

Размещено на сайте zadachi24.ru

**Министерство образования
Российской Федерации**

**Хабаровский государственный технический
университет**

**ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА
ЖИДКОСТИ И ГАЗА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ №1

*Хабаровск
Издательство ХГТУ
2007*

УДК 532:533

Прикладная механика жидкости и газа: Методические указания и задания к контрольной работе №1 для студентов заочного обучения специальности 290300/ Сост. Л.Н. Александрова, Г.А. Волосникова. Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 2007- 36 с.

Методические указания составлены на кафедре "Гидравлика, водоснабжение и водоотведение" и предназначены для студентов-заочников специальности "Промышленное и гражданское строительство". Указания содержат краткие основные сведения и варианты задач к контрольной работе №1 по основным разделам общего курса механики жидкости и газа. В приложениях приведены материалы справочного характера, необходимые для решения задач.

Печатается в соответствии с решениями кафедры "Гидравлика, водоснабжение и водоотведение" и методического совета института архитектуры и строительства.

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Цель контрольных заданий — способствовать более глубокому усвоению студентами-заочниками основных положений механики жидкости и газа и приобретению навыков в решении практических задач.

Механика жидкости и газа является одной из фундаментальных дисциплин строительных специальностей. Знание ее законов необходимо будущим специалистам при решении вопросов охраны, окружающей среды и общего строительства (при проектировании сетей и сооружений систем водоснабжения и водоотведения, для расчета транспортирования строительных растворов по трубам, конструирования насосов, компрессоров и т.п.).

Курс механики жидкости и газа изучается студентами специальности "Промышленное и гражданское строительство" в течение двух семестров. В соответствии с учебным планом студенты выполняют две контрольные работы, состоящие из пяти задач каждая, и сдают два зачета.

Первая контрольная работа включает задачи по общему курсу механики жидкости и газа, являющемуся по существу единым для студентов всех инженерно-технических специальностей вузов. Для специальности "Промышленное и гражданское строительство" общий курс дополняется несколько меньшим по объему специальным курсом, отражающим специфические для инженеров-строителей прикладные вопросы (гидравлика открытых русел и сооружений, расчет безнапорных трубопроводов, движение грунтовых вод, гидротранспорт грунта). Задачи контрольной работы № 2 охватывают разделы специальной части курса.

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. Список рекомендуемой литературы (с примерами решения типовых задач) приведен 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. Перед решением задачи имеет смысл выяснить, какое давление — абсолютное или избыточное — лучше ввести в расчетные уравнения. Решение задачи должно сопровождаться краткими пояснениями. Рекомендуется по возможности сразу оценивать степень реальности получаемых в результате промежуточных вычисления величин (скоростей, расходов, давлений, напоров и др.).

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

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 1

Контрольная работа № 1 состоит из задач десяти разделов. Номера задач к контрольной работе выбираются в соответствии с последней цифрой зачетной книжки студента по таблице.

Последняя цифра зачетной книжки	Обозначения разделов и номера задач				
	0	A1	B1	D1	Ж1
1	A2	B2	D2	Ж2	И2
2	A3	B3	D3	Ж3	И3
3	A4	B4	D4	Ж4	И4
4	A5	B5	D5	Ж5	И5
5	B1	Г1	Е1	31	К1
6	B2	Г2	Е2	32	К2
7	B3	Г3	Е3	33	К3
8	B4	Г4	Е4	34	К4
9	B5	Г5	Е5	35	К5

А. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Сопротивление жидкостей изменению своего объема характеризуется коэффициентами объемного сжатия температурного расширения Коэффициент объемного сжатия β_p , Па⁻¹,

относительное изменение объема жидкости на единицу изменения давления:

$$\beta_p = \frac{\Delta w}{w \Delta p}$$

где Δw -изменение объема W , соответствующее изменению давления на величину Δp
Коэффициент температурного расширения β , °С, выражает относительное изменение объема жидкости при изменении температуры на 1 градус:

$$\beta = \frac{\Delta w}{w \Delta t},$$

где ΔW — изменение объема W , соответствующего изменению температуры на величину Δt .
Зависимость плотности газов от давления и температуры устанавливается уравнением Клапейрона:

$$\rho = \frac{p}{RT},$$

где p — абсолютное давление; R — газовая постоянная, различная для разных газов, но не зависящая от температуры и давления; T — абсолютная температура.

Б. ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ ГИДРОСТАТИКИ

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

$$p = \lim \frac{\Delta p}{\Delta \omega},$$

где p — давление в точке; Δp — нормальная сила, действующая на площадку; ω —площадь элементарной площадки.

В заданной точке покоящейся жидкости давление рассчитывается согласно основному уравнению гидростатики:

$$p = p_0 + \rho gh$$

где p — полное или абсолютное давление в точке покоящейся жидкости; p_0 — давление на поверхности жидкости; ρ — плотность жидкости; h — глубина погружения точки в жидкость. В открытом резервуаре абсолютное давление в точке покоящейся жидкости на глубине h

$$p_{абс} = p_{ам} + \rho gh$$

где $p_{ам}$ — атмосферное давление на поверхности жидкости.

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

$$p_{изб} = p_{абс} - p_{ам} = \rho gh$$

Давление, не достающее до атмосферного, называется вакуумметрическим:

$$p_{вак} = p_{ам} - p_{абс}$$

При решении задач по определению давления в покоящейся жидкости пользуются условиями равновесия жидкости относительно плоскости уровня.

В. ДАВЛЕНИЕ ЖИДКОСТИ НА ПЛОСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Для определения силы абсолютного давления жидкости на плоские стенки пользуются зависимостью

$$p_{абс} = (p_0 + \rho gh_c)\omega$$

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 $p_{изб} = \rho gh_c\omega$ приложена в точке, называемой центром давления. Координата центра давления определяется по формуле

$$y_D = y_c + \frac{J_0}{y_c\omega}$$

где y_c — координата центра стенки; J_c — центральный момент инерции стенки; ω — площадь смоченной стенки.

Г. ДАВЛЕНИЕ ЖИДКОСТИ НА КРИВОЛИНЕЙНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ. ЗАКОН АРХИМЕДА

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

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$$

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

$$P_x = \rho g h_c^{np} \omega^{np}$$

где h_c^{np} — глубина погружения центра тяжести вертикальной проекции криволинейной поверхности; ω^{np} — площадь вертикальной проекции.

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

$$P_z = \rho g w_{m\partial}$$

где $w_{m\partial}$ — 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 :

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

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_u ; она направлена вверх и равна весу вытесненной телом жидкости

$$P_u = \gamma W$$

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

Д. УРАВНЕНИЕ НЕРАЗРЫВНОСТИ. УРАВНЕНИЕ Д.БЕРНУЛЛИ ДЛЯ НЕВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

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

$$Q = V_1 \omega_1 = V_2 \omega_2 = const$$

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 вязкой жидкости - одно из основных уравнений гидравлики - имеет следующий вид:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_{w1-2}$$

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.

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

Е. РЕЖИМЫ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

При вычислении потерь напора необходимо различать 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

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

где V - средняя скорость движения жидкости; d - внутренний диаметр трубы; ν - кинематический коэффициент вязкости.

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

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

$$h_l = \lambda \frac{lV^2}{d2g}$$

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:

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

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

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

где k_s - эквивалентная шероховатость трубы

При $\text{Re} < 10 \frac{d}{k_s}$ — имеет место область гладких труб, шероховатость не влияет на потери напора,

а формула для определения λ примет вид

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

При $10 \frac{d}{k_s} < \text{Re} < 500 \frac{d}{k_s}$ — потери напора зависят от числа

Рейнольдса и шероховатости, наблюдается область докватричного сопротивления. Расчеты коэффициента λ следует вести по формуле (21).

При $\text{Re} > 500 \frac{d}{k_s}$ — имеет место область квадратичного сопротивления. В формуле (21)

пренебрегаем первым слагаемым, и она принимает вид

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

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

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

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.

Ж. УРАВНЕНИЕ Д. БЕРНУЛЛИ ДЛЯ ПОТОКА ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ

В данном разделе приведены задачи по расчету простых коротких трубопроводов. Для использования уравнения Д. Бернулли (17) 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. 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 $H = f_2(d)$.

3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДЛИННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

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

$$H = S_0 Q^2 l$$

где S_0 - удельное сопротивление трубы.

Гидравлический расчет длинных трубопроводов можно

производить и по формуле

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

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

Сравнивая зависимости (25) и (26), можно отметить, что

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

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

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

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

$$H_1 = H_2 = H_3 = H_i$$

Расходы распределяются по отдельным ветвям в соответствии с зависимостью

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{K_1}{K_2} \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} = \sqrt{\frac{S_{o2} l_2}{S_{o1} l_1}}$$

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

$$H = \frac{Q^2}{(\Theta_1 \cdot K_{кв})^2} l = \Theta_2 S_{0кв} Q^2 l$$

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

И. ИСТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ОТВЕРСТИЯ И НАСАДКИ

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

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

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, от чисел Рейнольдса.

К. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР В ТРУБАХ

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

$$\Delta p = \rho V C$$

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

$$C = \frac{\sqrt{\frac{E_{ж}}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{d}{\delta} \cdot \frac{E_{ж}}{E_T}}}$$

где $E_{ж}$ - модуль упругости жидкости; E_m - модуль упругости материала стенки трубы; d - диаметр трубы; δ - толщина стенки трубы.

3. УСЛОВИЯ ЗАДАЧ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 1

А. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Задача № 1

В отопительный котел поступает вода с расходом $Q = 5,56 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ при температуре $t_1 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$. Сколько воды будет выходить из котла, если нагрев производится до температуры $t_2 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$?

Задача № 2

Трубопровод длиной $l = 90 \text{ м}$ и внутренним диаметром $d = 0,8 \text{ м}$ перед гидравлическим испытанием заполнен водой, находящейся под атмосферным давлением. Определить, сколько надо добавить в трубопровод воды, чтобы давление в нем повысить до $p_2 = 2 \text{ МПа}$? Температура воды $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Задача № 3

В вертикальном цилиндрическом резервуаре диаметром $d = 4 \text{ м}$ хранится 100т нефти плотностью $\rho = 850 \text{ кг/м}^3$ при температуре $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить колебание уровня в резервуаре при колебании температуры нефти от 0 до $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Расширение резервуара не учитывать. Коэффициент температурного расширения нефти принять равным $P = 0,00072 \text{ К}^{-1}$.

Задача № 4

Компрессор сжимает атмосферный воздух с давлением $p_1 = 100 \text{ кПа}$ до абсолютного давления $p_2 = 600 \text{ кПа}$. Определить, во сколько раз уменьшается объём воздуха, если в процессе сжатия происходит повышение температуры от 20 до $78 \text{ }^\circ\text{C}$?

Задача № 5

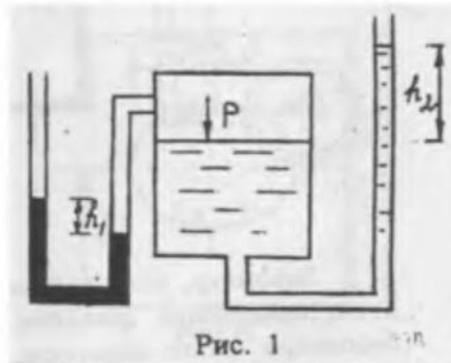
Поршневой компрессор всасывает атмосферный воздух при давлении $p_0 = 100 \text{ кПа}$ и температуре $t_0 = 17 \text{ }^\circ\text{C}$

в количестве $Q = 8,33 \cdot 10^2 \text{ м}^3/\text{с}$ и нагнетает его в резервуар ёмкостью $W_0 = 12 \text{ м}^3$. Через сколько минут давление в резервуаре поднимется до $p_1 = 600 \text{ кПа}$, если при сжатии температура воздуха повышается до $t_0 = 87 \text{ }^\circ\text{C}$?

Б. ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ ГИДРОСТАТИКИ

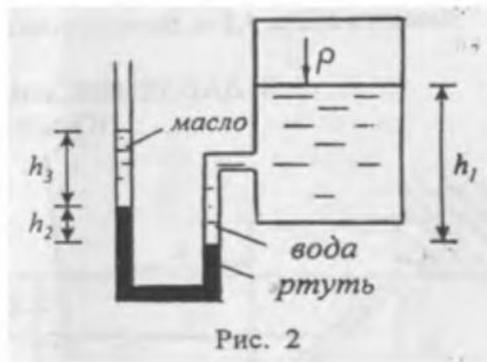
Задача №1

Определить величину давления p в котле и пьезометрическую высоту h_2 , если высота поднятия ртути в ртутном манометре $h_1 = 0,12$ м (рис. 1). Плотность ртути $\rho_{рт} = 13550$ кг/м³.



Задача №2

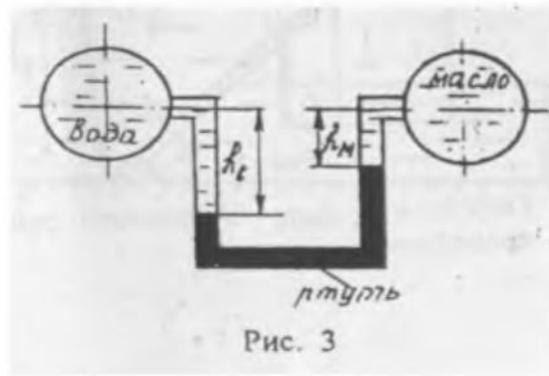
Определить избыточное давление p в сосуде по показанию жидкостного манометра, если в левом открытом колене над ртутью налито масло, а в правом - вода (рис. 2). $h_1 = 1,6$ м, $h_2 = 0,4$ м, $h_3 = 0,14$ м. Плотность масла $\rho_m = 890$ кг/м³, ртути $\rho_{рт} = 13550$ кг/м³.



Задача №3

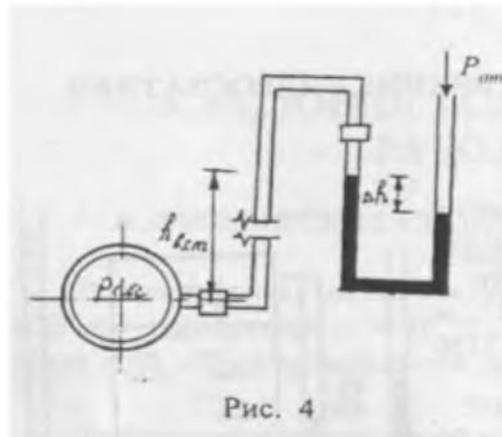
Определить разность давлений в центрах закрытых сосудов (рис. 3), если высоты уровней воды и масла от центра сосуда до уровня ртути в U-образной трубке соответственно равны $h_в = 0,37$ м и $h_м = 0,32$ м,

плотность масла $\rho_m = 890$ кг/м³, ртути $\rho_{рт} = 13550$ кг/м³



Задача № 4

Определить абсолютное давление воды в трубопроводе, если U-образный ртутный манометр показал перепад $Ah = 0,5$ м. Атмосферное давление $p_{ат} = 100$ кПа, высота водяного столба $h_{cm} = 1,36$ м (рис. 4). Плотность ртути $\rho_{рт} = 13550$ кг/м³.



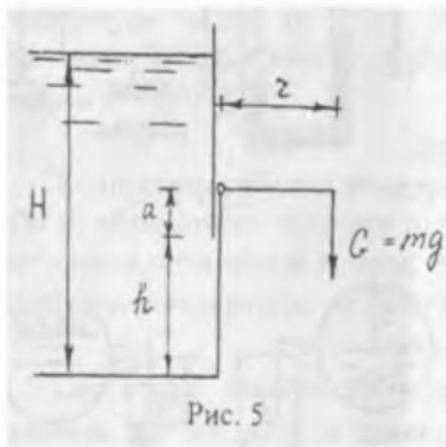
Задача № 5

Барометр, установленный на первом этаже многоэтажного дома, показывает давление 98,5 кПа. Каковы будут показания барометра после переноса его на девятый этаж, если высота каждого этажа 4,5 м, плотность воздуха $\rho_e = 1,2$ кг/м³?

В. ДАВЛЕНИЕ ЖИДКОСТИ НА ПЛОСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

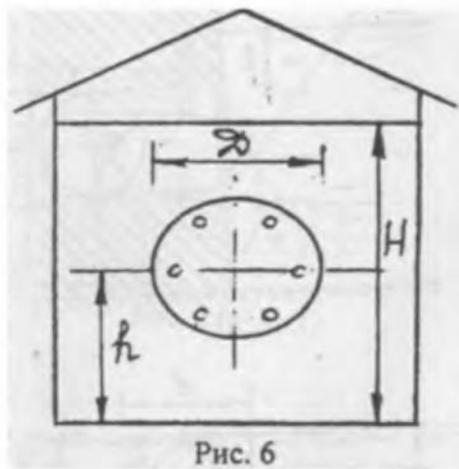
Задача №1

В боковой стенке резервуара (рис. 5) имеется прямоугольное отверстие шириной $b=1,2$ м и высотой $h = 1$ м, которое закрыто щитом, вращающимся вокруг оси 0 и прижимаемым грузом массой m . Длина рычага $r = 1,5$ м. Глубина воды в резервуаре $H=3,2$ м. Возвышение оси вращения щита над верхней кромкой отверстия $a = 0,2$ м. Определить силу G . Массой рычага и трением в подшипниках пренебречь.



Задача №2

Для хранения бензина в гараже служит резервуар (рис. 6). Высота столба бензина $H = 5$ м. Плотность бензина $\rho = 725$ кг/м³. Для возможности осмотра резервуара в процессе его эксплуатации имеется лаз, который закрывается крышкой. Диаметр лаза $D = 0,8$ м. Расстояние от его центра тяжести до дна $h = 0,9$ м. Крышка прикрепляется болтами, количество болтов $n = 6$. Определить диаметр болтов, прикрепляющих крышку лаза, если допустимое напряжение на разрыв для болтов $\sigma = 15$ МПа.



Задача №3

Определить силу давления воды на прямоугольный щит (рис. 7) и положение центра давления. Глубина воды перед щитом $h_1 = 3$ м, за щитом - $h_2 = 1,8$ м, ширина щита $B = 3$ м. Найти начальное усилие T , которое нужно приложить к тросу, направленному под углом 45° к щиту, если масса щита $m = 50$ кг. Трением в шарнире O пренебречь. Превышение шарнира над горизонтом воды $a = 0,3$ м. Угол наклона щита к горизонту 60° .

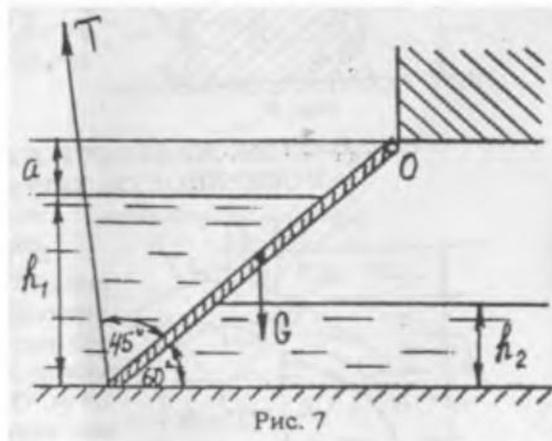


Рис. 7

Задача № 4

Определить усилие T , которое нужно приложить к тросу для открытия плоской круглой крышки, закрывающей отверстие диаметром $D = 0,6$ м (рис. 8). Крышка может вращаться вокруг шарнира А. Напор воды на уровне шарнира А $h = 0,2$ м. Угол наклона троса $\alpha = 30^\circ$

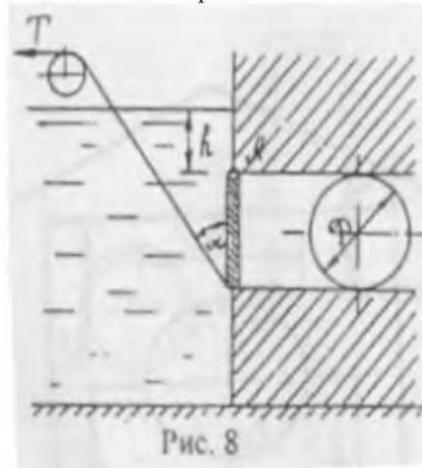
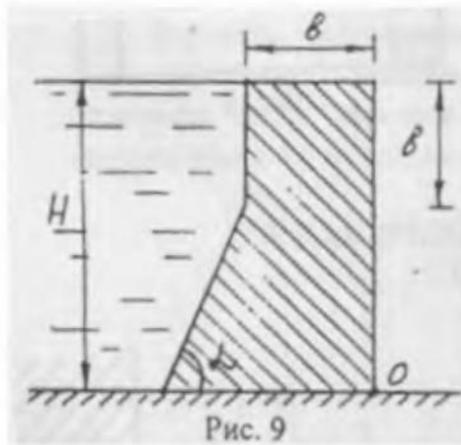


Рис. 8

Задача № 5

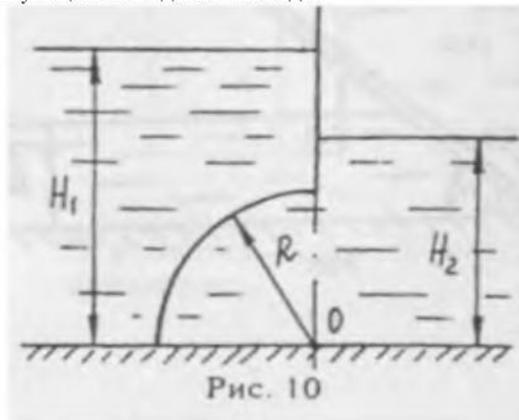
Найти вертикальную и горизонтальную составляющие силы давления воды на 1 м длины плотины (рис. 9), а также опрокидывающий момент относительно точки O, если $H = 5$ м, $b = 1$ м, $\alpha = 60^\circ$.



Г. ДАВЛЕНИЕ ЖИДКОСТИ НА КРИВОЛИНЕЙНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ. ЗАКОН АРХИМЕДА

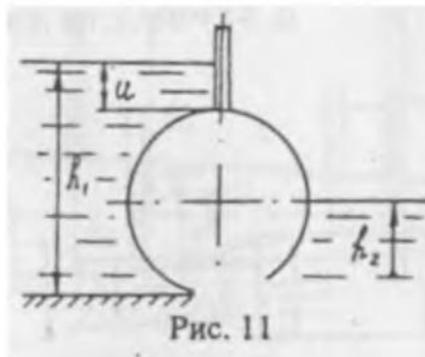
Задача № 1

В призматическом сосуде шириной $b = 1,2$ м (рис. 10) установлена перегородка, имеющая в своей нижней части форму четверти цилиндрической поверхности с радиусом $R = 0,4$ м. Определить суммарное давление воды на криволинейную часть перегородки, если глубина воды слева $H_1 = 1,6$ м, справа $H_2 = 1$ м. Найти точку приложения равнодействующей силы давления воды.



Задача № 2

Определить силу давления воды на цилиндрическую поверхность (рис. 11) и положение центра давления. Найти угол наклона равнодействующей к горизонту. Глубина воды в верхнем бьефе $h_1 = 3$ м, в нижнем бьефе - $h_2 = 1$ м, длина образующей цилиндрической поверхности $B = 4$ м, а глубина погружения ее наивысшей точки $a = 1$ м.



Задача №3

Определить равнодействующую силу давления воды на полуцилиндрическую поверхность (рис. 12). Глубина воды слева $H = D = 1$ м, справа $h = 0,5$ м. Длина образующей цилиндра в плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа, $B = 3$ м.

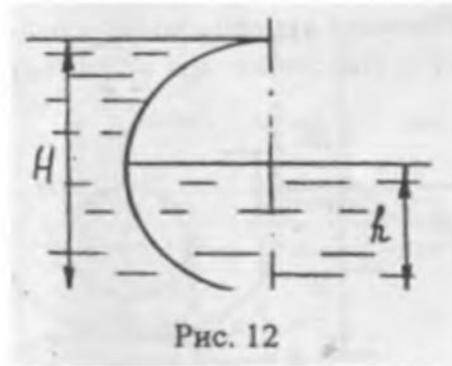


Рис. 12

Задача №4

На повороте водовода установлен раструбный отвод (рис. 13) диаметром $d = 0,6$ м, с углом $p = 30^\circ$. Рассчитать силу R , передаваемую на бетонный упор, если давление в водоводе 1 МПа.

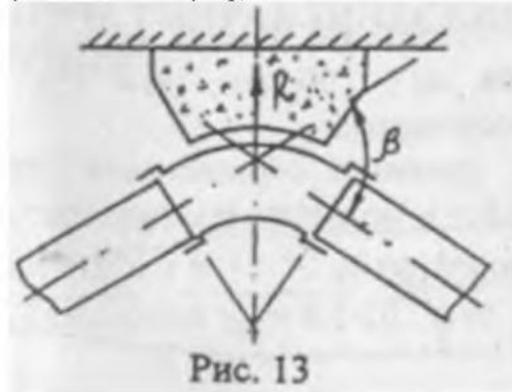


Рис. 13

Задача № 5

Песок доставляется на деревянной шаланде, которая имеет вертикальные борта и площадь в плане $F = 50$ м². Масса шаланды $m = 32$ т. Определить, сможет ли пройти шаланда:

а) в порожнем состоянии;

б) с массой песка $m = 50$ т, если наименьшая глубина по фарватеру $h = 1,38$ м.

Д. УРАВНЕНИЕ НЕРАЗРЫВНОСТИ. УРАВНЕНИЕ Д. БЕРНУЛЛИ ДЛЯ НЕВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

Задача № 1

На водопроводной трубе диаметром $d_1 = 0,1$ м (рис. 14) установлен водомер диаметром $d = 0,05$ м. На какую высоту h_2 поднимется вода в пьезометрической трубке, присоединенной к суженному сечению, при пропуске расхода $Q = 0,005$ м³/с, если уровень воды в пьезометре, присоединенном к трубе, $h_1 = 0,8$ м. Потери напора не учитывать.

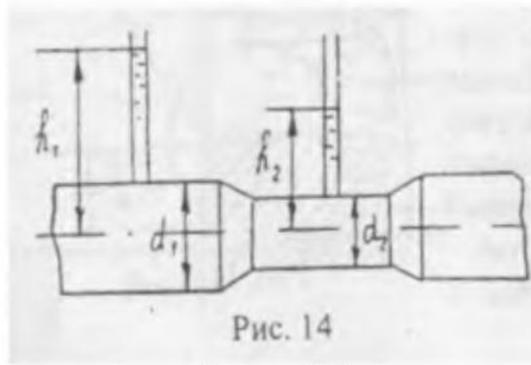


Рис. 14

Задача № 2

Истечение воды из бака А происходит по системе труб переменного сечения (рис.15). Пренебрегая сопротивлениями, определить скорость истечения, расход воды и построить пьезометрическую линию, если напор $H = 5$ м, а диаметры труб $d_1 = 100$ мм, $d_2 = 150$ мм, $d_3 = 125$ мм, $d_4 = 75$ мм. Напор сохраняется постоянным.

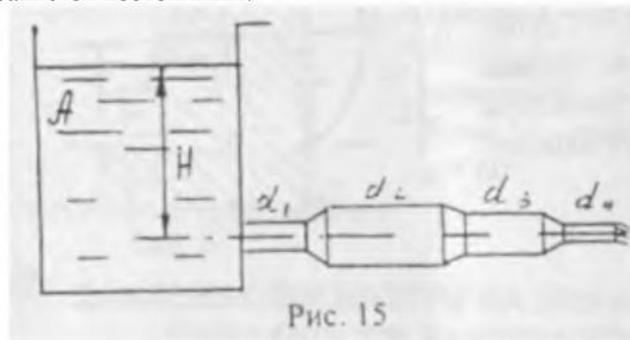


Рис. 15

Задача № 3

Для размыва грунта в котловане применяется гидромонитор (рис. 16). 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.

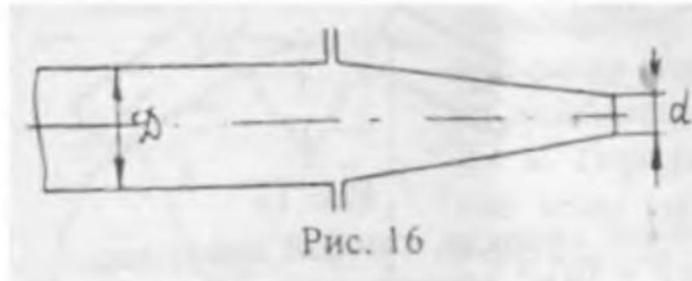


Рис. 16

Задача № 4

Определить, какой расход Q протекает по горизонтальному трубопроводу, имеющему сужение (рис. 17), при следующих данных: диаметры $d_1 = 0,15$ м, $d_2 = 0,06$ м; пьезометрические высоты $h_1 = 1,2$ м, $h_2 = 0,8$ м. Потери напора и неравномерность распределения скоростей в сечениях не учитывать.

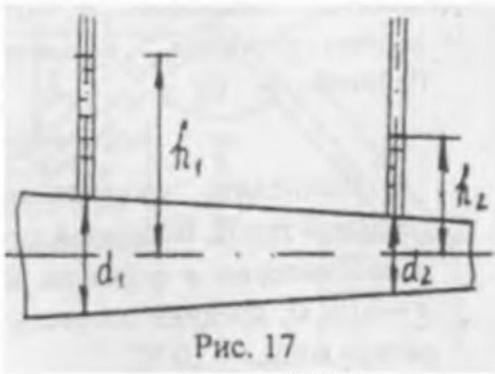


Рис. 17

Задача № 5

На нагнетательном патрубке вентилятора (рис. 18) диаметром $d_1 = 0,2$ м, подающего воздух плотностью $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ в количестве $Q = 0,833 \text{ м}^3/\text{с}$, при избыточном давлении $p_m = 981 \text{ Па}$, установлен диффузор с диаметром выходного сечения $d_2 = 0,3$ м. Определить давление воздуха на выходе из диффузора. Изменение плотности воздуха и потери в диффузоре не учитывать.

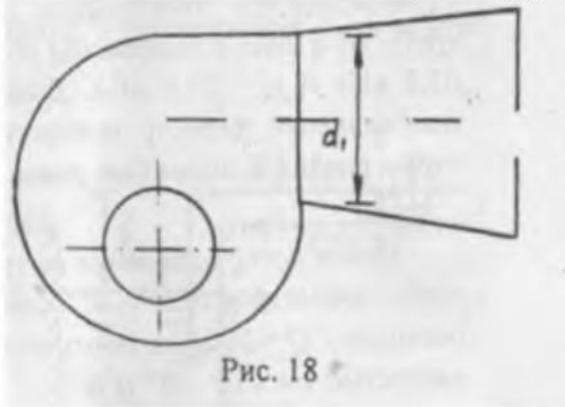


Рис. 18

Е. РЕЖИМЫ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Задача № 1

Определить критическую скорость, отвечающую переходу из ламинарного течения к турбулентному, для трубы диаметром $d = 0,02$ м, при движении в ней воды при температуре $t = 15$ °С и глицерина при $t = 20$ °С. Кинематическая вязкость глицерина $\nu_{gl} = 4,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$.

Задача № 2

Изучение режимов движения жидкости производится в лабораторных условиях на стеклянной трубе диаметром $d = 0,025$ м, через которую пропускается вода с температурой 10 °С. Расход воды определяется при помощи мерного цилиндра и секундомера. Подсчитать, в течение какого времени будет наполняться мерный

цилиндр емкостью $W = 0,003 \text{ м}^3$ при режиме движения воды, соответствующем нижнему критическому значению числа Рейнольдса.

Задача № 3

Вычислить эквивалентную длину местного сопротивления в стальной трубе, бывшей в употреблении, если коэффициент местного сопротивления в формуле Вейсбаха равен $\xi = 1,65$, диаметр трубы $d = 0,05$ м, средняя скорость движения воды в ней $V = 1$ м/с, температура воды $t = 10$ °С.

Задача № 4

Для ограничения расхода воды в водопроводной линии устанавливается дроссельная диафрагма. Избыточное давление в трубе до и после диафрагмы постоянно и равно соответственно $p_1 = 63,8$ кПа и $p_2 = 20,6$ кПа. Диаметр трубы $D = 0,076$ м. Определить необходимый диаметр отверстия диафрагмы d с таким расчетом, чтобы расход в линии был равен $Q = 5,83 \cdot 10^{-3}$ м³/с.

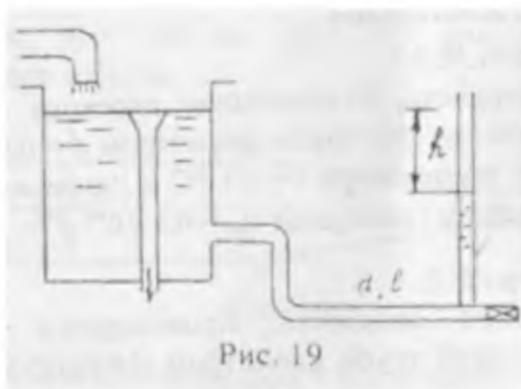
Задача № 5

Найти потери давления на трение, приходящиеся на 1 м бетонной трубы диаметром $d = 1$ м, если по ней транспортируется воздух с расходом $Q = 20$ м³/с, плотностью $\rho = 1,175$ кг/м³ и кинематической вязкостью $\nu = 15,7 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Ж. УРАВНЕНИЕ Д.БЕРНУЛЛИ ДЛЯ ПОТОКА ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ

Задача №1

Определить минимально возможный диаметр трубопровода (рис. 19) длиной $l = 15$ м, при пропуске по которому расхода $Q = 0,0018$ м³/с повышение воды в пьезометре не превысило бы значения $h = 6,3$ м. Труба стальная, сварная, умеренно заржавевшая, коэффициент сопротивления колена принять равным 0,7. Температура воды $t = 15$ °С.



Задача № 2

Из верхнего резервуара в нижний поступает вода при температуре $t = 40$ °С по новому стальному сифонному трубопроводу (рис. 20) диаметром $d = 0,025$ м, длиной $l = 14$ м и расходом $Q = 5 \cdot 10^{-4}$ м³/с. Расстояние от начала трубопровода до наивысшей точки сифона равно 4 м. Определить разность уровней H в резервуарах и вакуум в наивысшей точке сифона при превышении ее отметки над уровнем воды в верхнем резервуаре $h = 2,5$ м. Радиус закругления поворота $Rn = d$.

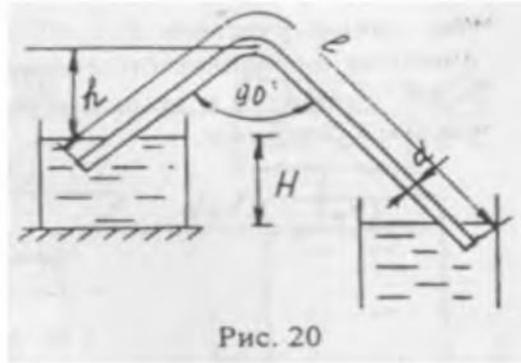


Рис. 20

Задача № 3

Определить предельную высоту установки насоса (рис. 21) над поверхностью воды в колодце h_e . Насос перекачивает воду с температурой $t=20\text{ }^\circ\text{C}$ в количестве $Q = 0,05\text{ м}^3/\text{с}$. Длина всасывающего трубопровода $l_e = 45\text{ м}$, его диаметр $d = 0,02\text{ м}$. Предельное давление перед входом в насос $p_2 = 2,354\text{ кПа}$. Коэффициенты местных сопротивлений $= 4,0$.

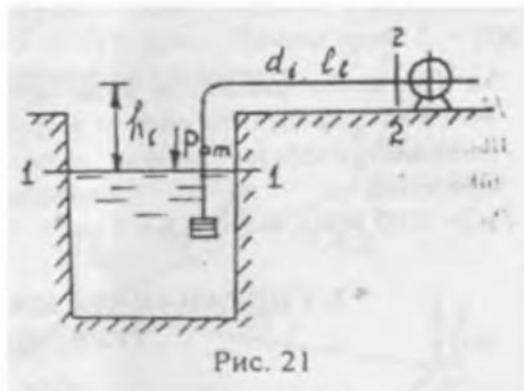


Рис. 21

Задача № 4

Определить расход воды Q , протекающей по трубопроводу (рис. 22), если напор воды в баке $H = 12,12\text{ м}$. диаметры труб $d_1 = 75\text{ мм}$, $d_2 = 50\text{ мм}$, $d_3 = 100\text{ мм}$

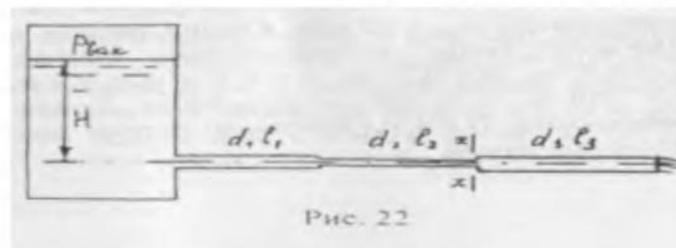


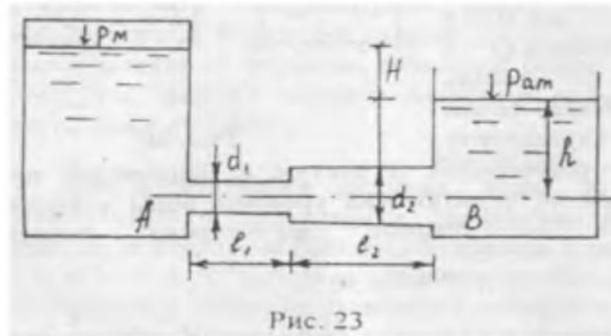
Рис. 22

длины участков $l_1 = 10\text{ м}$, $l_2 = 5\text{ м}$, $l_3 = 8\text{ м}$. Эквивалентная линейная шероховатость стенок труб $k = 1,35\text{ мм}$. Температура воды $t = 10\text{ }^\circ\text{C}$. Вакуум в закрытом резервуаре $p_{\text{вак}} = 29,43\text{ кПа}$. Вычислить вакуум в сечении x - x.

Задача № 5

Резервуары А и В (рис. 23) соединены горизонтальной новой чугунной трубой переменного сечения с длинами участков $l_1 = 10\text{ м}$, $l_2 = 6\text{ м}$ и диаметрами $d_1 = 0,05\text{ м}$ и $d_2 = 0,075$

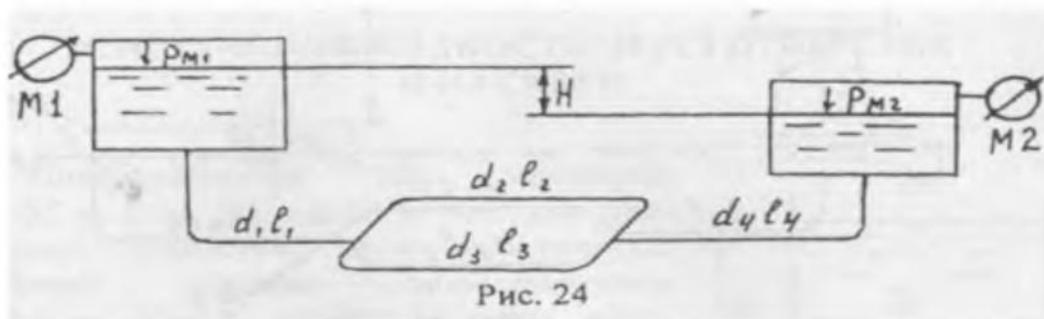
м. По трубе движется вода при температуре $t = 15\text{ }^\circ\text{C}$ и напоре $H = 8\text{ м}$. Определить расход в трубопроводе и построить напорную и пьезометрическую линии, если в резервуаре А манометрическое давление на свободной поверхности воды $p_m = 0,02\text{ МПа}$, высота $h = 1\text{ м}$.



3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ДЛИННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

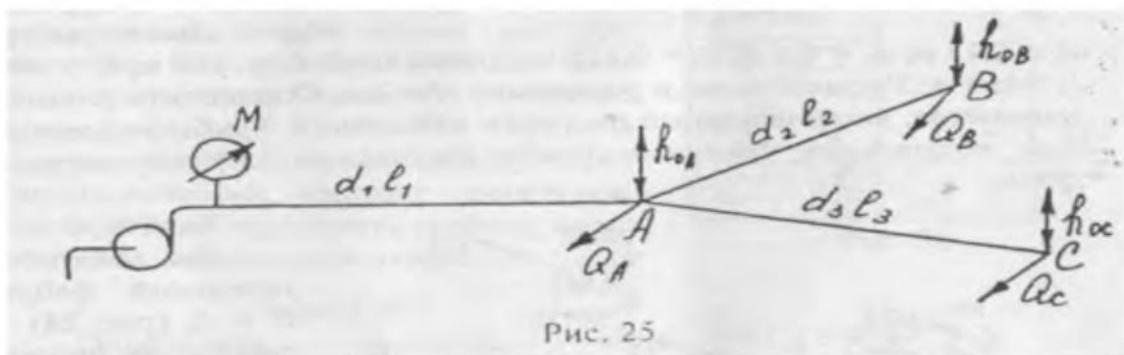
Задача № 1

Определить давление p_{M1} на поверхности жидкости в закрытом резервуаре (рис. 24), из которого жидкость по системе с кольцевым соединением труб поступает в другой резервуар с давлением на поверхности $p_{M2} = 50\text{ кПа}$. Общий расход жидкости в системе $Q = 0,06\text{ м}^3/\text{с}$. Трубы водопроводные, нормальные. Диаметры труб: $d_1 = 0,25\text{ м}$, $d_2 = 0,15\text{ м}$, $d_3 = 0,1\text{ м}$, $d_4 = 0,2\text{ м}$. Длины труб: $l_1 = 400\text{ м}$, $l_2 = 320\text{ м}$, $l_3 = 300\text{ м}$, $l_4 = 500\text{ м}$. Разность уровней жидкости в резервуарах $H = 4\text{ м}$. Местные потери принять равными 10% от потерь по длине.



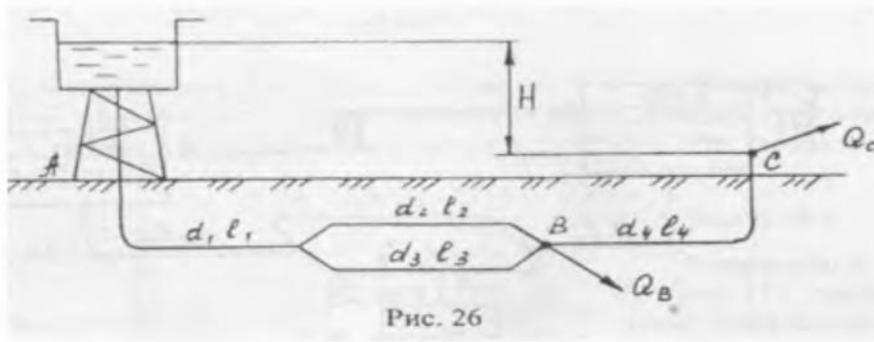
Задача № 2

Определить расходы воды у потребителей А, В, С водопроводной сети (рис. 25), если остаточные напоры у потребителей соответственно равны $h_{OA} = 30$ м, $h_{OB} = 25$ м, $h_{OC} = 20$ м. Показание манометра, установленного после насоса, $p_m = 350$ кПа. Потребители расположены на одном уровне. Трубы водопроводные, нормальные. Диаметры труб: $d = 0,2$ м, $d_2 = 0,15$ м, $d_1 = 0,1$ м. Длины труб: $l_1 = 800$ м, $l_2 = 400$ м, $l_3 = 600$ м. Местные потери не учитывать.



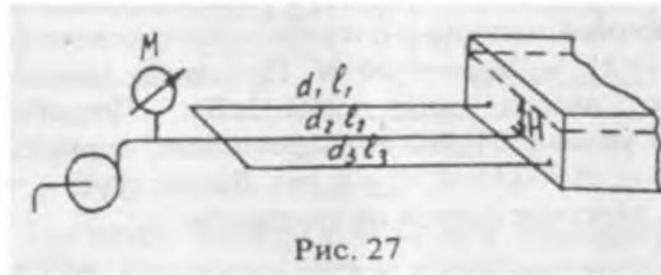
Задача №3

Определить высоту водонапорной башни H (рис. 26), питающей потребителей В и С с соответствующими расходами $Q_B = 0,03$ м³/с и $Q_C = 0,04$ м³/с, а также распределение расхода по ветвям в кольце. Трубы водопроводные, нормальные. Диаметры труб: $d = 0,25$ 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.



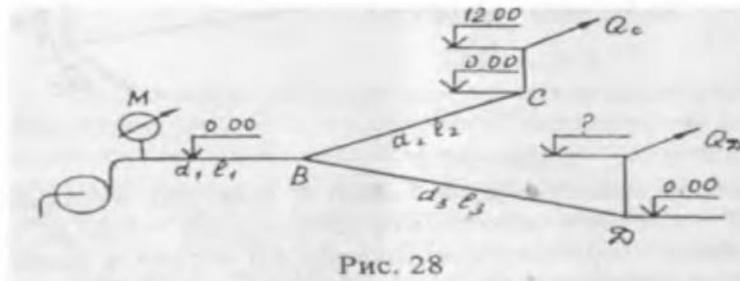
Задача № 4

Насос имеющий подачу $Q=0,02 \text{ м}^3/\text{с}$ (рис. 27), перекачивает воду в резервуар по трем параллельно соединенным трубопроводам. Диаметры труб: $d_1 = 0,15 \text{ м}$, $d_2 = 0,1 \text{ м}$, $d_3 = 0,125 \text{ м}$. Длины труб: $l_1 = 410 \text{ м}$, $l_2 = 400 \text{ м}$, $l_3 = 410 \text{ м}$. Уровень воды в резервуаре $H = 2 \text{ м}$. Определить показание манометра, установленного на линии нагнетания. Трубы водопродные, нормальные. Местные потери составляют 15% от потерь по длине.



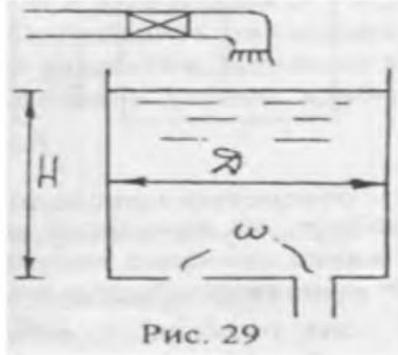
Задача № 5

Два цеха обогатительной фабрики С и Д (рис. 28) питаются от насосной установки. Манометрическое давление у насоса равно $p_m = 245,3 \text{ кПа}$. Определить расход воды каждого цеха и пьезометрическую отметку цеха Д, если расход воды по магистральному трубопроводу от насоса $Q = 0,03 \text{ м}^3/\text{с}$. Диаметры труб: $d_1 = 0,2 \text{ м}$, $d_2 = 0,125 \text{ м}$, $d_3 = 0,15 \text{ м}$. Длины труб: $l_1 = 500 \text{ м}$, $l_2 = 200 \text{ м}$, $l_3 = 400 \text{ м}$. Трубы водопродные, нормальные. Местные потери напора принять равными 7% от потерь по длине.



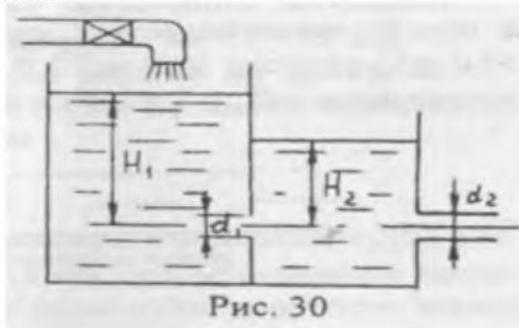
Задача № 1

Цилиндрический бак диаметром $D = 0,5$ м (рис. 29) имеет в дне два одинаковых отверстия, одно из которых снабжено внешним цилиндрическим насадком. Какой диаметр должны иметь отверстия, чтобы при поступлении в бак расхода воды $Q = 0,03$ м³/с уровень поддерживался на высоте $H = 1,2$ м? Определить, за какое время t произойдет опорожнение сосуда через цилиндрический насадок после прекращения притока воды в бак



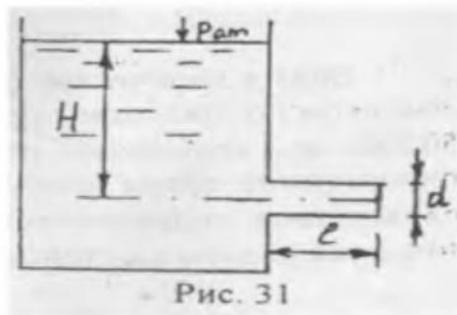
Задача № 2

В бак, разделенный тонкой перегородкой на два отсека (рис. 30), поступает расход воды $Q = 0,028$ м³/с. В перегородке имеется отверстие диаметром $d_1 = 0,1$ м. Из второго отсека вода выливается наружу через цилиндрический насадок диаметром $d_2 = 0,075$ м. Определить глубину воды в отсеках над центром отверстий.



Задача № 3

Определить расход воды, проходящей через цилиндрический насадок (рис.31) длиной $l = l_1 = 0,1$ м и диаметром $d = 0,1$ м под напором $H = 4$ м. Определить расход насадка при тех же условиях на длине $l = l_2 = 0,4$ м. Определить расход того же насадка ($d = 0,1$ м, $l = 0,4$ м) при прежнем положении воды в резервуаре, но при избыточном давлении на свободной поверхности $p_m = 117,7$ кПа.



Задача № 4

Определить расход воды, вытекающей из круглого отверстия диаметром $d = 0,05$ м (рис. 32). Напор над центром отверстия $H = 1,8$ м. Установить, как изменится расход, если к отверстию присоединить конически расходящийся насадок длиной $l = 0,2$ м с углом конусности $\alpha = 7^\circ$.

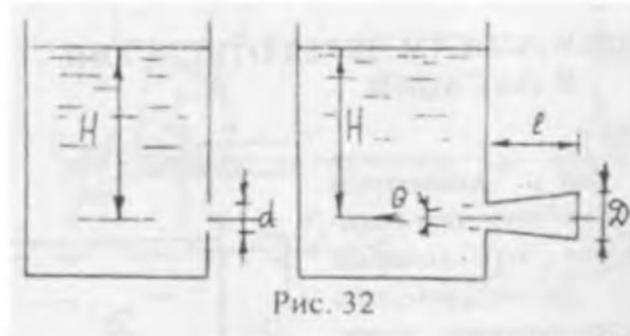


Рис. 32

Задача №5

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

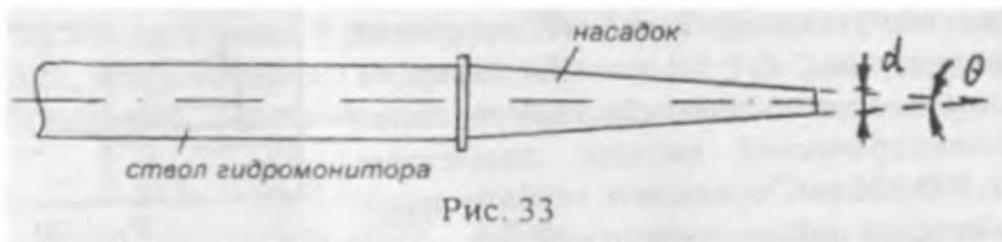


Рис. 33

К. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР В ТРУБАХ

Задача №1

Вода в количестве $Q = 0,111$ м³/с перекачивается центробежным насосом по стальному трубопроводу диаметром $d = 0,25$ м длиной $l = 1500$ м, толщиной стенки $\delta = 4$ мм. Определить, минимально допустимое время закрытия задвижки, чтобы повышение давления вследствие гидравлического удара не превышало $\Delta p = 981$ кПа. Модуль упругости стенок трубы $E_T = 2 \cdot 10^{11}$ Па и воды $E_{ж} = 2 \cdot 10^9$ Па.

Задача №2

По стальному трубопроводу длиной $l = 100$ м и диаметром $d = 0,2$ м протекает вода в количестве $Q = 0,0556$ м³/с. Определить на сколько повысится давление в трубопроводе, если время закрытия задвижки в одном случае равно $t_{з1} = 0,1$ с, а $t_{з2} = 1$ с. Толщина стенок трубы $b = 3$ мм.

Задача № 3

Определить продолжительность закрытия задвижки на трубопроводе, если длина трубопровода $l = 800$ м, средняя скорость движения воды в трубе $V = 3$ м/с, допустимое давление в трубопроводе $p_2 = 1$ МПа, а гидростатическое давление $p_1 = 200$ кПа.

Задача № 4

Определить повышение напора при гидравлическом ударе в стальном трубопроводе диаметром $D = 0,15$ м при расходе $Q = 0,01$ м³/с и времени закрытия задвижки $t_{з1} = 6$ с и $t_{з2} = 2$ с. Толщина стенки трубы $b = 5,5$ мм. Длина трубы $l = 1500$ м.

Задача №5

Определить ударное повышение давления в стальной трубе диаметром $d = 0,2$ м и толщиной стенки $b = 5$ мм при мгновенном закрытии крана, если расход воды $Q = 0,06$ м³/с, модули упругости стенок трубы $E_m = 2 \cdot 10^{11}$ Па и воды $E_{ж} = 2 \cdot 10^9$ Па.

Приложение 1

Значение коэффициента объемного сжатия воды

Температура, °C	$\beta_p \cdot 10^{10}$, Па ⁻¹ , при давлении, Па. 10^4				
	50	100	200	390	780
0	5,4	5,37	5,31	5,23	5,15
5	5,29	5,23	5,18	5,08	4,93
10	5,23	5,18	5,08	4,98	4,81
15	5,18	5,1	5,03	4,88	4,7
20	5,15	5,05	4,95	4,81	4,6

Приложение 2

Значение коэффициента температурного расширения воды

Температура, °C	$\beta_p \cdot 10^6$, К ⁻¹ , при давлении, Па. 10^5				
1...10	14	43	72	149	229
10...20	150	165	183	236	289
40...50	422	422	426	429	437
60...70	556	548	539	523	514
90... 100	719	704	-	661	631

Приложение 3

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

t, °C	ρ , кг/м ³	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	t, °C	ρ , кг/м ³	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с
4	1000	1,57	25	997	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	1,0	40	992,2	0,659

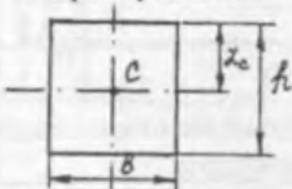
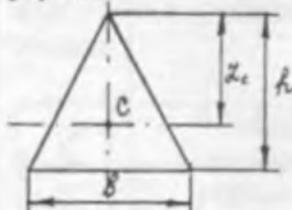
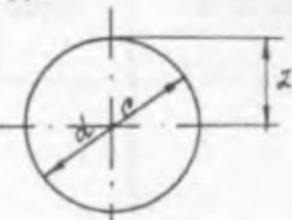
Приложение 4

Плотность некоторых жидкостей при различной температуре

Жидкость	t, °C	Плотность ρ , кг/м ³
Масло минеральное	20	877...892
Бензин	15	680...740
Керосин	15	790... 820
Нефть натуральная	15	700...900
Ртуть	0	13596
Ртуть	20	13546

Приложение 5

Моменты инерции J_0 плоских фигур относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести Z_c ; площадь

Плоская фигура	J_0	Z_c	ω
Прямоугольник 	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{h}{2}$	bh
Треугольник 	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{2}{3}h$	$\frac{bh}{2}$
Круг 	$\frac{\pi d^4}{64}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{\pi d^2}{4}$

Приложение 6

Среднее значение эквивалентной шероховатости k , стенок труб
из
различных материалов

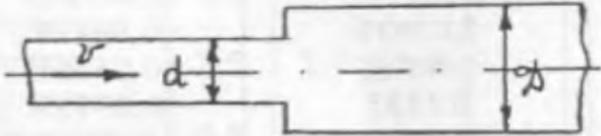
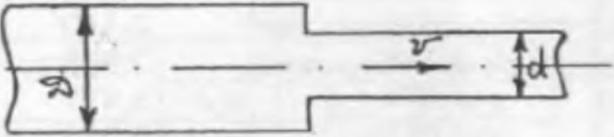
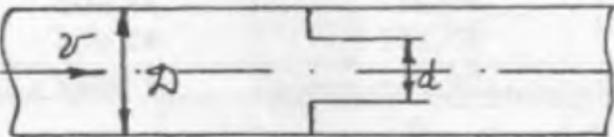
Вид трубы	Состояние трубы	k , мм
Бесшовные стальные трубы	Новые и чистые, тщательно уложен- ные	0,014
	После нескольких лет эксплуатации	0,2
Стальные сварные трубы	Новые и чистые	0,06
	С незначительной коррозией после Очистки	0,15
	Умеренно заржавевшие	0,5
	Старые заржавевшие	1,0
Чугунные трубы	Новые асфальтированные	0,12
	Новые без покрытия	0,3
	Бывшие в употреблении	1,0
Бетонные трубы	Новые из предварительно напря- женного бетона	0,03
	Бывшие в употреблении	0,5

Приложение 7

Значения коэффициентов местных сопротивлений некоторых видов и элементов трубопроводной
арматуры

Тип сопротивления	C	Тип сопротивления	C
Вход в трубу	0,5	Вентиль/полное открытие/	3,0
Сетка на входе	5,0	Задвижка Лудло: - полное открытие - открытие на 70 % - открытие на 50 % - открытие на 25 %	0,15
Обратный клапан на входе	4,5		0,45
Обратный клапан с сеткой на входе	10,0		2,00
Выход из трубы в резервуар больших размеров	1,0		20,00
Колено с закруглением /а=90°/	0,3		
Колено без закругления /а=90°/	1,1		

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

Схема сопротивления	Формула
<p data-bbox="293 352 927 388">Внезапное расширение трубопровода</p> 	$h_{exp} = \zeta_{exp} \frac{v^2}{2g};$ $\zeta_{exp} = \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right]^2$
<p data-bbox="293 653 867 688">Внезапное сужение трубопровода</p> 	$h_{con} = \zeta_{con} \frac{v^2}{2g};$ $\zeta_{con} = \left(\frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} \right)^2;$ $\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2}$
<p data-bbox="293 978 837 1052">Диафрагма в трубе постоянного сечения</p> 	$h_z = \zeta_z \frac{v^2}{2g};$ $\zeta_z = \left(\frac{D^2}{d^2 \varepsilon} - 1 \right)^2;$ $\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2}$

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

Диаметр, м	Новые сталь- ные трубы	Новые чугунные трубы	Нормальные Трубы
	$K_{кв} \text{ м}^3/\text{с}$	$K_{кв} \text{ м}^3/\text{с}$	$K_{кв} \text{ м}^3/\text{с}$
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.

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	1Д	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	

Значения поправки на неквадратичность θ_1 для расчета в переходной зоне гидравлического сопротивления

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

Окончание прил. 11

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

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

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 / $\theta_1 = 13^\circ 24'$	0,94	0,96	0,98	0,09...0,0
/				0
Расходящийся / $\theta_1 = 5 \dots 7^\circ$	0,45	0,45	1	6
/				4...3
Конический насадок	0,98	0,98	1	0,04

Приложение 13

Отношение модулей упругости жидкости и трубопровода $E_{жс} / E_T$, для воды в зависимости от материала стенки трубопровода

Вид труб	$E_{жс} / E_T$
Стальные Чугунные Бетонные	0,01 0,02 0,1...0,14

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большаков В.А., Попов В.Н. Гидравлика. Общий курс. — Киев: Вища шк., -1989. — 215 с.
2. Константинов Ю.М. Гидравлика. — Киев: Вища шк., 1988. — 398 с.
3. Киселев П.Г. Гидравлика. Основы механики жидкости. — М.: Энергия, 1989. — 360 с.
4. Примеры расчетов по гидравлике / Под ред. А.Д. Альтшу-ля. — М.: Стройиздат, 1976. — 254 с.
5. Сборник задач по гидравлике / Под ред. В.А. Большакова. — Киев: Вища шк., 1979. — 335 с.
6. Андреевская А.В., Кременецкий Н.И., Панова М.В. Задачник по гидравлике. — М.: Энергия, 1970. — 566 с.

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА
ЖИДКОСТИ И ГАЗА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ
К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ № 1 ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО

Лариса Николаевна Александрова
Галина Александровна Волосникова

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

Лицензия на издательскую деятельность ЛР №020526 от 23.04.97

Подписано к печати 31.05.00. Формат 60x84 1/16.
Бумага писчая. Офсетная печать. Усл.печ.л. 2,0.
Уч.-издл. 1,8 Тираж 200 Экз. Заказ 113. С 28.

Издательство Хабаровского государственного технического университета. 680035, г. Хабаровск,
ул. Тихоокеанская, 136.

Отдел оперативной полиграфии издательства Хабаровского
государственного технического университета. 680035, г. Хабаровск,
ул. Тихоокеанская, 136.