Гидравлика

Гидростатика

Гидродинамика

Примеры расчета

Гидравлика

Гидростатика

Примеры расчета

Гидростатика

Пример 1.

Трубопровод диаметром d = 500 мм и длиной L = 1000 м наполнен водой при давлении 400 кПа, и температуре воды 5 ^{0}С. Определить, пренебрегая деформациями и расширением стенок труб, давление в трубопроводе при нагревании воды в нем до 15 ^{0}С, если коэффициент объемного сжатия β_w = 5,18$\cdot$ 10^{-10} Па$^{-1}$, а коэффициент температурного расширения β_t = 150$\cdot$ 10^{-6} ^{0}С$^{-1}$.

Гидростатика

Пример 1.

Решение.

Находим объем воды в трубе при t = 5 ^{0}C;

$$W = 0{,}785 \cdot d^2 \cdot L$$

W = 0,785 · 0,5^2 · 1000 = 196,25 м^3;

- находим увеличение объема ΔW при изменении температуры

$$\beta_t = \frac{\Delta W}{W \cdot \Delta t}$$

ΔW = 196,25 · 10 · 150 · 10^{-6} = 0,29 м^3;

находим приращение давления в связи с увеличением объема воды

$$\Delta p = \frac{\Delta W}{W \cdot \beta_w}$$

Δp = 0,29 / (196,25 · 5,18 · 10^{-10}) = 2850 кПа; давление в трубопроводе после увеличения температуры

400 кПа + 2850 кПа = 3250 кПа = 3,25 МПа.

Гидростатика
Пример 2.

- Определить коэффициент динамической и кинематической вязкости воды, если шарик $d = 2$ мм из эбонита с $\rho = 1{,}2 \cdot 10^3$ кг/м^3 падает в воде с постоянной скоростью $u = 0{,}33$ м/с. Плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м^3.

Гидростатика

Пример 2.

Решение.

При движении шарика в жидкости с постоянной скоростью сила сопротивления равняется весу шарика. Сила сопротивления определяется по формуле Стокса:

$$F = 3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot u \cdot d$$

.

Вес шарика определяется по формуле

$$G = \rho \cdot g \cdot \pi \cdot d^3 / 6$$

.

Так как $G = F$,то

$$\rho \cdot g \cdot \pi \cdot d / 6 = 3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot u \cdot d$$

Следовательно, коэффициент динамической вязкости определится

$$\mu = \frac{\rho \cdot g \cdot d^2}{18 \cdot u}$$

$\mu = 1{,}2 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2 / (18 \cdot 0{,}33) = 0{,}008$ Па · с.

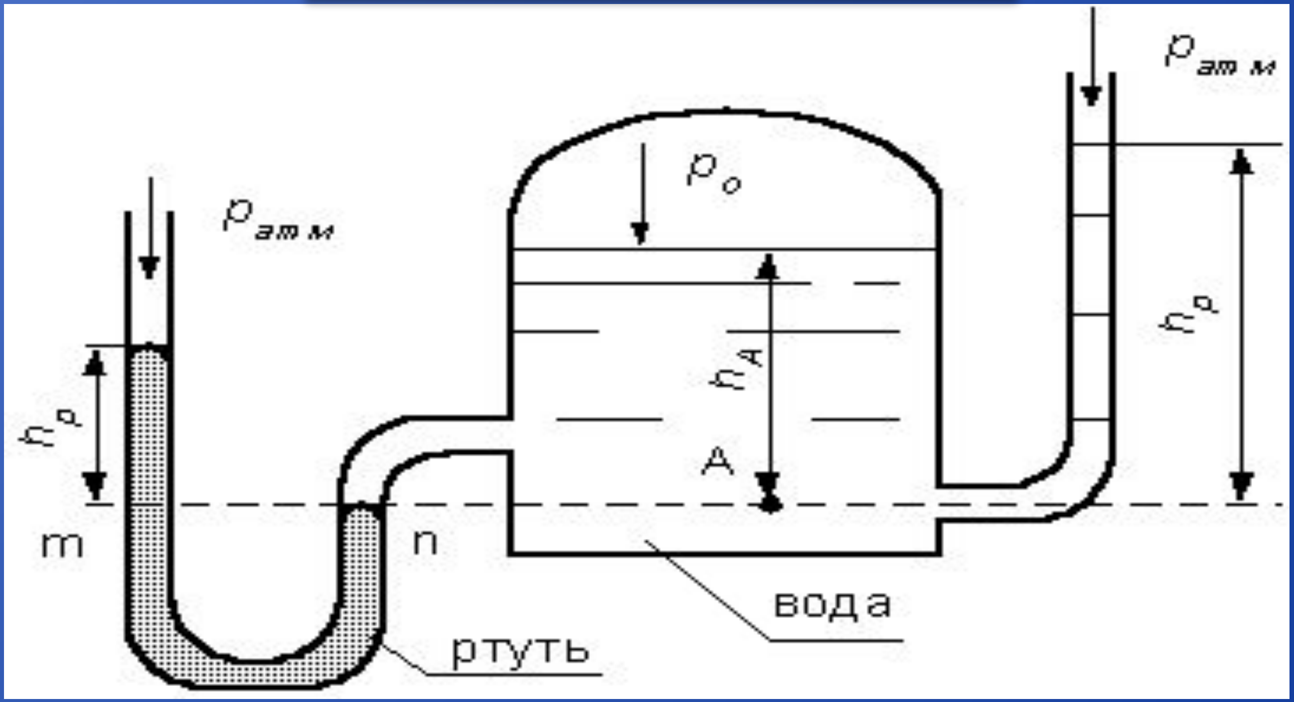
Коэффициент кинематической вязкости

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$\nu = 0.008 / 10^3 = 8 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Гидростатика

Пример 2.

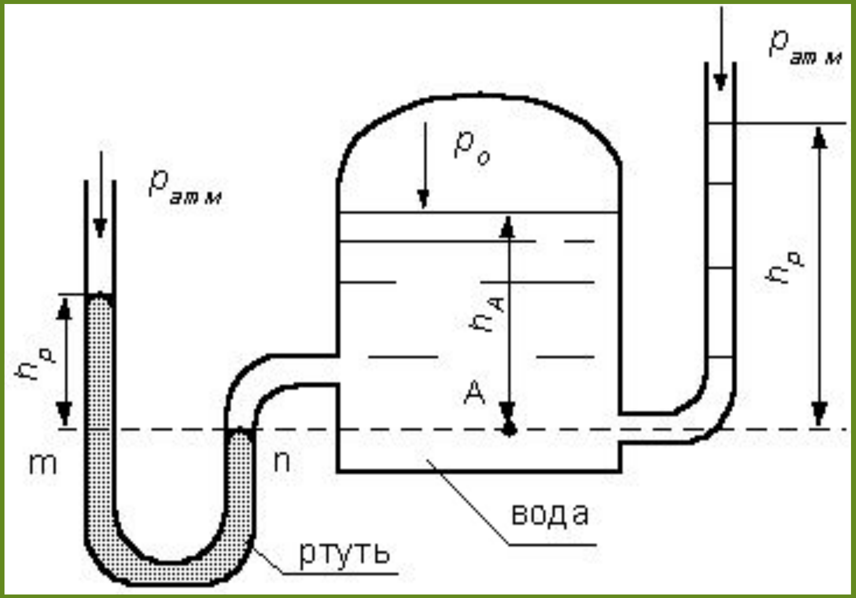


Определить абсолютное и избыточное гидростатическое давление в точке А расположенной в воде на глубине $h_A = 2{,}5 м$ и пьезометрическую высоту для точки А, если абсолютное гидростатическое давление на поверхности $p_0 = 147{,}2\ кПа$

Гидростатика
Пример 3.

Решение:

Согласно основного уравнения гидростатики абсолютное гидростатическое давление в точке А определится:



$$p_{абс} = p_0 + \rho \cdot g \cdot h_A$$

Избыточное давление в точке А равно:

$$p_{изб} = p_{абс} - p_{атм} = 171{,}7 - 98{,}1 = 73{,}6 кПа.$$

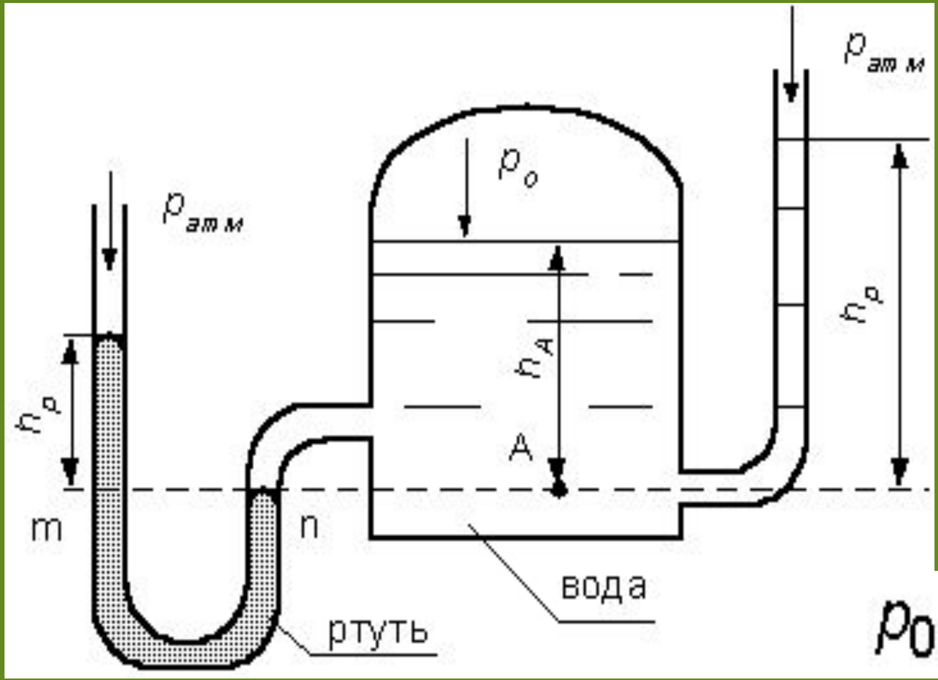
Пьезометрическая высота для точки А равна:

$$h_p = \frac{p_{изб}}{\rho \cdot g} = \frac{73{,}6\ кН/м^2}{1\ т/м^3 \cdot 9{,}8\ м/с^2} = 7{,}5\ м.$$

Гидростатика

Пример 3.

Водяным пьезометром удобно измерять только относительно малые давления, в противном случае требуется большая высота пьезометра, что неудобно в эксплуатации



Определить эти же величины можно **U – образным манометром**, заполненным ртутью. $m - n$

По поверхности раздела ртути и воды давления со стороны резервуара и открытого конца манометра будут одинаковы:

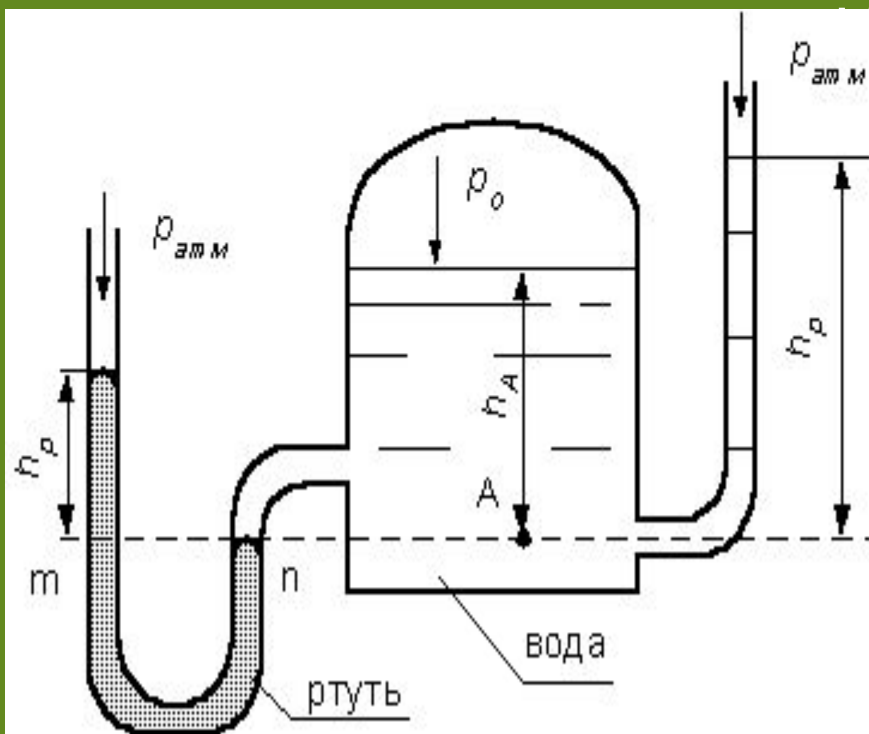
$$p_0 + \rho \cdot g \cdot h_A = p_{атм} + \rho_{pm} \cdot g \cdot h_{pm}$$

Гидростатика
Пример 3.

Следовательно, избыточное давление в точке А уравновешивается весом столба ртути высотой н $m-n$ поверхностью раздела :

$$\rho \cdot g \cdot h_{pm} = p_0 + \rho \cdot g \cdot h_A - p_{атм} =$$

$$= 147{,}2 + 1 \cdot 9{,}81 \cdot 2{,}5 - 98{,}1 = 73{,}6\, кН/м^2$$

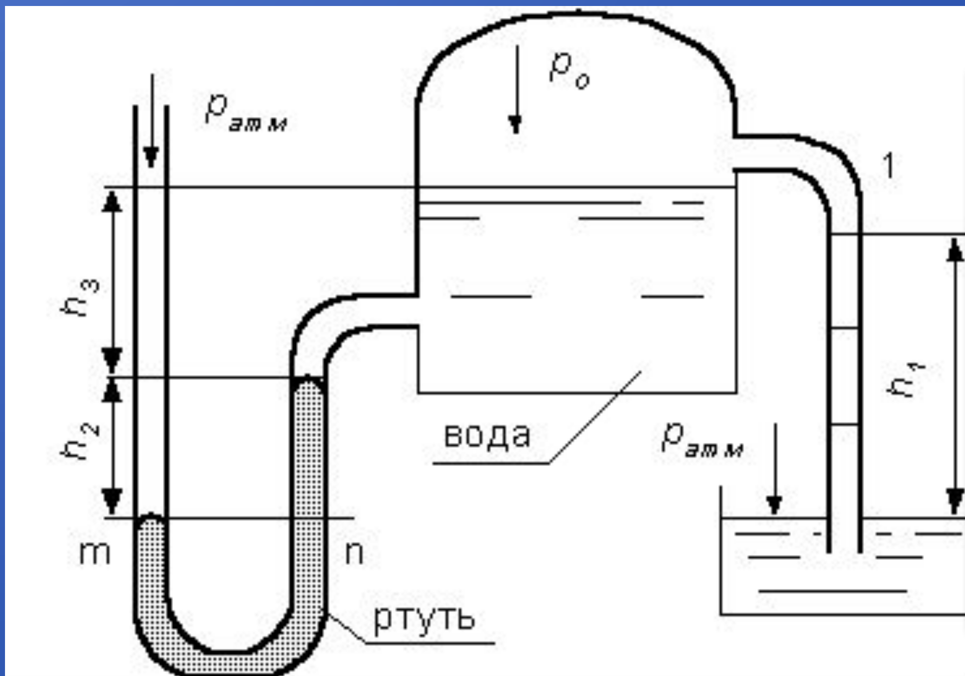


Находим высоту ртутного столба

$$h_p = \frac{p_{изб}}{\rho_{pm} \cdot g} = \frac{73{,}6}{13{,}6 \cdot 9{,}81} = 0{,}55\, м$$,

где $\rho_{pm} = 13{,}6\, т/м^3$ плотность ртути.

Гидростатика
Пример 3.



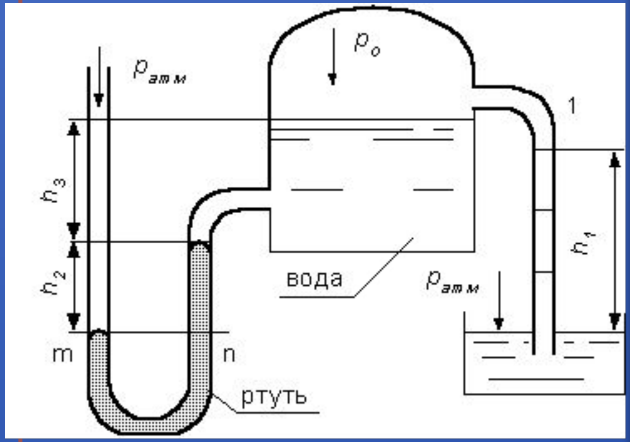
Определить давление в резервуаре p_o и высоту подъема уровня в трубке 1 h_1, если показания ртутного манометра

.

$$h_2 = 0{,}15м, h_3 = 0{,}8м, \rho_{рт} = 13{,}6 т/м^3, \rho_в = 1т/м^3$$

Гидростатика

Пример 3.



***Решение*:**

Запишем условия равновесия для ртутного манометра для плоскости

а) со стороны резервуара

$$p = p_0 + \rho_в \cdot g \cdot h_3 + \rho_{рт} \cdot g \cdot h_2$$

б) со стороны манометра

$$p = p_{атм}$$

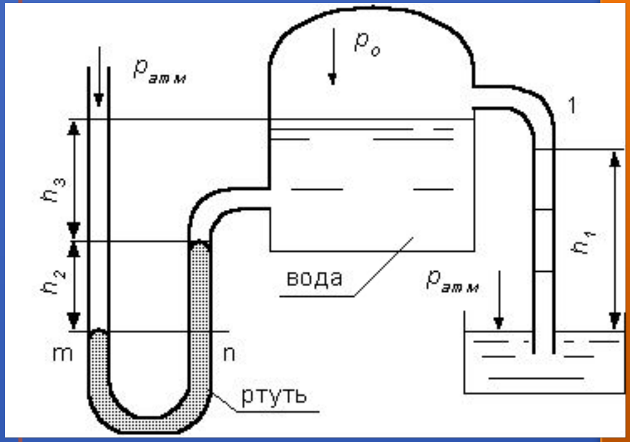
тогда

$$p_{атм} = p_0 + \rho_в \cdot g \cdot h_3 + \rho_{рт} \cdot g \cdot h_2$$

$$p_0 = 98{,}1 - 1 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}8 - 13{,}6 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}15 =$$

$$= 70{,}24\ кН/м^2 = 70{,}24\ кПа$$

Гидростатика
Пример 3.



Таким образом, в резервуаре – вакуум, величина которого равна:

$$p_в = p_{атм} - p_0 = 98{,}1 - 70{,}24 = 27{,}86\ кПа$$

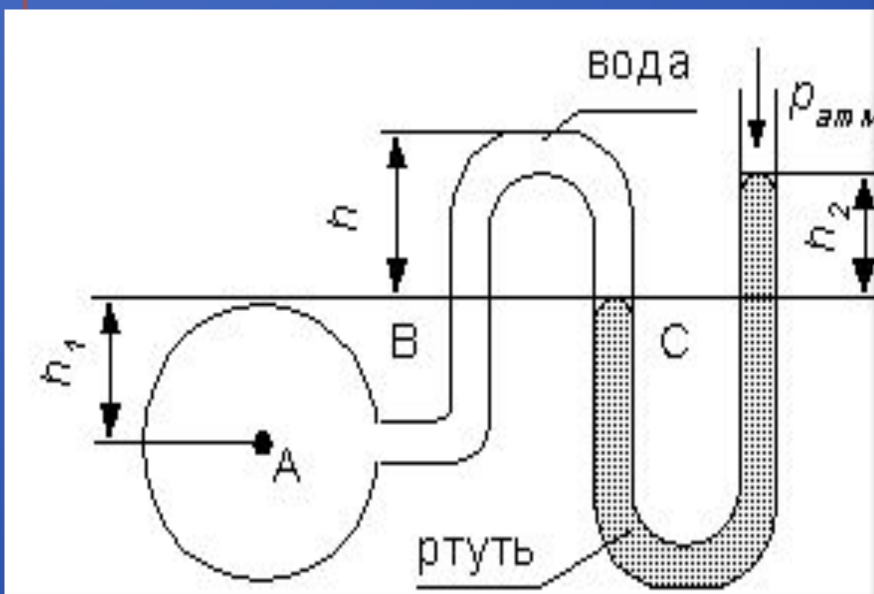
Условия равновесия трубки 1

$$p_0 + \rho_в \cdot g \cdot h_1 = p_{атм}$$

$$h_1 = \frac{p_{атм} - p_0}{\rho_в \cdot g} = \frac{27{,}86}{1 \cdot 9{,}81} = 2{,}84\ м$$

Гидростатика

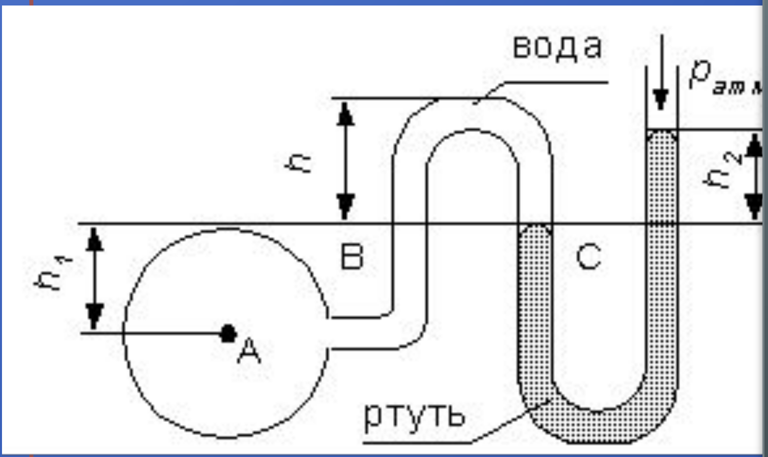
<u>Пример 4.</u>



Определить манометрическое давление в трубопроводе А если высота столба ртути по пьезометру h_2 =25 см. Центр трубопровода расположен на

h_2 = 40 см ниже линии раздела между водой и ртутью.

Гидростатика
Пример 4.



Решение: Находим давление в точке В. Точка В расположена выше точки А на величину h1 следовательно, давление в точке В будет равно $p_B = p_A - \rho_в \cdot g \cdot h_1$

В точке С давление будет такое же, как в точке В, то есть

$$p_C = p_B = p_A - \rho_в \cdot g \cdot h_1$$

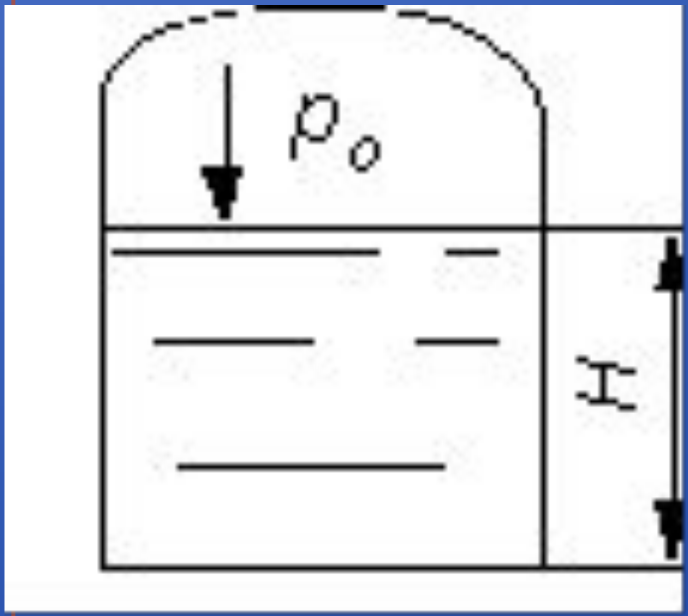
Определим давление в точке С, подходя, справа $p_C = p_{атм} + \rho_{рт} \cdot g \cdot h_2$

Приравнивая оба уравнения, получаем $p_A - \rho_в \cdot g \cdot h_1 = p_{атм} + \rho_{рт} \cdot g \cdot h_2$

Отсюда манометрическое давление $p_A - p_{атм} = p_м = \rho_{рт} \cdot g \cdot h_2 - \rho_в \cdot g \cdot h_1$

$$p_м = 13{,}6 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}25 - 1 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}4 =$$
$$= 29{,}43\ кН/м^2 = 29{,}43\ кПа$$

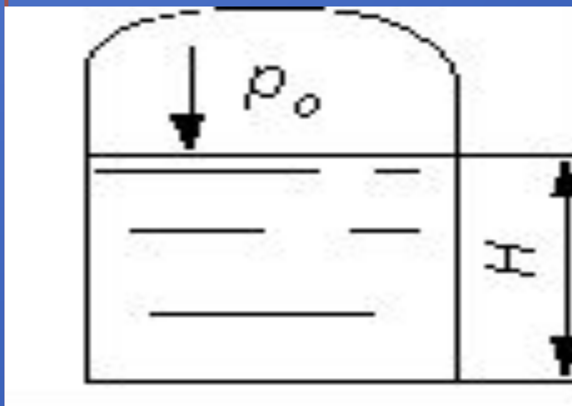
Гидростатика
Пример 5.



Определить все виды гидростатического давления в резервуаре с жидкостью на глубине H=3м, если давление на свободной поверхности жидкости 200кПа. Плотность жидкости

$$\rho = 0{,}9\ т/м^3$$

Гидростатика
Пример 5.



- ***Решение***:
- 1. Абсолютное гидростатическое давление у дна $p = p_0 + \rho \cdot g \cdot H$

$$p = 200\,кН/м^2 + 0{,}9\,т/м^3 \cdot 9{,}81\,м/с^2 \cdot 3м =$$
$$= 226{,}5\,кН/м^2 = 226{,}5кПа$$

- 2. Избыточное (манометрическое) давление у дна $p_{изб(м)} = p - p_{атм}$

3. Избыточное давление создаваемое столбом жидкости

$$p_{изб} = \rho \cdot g \cdot H = 0{,}9 \cdot 9{,}81 \cdot 3 = 26{,}5кПа$$

4. Избыточное давление на свободной поверхности

$$p_{изб.св.п.} = p_0 - p_{атм} = 200 - 98{,}1 = 101{,}9кПа$$

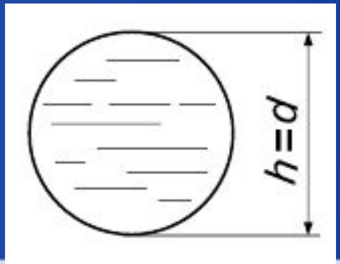
Гидравлика

Гидродинамика

Примеры расчета

Гидродинамика

Пример 1.



Определить гидравлический радиус круглой трубы с внутренним диаметром d =1м, полностью заполненной жидкостью.

Решение:

Гидравлический радиус определяем по формуле $R = \dfrac{\omega}{\chi}.$

Площадь жи… …ния для круглой трубы, работающей полным сече… $\omega = \dfrac{\pi d^2}{4}.$

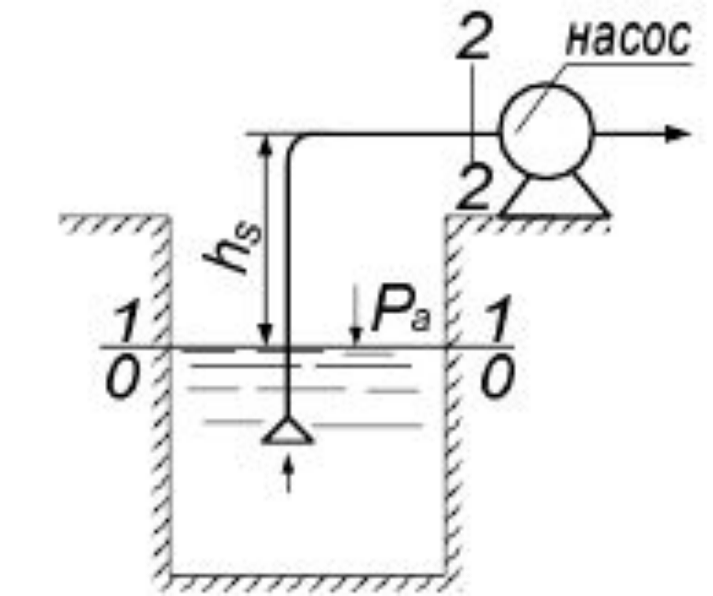
$\chi = \pi d\,.$

Смоченный периметр равен длине окружности:

Тогда гидравлический радиус, м

$$R = \frac{\pi d^2}{4\pi d} = \frac{d}{4};\ \ R = \frac{1}{4} = 0{,}25\,.$$

Гидродинамика
Пример 2.



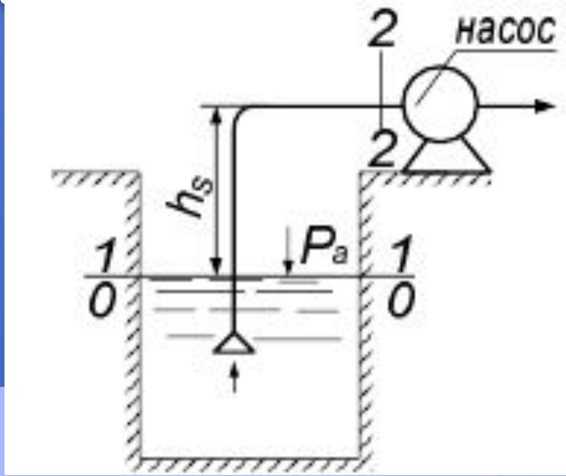
Определить высоту всасывания центробежного насоса h_s над уровнем воды в колодце, если подача воды насосом равна Q = 30 л / с, диаметр всасывающей трубы d =150 мм, величина вакуума, создаваемая насосом p_v = 66,6 кПа.

Потери напора во всасыва $h_w = SQ^2,$ е опре $S = 10^3\ с^2/м^5$ по формуле

$\rho = 1\ т/м^3.$

где ,
плотность жидкости

Решение:



Выбираем сечения и плоскость сравнения для составления уравнения Бернулли: сечение 1–1 проводим по уровню жидкости в колодце, сечение 2–2 – на входе в насос. Запишем уравнение Бернулли

$$\frac{p_1}{\rho g}+Z_1+\frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}=\frac{p_2}{\rho g}+Z_2+\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}+h_{W1-2}.$$

В нашем случае: $p_1=p_{атм}$; $Z_1=0$; $Z_2=h_s$; $\alpha_1=\alpha_2=1$; $V_1=0$; $h_{W1-2}=SQ^2$.

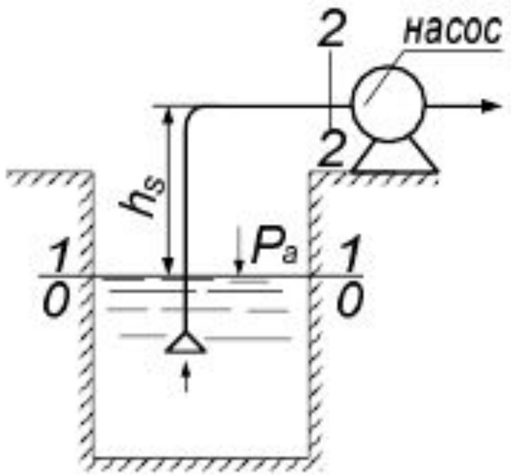
После преобразования уравнение примет вид:

$$\frac{p_{атм}}{\rho g}-\frac{p_2}{\rho g}=h_s+\frac{V_2^2}{2g}+SQ^2;\ \frac{p_{атм}}{\rho g}-\frac{p_2}{\rho g}=\frac{p_V}{\rho g};\ \frac{p_V}{\rho g}=h_s+\frac{V_2^2}{2g}+SQ^2;$$

$$h_s=\frac{p_V}{\rho g}-\frac{V_2^2}{2g}-SQ^2.$$

Из полученной формулы следует отметить, что высота всасывания всегда меньше вакуумметрической высоты, так как часть вакуума расходуется на создание скоростного напора и на преодоление гидравлических сопротивлений

Решение:



Определяем скорость движения воды в трубе из уравнения

Q =Vω:

$$V = \frac{Q}{\omega};\ \omega = \frac{\pi d^2}{4} = 0{,}785 d^2;$$

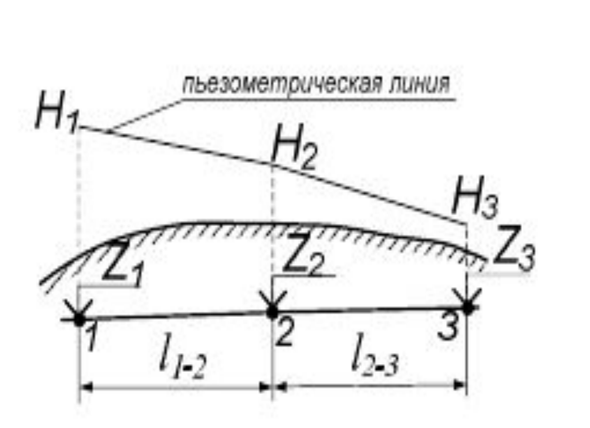
$$V = \frac{Q}{0{,}785 \cdot d^2};\ V = \frac{0{,}03}{0{,}785 \cdot 0{,}15^2} = 1{,}698\ м/с \approx 1{,}7\ м/с;$$

$$h_s = \frac{66{,}6 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3 \cdot 9{,}8} - \frac{1{,}7^2}{2 \cdot 9{,}8} - 0{,}03^2 \cdot 10^3 = 5{,}75\ м.$$

Найденное значение hs отвечает действительности, так как находится в известном диапазоне предельных высот всасывания насоса 4–6 м.

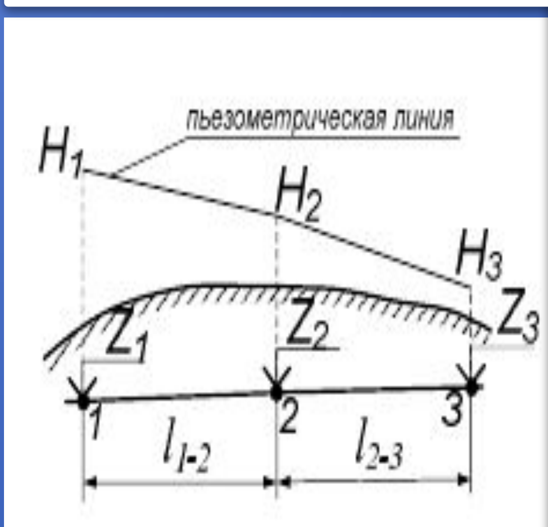
Гидродинамика

Пример 3.



Построить пьезометрическую линию и определить гидравлический уклон, постоянный для всего водовода, если в его начальной точке поддерживается напор H_1 = 42 м, а в конечной – H_3 = 18 м (относительно осей труб с отметками Z_1 = 57,0 м и Z_3 = 59,0 м). Длины участков L_{1-2} = 600 м и L_{2-3} = 900 м, отметка оси трубы в точке 2 равна =58,0 м.

Решение:



- Поскольку гидравлический уклон на всем протяжении водовода постоянен, то его величину найдем по выражению

$$i = \frac{(H_1 + Z_1) - (H_3 + Z_3)}{l_{1-2} + l_{2-3}};$$

$$i = \frac{(42 + 57) - (18 + 59)}{600 + 900} = 0{,}0147 .$$

С учетом найденного значения определяем напор относительно оси трубы в точке 2 по выражению:

$$H_2 = (H_1 + Z_1) - il_{1-2} - Z_2;$$

$$H_2 = (42 + 57) - 0{,}0147 \cdot 600 - 58 = 32{,}2\ м .$$

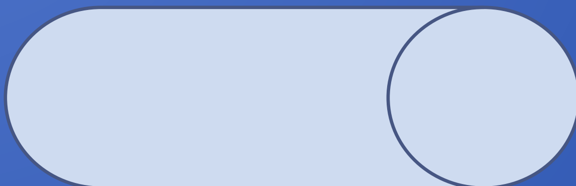
Проверка:

$$H_3 = (H_2 + Z_2) - il_{2-3} - Z_3;$$

$$H_3 = (32{,}2 + 58) - 0{,}0147 \cdot 900 - 59 = 18\ м .$$

Рассчитанный напор H_2, наряду с другими двумя напорами, известными из условия задачи, откладываем в масштабе вертикально вверх на соответствующих границах водовода, а полученные точки соединяем наклонной линией, которая и является пьезометрической

Гидродинамика
Пример 4.



Определить режим движения воды в водопроводной трубе, если известно: диаметр трубы d = 200 мм; скорость движения воды

=1V м /с; коэффициент

Решение:

Число Рейнольдса по отношению к диаметру определяется по формуле

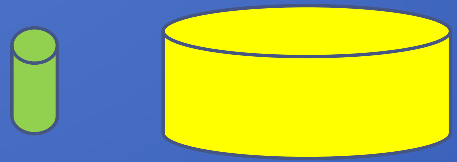
$$Re = \frac{Vd}{\nu}.$$

Подставив значения, найдем

$$Re = \frac{1 \cdot 0{,}2}{0{,}01 \cdot 10^{-4}} = 200000.$$

Сравнив найденное число Рейнольдса с критическим $Re > Re_{кр}$, $200\,000 > 2300$, делаем вывод: режим движения турбулентный.

Гидродинамика
Пример 5.



Применяемые в водоснабжении и канализации трубы имеют минимальный диаметр d =12 мм и максимальный диаметр d = 3500 мм. Расчетные скорости движения воды в них V = 0,5…4 м/с. Определить минимальное и максимальное число Рейнольдса в этих трубах. Коэффициенты кинематической вязкости соответственно равны ν1 =1,78 · 10–6 м2 / с и ν2 = 0,81 · 10–6 м2 / с.

Решение:

Минимальное число Рейнольдса:

$$Re_{min} = \frac{V_{min} d_{min}}{\nu_1} = \frac{0{,}5 \cdot 0{,}012}{1{,}78 \cdot 10^{-6}} = 3370.$$

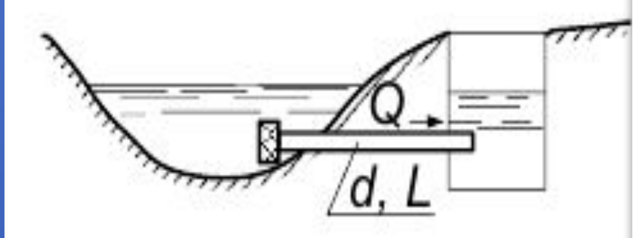
Максимальное число Рейнольдса:

$$Re_{max} = \frac{V_{max} d_{max}}{\nu_2} = \frac{4 \cdot 3{,}5}{0{,}81 \cdot 10^{-6}} = 17\,260\,000.$$

Минимальное значение числа Рейнольдса больше ($Re_{кр} = 2320$), следовательно, режим движения в трубах турбулентный.

Гидродинамика

Пример 6.



Вода из реки по самотечному трубопроводу (рис. 4.1) длиной L =100 м и диаметром d =150 мм подается в водоприемный колодец с расходом Q = 26,2 л / с. Определить общие потери напора hW в трубопроводе, если эквивалентная шероховатость трубы ΔЭ =1мм, коэффициент кинематической вязкости ν = 0,01 · 10−4 см2 / с, коэффициент местного сопротивления входа в трубу ζвх = 3, а выхода ζвых =1.

Решение:

Определяем скорость движения воды в трубе:

$$Q = V\omega, \ V = \frac{Q}{\omega},$$

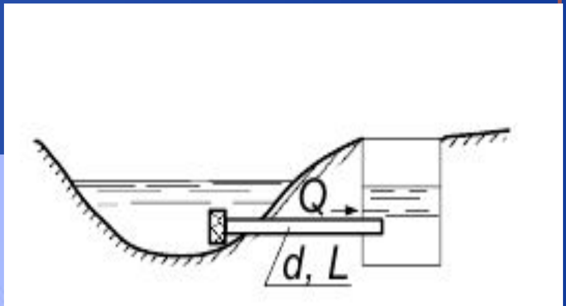
где ω – площадь трубы, равная $\omega = 0{,}785 \cdot d^2$.

$$V = \frac{0{,}0262}{0{,}785 \cdot 0{,}15^2} = 1{,}48 \ м / с.$$

Гидродинамика

Пример 6.

Решение:



Определяем число Рейнольдса

$$Re = \frac{Vd}{\nu}; \; Re = \frac{1{,}48 \cdot 0{,}15}{0{,}01 \cdot 10^{-4}} = 222000.$$

Определяем коэффициент гидравлического трения λ по формуле Альтшуля:

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{\Delta_э}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0{,}25}; \; \lambda = 0{,}11\left(\frac{1}{150} + \frac{68}{222000}\right)^{0{,}25} = 0{,}0318.$$

Находим потери напора по длине по формуле Дарси–Вейсбаха:

$$h_L = \lambda \frac{L}{d}\frac{V^2}{2g}; \; h_L = 0{,}0318 \frac{100}{0{,}15}\frac{1{,}48^2}{2 \cdot 9{,}81} = 2{,}37 \text{ м}.$$

Определяем потери на вход в трубу

$$h_{M1} = \zeta_{вх}\frac{V^2}{2g}; \; h_{M1} = 3 \cdot \frac{1{,}48^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}35 \text{ м}.$$

Определяем потери на выходе из трубы

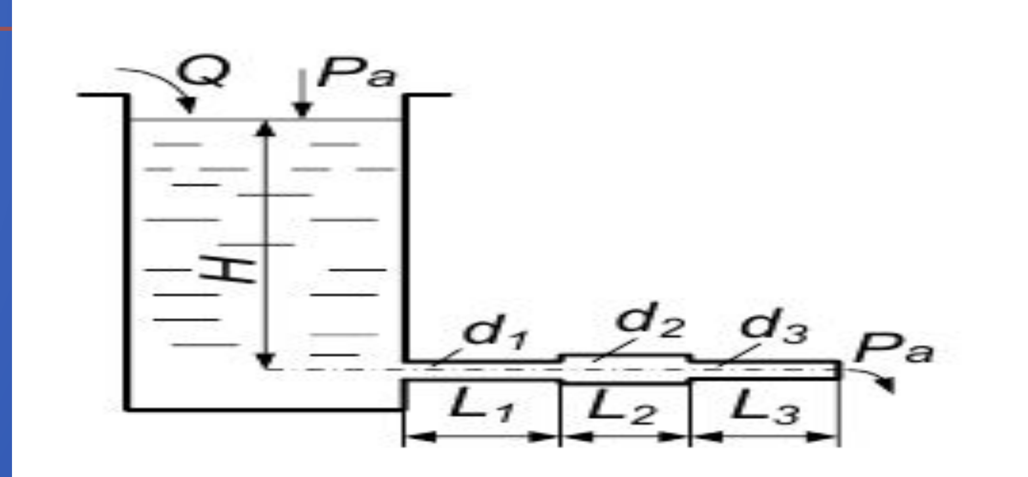
$$h_{M2} = \zeta_{вых}\frac{V^2}{2g}; \; h_{M2} = 1 \cdot \frac{1{,}48^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}112 \text{ м}.$$

Определяем общие потери в трубе

$$h_W = h_L + h_{M1} + h_{M2}; \; h_W = 2{,}37 + 0{,}35 + 0{,}112 = 2{,}83 \text{ м}.$$

Гидродинамика

Пример 7.



Из открытого резервуара, в котором поддерживается постоянный уровень, по стальному трубопроводу (эквивалентная шеоховатость $\Delta_э$ = 0,1мм), состоящему из труб различного диаметра d_1 = 50 мм; d_2 = 75 мм; d_3 = 50 мм) и различной длины (L_1= 5м; L_2= 75м; L_3 =15 м) вытекает в атмосферу вода, расход которой Q =6 л /с. Определить скорости движения воды и потери напора (по длине и местные) на каждом участке трубопровода. При определении местных потерь принять коэффициент местного сопротивления входа $\zeta_{вх}$ = 0,5, на внезапном сужении $\zeta_{в.с}$ = 0,38. Потери н

$$h_{в.р} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}.$$

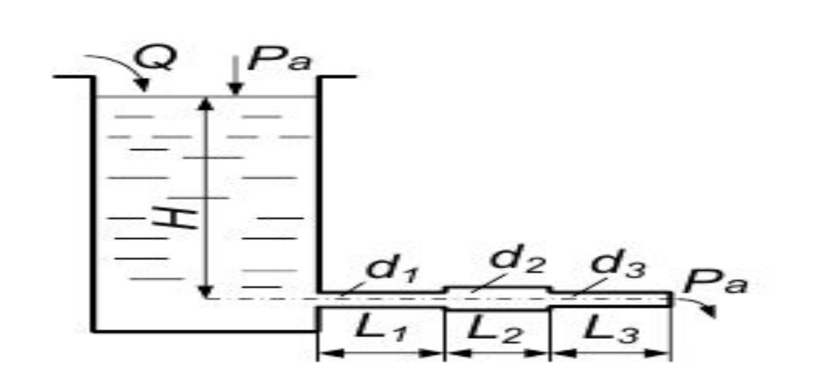
и определить по формуле Борда

Кинематический коэффициент вязкости воды ν = 0,0101

Гидродинамика

Пример 7.

Решение:



Определяем скорости на участках по уравнению

$$Q = V\omega; \; V = \frac{Q}{\omega}$$

а) на первом участке

$$V_1 = \frac{Q}{\omega_1};$$

$$V_1 = \frac{0{,}006}{0{,}785 \cdot 0{,}05^2} = 3{,}06\, м/с.$$

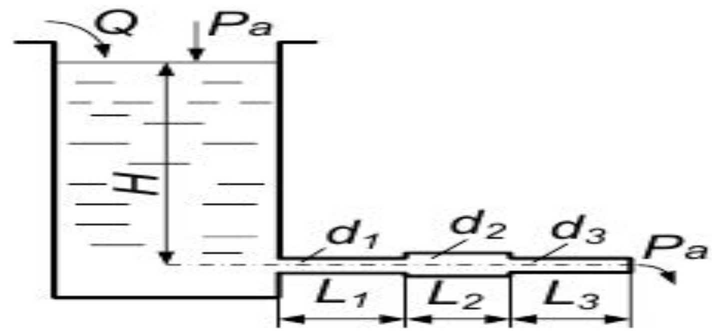
Диаметры третьего и первого участка равны, следовательно,

$$V_1 = V_3; \quad V_3 = 3{,}06\, м/с.$$

Гидродинамика

Пример 7.

Решение:



б) на втором участке

$$V_2 = \frac{Q}{\omega_2};$$

$$V_2 = \frac{0{,}006}{0{,}785 \cdot 0{,}075^2} = 1{,}36\ м/с.$$

Определяем числа Рейнольдса:

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

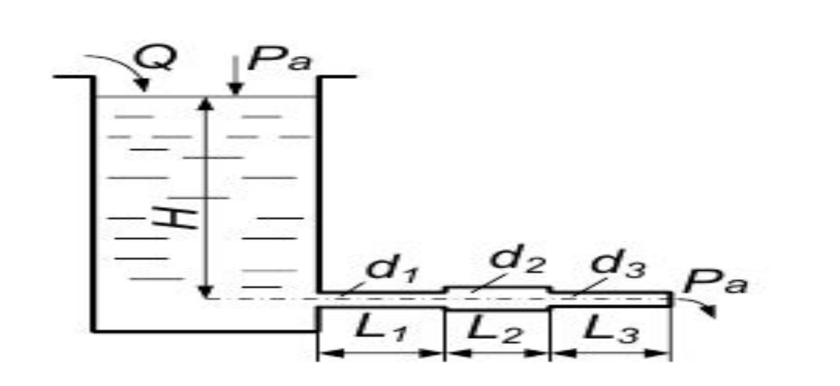
$$Re_1 = Re_3 = \frac{3{,}06 \cdot 0{,}05}{0{,}0101 \cdot 10^{-4}} = 151353;$$

$$Re_2 = \frac{1{,}36 \cdot 0{,}075}{0{,}0101 \cdot 10^{-4}} = 100990.$$

Гидродинамика

Пример 7.

Решение:



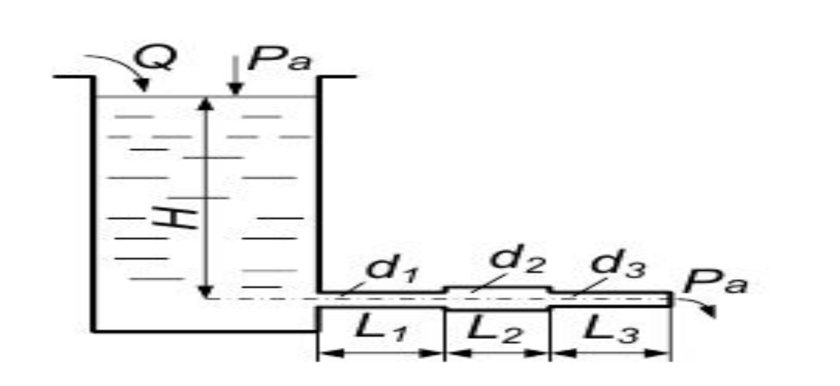
Определяем коэффициент гидравлического трения λ по формуле Альтшуля:

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

$$\lambda_1 = \lambda_3 = 0{,}11\left(\frac{0{,}1}{50} + \frac{68}{151353}\right)^{0{,}25} = 0{,}0245;$$

$$\lambda_2 = 0{,}11\left(\frac{0{,}1}{75} + \frac{68}{100990}\right)^{0{,}25} = 0{,}0233.$$

Гидродинамика
Пример 7.



Решение:

Определяем потери напора по длине по формуле Дарси–Вейсбаха:

$$h_L = \lambda \frac{L}{d}\frac{V^2}{2g};$$

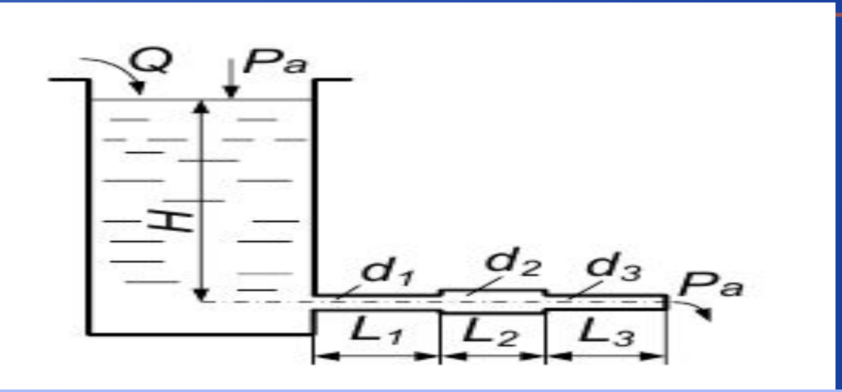
$$h_{L1} = 0{,}0245 \cdot \frac{5}{0{,}05} \cdot \frac{3{,}06^2}{2 \cdot 9{,}81} = 1{,}17\ м;$$

$$h_{L2} = 0{,}0233 \cdot \frac{10}{0{,}075} \cdot \frac{1{,}36^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}29\ м;$$

$$h_{L3} = 0{,}0245 \cdot \frac{15}{0{,}05} \cdot \frac{3{,}06^2}{2 \cdot 9{,}81} = 3{,}51 м.$$

Гидродинамика
Пример 7.

Решение:



Определяем местные потери:

а) потери на вход по формуле

$$h_{M1} = \zeta_{вх} \frac{V_1^2}{2g};\ h_{M1} = 0{,}5 \cdot \frac{3{,}06^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}24\ м.$$

б) потери на расширение

$$h_{M2} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g};\ h_{M2} = \frac{(3{,}06 - 1{,}36)^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}15\ м.$$

в) потери на внезапное сужение

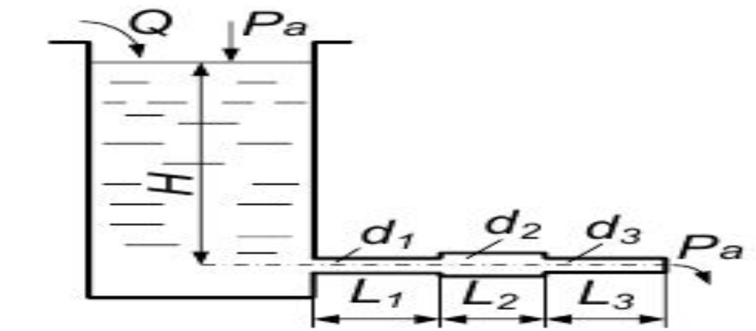
$$h_{M3} = \zeta_{в.с} \frac{V_3^2}{2g};\ h_{M3} = 0{,}38 \cdot \frac{3{,}06^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}18\ м.$$

Определяем общие потери как сумму всех потерь:

$$h_W = h_{L1} + h_{L2} + h_{L3} + h_{M1} + h_{M2} + h_{M3};$$

$$h_W = 1{,}17 + 0{,}29 + 3{,}51 + 0{,}24 + 0{,}15 + 0{,}18 = 5{,}54\ м.$$

Гидродинамика
Пример 7.
Решение:



Определяем местные потери:

а) потери на вход по формуле

$$h_{M1} = \zeta_{вх}\frac{V_1^2}{2g};\ h_{M1} = 0{,}5\cdot\frac{3{,}06^2}{2\cdot 9{,}81} = 0{,}24\ м.$$

б) потери на расширение

$$h_{M2} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g};\ h_{M2} = \frac{(3{,}06 - 1{,}36)^2}{2\cdot 9{,}81} = 0{,}15\ м.$$

в) потери на внезапное сужение

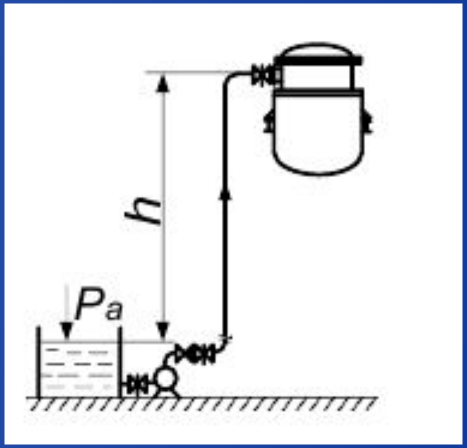
$$h_{M3} = \zeta_{в.с}\frac{V_3^2}{2g};\ h_{M3} = 0{,}38\cdot\frac{3{,}06^2}{2\cdot 9{,}81} = 0{,}18\ м.$$

Определяем общие потери как сумму всех потерь:

$$h_W = h_{L1} + h_{L2} + h_{L3} + h_{M1} + h_{M2} + h_{M3};$$

$$h_W = 1{,}17 + 0{,}29 + 3{,}51 + 0{,}24 + 0{,}15 + 0{,}18 = 5{,}54\ м.$$

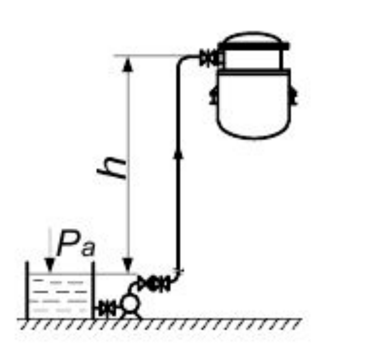
Гидродинамика
Пример 8.



30 т/ч воды (кинематический коэффициент вязкости ν =1,01·10−6 м2 / с) перекачиваются насосом из бака с атмосферным давлением в реактор, где поддерживается избыточное давление Ризб = 0,01 МПа. Трубопровод выполнен из стальных труб диаметром 80 мм с незначительной коррозией. Длина всего трубопровода, включая местные сопротивления, 45 м.

На трубопроводе установлены: три задвижки, обратный клапан, три колена с радиусом изгиба 200 мм. Высота подъема жидкости 15 м. Найти мощность, потребляемую насосом, приняв его

Гидродинамика
Пример 8.



Решение:

В начале перейдем от массового расхода к объемному, разделив первый на плотность воды (ρ = 1000кг / м3):

$$Q = \frac{30\,000}{3600 \cdot 1000} = 0{,}0083\ м^3/с.$$

Найдем скорость движения воды по формуле

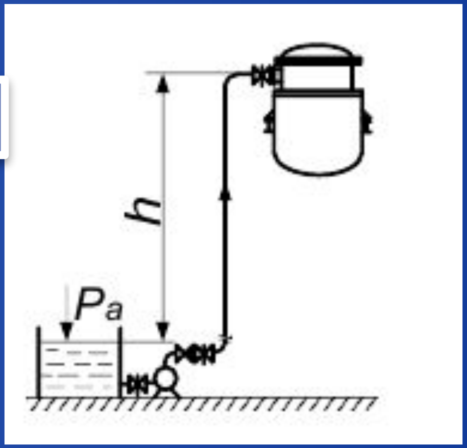
$$V = \frac{Q}{0{,}785 \cdot d^2};\quad V = \frac{0{,}0083}{0{,}785 \cdot 0{,}08^2} = 1{,}65\ м/с.$$

Число Рейнольдса равно

$$Re = \frac{Vd}{\nu};\quad Re = \frac{1{,}65 \cdot 0{,}08}{1{,}01 \cdot 10^{-6}} = 130\,693.$$

Гидродинамика
Пример 8.

Решение:



Определяем коэффициент гидравлического трения. Эквивалентная шероховатость стальных труб с незначите $\Delta_Э = 0{,}2\ мм$. розией

Так как $\frac{\Delta_Э}{d} Re = 327$

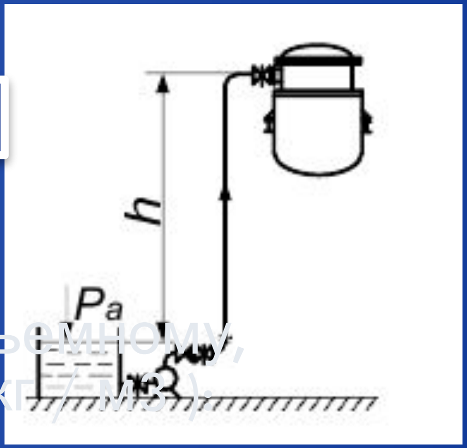
, поэтому используем формулу Альтшуля:

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{0{,}2}{80} + \frac{68}{130693}\right)^{0{,}25} = 0{,}0258.$$

Гидродинамика

Пример 8.

Решение:



В начале перейдем от массового расхода к объемному, разделив первый на плотность воды (ρ = 1000кг/м3).

$$Q = \frac{30\,000}{3600 \cdot 1000} = 0{,}0083\ м^3/с.$$

Найдем скорость движения воды по формуле

$$V = \frac{Q}{0{,}785 \cdot d^2};\ V = \frac{0{,}0083}{0{,}785 \cdot 0{,}08^2} = 1{,}65\ м/с.$$

Число Рейнольдса равно

$$Re = \frac{Vd}{\nu};\ Re = \frac{1{,}65 \cdot 0{,}08}{1{,}01 \cdot 10^{-6}} = 130\,693.$$

Определяем коэффициент гидравлического трения. Эквивалентная шероховатость стальных труб с незначительной коррозией $\Delta_Э = 0{,}2\ мм.$

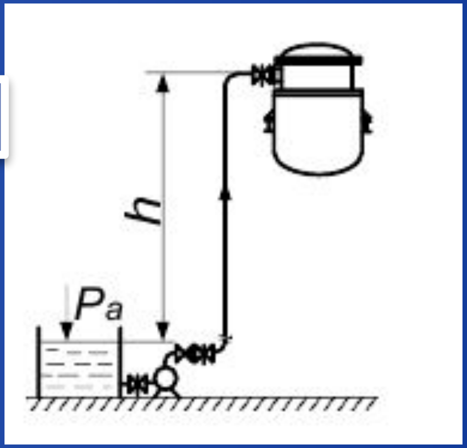
Так как $\frac{\Delta_Э}{d} Re = 327$

, поэтому используем формулу Альтшуля

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{0{,}2}{80} + \frac{68}{130693}\right)^{0{,}25} = 0{,}0258.$$

Гидродинамика
Пример 8.

Решение:



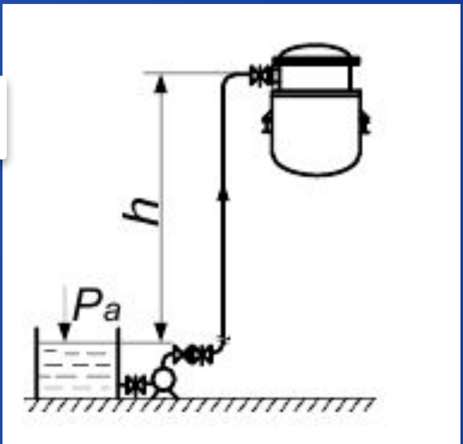
Коэффициенты местных сопротивлений :

- Вход в трубу с острыми кромками 0,5
- Обратный клапан 2
- Задвижка (3 шт.) $3 \cdot 0{,}5 = 1{,}5$
- Колено с поворотом $d/R = 80/200 = 0{,}4$ (3 шт.) $3 \cdot 0{,}21 = 0{,}63$

$\sum \zeta$ = **4,63**

Гидродинамика
Пример 8.

Решение:



Повышение давления Δp, Па, развиваемое насосом, складывается из затрат давления на создание скорости потока, на подъем жидкости, на преодоление сопротивления трения и местных сопротивлений и избыточного давления в точке

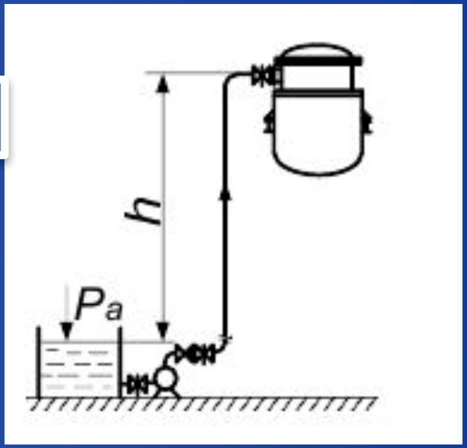
$$\Delta p = \frac{\rho V^2}{2}\left(1 + \frac{\lambda L}{d} + \sum\zeta\right) + \rho g h + p_{изб};$$

$$\Delta p = \frac{1000 \cdot 1{,}65^2}{2}\left(1 + \frac{0{,}0258 \cdot 45}{0{,}08} + 4{,}63\right) + 1000 \cdot 9{,}8 \cdot 15 +$$

$$+ 0{,}01 \cdot 10^6 = 184\,419\ Па$$

Гидродинамика
Пример 8.

Решение:



- Потребляемую насосом
- мощность N , кВт, найдем по формуле

$$N = \frac{Q\Delta p}{1000 \cdot \eta};$$

$$N = \frac{0{,}0083 \cdot 184419}{1000 \cdot 0{,}65} = 2{,}35\,кВт.$$