



**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
по выполнению домашней контрольной работы по дисциплине  
«ГИДРАВЛИКА»**

Направленность (профиль) образовательной программы  
«Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте»

Направление подготовки  
**23.03.01 Технология транспортных процессов**

является единой для всех форм обучения

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Методические рекомендации по выполнению контрольных заданий.....	3
Задания для домашней контрольной работы.....	4
Список литературы .....	22
Приложение.....	23

## Введение

Выполнение письменной работы имеет большое значение в учебном процессе. Цель данной контрольной работы – не только углубленное изучение обучающимися важнейших методологических вопросов теории механики жидкости и газов, но и приобретение практических навыков расчетов. Это достигается лишь при самостоятельном выполнении задания.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине указан в рабочей программе дисциплины.

### Методические рекомендации по выполнению контрольных заданий

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Гидравлика» студенты направления подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» заочного отделения выполняют письменную контрольную работу.

Контрольные задания для студентов заочной формы обучения включают контрольные задачи и вопросы, касающиеся основных понятий, определений, зависимостей и расчетных формул. Ответы на контрольные вопросы студенты приводят в своей работе после решения задач.

**Обратить внимание:** Вариант контрольного задания студента определяется шифром, состоящим из трех последних цифр № зачетной книжки (или № студенческого билета) студента.

Таблица вариантов

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>по первой цифре шифра</b> (первая из трех последних цифр № зачетной книжки)	<b>задача № 1</b>	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.	1.7.	1.8.	1.9.	1.10.
<b>по второй цифре шифра</b> (предпоследняя цифра № зачетной книжки)	<b>задача № 2</b>	2.1.	2.2.	2.3.	2.4.	2.5.	2.6.	2.7.	2.8.	2.9.	2.10.
<b>по третьей цифре шифра</b> (последняя цифра № зачетной книжки)	<b>задача № 3</b>	2.11.	2.12.	2.13.	2.14.	2.15.	2.16.	2.17.	2.18.	2.19.	2.20.
		1,6, 15,11, 23,30	2,4, 16,12, 26,39	3,10, 17,22, 30,40	4,1, 18,11, 24,34	5,2, 19,12, 31,38	6,3, 20,16, 27,35	7,11, 17,1, 29,37	8,12, 20,4, 25,33	9,13, 21,6, 26,32	10,14, 22,5, 28,36

Выполнение контрольной работы не своего варианта не засчитывается. Самостоятельную работу над контрольным заданием по курсу следует начинать с изучения учебника в той последовательности, в которой курс изложен в программе. Контрольную работу целесообразно выполнять по мере изучения учебной литературы.

При выполнении контрольной работы следует руководствоваться следующими требованиями:

1. Контрольную работу необходимо выполнять и представлять в срок, установленный графиком представления работ.

2. Контрольная работа должна выполняться в той последовательности, в которой указаны номера задач.

3. Перед решением необходимо полностью привести условия задач.

4. При решении задач необходимо пользоваться размерностями системы СИ, решения задач проводить полностью. Решение задач следует сопровождать необходимыми формулами, развернутыми расчетами, краткими пояснениями. Задачи, в которых даны только ответы без расчетов, будут считаться нерешенными.

Решение задачи рекомендуется приводить с пояснительным рисунком. Вычисления записываются в такой последовательности:

- формула;
- численные значения в ней;
- ответ с указанием размерности.

Например,

$$V_2 = \left( \frac{d_1}{d_2} \right) \cdot V_1 = \left( \frac{0,02}{0,01} \right) \cdot 1 = 4 \text{ м/с}.$$

Вычисление необходимо производить с точностью до 0,01.

**Оформляются задачи на листах писчей бумаги форматом А4 (210x297).**

**Первый лист - титульный.**

В конце работы необходимо поставить подпись и дату, а также указать перечень использованной литературы, который необходим для того, чтобы при рецензировании преподаватель мог дать студенту конкретные указания по дальнейшему изучению дисциплины со ссылкой на учебник или учебное пособие.

Если в зачетной работе рецензентом сделаны замечания, студент обязан не переписывая работу, внести необходимые дополнения и изменения. Незачтенная работа выполняется заново.

Зачтенную работу вместе с исправлениями и дополнениями студент должен представить экзаменатору. Без выполнения этих требований студент не допускается к экзамену.

Студенты, не получившие зачета по письменным работам, предусмотренным учебным планом, к экзамену не допускаются.

### **Задания для домашней контрольной работы**

#### **Раздел 1.**

##### **Задача 1.1.**

Удельный вес бензина  $\gamma = 7063 \text{ Н/м}^3$ . Определить его плотность.

##### **Задача 1.2.**

Плотность дизельного мазута  $\rho = 878 \text{ кг/м}^3$ . Определить его удельный вес.

**Задача 1.3.**

Медный шар  $d = 100$  мм весит в воздухе 45,7 Н, а при погружении в жидкость 40,6 Н. Определить плотность жидкости.

Методические указания к решению задачи

Вес  $G$  и объем  $W$  вытесненной жидкости можно определить на основании формулы:

$$G = G_{\text{в}} - G_{\text{ж}};$$

$$p = p_0 + \rho g z_0.$$

плотность жидкости можно найти из формулы

$$G = \rho g W.$$

**Задача 1.4.**

Сосуд заполнен водой, занимающей объем  $W_1 = 2$  м<sup>3</sup>. На сколько уменьшится и чему будет равен этот объем при увеличении давления на величину 200 бар при температуре 20°C ? Модуль объемной упругости для воды при данной температуре  $E_0 = 2110$  МПа.

Методические указания к решению задачи

Изменение объема жидкости:

$$\Delta W = -\beta_w W \Delta p.$$

Коэффициент объемного сжатия определим из уравнения:

$$\beta_w = 1 / E_0.$$

Увеличение давления  $\Delta p = 200$  бар =  $20 \cdot 10^6$  Па.

Искомый объем будет равен:

$$W_2 = W_1 - \Delta W.$$

**Задача 1.5.**

Канистра, заполненная бензином, и не содержащая воздуха, нагрелась на солнце до температуры 50°C. На сколько повысилось бы давление бензина внутри канистры, если бы она была абсолютно жесткой? Начальная температура бензина 20°C. Модуль объемной упругости бензина принять равным  $E_0 = 1300$  МПа, коэффициент температурного расширения  $\beta_t = 8 \cdot 10^{-4}$  1/град.

Методические указания к решению задачи

Относительное изменение объема бензина при увеличении температуры  $\Delta t$  на  $30^\circ\text{C}$  ( $\Delta t = t_2 - t_1 = 30^\circ\text{C}$ ):

$$\Delta w / w = \beta_t \Delta t.$$

Тогда изменение давления  $\Delta p$  при увеличении температуры  $\Delta t$  на  $30^\circ\text{C}$  можно определить:

$$\Delta p = \frac{\Delta w}{w} \cdot \frac{1}{\beta_w} = \frac{\Delta w}{w} \cdot E_o.$$

**Задача 1.6.**

Плотность масла АМГ-10 при температуре  $20^\circ\text{C}$  составляет  $850 \text{ кг/м}^3$ . Определить плотность масла при повышении температуры до  $60^\circ\text{C}$  и увеличении давления с атмосферного ( $p_1=0,1 \text{ МПа}$ ) до  $p_2=8,7 \text{ МПа}$ . Модуль объемной упругости масла  $E_o = 1305 \text{ МПа}$ , температурный коэффициент  $\beta_t = 0,0008 \text{ 1/град}$ .

Методические указания к решению задачи

Плотность масла при повышении температуры до значения  $t_2 = 60^\circ\text{C}$  можно вычислить по формуле:

$$\rho_{\text{I}} = \rho_1 / (1 + \beta_t \cdot \Delta t).$$

Плотность масла при повышении давления до значения  $p_2 = 8,7 \text{ МПа}$  вычисляем:

$$\rho_{\text{II}} = \rho_{\text{I}} / (1 - \beta_w dp) = \rho_{\text{I}} / (1 - \frac{(p_2 - p_1)}{E_o}).$$

**Задача 1.7**

При гидравлическом испытании системы объединенного внутреннего противопожарного водоснабжения допускается падение давления в течение 10 мин. на  $\Delta p = 4,97 \cdot 10^4 \text{ Па}$ . Определить допустимую утечку  $\Delta w$  при испытании системы вместимостью  $w = 80 \text{ м}^3$ . Коэффициент объемного сжатия  $\beta_w = 5 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$ .

Методические указания к решению задачи

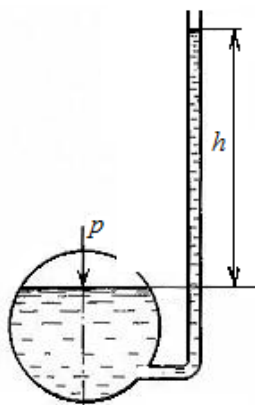
Допустимую утечку  $\Delta w$  можно определить из формулы

$$\beta_w = - \frac{\Delta w}{w \Delta p};$$

$$\Delta w = \beta_w w \Delta p.$$

**Задача 1.8.**

Определить величину избыточного давления ( $p$ , Па) на поверхность жидкости, находящейся в сосуде в состоянии покоя, если в трубке пьезометра вода поднялась на высоту  $h = 1,8$  м.

Методические указания к решению задачи

Искомое избыточное давление определяем по формуле

$$p = \gamma \cdot h.$$

**Задача 1.9.**

Определить изменение плотности воды при нагревании ее от  $t_1 = 7^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 97^\circ\text{C}$ .

**Задача 1.10.**

Плотность первой жидкости равна  $1000 \text{ кг/м}^3$ , второй –  $800 \text{ кг/м}^3$ , а их смеси –  $850 \text{ кг/м}^3$ . Определить отношение объемов жидкостей в смеси.

Методические указания к решению задачи

Выражаем плотность смеси жидкостей через плотности и объемы составляющих:

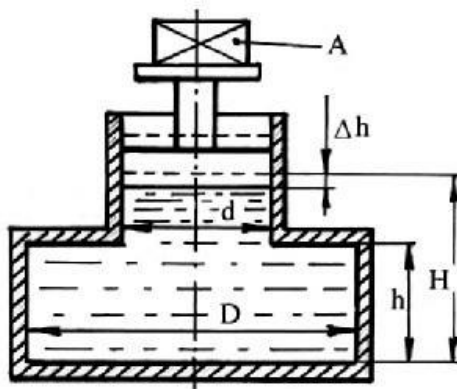
$$\rho_{см} = \frac{m_{см}}{V_{см}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_1 \frac{V_1}{V_2} + \rho_2}{\frac{V_1}{V_2} + 1}.$$

Отсюда находим отношение объемов  $V_1 / V_2$  жидкостей в смеси.

## Раздел 2

### Задача 2.1.

Определить объемный модуль упругости жидкости, если под действием груза А массой 250 кг поршень прошел расстояние  $\Delta h = 5$  мм. Начальная высота положения поршня (без груза)  $H = 1,5$  м; диаметр поршня  $d = 80$  мм и резервуара  $D = 300$  мм; высота резервуара  $h = 1,3$  м. Весом поршня пренебречь. Резервуар считать абсолютно жестким.



#### Методические указания к решению задачи

Сила тяжести, создаваема грузом А:  $F = mg$ .

Давление, создаваемое этой силой (т.е. приращение давления  $dp$ ):

$$dp = F / S_{\text{п}} = 4F / \pi d^2.$$

Первоначальный объем  $w$  жидкости равен:

$$w = S_1 h + S_2 (H - h) = \pi d^2 h / 4 + \pi d^2 (H - h).$$

Изменение объема равно:

$$dw = S_2 \Delta h = \pi d^2 \Delta h / 4.$$

Модуль объемной упругости определяем по формуле

$$E_o = w \frac{dp}{dw}.$$

### Задача 2.2.

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

#### Методические указания к решению задачи



Объем воды в трубе при  $t = 5^\circ\text{C}$  находим:

$$w = 0,785 d^2 L;$$

увеличение объема  $\Delta w$  при изменении температуры:

$$\beta_t = \frac{\Delta w}{w \cdot \Delta t},$$

приращение давления в связи с увеличением объема воды:

$$\Delta p = \frac{\Delta w}{w} \cdot \frac{1}{\beta_w}.$$

Затем находим давление в трубопроводе после увеличения температуры

### Задача 2.3.

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

#### Методические указания к решению задачи

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 можно определить

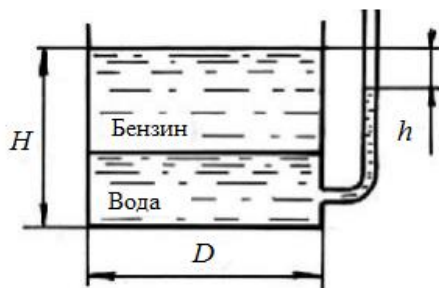
$$\mu = \frac{\rho \cdot g \cdot d^2}{18 \cdot u};$$

Коэффициент кинематической вязкости

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

### Задача 2.4.

В цилиндрический бак диаметром 2 м до уровня  $H = 1,5$  м налиты вода и бензин. Уровень воды в пьезометре ниже уровня бензина на  $h = 300$  мм. Определить вес находящегося в баке бензина, если  $\rho_6 = 700$  кг/м<sup>3</sup>.



Методические указания к решению задачи

Весовое (избыточное) давление воды и бензина в баке будет равно весовому давлению воды в пьезометре:

$$\rho_в g h_в + \rho_6 g h_6 = \rho_в g (H - h).$$

Поскольку в этом уравнении есть два неизвестных, выразим  $h_в = H - h_6$  и подставляем в уравнение

$$\rho_в g (H - h_6) + \rho_6 g h_6 = \rho_в g (H - h).$$

После сокращения:

$$h_6 (\rho_в - \rho_6) = \rho_в h.$$

Тогда высота бензина в баке:

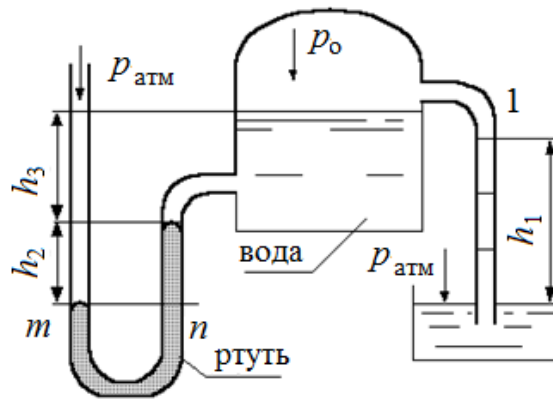
$$h_6 = \frac{\rho_в h}{\rho_в - \rho_6}$$

Вес находящегося в баке бензина

$$G = Mg = \rho_6 \cdot g \cdot S \cdot h_6 = \rho_6 \cdot g \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h_6.$$

**Задача 2.5.**

Определить давление в резервуаре  $p_0$  и высоту подъема уровня  $h_1$  в трубке 1, если показания ртутного манометра:  $h_2 = 0,15$  м;  $h_3 = 0,8$  м;  $\rho_{рт} = 13,6$  т/м<sup>3</sup>;  $\rho_в = 1$  т/м<sup>3</sup>.



Методические указания к решению задачи

Запишем условия равновесия для ртутного манометра для плоскости

а) со стороны резервуара

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

б) со стороны манометра

$$p = p_{атм},$$

тогда

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

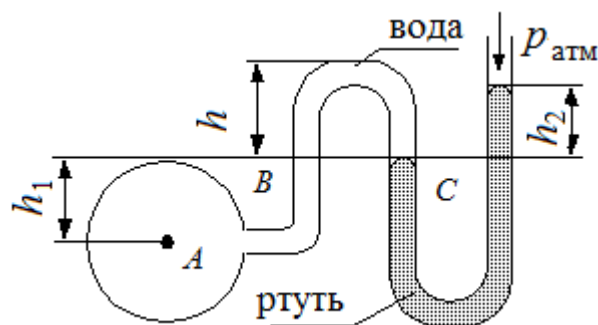
Находим  $p_0$ .  $p_v$ .

Из условия равновесия трубки 1 выражаем  $h_1$ :

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

**Задача 2.6.**

Определить манометрическое давление в трубопроводе А, если высота столба ртути по пьезометру  $h_2 = 25$  см. Центр трубопровода расположен на  $h_1 = 40$  см ниже линии раздела между водой и ртутью.



Методические указания к решению задачи

Находим давление в точке В. Точка В расположена выше точки А на величину  $h_1$ , следовательно, давление в точке В будет равно

$$p_B = p_A - \rho_v \cdot g \cdot h_1.$$

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

$$p_C = p_B = p_A - \rho_v \cdot g \cdot h_1.$$

Определим давление в точке С, подходя, справа

$$p_C = p_{атм} + \rho_{рт} \cdot g \cdot h_2.$$

Приравнявая оба уравнения, получаем

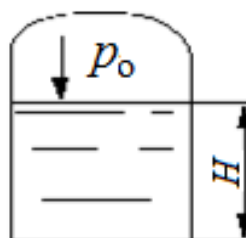
$$p_A - \rho_v \cdot g \cdot h_1 = p_{атм} + \rho_{рт} \cdot g \cdot h_2.$$

Из уравнения находим манометрическое давление

$$p_A - p_{атм} = p_m = \rho_{рт} \cdot g \cdot h_2 - \rho_v \cdot g \cdot h_1.$$

### Задача 2.7.

Определить все виды гидростатического давления в баке с нефтью на глубине  $H = 3$  м, если давление на свободной поверхности нефти 200 КПа. Плотность нефти  $\rho = 0,9$  т/м<sup>3</sup>.



#### Методические указания к решению задачи

1. Абсолютное гидростатическое давление у дна

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot H$$

2. Избыточное (манометрическое) давление у дна

$$p_{изб(м)} = p - p_{атм}$$

3. Избыточное давление создаваемое столбом жидкости

$$p_{изб} = \rho \cdot g \cdot H$$

4. Избыточное давление на свободной поверхности

$$p_{изб.св.п.} = p_0 - p_{атм}$$

**Задача 2.8.**

Стальная труба с внутренним диаметром  $d = 600$  мм работает под давлением  $p = 3$  МПа. Найти необходимую толщину стенок трубы, если допустимое напряжение для стали составляет  $[\sigma] = 150$  МПа.

Методические указания к решению задачи

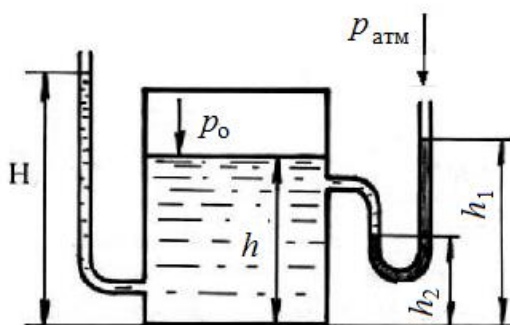
Из условия прочности находим толщину стенок трубы:

$$\sigma = \frac{p \cdot d}{2\delta} \leq [\sigma],$$

$$\sigma = \frac{p \cdot r}{\delta} \leq [\sigma],$$

**Задача 2.9.**

Определить давление  $p_0$  воздуха в напорном баке по показанию ртутного манометра. Какой высоты  $H$  должен быть пьезометр для измерения того же давления  $p_0$ ? Высоты  $h=2,6$  м;  $h_1=1,8$  м;  $h_2=0,6$  м. Плотность ртути  $\rho = 13600$  кг/м<sup>3</sup>, воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

Методические указания к решению задачи

Абсолютное давление в баке на уровне высоты  $h_2$  будет равно абсолютному давлению в ртутном манометре на том же уровне:

$$p_a = p_0 + \rho_w g (h - h_2) = p_{атм} + \rho_{рт} g (h_1 - h_2).$$

$$p_0 = p_{атм} + \rho_{рт} g (h_1 - h_2) - \rho_w g (h - h_2)$$

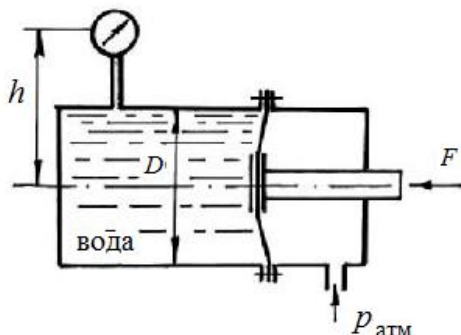
Для нахождения высоты  $H$  рассуждения аналогичны:

$$p_{атм} + \rho_w g H = p_0 + \rho_w g h,$$

$$\text{откуда } H = \frac{p_0 + \rho_w g h - p_{атм}}{\rho_w g}$$

### Задача 2.10.

Определить силу  $F$ , действующую на шток гибкой диафрагмы, если ее диаметр  $D = 200$  мм, показания вакуумметра  $p_{\text{вак}} = 0,05$  МПа, высота  $h = 1$  м. площадью штока пренебречь. Найти абсолютное давление в левой полости, если  $h_{\text{атм}} = 740$  мм. рт. ст.



#### Методические указания к решению задачи

Действующее на шток диафрагмы давление вакуума определяется по показанию вакуумметра с учетом высоты столба воды  $h$ :

$$p_{\text{вак.д.}} = \rho g h - p_{\text{вак.}}$$

Знак "-" указывает на то, что давление в левой полости гидроцилиндра по оси штока ниже атмосферного (давление вакуума).

Атмосферное давление составляет:

$$p_{\text{ат}} = 740 \cdot 133,3 = 98642 \text{ Па.}$$

Абсолютное давление в левой полости (давление с учетом атмосферного давления):

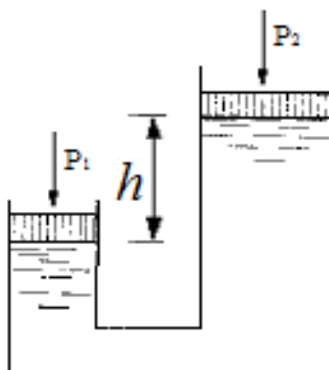
$$p_{\text{аб}} = p_{\text{ат}} - p_{\text{вак.д.}}$$

Сила, действующая на шток диафрагмы, равна:

$$F = p_{\text{вак.}} \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

### Задача 2.11.

На поршень одного из сообщающихся сосудов, наполненных водой, действует сила  $P_1 = 200$  Н, а на поршень второго сосуда  $P_2 = 300$  Н. определить разность уровней жидкости в сосудах  $h$ , если диаметр первого поршня  $d_1 = 0,1$  м, второго поршня  $d_2 = 0,15$  м.



Методические указания к решению задачи

Давление на единицу площади на поверхности жидкости под первым поршнем

$$P_{01} = \frac{4P_1}{\pi d_1^2}$$

То же на поверхности жидкости под вторым поршнем

$$P_{02} = \frac{4P_2}{\pi d_2^2}$$

Гидростатическое давление во втором сосуде на глубине  $h$  определяется по основному уравнению гидростатики

$$P_{01} = P_{02} + \rho g h,$$

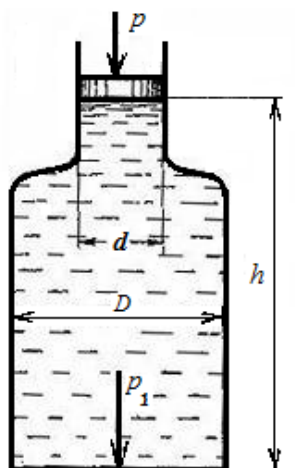
откуда

$$h = \frac{P_{01} - P_{02}}{\rho g}$$

где  $\rho$  – плотность воды;  $g$  – ускорение свободного падения.

**Задача 2.12.**

Цилиндрический сосуд заполнен водой на высоту  $h = 0,6$  м. Диаметр сосуда  $D = 40$  см, диаметр горловины  $d = 10$  см. На свободную поверхность жидкости при помощи поршня приложена сила  $P = 50$  Н. Определить силу давления  $p_1$  на дно сосуда, абсолютное давление в точке, лежащей на половине высоты сосуда.



Методические указания к решению задачи

Силу давления  $p_1$  на дно сосуда можно определить по следующей формуле:

$$p_1 = (p_0 + \gamma \cdot h_c) \cdot \omega,$$

где  $p_0 = 4P / \pi d^2$ ;  $h_c = h$ ;  $\omega = \pi D^2 / 4$ .

Тогда абсолютное давление в точке на половине высоты

$$p = p_0 + \gamma \cdot \frac{h}{2}.$$

**Задача 2.13.**

При гидравлическом испытании трубопровода диаметром  $d = 200$  мм и длиной 250 м давление в трубе было повышено до 3 МПа. Через час давление снизилось до 2 МПа. Сколько воды вытекло через неплотности?

Методические указания к решению задачи

Объем воды в трубопроводе можно определить:  $w = \frac{\pi d^2}{4} l$ .

Изменение давления за время испытания:

$$\Delta p = p_1 - p_2.$$

Принимая коэффициент объемного сжатия воды  $\beta_w = 5 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{кПа}}$ , находим количество воды, вытекающей через неплотности, по формуле

$$\Delta \omega = -\beta_v \cdot w \cdot \Delta p.$$



**Задача 2.14.**

Определить усилие, которое развивает гидравлический пресс, имеющий  $d_2 = 250$  мм,  $d_1 = 25$  мм,  $a = 1$  м и  $b = 0,1$  м, если усилие, приложенное к рукоятке рычага рабочим,  $N = 200$  Н, а КПД равен 0,8.

Методические указания к решению задачи

Усилие в гидравлическом прессе можно определить по формуле:

$$P_2 = \eta \cdot N \cdot \frac{a+b}{b} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2.$$

**Задача 2.15.**

При гидравлическом испытании системы объединенного внутреннего противопожарного водоснабжения допускается падение давления в течение 10 мин. на  $\Delta p = 4,97104$  Па. Определить допустимую утечку  $\Delta W$  при испытании системы вместимостью  $W = 80$  м<sup>3</sup>. Коэффициент объемного сжатия  $\beta_w = 5 \cdot 10^{-10}$  Па<sup>-1</sup>.

Методические указания к решению задачи

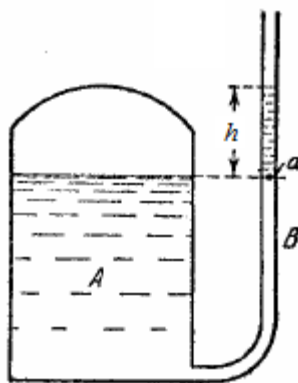
Допустимую утечку  $\Delta W$  определяем из формулы

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

$$\Delta W = \beta_w \cdot W \cdot \Delta p;$$

**Задача 2.16.**

В боковую стенку сосуда А, наполненного водой, вставлена пьезометрическая трубка В. Определить абсолютное давление  $p$  на свободной поверхности жидкости в сосуде, если под действием этого давления вода в трубке поднялась на высоту  $h = 1,5$  м.



Методические указания к решению задачи

Давление на свободной поверхности жидкости в сосуде равняется давлению в сечении  $a$  пьезометра и определяется по основному уравнению гидростатики:

$$p = p_0 + \gamma h.$$

Отсюда, зная давление на свободной поверхности  $p_0 = p_{\text{атм}}$  и удельный вес воды  $\gamma$  находим  $p$ .

**Задача 2.17.**

Сосуд заполнен водой, занимающей объем  $w_1 = 2 \text{ м}^3$ . На сколько уменьшится и чему будет равен этот объем при увеличении давления на величину 200 бар при температуре  $20^\circ\text{C}$ ? Модуль объемной упругости для воды при данной температуре  $E_0 = 2110 \text{ МПа}$ .

Методические указания к решению задачи

Изменение объема жидкости можно определить из уравнения:

$$\Delta w = -\beta_w w \Delta p.$$

Затем определяем коэффициент объемного сжатия из уравнения:

$$\beta_w = 1 / E_0$$

Увеличение давления  $\Delta p = 200 \text{ бар} = 20 \cdot 10^6 \text{ Па}$ .

Находим  $\Delta w$ .

Тогда искомый объем будет равен:

$$w_2 = w_1 - \Delta w.$$

**Задача 2.18.**

В цилиндре под поршнем находится воздух при манометрическом давлении 0,02 МПа. Определить перемещение поршня и давление в конце процесса

изотермического сжатия, если на поршень дополнительно действует груз массой 5 кг. Диаметр поршня  $d = 100$  мм. Высота начального положения поршня  $h = 500$  мм.

Методические указания к решению задачи

Дополнительную силу, создаваемую грузом, можно найти следующим образом:

$$F = mg.$$

Тогда дополнительное давление от груза:

$$\Delta p = \frac{4F}{\pi d^2}.$$

Конечное давление:

$$p_2 = p_1 + \Delta p = p_{\text{атм}} + p_{\text{ман}} + \Delta p.$$

Объем воздуха в цилиндре до начала действия груза:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_1.$$

Объем воздуха после изотермического сжатия:

$$V_2 = V_1 \frac{p_1}{p_2}$$

Тогда, высота положения поршня после сжатия

$$h_2 = \frac{4V_2}{\pi d^2}$$

Перемещение поршня в цилиндре в результате сжатия

$$\Delta h = h_1 - h_2.$$

**Задача 2.19.**

Имеется труба с переменным поперечным сечением и напорным движением жидкости. Определить среднюю скорость в первом сечении  $V_1$ , если известно, что диаметр первого сечения  $d_1 = 200$  мм, диаметр второго сечения  $d_2 = 100$  мм и средняя скорость во втором сечении  $V_2 = 1$  м/с.

Методические указания к решению задачи

Находим площади живых сечений:

$$\omega_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}; \quad \omega_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}.$$

Подставляя эти значения в уравнение неразрывности

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

получим

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2},$$

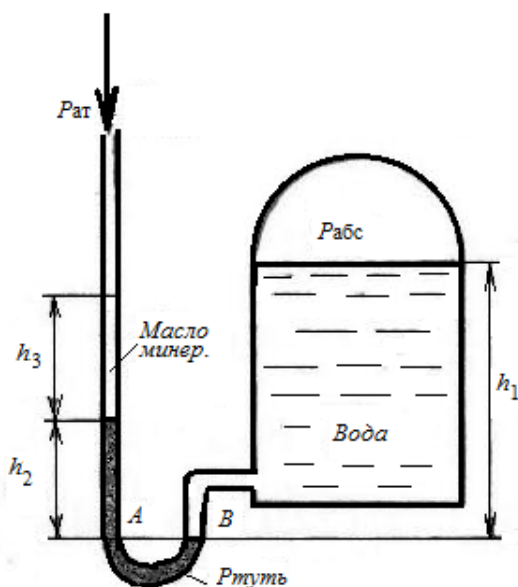
т. е. для случая круглой трубы, сплошь заполненной жидкостью, средние скорости обратно пропорциональны квадратам диаметров соответствующих внутренних сечений трубы.

Скорость в первом сечении будет равна, м/с

$$V_1 = V_2 \frac{d_2^2}{d_1^2},$$

### Задача 2.20.

Определить абсолютное давление в сосуде по показанию жидкостного манометра, если известно:  $h_1 = 2\text{ м}$ ;  $h_2 = 0,5\text{ м}$ ;  $h_3 = 0,2\text{ м}$ ;  $\rho_{\text{м}} = 880\text{ кг/м}^3$ .



#### Методические указания к решению задачи

Давление в точках А и В равно, так как они лежат в одной горизонтальной плоскости, проходящей в однородной жидкости, поэтому

$$p_{\text{ат}} + \rho_{\text{м}}gh_3 + \rho_{\text{рт}}gh_2 = p_{\text{абс}} + \rho_{\text{в}}gh_1,$$

где  $\rho_{\text{рт}}$  - плотность ртути,  $\rho_{\text{рт}} = 13600\text{ кг/м}^3$ ;

$\rho_{\text{в}}$  - плотность воды,  $\rho_{\text{в}} = 1000\text{ кг/м}^3$ .

Тогда абсолютное давление в сосуде можно определить

$$p_{\text{абс}} = p_{\text{ат}} + \rho_{\text{м}}gh_3 + \rho_{\text{рт}}gh_2 - \rho_{\text{в}}gh_1$$

### Контрольные вопросы:

1. Что такое вязкость жидкости и что она характеризует?
2. В чем состоит закон вязкости Ньютона?
3. Какая связь существует между кинетическим и динамическим коэффициентами вязкости и какова их размерность?
4. Что такое пьезометрическая высота?
5. Что называется гидростатическим давлением? Укажите его основные свойства?
6. Как определяется суммарное давление жидкости на криволинейные стенки?
7. Что такое центр давления?
8. В чем состоит закон Паскаля?
9. В каких единицах и каким прибором измеряется гидростатическое давление?
10. Практическое применение основного уравнения гидростатики.
11. Что такое равномерное и неравномерное движение?
12. В чем состоит принцип работы водомера Вентури?
13. Что такое гидравлический радиус, гидравлический уклон?
14. Какие существуют ограничения для применения уравнения Бернулли?
15. Что такое равномерное и неравномерное движение?
16. Что такое живое сечение потока? Средняя скорость? Расход жидкости?
17. Какое соотношение существует между гидравлическим радиусом и диаметром трубы?
18. Какое движение называют ламинарным, турбулентным?
19. Что такое число Рейнольдса, в чем его физический смысл и практическое значение?
20. Как определяются потери напора на трение при ламинарном движении?
21. Что такое относительная и абсолютная шероховатости?
22. Какие трубы называются гидравлическими гладкими?
23. Что такое квадратичная область сопротивления?
24. Что такое местные сопротивления? По какой формуле находят потери напора на местные сопротивления?
25. От каких факторов зависит коэффициент гидравлического трения при турбулентном движении?
26. Как выражаются потери напора при внезапном расширении потока?
27. График Никурадзе.
28. Формула Жези и ее применение.
29. Какими признаками характеризуется отверстие в тонкой стенке?
30. Что такое коэффициент сжатия струи?
31. Какое влияние оказывает напор на величину коэффициента расхода при истечении через цилиндрические насадки?
32. Какие факторы влияют на высоту и дальность полета вытекающей из насоса струи?
33. Ветровая нагрузка на здания, распределение нагрузок по поверхности.
34. Фильтрация жидкости через пористые среды.
35. Скорость витания, ее роль в гидротранспорте.
36. Как найти повышение давления в трубе при внезапном закрытии задвижки?

37. Как определяются скорость и расход при фильтрации?
38. Составляющие и природа лобового сопротивления.
39. Явление гидроудара, формула Жуковского.
40. Особенности истечения газов через отверстия.

## Список литературы

### Основная литература:

1. Гидравлика : учебник и практикум для академического бакалавриата / Самарский государственный технический университет ; ред. В. А. Кудинов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2015. - 386 с. - (Бакалавр. Академический курс)
2. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы в примерах решения задач : учеб. пособие для студ. вузов / ред. С. П. Стесин. - 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2013. - 203 с. - (Высшее профессиональное образование. Транспорт)
3. Зуйков А.Л. Гидравлика. Том 2. Напорные и открытые потоки. Гидравлика сооружений [Электронный ресурс]: учебник/ Зуйков А.Л., Волгина Л.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 424 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40191>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Савиновских А.Г. Гидравлика : учеб. пособие / А. Г. Савиновских, И. Ю. Коробейникова, Д. А. Новикова ; Южно-Уральский институт управления и экономики. - Челябинск : Полиграф-Мастер, 2016. - 167 с.
5. Удовин В.Г. Гидравлика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Удовин В.Г., Оденбах И.А.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 132 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33625>.— ЭБС «IPRbooks»

### Дополнительная литература:

1. Гиргидов А.Д. Гидравлика. Механика. Энергетика [Электронный ресурс]: избранные труды/ Гиргидов А.Д.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2014.— 458 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43943>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика) : учебник для студ. вузов / А. Д. Гиргидов. - М. : ИНФРА-М, 2014. - 704 с. - (Высшее образование - бакалавриат)
3. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика) : учебник для студ. вузов / А. Д. Гиргидов. - М. : ИНФРА-М, 2015. - 704 с. - (Высшее образование - бакалавриат)

## Приложение

### Приложение 1

#### Значение коэффициента кинематической вязкости жидкостей $\nu$ в зависимости от температуры

Вязкость при температуре	Кинематический коэффициент вязкости, $\text{м}^2 / \text{с}$				
	Вода чистая	Вода сточная	Масло минеральное	Бензин	Ртуть
0	$1,79 \cdot 10^{-6}$	$2,67 \cdot 10^{-6}$	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$0,95 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$
5	$1,46 \cdot 10^{-6}$	$1,65 \cdot 10^{-6}$	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$0,9 \cdot 10^{-6}$	$1,17 \cdot 10^{-7}$
10	$1,31 \cdot 10^{-6}$	$1,50 \cdot 10^{-6}$	$3,9 \cdot 10^{-5}$	$0,85 \cdot 10^{-6}$	$1,15 \cdot 10^{-7}$
15	$1,14 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$	$0,80 \cdot 10^{-6}$	$1,13 \cdot 10^{-7}$
20	$1,01 \cdot 10^{-6}$	$1,11 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$0,75 \cdot 10^{-6}$	$1,10 \cdot 10^{-7}$
30	$0,81 \cdot 10^{-6}$	-	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$0,60 \cdot 10^{-6}$	$1,05 \cdot 10^{-7}$
40	$0,60 \cdot 10^{-6}$	-	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$0,50 \cdot 10^{-6}$	$1,00 \cdot 10^{-7}$
50	$0,56 \cdot 10^{-6}$	-	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$0,40 \cdot 10^{-6}$	$0,95 \cdot 10^{-7}$

### Приложение 2

$t, ^\circ\text{C}$	Плотность $\rho$ , $\text{кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	Плотность $\rho$ , $\text{кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	Плотность $\rho$ , $\text{кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	Плотность $\rho$ , $\text{кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	Плотность $\rho$ , $\text{кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	Плотность $\rho$ , $\text{кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	Плотность $\rho$ , $\text{кг/м}^3$
0	999,87	40	992,24	50	988,07	60	983,24	70	977,81	80	971,83	90	965,34
		41	991,86	51	987,62	61	982,72	71	977,23	81	971,23	91	964,67
4	1000	42	991,47	52	987,15	62	982,2	72	976,66	82	970,57	92	963,99
		43	991,07	53	986,69	63	981,67	73	976,07	83	969,94	93	963,3
10	998,73	44	990,66	54	986,21	64	981,13	74	975,48	84	969,3	94	962,61
		45	990,25	55	985,73	65	980,59	75	974,89	85	968,65	95	961,92
20	998,23	46	989,82	56	985,25	66	980,05	76	974,29	86	968	96	961,22
		47	989,4	57	984,75	67	979,5	77	973,68	87	967,24	97	960,51
30	995,67	48	988,96	58	984,25	68	978,94	78	973,07	88	966,68	98	959,81
		49	988,52	59	983,75	69	978,88	79	972,45	89	966,01	99	959,09

### Приложение 3

$t, ^\circ\text{C}$	$\beta_w \cdot 10^{10}, \text{Па}^{-1}$ , при давлении, $\text{Па} \cdot 10^{-4}$				
	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



Плотность  $\rho$  и вязкость  $\nu$  воды

$t, ^\circ\text{C}$	+10	+20	+30	+40	+50
$\rho, \text{кг/м}^3$	999,73	998,23	995,67	992,24	988,07
$\nu, \text{см}^2/\text{с}$	0,01306	0,01006	0,00805	0,00659	0,00556

## Некоторые практические константы

Ускорение свободного падения  $g = 9,80665 \approx 10 \text{ м/с}^2$

Давление атмосферное (на уровне моря)  $p_{\text{атм}} = 101325 \text{ Па} \approx 100000 \text{ Па}$

Газовая постоянная для воздуха  $R_g = 287 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$

## Размерности величин в различных системах измерения

Величина	СИ	Перевод в другие единицы
Длина	м	1 м = 100 см = 1000 мм
Площадь	м <sup>2</sup>	1 м <sup>2</sup> = 10 <sup>4</sup> см <sup>2</sup> = 10 <sup>6</sup> мм <sup>2</sup>
Объём	м <sup>3</sup>	1 м <sup>3</sup> = 10 <sup>6</sup> см <sup>3</sup> = 1000 л
Масса	кг	1 кг = 1000 г
Сила, вес	Н	10 Н $\approx$ 1 кгс = 10 <sup>-3</sup> тс
Плотность	кг/м <sup>3</sup>	1000 кг/м <sup>3</sup> = 1 г/см <sup>3</sup>
Удельный вес	Н/м <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup> Н/м <sup>3</sup> = 1 тс/м <sup>3</sup>
Вязкость кинематическая	м <sup>2</sup> /с	1 м <sup>2</sup> /с = 10 <sup>4</sup> см <sup>2</sup> /с
Давление	Па = =Н/м <sup>2</sup>	100000 Па $\approx$ 1 ат = 1 кгс/см <sup>2</sup> = 10 м вод.ст. = 760 мм рт.ст.