25

Е. Гидравлический расчет длинных трубопроводов

Задача 1

Определить расходы воды у потребителей А, В, С водопроводной сети, если остаточные напоры у потребителей соответственно равны $h_{OA} = 30$

м,

$h_{OB} = 25$ м, $h_{OC} = 20$ м (рис. 26). Показание манометра, установленного после насоса, $P_m = 350$ кПа. Потребители расположены на одном уровне. Трубы водопроводные, нормальные. Диаметры труб: $d_1 = 0,2$ м, $d_2 = 0,15$ м, $d_3 = 0,1$ м. Длины труб: $l_1 = 800$ м, $l_2 = 400$ м, $l_3 = 600$ м. Местные потери не учитывать.

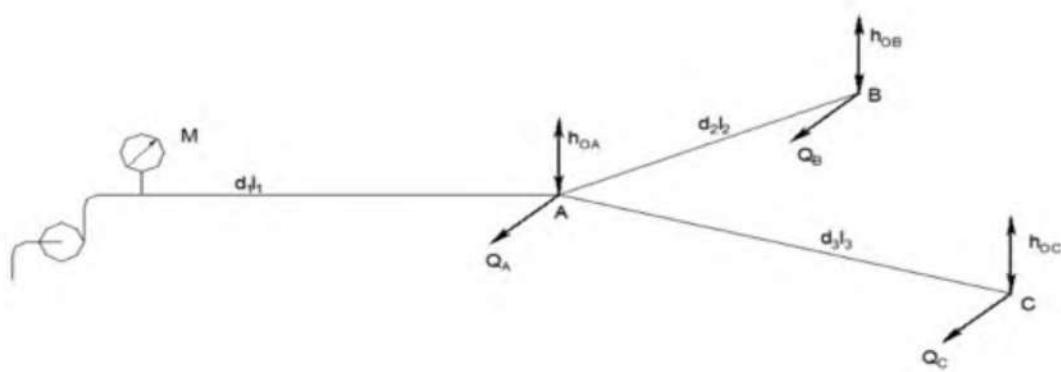


Рис. 26

Задача 2

Определить высоту водонапорной башни H питающей потребителей В и С соответствующими расходами $Q_B = 0,03 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_C = 0,04 \text{ м}^3/\text{с}$, а также распределение расхода по ветвям в кольце (рис. 27). Трубы водопроводные, нормальные. Диаметры труб: $d_1 = 0,25$ м, $d_2 = 0,2$ м, $d_3 = 0,15$ м, $d_4 = 0,2$ м. Длины труб: $l_1 = 600$ м, $l_2 = 400$ м, $l_3 = 550$ м, $l_4 = 700$ м. Местные потери принять равными 5 % от потерь по длине.

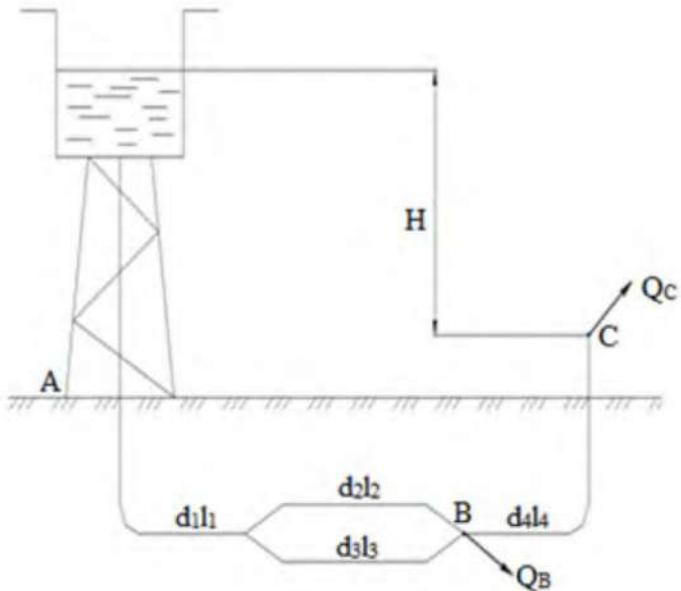


Рис. 27

Задача 3

От насосной установки по двум параллельным трубам диаметрами $d_1 = 100$ мм и $d_2 = 125$ мм и длинами: $l_1 = 400$ м, $l_2 = 420$ м вода подается двум потребителям А и В с расходами $Q_A = 0,022 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_B = 0,10 \text{ м}^3/\text{с}$.

Определить распределение расхода по ветвям в кольце Q_1 и Q_2 и

остаточный напор h_0 у потребителя B, если показание манометра в начале сети $P_m = 250 \text{ кПа}$, длина и диаметр трубы третьего участка $l_3 = 300 \text{ м}$ и $d_3 = 100 \text{ мм}$ (рис. 28). Трубы водопроводные, нормальные. Местные потери принять равными 10 % от потерь по длине.

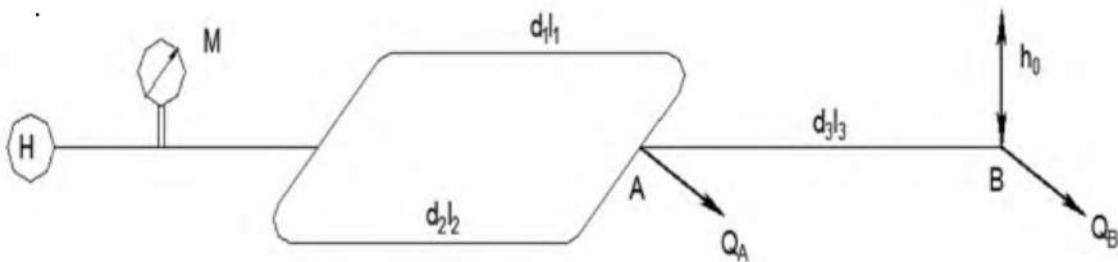
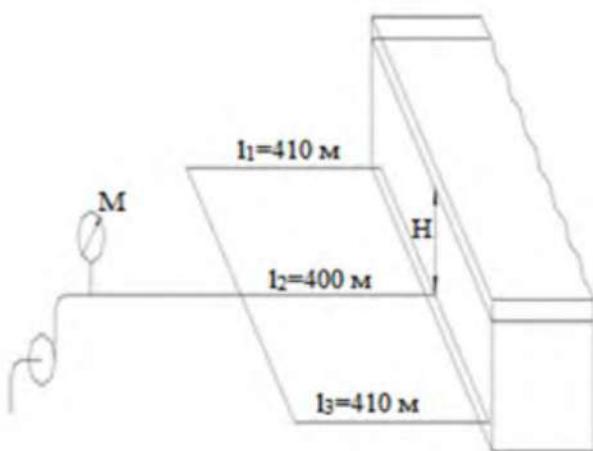


Рис. 28

Задача 4



Насос, имеющий подачу $Q = 0,02 \text{ м}^3/\text{с}$, перекачивает воду в резервуар по трем параллельно соединенным трубам трубопровода, диаметры которых равны $d_1 = 150 \text{ мм}$, $d_2 = 100 \text{ мм}$, $d_3 = 125 \text{ мм}$. Уровень воды в резервуаре $H = 2 \text{ м}$. Определить показание манометра, установленного на линии нагнетания. Трубы водопроводные, нормальные. Местные потери составляют 15 % от потерь по длине. Трубопроводы расположены в горизонтальной плоскости (рис. 29)

Рис. 29

Задача 5

Два цеха обогатительной фабрики С и Д питаются от насосной установки (рис. 30). Манометрическое давление у насоса равно $P_m = 250 \text{ кПа}$. Определить расход воды каждого цеха и пьезометрическую отметку цеха Д, если расход воды по магистральному трубопроводу от насоса $Q = 0,03 \text{ м}^3/\text{с}$, известны длины и диаметры участков: $l_1 = 500 \text{ мм}$, $l_2 = 200 \text{ мм}$, $l_3 = 400 \text{ мм}$; d_1

$= 200$ мм, $d_2 = 125$ мм, $d_3 = 150$ мм.

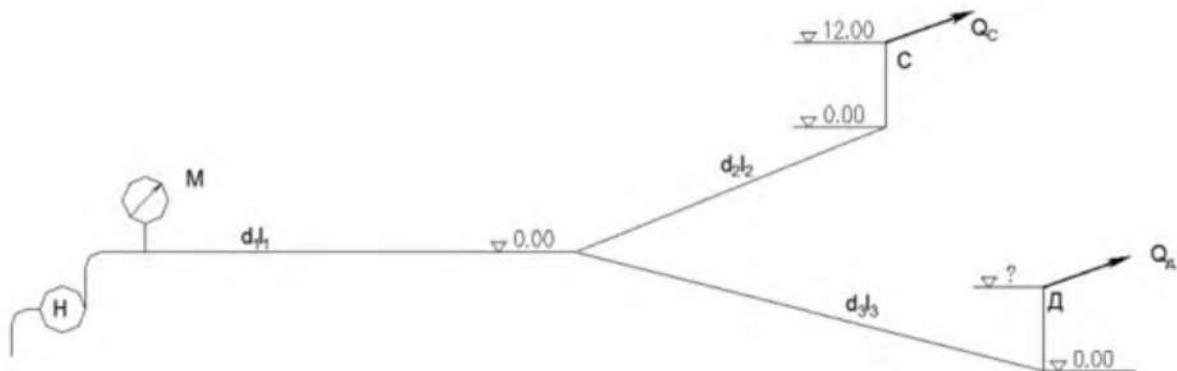


Рис. 30

Ж. Истечение жидкости через отверстия и насадки

Задача 1

В бак, разделенный тонкой перегородкой на два отсека, поступает вода с расходом $Q = 37$ л/с (рис. 31). В перегородке и дне каждого отсека имеются одинаковые отверстия диаметром $d = 10$ см. Определить расход через донные отверстия.

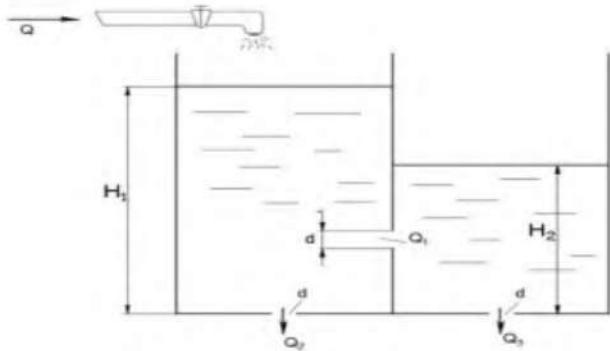


Рис. 31

Задача 2

Из бачка 1 вода через цилиндрический насадок диаметром $d_1 = 300$ мм поступает в правую часть бака (рис. 32). В перегородке, разделяющей бак на две части, имеется прямоугольное отверстие высотой $a = 0,4$ м и шириной $b = 0,2$ м. Напор над центром тяжести наружного отверстия диаметром $d = 400$ мм, $H = 4$ м. Определить расход Q и высоты расположения уровней в левой и правой частях бака, считая движение установившимся.

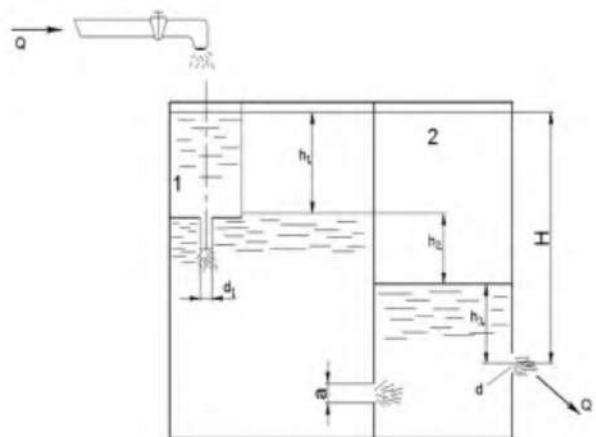


Рис. 32

Задача 3

При производстве земляных работ способом гидромеханизации для размыва грунта водой применяют гидромониторы (рис. 33). С целью увеличения выходной скорости струи гидромонитор снабжается коническим сходящимся насадком. Угол конусности насадка $\Theta = 13^{\circ}24'$. Определить скорость истечения и расход воды, если напор на выходе из насадка $H = 60$ м и диаметр выходного отверстия насадка $d = 0,035$ м.

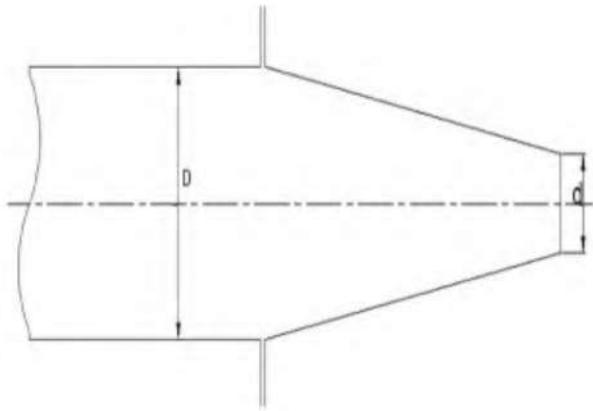
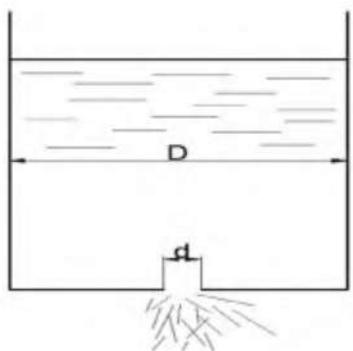


Рис. 33

Задача 4



Определить время t полного опорожнения цилиндрического резервуара с бензином. Диаметр $D = 2$ м. Высота столба бензина в резервуаре $H = 3,5$ м. Диаметр отверстия $d = 10$ см (рис. 34).

Рис. 34

Задача 5



Бак, применяемый для измерения расхода воды, вытекающей в атмосферу через круглое отверстие в тонкой стенке диаметром $d_2 = 200$ мм, снабжен для успокоения воды вертикальной перегородкой с двумя круглыми отверстиями равного диаметра $d = 100$ мм (рис. 35). Полный напор над центром тяжести наружного отверстия $H = 2$ м поддерживается постоянным. Определить расход воды Q , H_2 и перепад уровней ΔH .

Рис. 35

3. Гидравлический удар в трубопроводах

Задача 1

Вода в количестве $Q = 0,111 \text{ м}^3/\text{с}$ перекачивается центробежным насосом по стальному трубопроводу диаметром $d = 0,25 \text{ м}$, длиной $l = 1500 \text{ м}$, толщиной стенки $\delta = 4 \text{ мм}$. Определить минимально допустимое время закрытия задвижки, чтобы повышение давления вследствие гидравлического удара не превышало $\Delta P = 981 \text{ кПа}$. Модуль упругости стенок трубы $E_t = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ и воды $E_{ж} = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$.

Задача 2

Определить максимальное давление в горизонтальном трубопроводе длиной $l = 6,5 \text{ км}$ и время достижения ударной волной начала трубопровода при мгновенном закрытии затвора в его конце, где свободный напор $H_{cb} = 20 \text{ м}$, если трубы стальные, диаметром $D = 1400 \text{ мм}$ и толщиной стенок $\delta = 16 \text{ мм}$, а расход воды в трубопроводе $Q = 2,2 \text{ м}^3/\text{с}$.

Задача 3

В трубопроводе диаметром $D = 100 \text{ мм}$ и длиной $l = 1 \text{ км}$ в результате закрытия задвижки за $1,8 \text{ с}$ давление повысилось на величину $\Delta P = 0,5 \text{ МПа}$. Определить скорость движения воды в трубопроводе до закрытия задвижки, если трубы стальные с толщиной стенок $\delta = 6 \text{ мм}$.

Задача 4

Вода подается по трубопроводу длиной $l = 4 \text{ км}$ на высоту $h = 25 \text{ м}$ насосом с напором $H_n = 50 \text{ м}$; свободный напор в конце трубопровода $H_{cb} = 15 \text{ м}$. Определить необходимое время закрытия затвора при условии, что общее давление в трубопроводе при гидравлическом ударе не будет превышать $P = 0,7 \text{ МПа}$ ($7,14 \text{ кгс/см}^2$), если трубы стальные диаметром $D = 1200 \text{ мм}$ при толщине стенок $\delta = 15 \text{ мм}$.

Задача 5

Расход воды в трубопроводе длиной $l = 11 \text{ км} - 900 \text{ м}^3/\text{ч}$. Отметка в его начале $z_n = 10 \text{ м}$ и в конце $z_k = 30 \text{ м}$; свободный напор в конечной точке $H_{cb} = 10 \text{ м}$. Определить необходимое время закрытия затвора при условии, что в случае гидравлического удара в трубопроводе предельное давление не превысит значения $P = 1 \text{ МПа}$, если трубы стальные диаметром $D = 500 \text{ мм}$ и толщиной стенок $\delta = 10 \text{ мм}$.

И. Расчет технических характеристик насоса. Гидромашины

Задача 1

Для одного насоса были определены следующие величины: потребляемая мощность $N = 115 \text{ кВт}$, индикаторная мощность $N_i = 103 \text{ кВт}$,

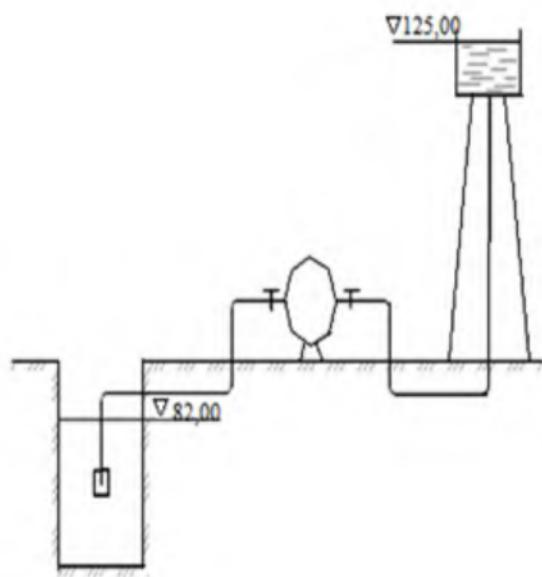
напор насоса $H = 225$ м, теоретическая производительность $Q_t = 45$ л/с, объемный КПД $\eta_o =$

$= 0,88$. Насос перекачивает мазут с удельным весом $\gamma = 945$ кг/м³. Определить полный КПД насоса (η), индикаторный КПД (η_i), гидравлический КПД (η_r), механический КПД (η_m), действительную производительность Q , полезную мощность насоса N_p , объемные потери q и гидравлические потери h_r .

Задача 2

Насос подает воду в количестве $Q = 100$ м³/ч из колодца в напорный бак по трубопроводу диаметром $d = 150$ мм. Геометрический напор $H_r = 32$ м. Определить полный коэффициент полезного действия насоса, если потребляемая им мощность $N = 14$ кВт, а полный коэффициент сопротивления

Задача 3



Определить напор насоса при следующих данных: производительность устанавливаемого насоса $Q = 72$ л/с, длина всасывающей линии $l_b = 45$ м, диаметр всасывающей линии $d_b = 300$ мм; длина нагнетательной линии $l_n = 360$ м, диаметр нагнетательной линии $d_n = 250$ мм. Отметка расчетного уровня воды в приемном колодце 82,00 (рис. 36). Отметка уровня воды в напорном баке 125,00. Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0,042$. Коэффициенты местных сопротивлений: $\zeta_{сетки} = 6,0$; $\zeta_{колена} = 0,22$; $\zeta_{крана} = 5,0$.

Рис. 36

Задача 4

В котельной механического завода установлено 5 паровых котлов, работающих при давлении 22 атм с паропроизводительностью 25 т/ч каждый. Питательные насосы должны иметь суммарную производительность, равную по меньшей мере трехкратной производительности всех работающих котлов, и развивать давление на 5 атм больше давления пара в котле. Определить мощность электродвигателя с запасом 10 % при условии установки в котельной четырех одинаковых агрегатов, приняв полный КПД насоса $\eta = 0,6$.

Задача 5

Насосом вода подается на высоту $H_r = 25$ м в количестве $Q = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$ по трубопроводу, потери напора в котором составляют $h_w = 6$ м. Определить мощность, потребляемую электродвигателем, непосредственно соединенным с насосом, приняв коэффициенты полезного действия насоса и электродвигателя соответственно равными $\eta = 0,7$ и $\eta = 0,95$.

Задача 6

Определить диаметр поршня, ход поршня, диаметр штока и потребляемую мощность поршневого насоса четверного действия, который перекачивает бензин в количестве $G = 12 \text{ кг/с}$. Число оборотов коленчатого вала $n = 85 \text{ об/мин}$, давление, развиваемое насосом, $P = 8 \text{ атм}$, полный КПД $\eta = 0,62$, объемный КПД $\eta_o = 0,97$, длина хода поршня $S = 2D$ (D – диаметр поршня) и диаметр штока $d = 0,2D$. Удельный вес бензина $\gamma_b = 0,75 \text{ кг/дм}^3$.

Задача 7

Определить число оборотов ротационно-поршневого насоса аксиального типа, если его производительность $Q = 3,5 \text{ л/с}$, диаметр поршеньков $d = 0,02 \text{ м}$, число поршеньков $z = 8$, расстояние между осями поршеньков $D = 0,08 \text{ м}$, объемный КПД насоса $\eta_o = 0,93$; угол наклона диска к горизонту $\alpha = 15^\circ$.

Задача 8

Центробежный насос производительностью $Q = 150 \text{ м}^3/\text{ч}$ при числе оборотов $n = 730 \text{ об/мин}$ развивает полный напор $H = 180 \text{ м вод. ст.}$ Определить необходимый запас напора на всасывающей линии, обеспечивающий отсутствие кавитации.

Задача 9

Центробежный насос производительностью $Q = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$, работающий с манометрическим напором $H = 70 \text{ м вод. ст.}$ при числе оборотов 2950 об/мин, установлен на высоте 1000 м над уровнем моря. Определить допустимую высоту всасывания при $t = 50^\circ\text{C}$, обеспечивающую отсутствие кавитации, если диаметр всасывающей линии $d = 125 \text{ мм}$, ее длина $l = 10 \text{ м}$, а эквивалентная длина $l_{\text{экв}} = 13,5 \text{ м}$. Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0,03$.

Задача 10

Винтовой насос, работающий с числом оборотов ведущего винта $n = 1460 \text{ об/мин}$, создает давление $P = 25 \text{ кг/см}^2$. Диаметр окружности выступов ведомого винта $d = 51 \text{ мм}$. Определить производительность насоса, а также полный коэффициент полезного действия, если известно, что потребляемая насосом мощность $N = 37 \text{ кВт}$. Проверить обеспечение условий бескавитационной работы насоса. При расчете принять объемный КПД $\eta_o = 0,8$ и гидравлический КПД $\eta_r = 1,0$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беленков Ю. А. Гидравлика и гидропневмопривод : учеб. пособие для вузов / Ю. А. Беленков, А. В. Лепешкин ; под ред. Ю. А. Беленкова. – М. : Экзамен, 2009. – 288 с.
2. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод : учеб. пособие для вузов / под ред. С. П. Стесина. – М. : Academia, 2008. – 336 с.
3. Кудинов А. А. Техническая гидромеханика : учеб. пособие для вузов / А. А. Кудинов. – М. : Машиностроение, 2008. – 368 с.
4. Некрасов Б. Б. Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу : учеб. пособие для вузов / Б. Б. Некрасов, И. В. Фатеев ; под ред. Б. Б. Некрасова. – Минск : Высш. шк., 2007. – 192 с.
5. Никитин О. Ф. Гидравлика и гидропневмопривод : учеб. пособие для вузов / О. Ф. Никитин. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 416 с.
6. Осипов П. Е. Гидравлика, гидравлические машины и гидропривод : учеб. пособие для вузов / П. Е. Осипов. – Липецк : Интеграл, 2006. – 424 с.
7. Сборник задач по гидравлике для технических вузов : учеб. пособие для вузов / под ред. И. И. Куколевского, Л. Г. Подвидза. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 488 с.
8. Схиртладзе А. Г. Гидравлика в машиностроении : учеб. для вузов : в 2 ч. / А. Г. Схиртладзе, В. И. Иванов, В. Н. Кареев. – Старый Оскол : ТНТ, 2011. – Ч.1. – 392 с.
9. Схиртладзе А. Г. Гидравлика в машиностроении : учеб. для вузов : в 2 ч. / А. Г. Схиртладзе, В. И. Иванов, В. Н. Кареев. – Старый Оскол : ТНТ, 2011. – Ч.2. – 496 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Плотность ρ и кинематический коэффициент вязкости v воды
в зависимости от температуры

t, °C	ρ , кг/м ³	$v \cdot 10^6$, м ² /с	t, °C	ρ , кг/м ³	$v \cdot 10^6$, м ² /с
4	1000,0	1,57	25	997,0	0,898
10	999,7	1,37	30	995,7	0,803
15	999,1	1,15	35	994,4	0,725
20	998,2	1,00	40	992,2	0,659

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Плотность некоторых жидкостей при различной температуре

Жидкость	Температура t , °C	Плотность ρ , kg/m ³
Масло минеральное	20	877–892
Бензин	15	680–740
Керосин	15	790–820
Нефть натуральная	15	700–900
Ртуть	0	13 596
Ртуть	20	13 546

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Среднее значение эквивалентной шероховатости k_s стенок труб из различных материалов

Вид труб	Состояние труб	k_s , мм
Бесшовные стальные трубы	Новые и чистые, тщательно уложенные	0,014
	После нескольких лет эксплуатации	0,2
Стальные сварные трубы	Новые и чистые	0,06
	С незначительной коррозией после очистки	0,15
	Умеренно заржавевшие	0,5
	Старые заржавевшие	1,0
Чугунные трубы	Новые асфальтированные	0,12
	Новые без покрытия	0,3
	Бывшие в употреблении	1,0
Бетонные трубы	Новые из предварительно напряженного бетона	0,03
	Бывшие в употреблении	0,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Значения поправки на неквадратичность θ_i
для расчета в переходной зоне гидравлического сопротивления

Вид труб	Значение коэффициента θ_1 при скорости V , м/с												
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
Новые стальные	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99
Новые чугунные	0,81	0,84	0,86	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,98	0,99
Нормальные	0,91	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

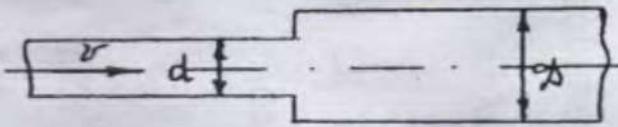
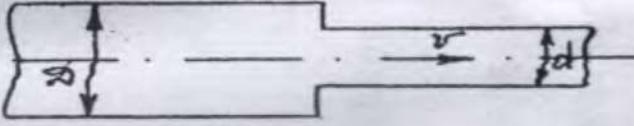
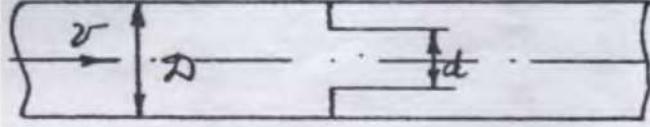
Величины скоростей, соответствующих границе квадратичной области
сопротивления в трубах

Вид труб	Диаметр труб, м
----------	-----------------

	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	1,0	1,4
Скорость, м/с, при превышении которой наступает квадратичная область									
Новые стальные	2,8	3,2	3,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4
Новые чугунные	2,5	2,8	3,1	3,3	3,4	3,5	3,6	3,8	4,0
Нормальные	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Расчетные формулы для определения коэффициентов местных сопротивлений при внезапном изменении сечения потока ζ

Схема сопротивления	Формула
Внезапное расширение трубопровода 	$h_{\text{exp}} = \zeta_{\text{exp}} \frac{v^2}{2g};$ $\zeta_{\text{exp}} = \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right]^2$
Внезапное сужение трубопровода 	$h_{\text{sc}} = \zeta_{\text{sc}} \frac{v^2}{2g};$ $\zeta_{\text{sc}} = \left(\frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} \right)^2;$ $\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2}$
Диафрагма в трубе постоянного сечения 	$h_g = \zeta_g \frac{v^2}{2g};$ $\zeta_g = \left(\frac{D^2}{d^2 \varepsilon} - 1 \right)^2;$ $\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2}$

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Значения коэффициентов местных сопротивлений некоторых видов и элементов трубопроводной арматуры

Тип сопротивления	ζ	Тип сопротивления	ζ
-------------------	---------	-------------------	---------

Вход в трубу	0,5	Вентиль (полное открытие)	3,00
Сетка на входе	5,0		
Обратный клапан на входе	4,5	Задвижка Лудло:	
Обратный клапан с сеткой на входе	10,0	полное открытие	0,15
		открытие на 70 %	0,45
Выход из трубы в резервуар больших размеров	1,0	открытие на 50 %	2,00
	0,3	открытие на 25 %	20,00
Колено с закруглением ($\alpha = 90^\circ$)	1,1		
Колено без закругления ($\alpha = 90^\circ$)			

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Значения расходных характеристик K_{KB} для труб в квадратичной зоне сопротивления

Диаметр, м	Новые стальные трубы	Новые чугунные трубы	Нормальные трубы
	$K_{KB}, \text{м}^3/\text{с}$	$K_{KB}, \text{м}^3/\text{с}$	$K_{KB}, \text{м}^3/\text{с}$
0,05	0,01010	0,009947	0,008313
0,075	0,02970	0,02927	0,02477
0,100	0,06373	0,06285	0,05361
0,125	0,1151	0,1135	0,09739
0,150	0,1863	0,1839	0,1584
0,200	0,3980	0,3930	0,3408
0,250	0,7163	0,7076	0,6164
0,300	1,157	1,143	0,9993
0,350	1,735	1,715	1,503
0,400	2,463	2,435	2,140
0,450	3,354	3,316	2,920
0,500	4,423	4,374	3,857
0,600	7,131	7,058	6,239
0,700	10,674	10,560	9,362
0,800	15,132	14,973	13,301
0,900	20,587	20,373	18,129
1,000	27,111	26,832	23,911
1,000	34,769	34,416	30,709
1,200	43,650	43,211	38,601
1,300	53,769	53,232	47,604
1,400	62,226	64,581	57,807

Примечание. «Нормальными» условно называют металлические трубы после нескольких лет эксплуатации, когда инкрустация на стенках приводит к сглаживанию разницы шероховатости чугунных и стальных труб.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Значения коэффициентов расхода μ , скорости φ , сжатия ε и сопротивления ξ отверстий и насадок

Отверстие или насадок	μ	φ	ε	ξ
Малое круглое отверстие в тонкой стенке	0,62	0,97	0,64	0,06

Цилиндрический насадок:				
внешний	0,82	0,82	1	0,5
внутренний	0,707	0,707	1	1
Конический насадок:				
Сходящийся ($\Theta = 13^{\circ}24'$)	0,94	0,96	0,98	0,09–0,06
Расходящийся ($\Theta = 5–7^{\circ}$)	0,45	0,45	1	4–3
Коноидальный насадок	0,98	0,98	1	0,04

ГИДРОМЕХАНИКА

**Методические указания и задания к выполнению контрольной работы
для студентов специальностей 130403.65, 180405.65
заочной формы обучения**

Александрова Лариса Николаевна

**Главный редактор *Л. А. Суевалова*
Редактор *Л. С. Бакаева***

**Подписано в печать 00.00.12. Формат 60x84 1/16. Бумага писчая. Гарнитура «Таймс».
Печать цифровая. Усл. печ. л. 1,86 . Тираж 250 экз. Заказ**

**Издательство Тихоокеанского государственного университета.
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.
Отдел оперативной полиграфии издательства Тихоокеанского государственного университета.
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.**