

УДК 532 (046.5)

Гидравлика : методические указания и контрольные задания по гидравлике для студентов дистанционной формы обучения / сост. В. А. Каныгин ; Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет. — Волгоград : ВолГАСУ, 2006. — 17 с.

Приводится перечень тем и вопросов, необходимых для изучения курса гидравлики, а также варианты контрольных заданий.

Для студентов института дистанционного обучения специальностей ПГС, ПСК, ГСХ.

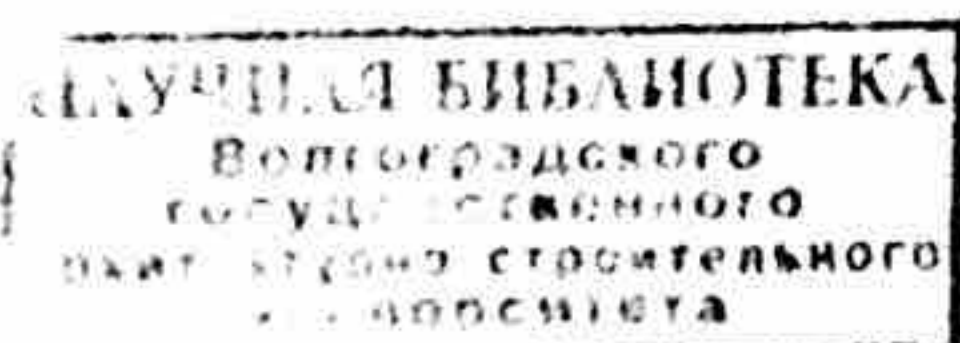
Ил. 21. Табл. 1. Библиогр. — 3 назв. Прил. 2

Подписано в печать 26.06.06. Формат 60x84/16.

Бумага офсетная. Печать трафаретная. Гарнитура Times New Roman.

Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,9. Тираж 75 экз. Заказ № 69

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»
Сектор оперативной полиграфии ЦИТ
400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1



ВВЕДЕНИЕ

Изучение курса «Гидравлика» при дистанционной форме обучения включает в себя изучение теоретического курса, выполнение контрольных заданий и лабораторных работ.

Контрольное задание включает 6 контрольных задач, а также перечень вопросов, на которые студент должен ответить при защите контрольного задания во время сессии. Приступая к самостоятельному решению контрольных задач, студент должен предварительно изучить теоретическую часть курса по теме задач, обдумать схему решения, записать нужные формулы, аккуратно выполнить рисунок в масштабе. При решении задачи необходимо следить, чтобы все величины были в одной системе единиц. Задачи необходимо решать в Международной системе единиц измерения СИ.

Методические указания, контрольные вопросы и задачи к контрольной работе

Задание к контрольным работам составлено на основе программы курса «Гидравлика» для специальностей ПГС, ПСК, ГСХ, составленной в соответствии с образовательным стандартом.

Студенты выполняют контрольную работу, состоящую из 6 задач. Номера задач выбираются согласно последней цифре учебного шифра студента (табл. 1), числовые значения указанных в задаче величин – по предпоследней цифре шифра (приложение 2).

Таблица 1

Последняя цифра шифра	Номера задач	Последняя цифра шифра	Номера задач
1	1, 6, 11, 15, 20, 21	6	1, 10, 12, 15, 20, 25
2	2, 7, 12, 16, 20, 22	7	2, 6, 14, 16, 20, 24
3	3, 8, 13, 17, 20, 23	8	3, 7, 14, 17, 20, 28
4	4, 9, 14, 18, 20, 24	9	4, 8, 11, 18, 20, 22
5	5, 10, 11, 19, 20, 25	0	5, 9, 12, 19, 20, 21

Задачи необходимо решать самостоятельно, поскольку только таким путем можно выявить возможные недоработки и непонимание теоретической части курса. В условиях задач не всегда указаны все цифровые значения параметров, необходимых для решения (например, плотность, коэффициент вязкости и др.), поэтому следует использовать рекомендуемую литературу и по ходу решения задач давать ссылки на соответствующий источник с указанием номеров страниц или таблиц. Решение задач должно выполняться с соблюдением размерностей всех входящих величин в системе СИ. Несоблюдение размерности – наиболее частая причина ошибок. Текст условия задач следует приводить полностью.

Задачи №1 – 2. Решение задач базируется на изучении основных физических характеристик жидкости: плотности, удельного веса, вязкости, коэффициентов объемного сжатия и температурного расширения, а также зависимости указанных характеристик от температуры и давления. При решении задачи № 2 следует использовать закон Ньютона для внутреннего трения жидкости.

Контрольные вопросы к задачам 1-2

1. Дать определение плотности, удельного веса, вязкости жидкости, привести их размерность.
2. Какова связь между плотностью и удельным весом жидкости?
3. Какие свойства жидкости выражают коэффициент объемного сжатия и коэффициент температурного расширения жидкости, привести их буквенные обозначения и дать определения.
4. Что такое вязкость жидкости?
5. Какая связь существует между динамической и кинематической вязкостью, и какова их размерность в системе СИ?
6. В чем состоит сущность закона вязкого трения Ньютона?
7. Как изменяется кинематическая вязкость жидкости при изменении температуры?

Задачи №3 – 5. Необходимо, предварительно изучив основное уравнение гидростатики и усвоив понятие поверхности уровня, научиться правильно применять их при решении конкретных практических задач.

Контрольные вопросы к задачам 3-5

1. Что называется гидростатическим давлением и каковы его основные свойства?
2. В каких единицах и какими приборами измеряется гидростатическое давление?
3. Запишите основное уравнение гидростатики
4. В чем состоит сущность законов Паскаля, Архимеда?

Задачи № 6 – 10. Следует суметь определить силу гидростатического давления на плоские стенки и криволинейные поверхности. С учетом того, что результирующая сила, действующая на криволинейную поверхность, находится как векторная сумма горизонтальной F_x и вертикальной F_z составляющих т.е. $F = \sqrt{F_x^2 + F_z^2}$, эти составляющие находят вначале по отдельности. Для определения вертикальной составляющей необходимо обозначить и заштриховать на рисунке тело давления согласно его определению.

Контрольные вопросы к задачам 6-10

1. Как определяется сила давления на плоские стенки?
2. Что такое центр давления?
3. Почему центр давления всегда находится ниже центра тяжести смоченной поверхности?
4. Как определяются горизонтальная F_x и вертикальная F_z составляющие силы давления на криволинейные поверхности?
5. Как находится результирующая сила давления на криволинейную поверхность F и угол наклона ее к горизонту φ ?

Задачи №11 – 14. Для решения задач следует использовать уравнение Бернулли для идеальной жидкости (без учета потерь напора). В начале решения задачи необходимо правильно выбрать плоскость сравнения 0 – 0 и два поперечных сечения в потоке 1 – 1 и 2 – 2 затем упростить уравнение Бернулли согласно условиям задачи и найти искомую величину.

Контрольные вопросы к задачам 11-14

1. Что понимается в гидравлике под идеальной жидкостью?
2. Что называется живым сечением потока?
3. В чем отличие между местной и средней скоростью?
4. Какой закон физики лежит в основе уравнения непрерывности потока?
5. Как связаны объемный расход жидкости и живое сечение потока?
6. В чем состоит геометрический и энергетический смысл уравнения Бернулли для идеальной жидкости?

Задачи № 15 – 19 При решении используется уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости (с учетом потерь напора). Необходимо обратить внимание на различие в подходе к решению задач в зависимости от того, что является искомой величиной — напор или расход жидкости. В случае если необходимо определить расход, целесообразно предварительно найти коэффициент гидравлического трения λ по формуле Шифринсона, а затем, определив скорость и область сопротивления трубопровода, уточнить значение коэффициента λ , если область сопротивления трубопровода отличается от квадратичной.

Задача № 20. В задаче требуется определить диаметр трубопровода d по заданным значениям H и Q . Задача решается либо методом последовательных приближений, либо графоаналитическим методом с построением графика $Q = f(d)$ при заданном H . Из графика по заданному Q выбирается искомый диаметр d .

Контрольные вопросы к задачам 15 – 20

7. Чем отличается уравнение Бернулли для реальной (вязкой) жидкости от этого же уравнения для идеальной жидкости?
8. Какие виды потерь энергии в трубопроводе существуют и как они находятя?
9. От каких факторов зависит коэффициент гидравлического трения λ при турбулентном движении, и по каким формулам его можно определить?
10. Опишите характер зависимости коэффициента гидравлического трения технических трубопроводов от числа Рейнольдса и относительной шероховатости (диаграмма Мурина).
11. В каких случаях коэффициенты местных сопротивлений можно находить теоретическим путем?
12. Назовите три типа задач по расчету трубопроводов. Поясните способы их решения.

Задача №21. При решении используется методика расчета длинных трубопроводов. Рекомендуется использовать обобщенные параметры – удельное сопротивление S_0 ($h_l = S_0 Q^2 l$) или расходную характеристику K , которые принимаются по справочным данным

Контрольные вопросы к задаче 21

1. Чем отличается расчет короткого трубопровода от расчета длинного?
2. От каких факторов зависит расходная характеристика S_0 .

Задачи № 22 – 23. При решении задачи 22 вначале нужно определить к какому типу относится истечение – или это истечение из отверстия в тонкой стенке $l/d < (3 + 4)$ или истечение из насадка $(3 + 4) < l/d < (6 + 7)$, а затем выбрать соответствующее значение коэффициента расхода μ .

В задаче 23 значение коэффициента расхода μ и коэффициента скорости определяются по графикам $\mu = f_2(Re)$ и $\varphi = f_2(Re)$ [1].

Контрольные вопросы к задачам 22-23

1. Какова физическая картина истечения из отверстия в тонкой стенке?
2. В чем состоит физический смысл коэффициента сжатия и коэффициента скорости?
3. Как связаны коэффициент скорости и коэффициент сопротивления при истечении?
4. Как соотносятся расход и скорость при истечении жидкости через наружный цилиндрический насадок в сравнении с истечением её из малого круглого отверстия того же сечения в тонкой стенке сосуда?

Задача № 24. Приращение давления при мгновенном закрытии задвижки может быть найдено по формуле Н.Е. Жуковского, а время закрытия из формулы $\Delta P' = 2\rho l v_0 / t_3$ приняв, что скорость течения жидкости в трубопроводе во время закрытия задвижки изменяется по линейному закону.

Контрольные вопросы к задаче 24

1. В чем состоит явление гидравлического удара?
2. Какие величины связывает формула Н.Е. Жуковского для гидравлического удара?
3. Как связано время закрытия задвижки с повышением давления в трубе при непрямом гидравлическом ударе?

Задача № 25. Для решения следует использовать формулу Шези для открытых русел.

Контрольные вопросы к задаче 25

1. Какое течение называется безнапорным?
2. Как связаны коэффициент гидравлического трения λ и коэффициент Шези? Какова размерность коэффициента Шези?
3. Каков физический смысл модуля расхода K и модуля скорости W .
4. Какое сечение канала называется гидравлическим наиболее выгодным?

ЗАДАЧИ

1. Определить коэффициент температурного расширения воды, если при увеличении температуры на Δt °С объем воды равный W увеличился на ΔW . Какой исходной температуре соответствует полученное значение коэффициента температурного расширения β_t при давлении $P = 1,0$ ат.

2. Какова сила поверхностного трения жидкости x на внутренней стенке трубопровода (рис. 1) диаметром d и длиной l , если профиль скорости в сечении трубопровода описывается законом $v = 25r - 312 r^2$, где r – расстояние от поверхности трубопровода, которое изменяется от 0 до $d/2$?

3. Определить давление P_0 на свободной поверхности в закрытом сосуде (рис. 2), если в трубе, присоединённой к сосуду, жидкость x поднялась на высоту h .

4. В закрытом резервуаре с водой, температура которой $t = 20$ °С на поверхности поддерживается избыточное давление P_0 . Каковы показания ртут-

ного манометра h , если нижний уровень ртути находится на высоте H ниже уровня воды в резервуаре (рис. 3).

5. Механический манавакуумметр, соединенный трубкой с трубопроводом на расстоянии a от его оси, поднят на высоту h . Трубопровод и трубка заполнены жидкостью ω ($t = 20^\circ\text{C}$). Показания манавакуумметра P_m . Определить давление на оси трубопровода (рис. 4).

6. Плоский затвор перегораживает прямоугольный канал шириной b . Глубина воды перед затвором H_1 , после затвора H_2 . Определить силу гидростатического давления на затвор и найти точку её приложения. Построить эпюру гидростатического давления (рис. 5).

7. Найти начальное подъемное усилие T , если сила тяги действует нормально к плоскости прямоугольного затвора шириной b (рис. 6) глубина воды слева от затвора H_1 , справа – H_2 . Расстояние по вертикали от свободной поверхности жидкости до оси шарнира равно a . Угол наклона к горизонту $\alpha = 60^\circ$, вес затвора G . Трением в шарнире пренебречь.

8. Цилиндрический затвор диаметром D перекрывает прямоугольный канал шириной b . Глубина воды перед затвором H . Определить силу гидростатического давления, действующую на затвор (рис. 7).

9. Определить полную силу гидростатического давления жидкости на деталь, имеющую форму четверти круглого цилиндра радиусом R и укрепленную на болтах (рис. 8). Под каким углом к горизонту направлена сила давления, если напор жидкости равен H , а длина детали вдоль образующей равна b ?

10. Для регулирования сброса воды на плотине установлен сегментный затвор шириной b , радиусом R и углом α . Глубина воды перед затвором H . Определить силу гидростатического давления на цилиндрическую часть затвора и её направление (рис. 9).

11. Определить на какую высоту поднимется вода в трубке, один конец которой присоединен к суженному сечению трубопровода с $d_2 = 40$ мм, а другой опущен в воду. Расход воды в трубе Q , избыточное давление в расширенной части трубопровода с диаметром $d_1 = 100$ мм составляет $P_1 = 4,9 \cdot 10^4$ Па (рис. 10). Гидравлическими потерями пренебречь.

12. Из напорного резервуара вода в количестве Q при температуре $t = 20^\circ\text{C}$ по трубопроводу переменного сечения (d_1, d_2, d_3) с конической насадкой на конце d_n вытекает в атмосферу. Расстояние от уровня воды в ре-

зервуаре до оси трубопровода H . Определить избыточное давление в резервуаре, которое необходимо создать для обеспечения расхода Q . Построить пьезометрическую линию. Гидравлическими потерями пренебречь (рис. 11).

13. В трубопроводе с внезапным расширением скорость жидкости в трубе меньшего диаметра равна v_1 (рис. 12). Определить разность показаний пьезометров h , если отношение диаметров труб $D/d = 2$. Потерями напора пренебречь.

14. Определить теоретический расход воды, проходящий через водомер Вентурри, установленный под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (рис. 13), если разность уровней, показываемая дифференциальным ртутным манометром равна h . Большой и меньший диаметры равны соответственно d_1 и d_2 , расстояние между сечениями l .

15. По трубопроводу с внезапным расширением от диаметра d_1 до диаметра d_2 протекает вода с расходом Q (рис. 14). Определить какую разность уровней ртути показывает дифференциальный манометр при прямом и обратном направлении движения воды. Потерями напора на трение по длине пренебречь.

16. По стальному трубопроводу диаметром d подается вода на расстояние l с расходом Q . Определить, как изменится пропускная способность трубопровода Q , если вместо запроектированных труб будут уложены последовательно чугунные трубы с диаметром d_1 (длиной $l/2$) и стальные с диаметром d_2 (длиной $l/2$). Коэффициенты гидравлического трения принять: $\lambda_{ст} = 0,03$; $\lambda_{ч} = 0,04$.

17. Какое давление P_0 необходимо поддерживать в резервуаре (рис. 15) $H_1 = 2$ м, чтобы через кран, расположенный на пятом этаже здания $H_2 = 20$ м и имеющий коэффициент $\zeta = 3$, проходил расход воды Q ? На участке трубопровода длиной l_1 труба имеет диаметр d_1 , на участке l_2 – диаметр d_2 . Температура воды $t = 20^\circ\text{C}$, абсолютная шероховатость стенок трубопровода $K_s = 0,2$ мм.

18. Вода при температуре $t = 20^\circ\text{C}$ из закрытого резервуара подается в приемный резервуар по трубопроводу, состоящему из двух последовательно соединенных труб диаметром d_1 и d_2 и длиной l_1 и l_2 (рис. 16). Разность уровней воды в резервуарах постоянна и равна H . Определить давление P_0 , которое необходимо создать, чтобы обеспечить заданный расход воды. Абсолютная шероховатость стенок трубопровода $K_s = 0,15$ мм.

19. На трубопроводе установлен пьезометр (рис. 17). После полного открытия вентиля в конце трубопровода разность уровней воды в резервуаре и

ного манометра h , если нижний уровень ртути находится на высоту H ниже уровня воды в резервуаре (рис. 3).

5. Механический менавакуумметр, соединенный трубкой с трубопроводом на расстоянии a от его оси, поднят на высоту h . Трубопровод и трубка заполнены жидкостью λ ($t = 20^\circ\text{C}$). Показания менавакуумметра P_m . Определить давление на оси трубопровода (рис. 4).

6. Плоский затвор перегораживает прямоугольный канал шириной b . Глубина воды перед затвором H_1 , после затвора H_2 . Определить силу гидростатического давления на затвор и найти точку её приложения. Построить эпюру гидростатического давления (рис. 5).

7. Найти начальное подъемное усилие T , если сила тяги действует нормально к плоскости прямоугольного затвора шириной b (рис. 6) глубина воды слева от затвора H_1 , справа – H_2 . Расстояние по вертикали от свободной поверхности жидкости до оси шарнира равно a . Угол наклона к горизонту $\alpha = 60^\circ$, вес затвора G . Трением в шарнире пренебречь.

8. Цилиндрический затвор диаметром D перекрывает прямоугольный канал шириной b . Глубина воды перед затвором H . Определить силу гидростатического давления, действующую на затвор (рис. 7).

9. Определить полную силу гидростатического давления жидкости на деталь, имеющую форму четверти круглого цилиндра радиусом R и укрепленную на болтах (рис. 8). Под каким углом к горизонту направлена сила давления, если напор жидкости равен H , а длина детали вдоль образующей равна b ?

10. Для регулирования сброса воды на плотине установлен сегментный затвор шириной b , радиусом R и углом α . Глубина воды перед затвором H . Определить силу гидростатического давления на цилиндрическую часть затвора и её направление (рис. 9).

11. Определить на какую высоту поднимется вода в трубке, один конец которой присоединен к суженному сечению трубопровода с $d_2 = 40$ мм, а другой опущен в воду. Расход воды в трубе Q , избыточное давление в расширенной части трубопровода с диаметром $d_1 = 100$ мм составляет $P_1 = 4,9 \cdot 10^4$ Па (рис. 10). Гидравлическими потерями пренебречь.

12. Из напорного резервуара вода в количестве Q при температуре $t = 20^\circ\text{C}$ по трубопроводу переменного сечения (d_1, d_2, d_3) с конической насадкой на конце d_n вытекает в атмосферу. Расстояние от уровня воды в ре-

зервуаре до оси трубопровода H . Определить избыточное давление в резервуаре, которое необходимо создать для обеспечения расхода Q . Построить пьезометрическую линию. Гидравлическими потерями пренебречь (рис. 11).

13. В трубопроводе с внезапным расширением скорость жидкости в трубе меньшего диаметра равна v_1 (рис. 12). Определить разность показаний пьезометров h , если отношение диаметров труб $D/d = 2$. Потерями напора пренебречь.

14. Определить теоретический расход воды, проходящий через водомер Вентурри, установленный под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (рис. 13), если разность уровней, показываемая дифференциальным ртутным манометром равна h . Больший и меньший диаметры равны соответственно d_1 и d_2 , расстояние между сечениями l .

15. По трубопроводу с внезапным расширением от диаметра d_1 до диаметра d_2 протекает вода с расходом Q (рис. 14). Определить какую разность уровней ртути показывает дифференциальный манометр при прямом и обратном направлении движения воды. Потерями напора на трение по длине пренебречь.

16. По стальному трубопроводу диаметром d подается вода на расстояние l с расходом Q . Определить, как изменится пропускная способность трубопровода Q , если вместо запроектированных труб будут уложены последовательно чугунные трубы с диаметром d_1 (длиной $l/2$) и стальные с диаметром d_2 (длиной $l/2$). Коэффициенты гидравлического трения принять: $\lambda_{ст} = 0,03$; $\lambda_{ч} = 0,04$.

17. Какое давление P_0 необходимо поддерживать в резервуаре (рис. 15) $H_1 = 2$ м, чтобы через кран, расположенный на пятом этаже здания $H_2 = 20$ м и имеющий коэффициент $\zeta = 3$, проходил расход воды Q ? На участке трубопровода длиной l_1 труба имеет диаметр d_1 , на участке l_2 – диаметр d_2 . Температура воды $t = 20^\circ\text{C}$, абсолютная шероховатость стенок трубопровода $K_s = 0,2$ мм.

18. Вода при температуре $t = 20^\circ\text{C}$ из закрытого резервуара подается в приемный резервуар по трубопроводу, состоящему из двух последовательно соединенных труб диаметром d_1 и d_2 и длиной l_1 и l_2 (рис. 16). Разность уровней воды в резервуарах постоянна и равна H . Определить давление P_0 , которое необходимо создать, чтобы обеспечить заданный расход воды. Абсолютная шероховатость стенок трубопровода $K_s = 0,15$ мм.

19. На трубопроводе установлен пьезометр (рис. 17). После полного открытия вентиля в конце трубопровода разность уровней воды в резервуаре и

пъезометре составила h . Определить расход воды, проходящей через трубопровод диаметром d и длиной l . Колена стандартные, трубы стальные, новые, температура воды $t = 20^\circ\text{C}$.

20. Трубопровод, пропускающий расход Q , разветвляется в точке A на два, которые соединяются в точке B (рис. 18). Перепад давлений в точках A и B составляет ΔP . Диаметр первого трубопровода d_1 . Определить диаметр трубопровода d_2 если $l_1 = l_2$, абсолютная шероховатость труб $K_s = 0,1$ мм, исходя из того, чтобы расход на втором участке был в два раза больше, чем на первом. Коэффициенты местных гидравлических сопротивлений участков ζ_1 и ζ_2 . Область сопротивления в трубопроводах в первом приближении считать квадратичной.

21. Участок водопровода состоит из трех последовательно соединенных трубопроводов различного диаметра (рис. 19). Расход водопровода Q , длины участков равны l_1, l_2, l_3 , а диаметры d_1, d_2, d_3 , абсолютная шероховатость $K_s = 0,1$ мм. Найти потери напора по длине на всем участке водопровода.

22. В теле плотины уложены две водовыпускные трубы. Глубина воды в верхнем бьефе H_1 , в нижнем — H_2 . Определить диаметр труб, длина которых равна l , а расход воды, пропускаемый двумя трубами равен Q (рис. 20).

23. Определить расход Q и скорость V истечения нефти из бака через отверстие диаметром d , если напор в баке поддерживается постоянным и равен H . Значение кинематической вязкости $\nu = 0,087$ см²/с.

24. Вода с расходом Q перекачивается по стальному трубопроводу диаметром d , длиной l , с толщиной стенки δ . Свободный конец трубы снабжен задвижкой. Определить время закрытия задвижки при условии, чтобы повышение давления в трубе вследствие гидравлического удара не превышало $\Delta P = 10$ атм. Как повысится давление при мгновенном закрытии задвижки (рис. 21).

25. Определить расход воды Q и среднюю скорость её течения v в трапециевидном канале, если ширина его по дну b , глубина воды в нем h , продольный уклон канала i , коэффициент заложения откосов m . Значение коэффициента шероховатости дна и откосов $n = 0,015$ (рис. 22).

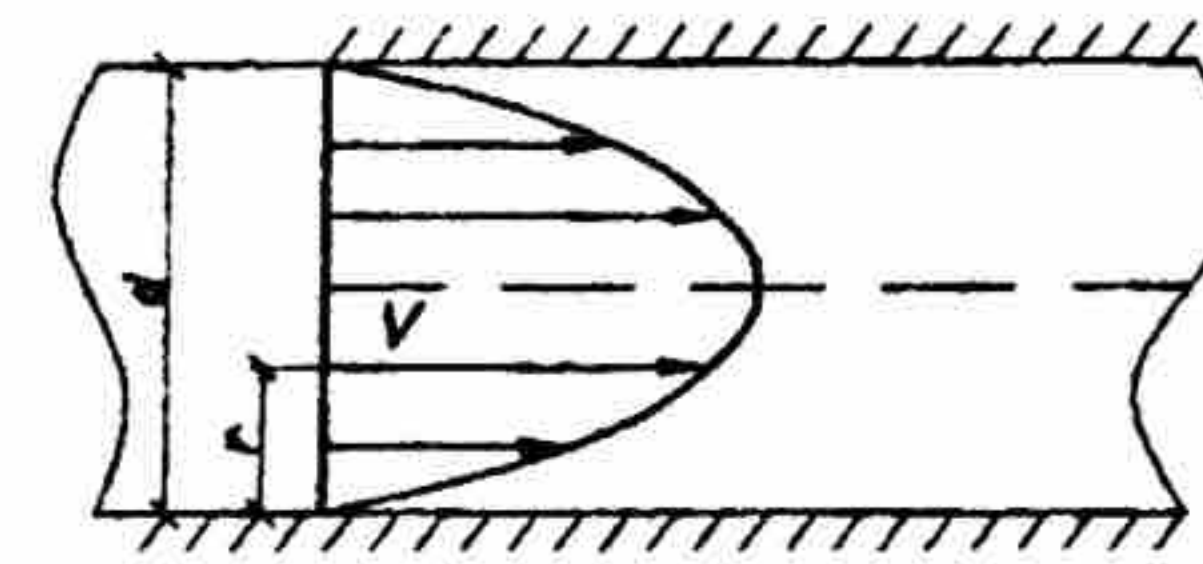


Рис.1

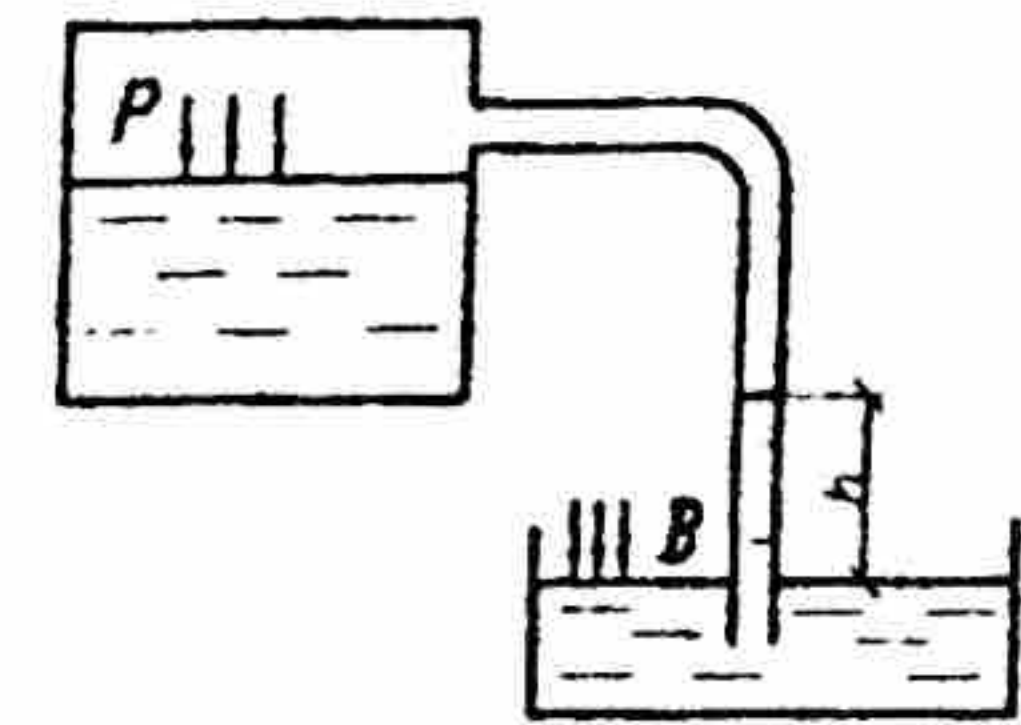


Рис.2

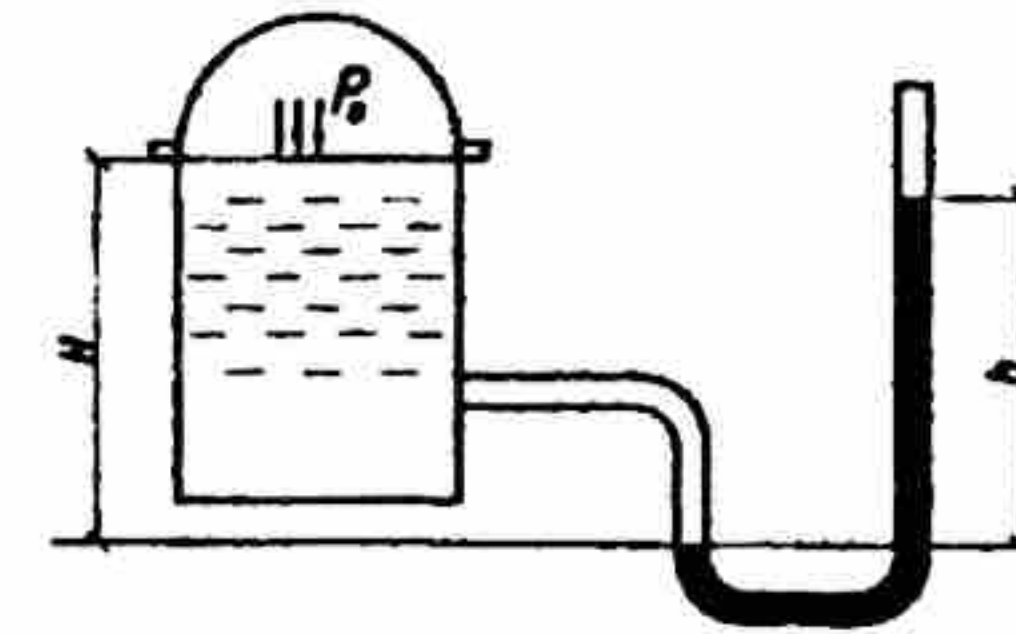


Рис.3

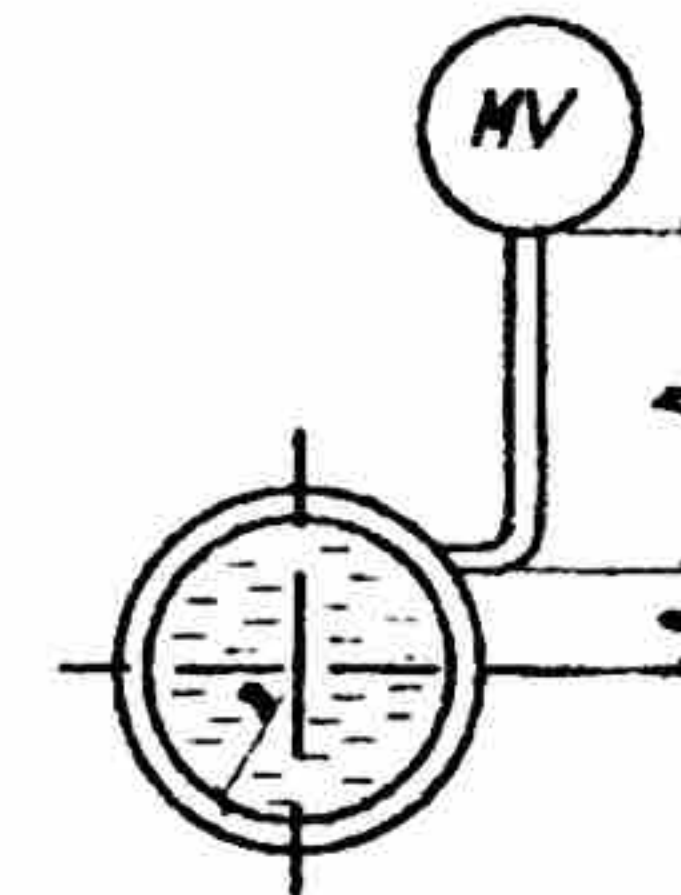


Рис.4

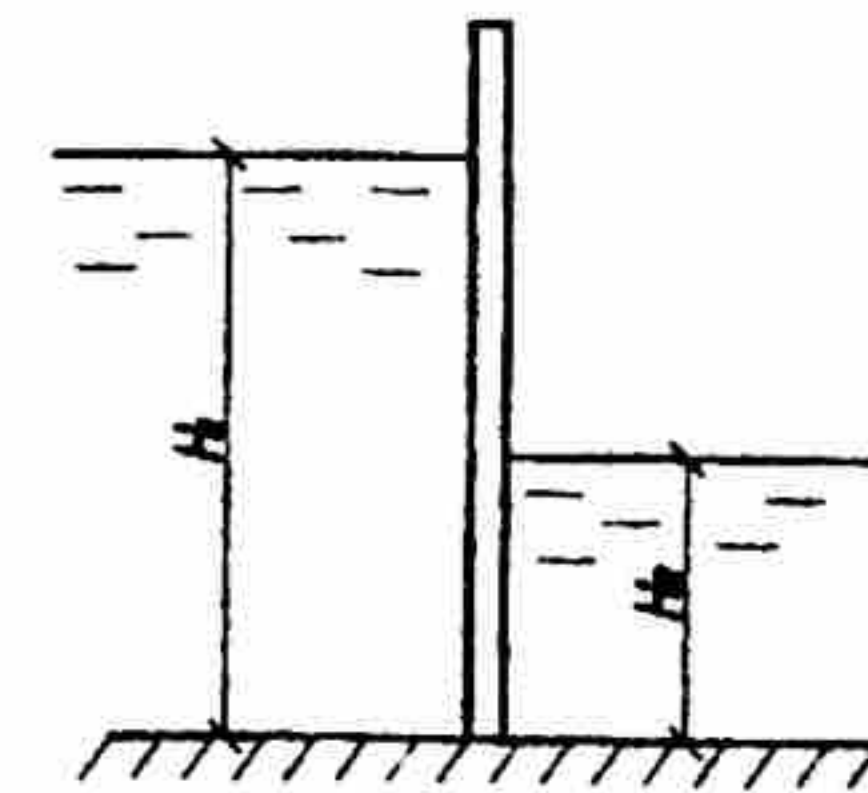


Рис.5

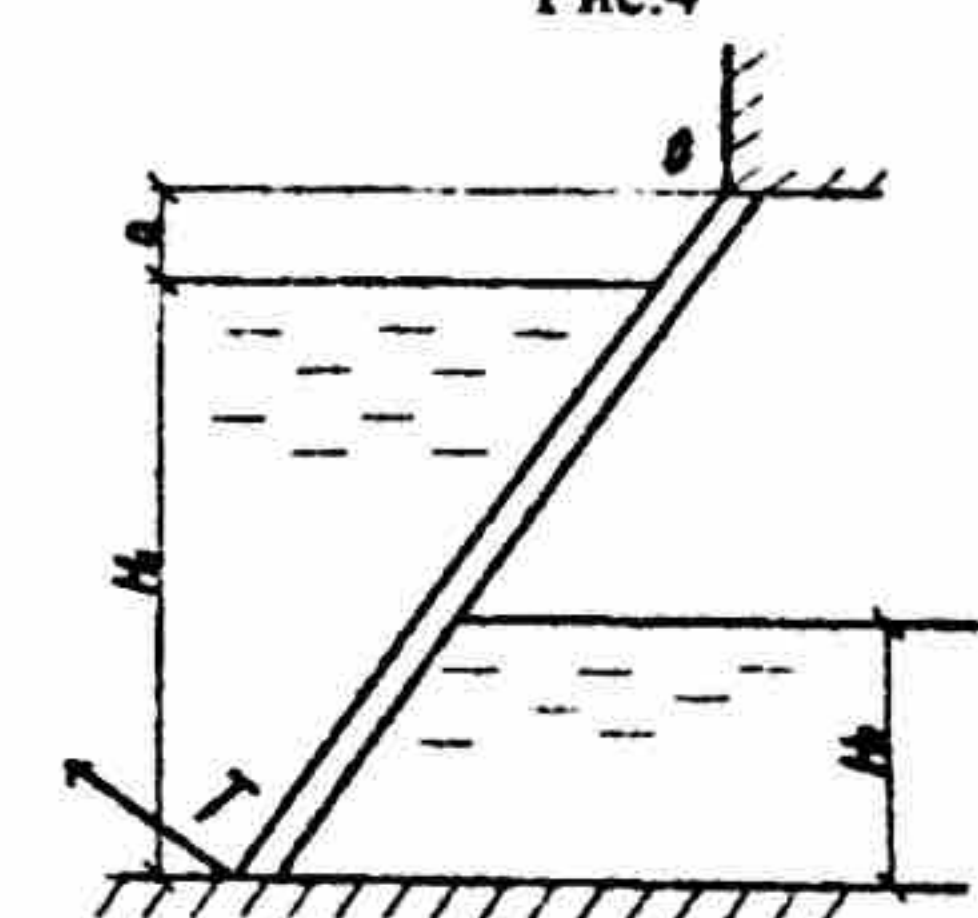


Рис.6

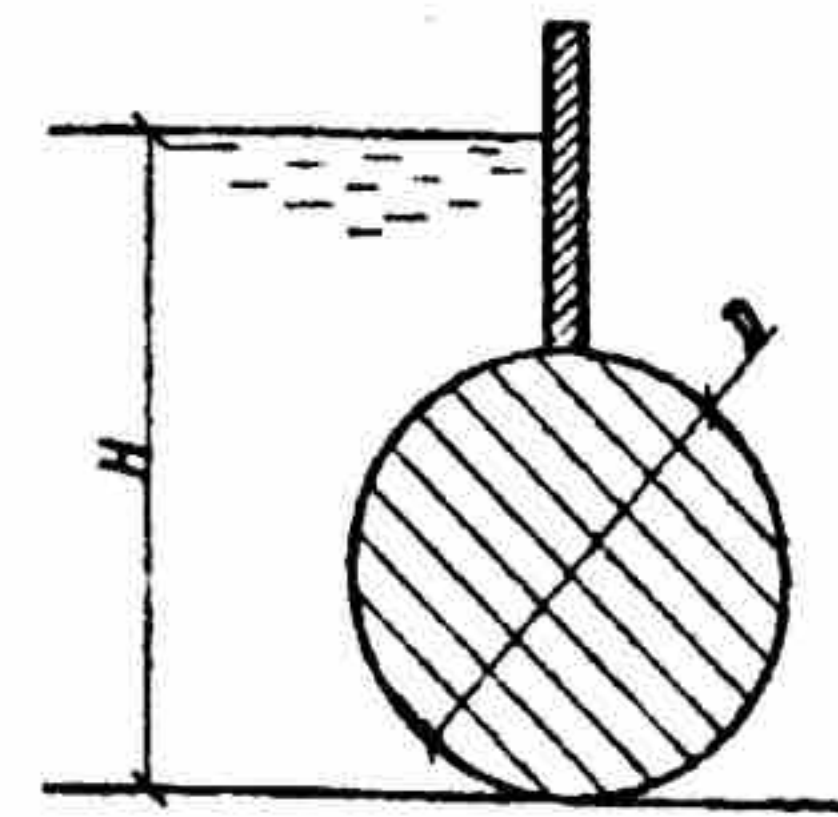


Рис.7

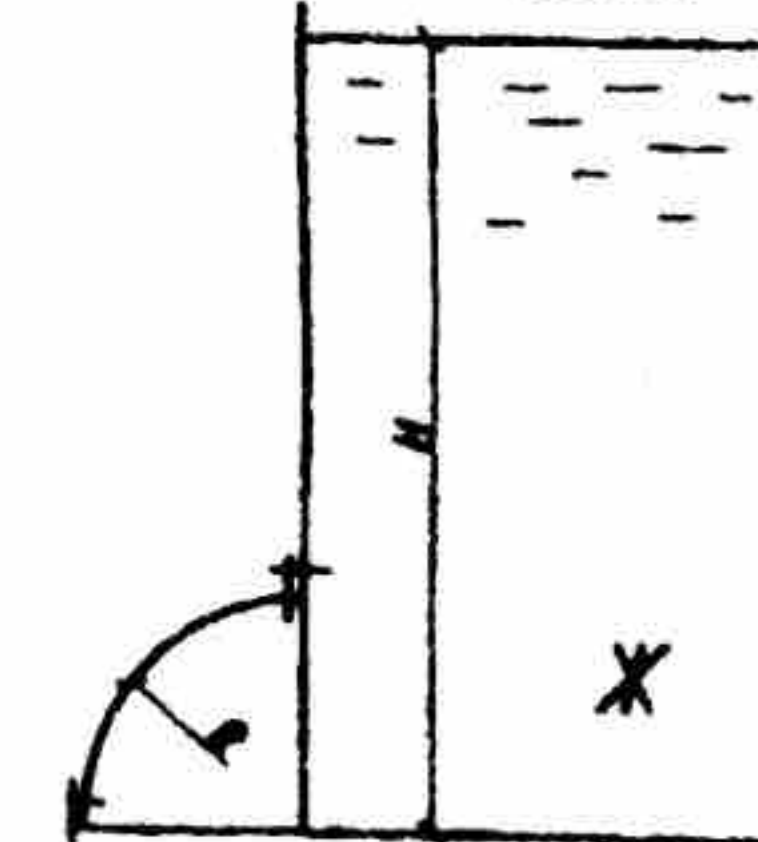


Рис.8

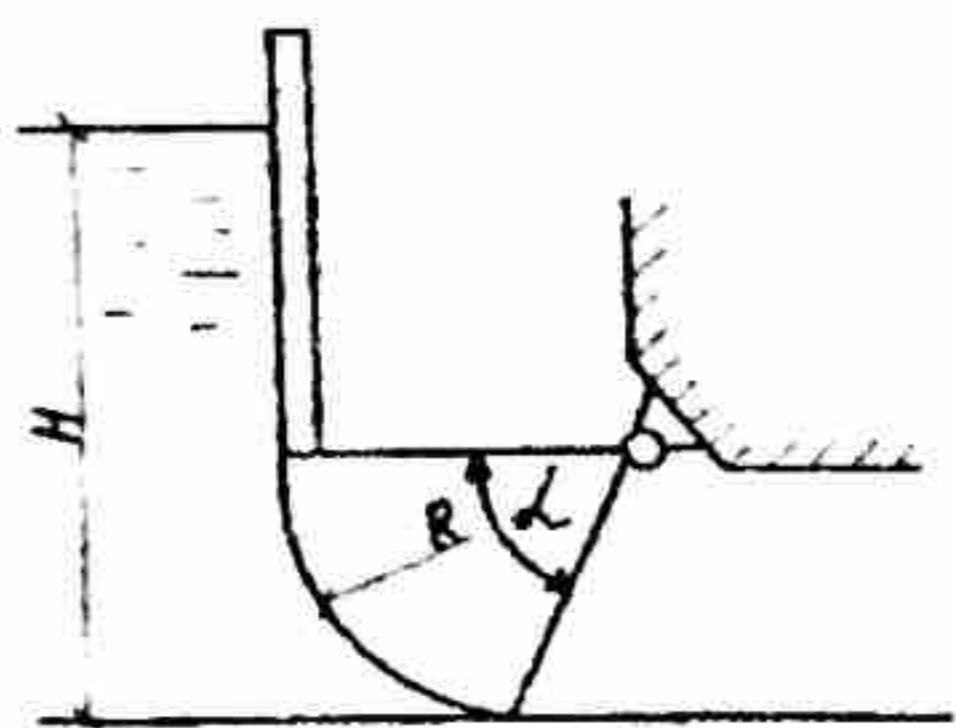


Рис.9

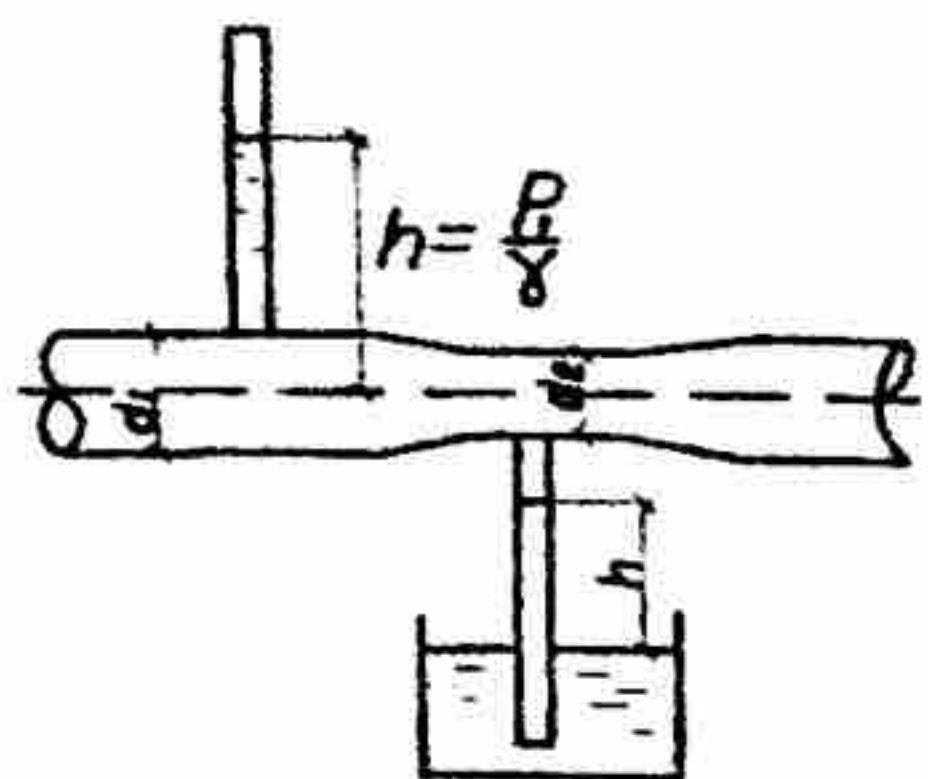


Рис.10

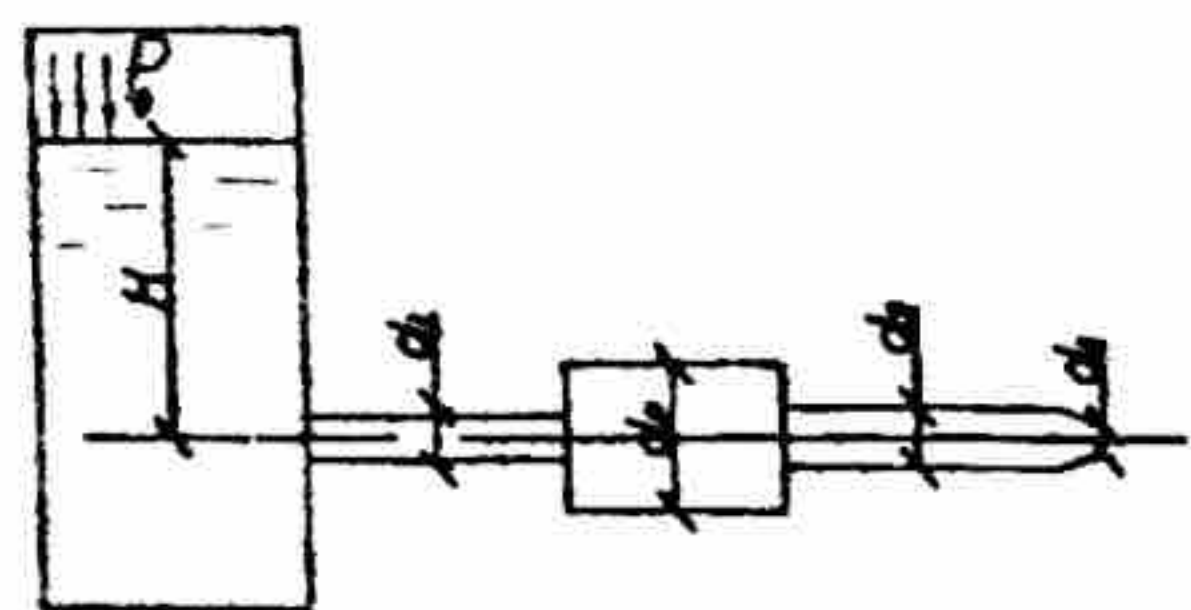


Рис.11

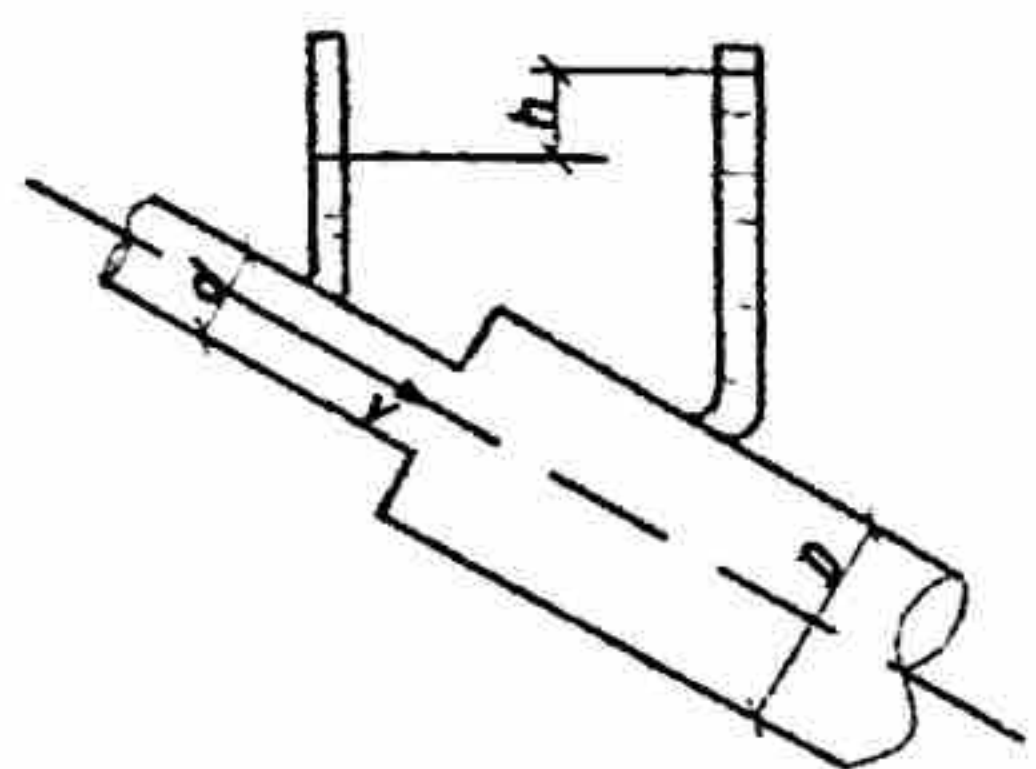


Рис.12

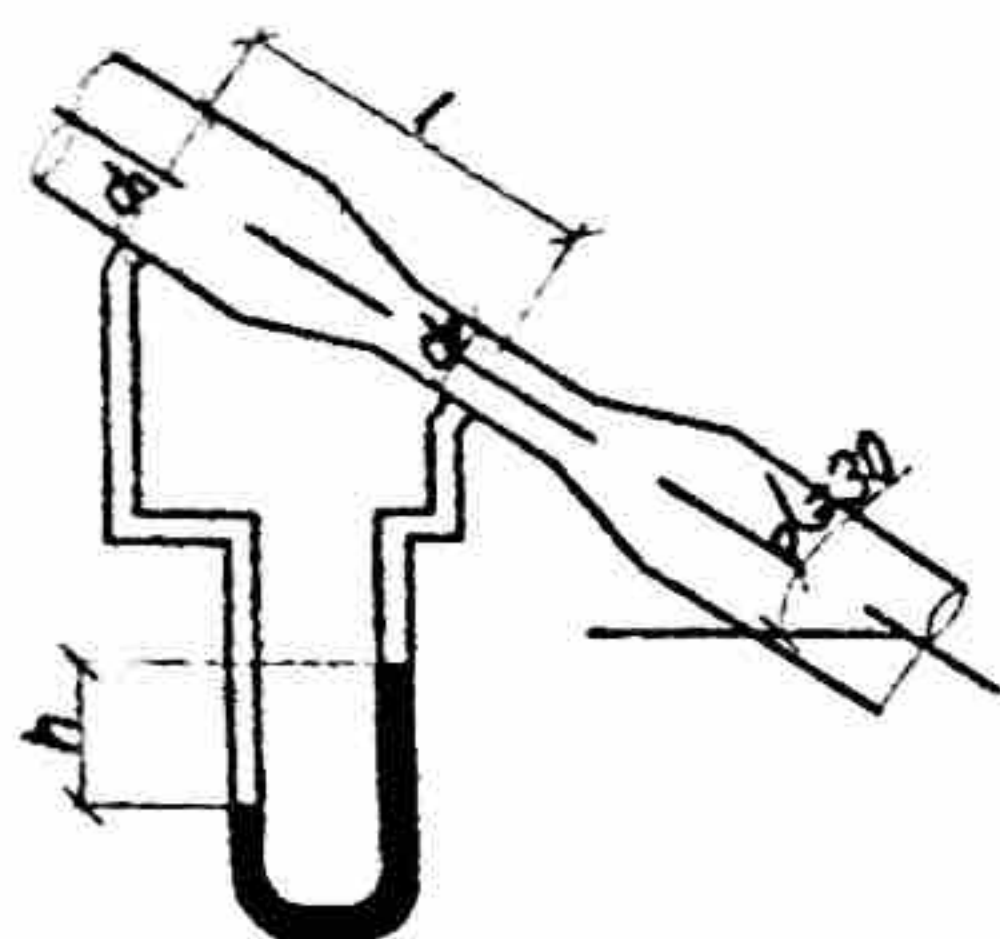


Рис.13

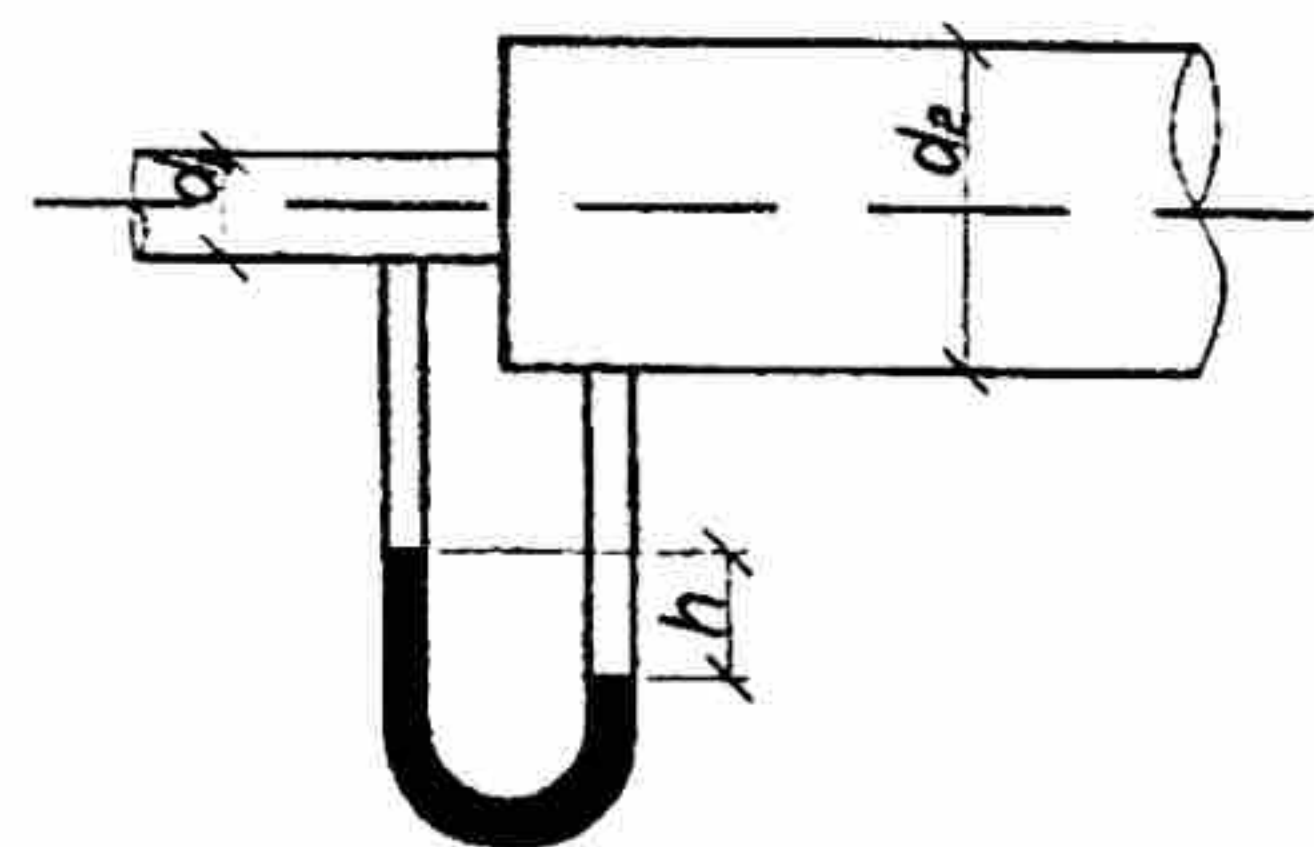


Рис.14

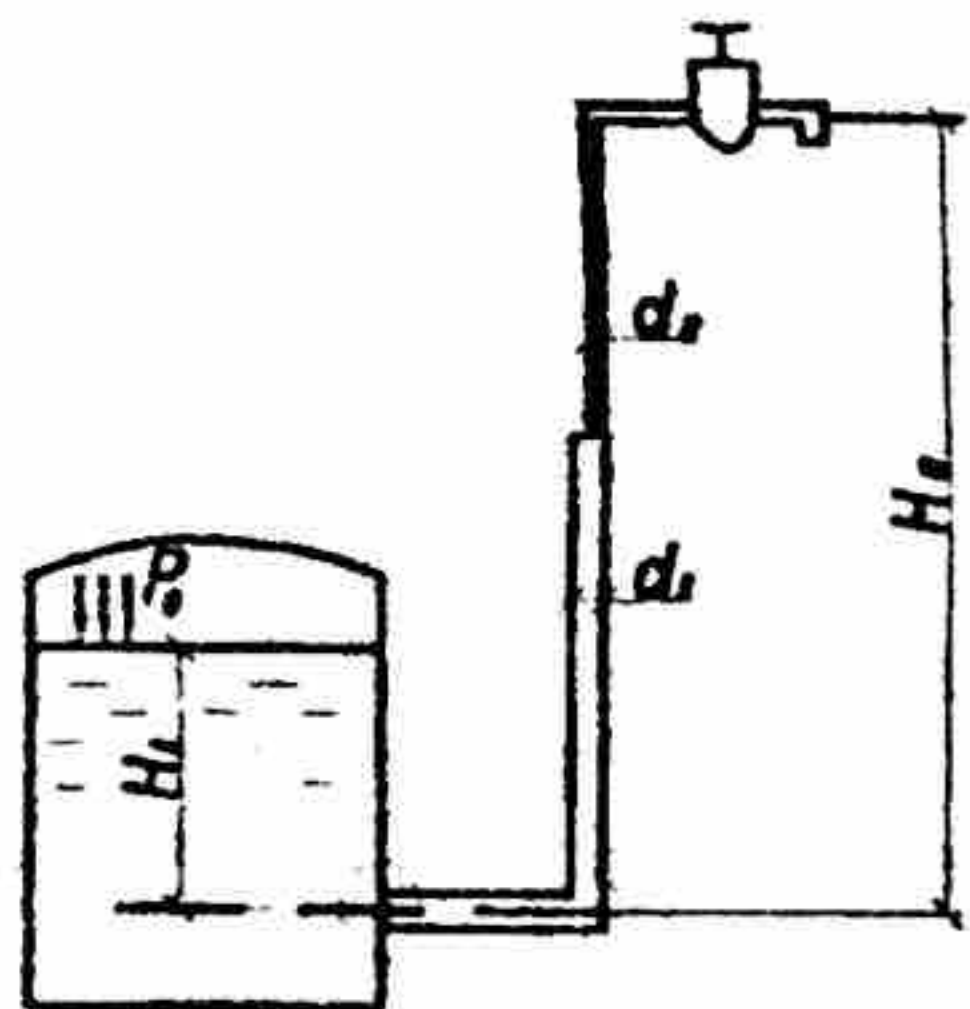


Рис.15

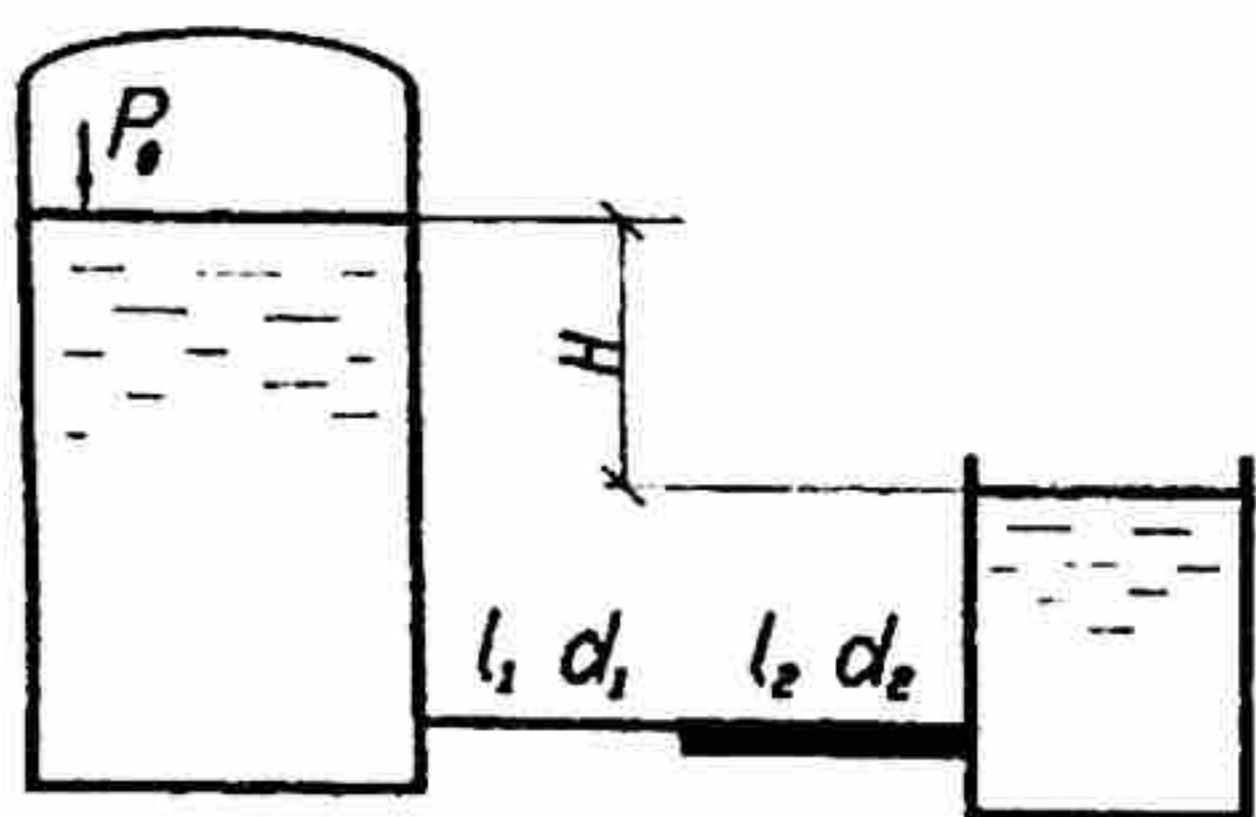


Рис.16

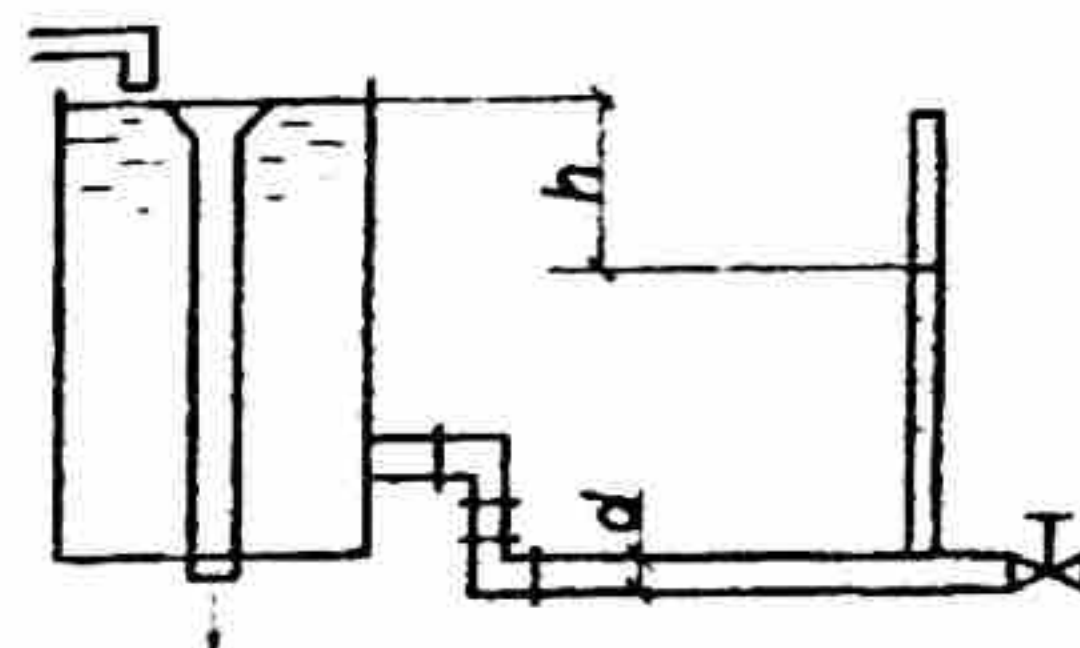


Рис.17

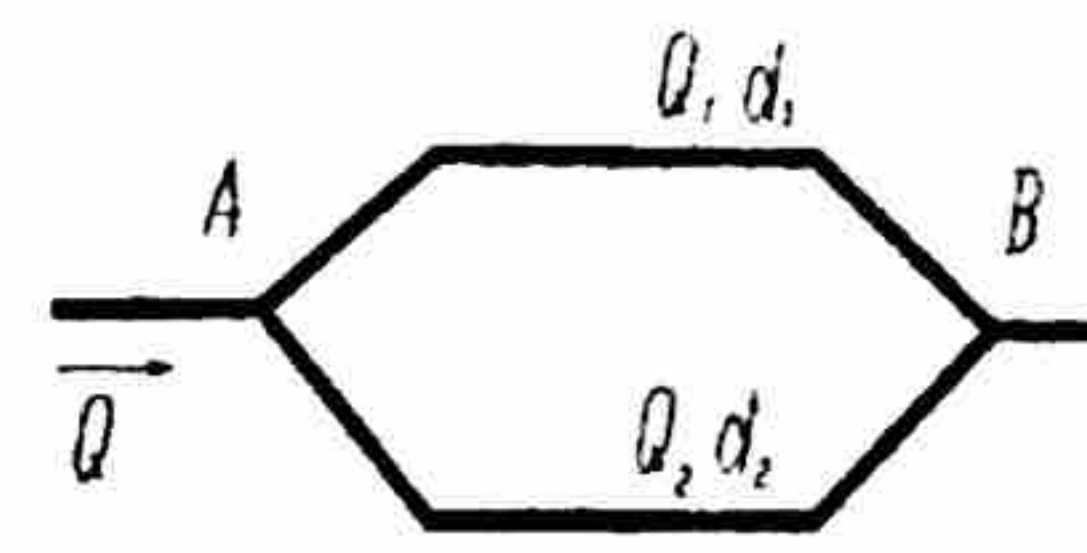


Рис.18

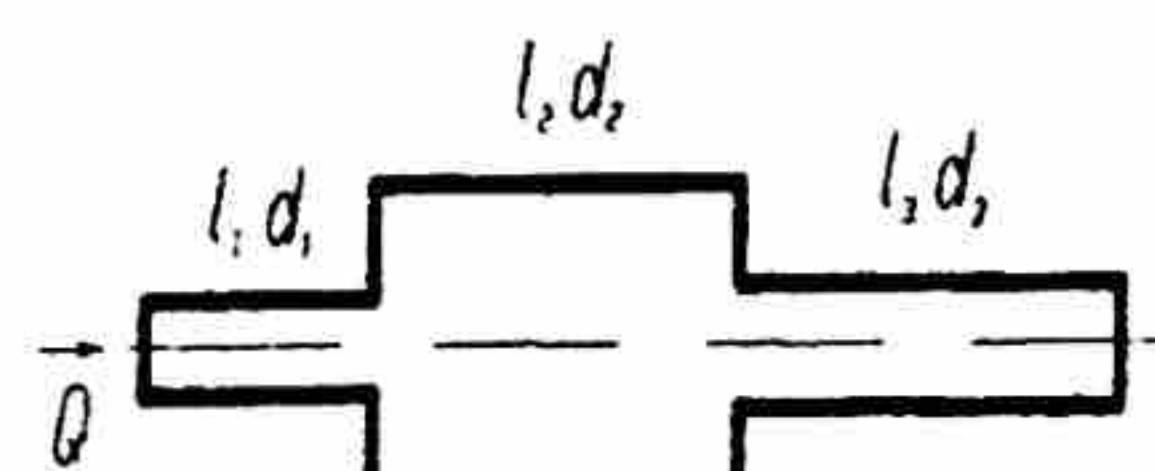


Рис.19

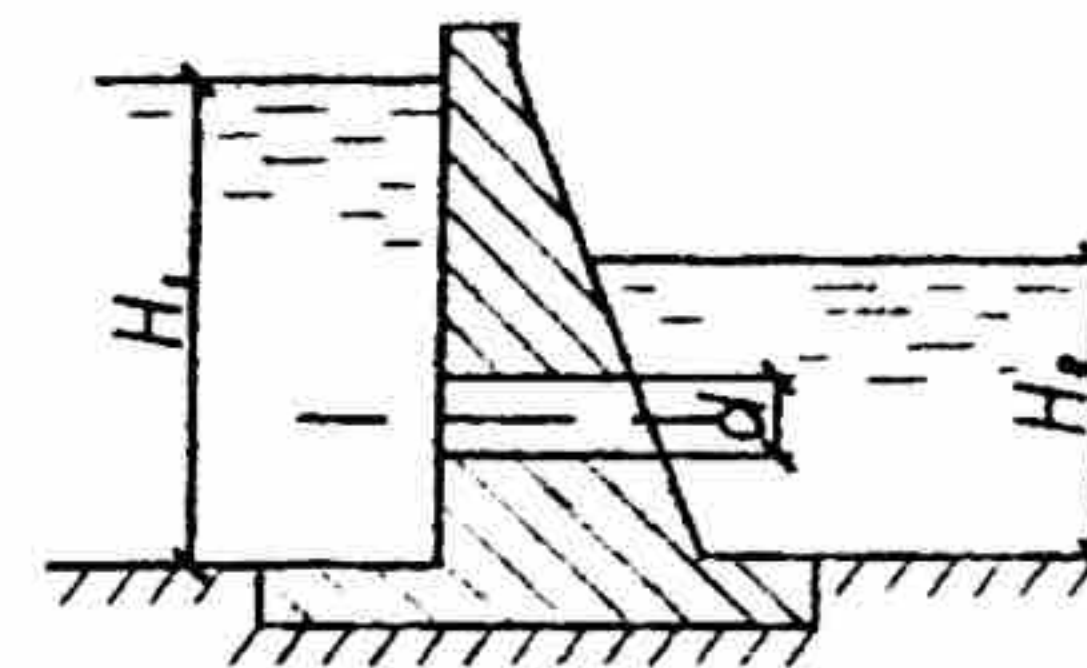


Рис.20

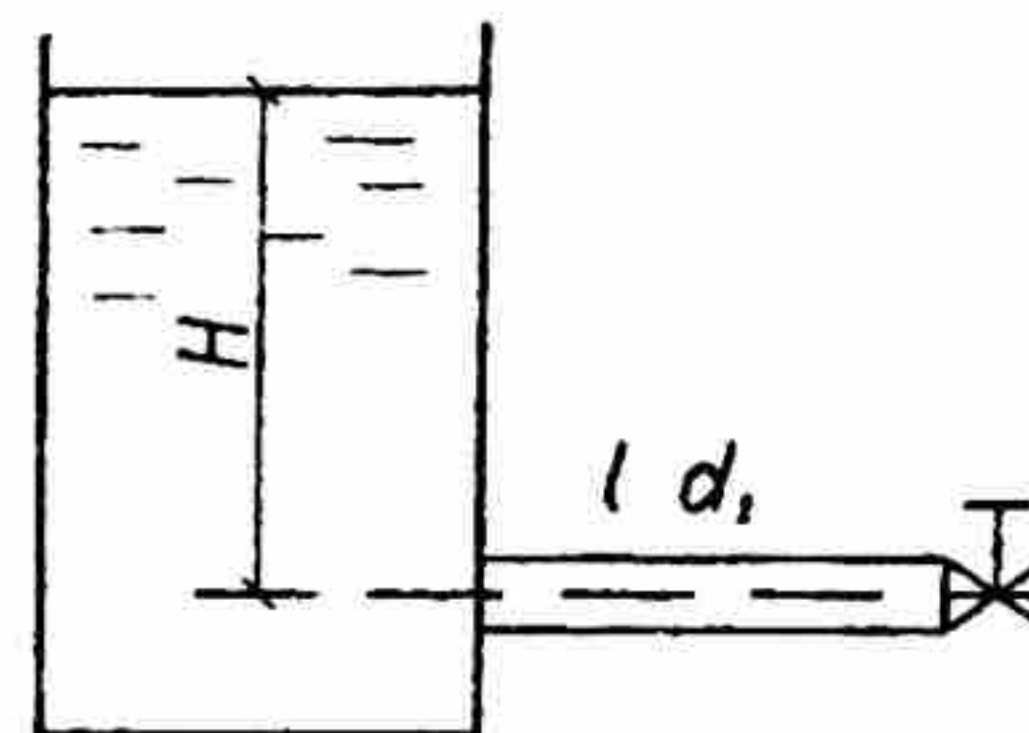


Рис.21

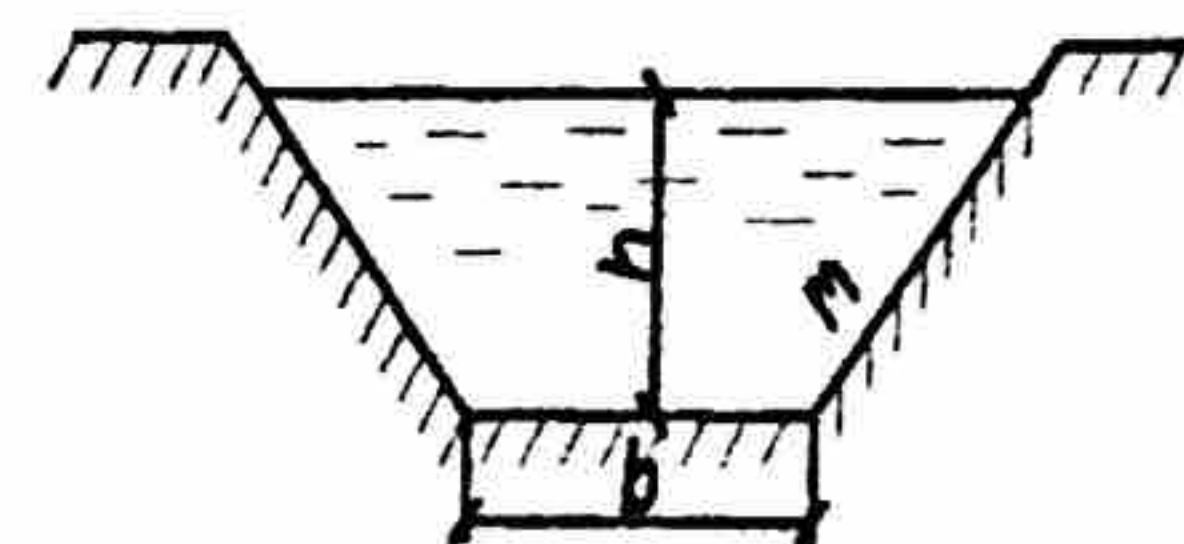


Рис.22

Номер задачи	Наименование величины и единицы измерения	Предпоследняя цифра шифра											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		
1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	$V, м^3$	5	3	3	4	8	5	8	6	10	6		
	$\Delta V, л$	7,5	9	6,7	6	30	15	12	18	15	18		
	$\Delta t, ^\circ C$	10	20	15	10	25	20	10	20	10	20		
2	$\rho, кг/м^3$	880	850	892	883	891	901	910	900	898	910		
	$\nu, см^2/с$	0,13	0,11	0,18	0,18	0,33	0,56	1,10	0,38	1,15	0,32		
	$D, мм$	60	80	100	70	120	40	90	50	80	100		
	$l, м$	20	10	12	14	8	16	15	18	14	16		
3	Ж	Керосин	Вода	Бензин	Нефть	Глицерин	Вода	Ртуть	Нефть	Керосин	Вода		
	$h, м$	8	6	2	5	3	2	0,4	4	5	7		
4	$P_0, МПа$	0,06	0,05	0,055	0,04	0,06	0,075	0,045	0,065	0,075	0,03		
	$H, м$	3	2,5	2,0	3,5	2,8	3,2	2,2	1,8	2,3	3,7		
5	Ж	Вода	Керосин	Бензин	Вода	Нефть	Керосин	Вода	Глицерин	Бензин	Нефть		
	$P_{изб}, атм$	0,5 изб	1,2 изб	0,2 вак	0,4 изб	0,3 вак	2,0 изб	0,5 вак	1,5 изб	2,2 изб	0,6 вак		
	$h, м$	1,0	2,5	1,8	2,3	2,5	2,5	3,2	1,5	2,2	3,0		
	$\alpha, м$	0,2	0,3	0,5	0,1	0,3	0,4	0,2	0,4	0,3	0,5		
	$d, м$	0,6	0,5	1,0	0,4	0,8	1,0	0,8	1,2	1,4	0,5		
6	$e, м$	2,0	2,5	3,0	1,5	3,5	2,0	2,3	3,0	2,0	3,2		
	$H_1, м$	1,6	2,0	2,5	3,0	2,2	2,4	2,8	3,5	4,0	4,6		
	$H_2, м$	0,5	0,4	1,0	0,3	0,6	0,5	0,7	1,5	2,5	1,8		
7	$H_1, м$	4,0	5,0	3,0	6,0	4,5	3,5	3,5	3,0	5,0	6,0		
	$H_2, м$	1,5	2	1,0	3,0	2	1,0	2,0	1,5	3,0	3,5		
	$\alpha, м$	0,8	1,0	0,6	0,9	0,7	0,5	0,8	1,4	1,5	0,5		
	$G, кг/ч$	20	30	15	35	25	15	30	20	25	30		
	$e, м$	2	4	3	3	2,5	3,5	2	3	3,5	4		
8	$D, м$	1	2	1,5	0,8	2,2	1,6	1	1,8	0,8	2,6		
	$e, м$	3	4	2	3	2,4	3	2	2,6	1,4	2,2		
	$H, м$	2,5	3	3,5	2	3,2	2,8	3,5	2,4	1,7	3,1		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	Ж	Вода	Керосин	Бензин	Нефть	Глицерин	Вода	Нефть	Бензин	Керосин	Нефть
	$R, м$	1,5	2	2,5	3	1	2	1,5	3	2	2,5
	$H, м$	5	6	5	6	4	6	3,5	5	4	4,2
	$e, м$	2,5	3	3	2	3	3	2,6	2,2	1,5	3
10	$e, м$	4,8	3,6	5	2,8	4,6	3,8	4,4	4	3,2	2
	$R, м$	8	6	10	5	9	7,2	7	5,8	6	3
	$H, м$	7,2	5,8	8	6,2	9	8,5	8	9	7	6,5
	$\alpha, град.$	40	60	35	70	45	40	50	60	75	50
11	$Q, л/с$	15	18,5	20	16,5	19	13,5	18	16	17,5	19,5
12	$d_1, мм$	110	90	100	80	60	100	120	70	80	100
	$d_2, мм$	60	50	130	100	90	120	140	90	100	130
	$d_3, мм$	80	70	80	60	45	80	160	60	35	180
	$d_4, мм$	35	30	50	40	30	50	60	30	40	70
	$Q, л/с$	29	20	95	45	22	40	80	25	32	160
	$H, м$	5	7	8	5	6	8	7	5	8	11
13	$V, м/с$	4,5	2	4	3,5	5	2,5	6	3	5,5	6,5
14	$h, мм, рт.ст.$	700	450	600	800	500	650	550	750	400	650
	$d_1, мм$	150	180	200	140	250	160	200	240	140	200
	$d_2, мм$	70	60	75	60	140	60	70	100	60	100
	$l, мм$	400	600	350	450	600	400	500	600	350	500
15	$Q, м^3/ч$	70	150	60	100	85	130	65	95	100	110
	$d_1, мм$	80	140	60	110	100	130	70	120	90	120
	$d_2, мм$	250	300	200	240	250	320	200	250	200	300
16	$Q, л/с$	15	60	25	50	90	30	100	250	10	140
	$d, мм$	100	200	150	160	250	160	240	400	70	300
	$d_1, мм$	80	180	120	150	200	150	180	350	60	250
	$d_2, мм$	120	160	140	120	220	120	200	450	80	280
	$l, м$	800	750	600	450	700	500	600	1000	900	850
17	$Q, м^3/ч$	3,0	14,0	2,5	4,5	7,0	10,0	2,5	8,5	5,5	12,0
	$l_1, м$	15	20	2,5	20	20	18	16	18	16	20
	$l_2, м$	10	15	10	15	12	12	12	14	10	16
	$d_1, мм$	40	70	30	40	50	60	20	60	36	70
	$d_2, мм$	20	30	16	20	20	30	16	20	16	30

Библиографический список.

1. Чукаев Р.Р. Гидравлика. Л.: Энергоиздат, 1982. 672 с.
2. Альтшуль А.Д. Методические указания и контрольные задания для студентов - заочников специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» инженерно - строительных вузов. М.: Высш. школа, 1980. 56 с.
3. Альтшуль А.Д., В.И. Калицин, Ф.Г. Майрановский, П.П. Пальгунов. Примеры расчётов по гидравлике. Учебное пособие для вузов. М.: Стройиздат, 1976. 255 с.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
18	Q, л/с d ₁ , мм d ₂ , мм l ₁ , м l ₂ , м H, м	3,2 40 70 50 80 4,5	6,0 50 100 60 70 3,8	14,5 70 125 80 60 3,5	18 80 100 90 70 5,0	4,0 50 60 70 80 4,0	9,8 80 150 100 100 2,5	12 80 120 120 90 3,6	29,5 100 175 120 100 1,8	7,5 60 100 90 120 4,3	35 125 200 150 130 3,2
19	h, м d, мм l, м	8,2 20 14	4,7 30 25	6,3 30 25	5,1 40 22	5,5 70 20	5,2 60 30	6,1 80 26	6,4 100 36	5,0 120 45	5,7 90 32
20	d ₁ , мм Q, л/с ξ ₁ ξ ₂ P, МПа	50 7,85 18 12 0,9	65 11,6 20 13 0,85	75 13,3 15 10 0,8	90 15,9 14 9 0,62	100 15,7 10 6 0,5	110 17,1 22 15 0,27	125 19,6 24 16 0,22	14 23,1 16 11 0,16	150 24,7 23 15 0,12	180 30,5 12 8 0,08
21	Q, л/с h ₁ , м h ₂ , м l ₁ , м d ₁ , мм d ₂ , мм d ₃ , мм	100 350 200 250 200 400 340	15 200 150 350 100 200 150	30 250 200 300 150 250 200	25 300 150 400 100 150 250	50 200 250 300 200 300 100	28 150 300 400 400 200 100	150 350 200 300 300 500 100	36 150 250 350 150 250 200	60 250 150 200 300 300 200	80 300 200 400 200 400 200
22	Q, м ³ /с H ₁ , м H ₂ , м l, м	30 12 3 6	15 10 5 4	10 8 2,5 8	40 15 6 3	25 13 5 4	5 9 6 3	35 12 5 7	6,5 3 4 6	25 8 4 3	8 11 6 4
23	d, мм H, м	20 8	15 3	25 4	30 7	15 2	25 6	30 8	30 5	10 3	15 9
24	Q, м ³ /мин d, мм l, м δ, мм	0,352 50 1200 7	1,41 100 1400 8,5	3,13 150 1600 9,5	5,66 200 2000 10,5	8,85 250 1500 11,5	12,7 300 1100 12,5	9,5 250 1300 11,5	5,95 200 1500 10,5	3,6 140 1800 9,5	1,56 100 1300 8,5
25	b, м h, м m i	5 2 1,5 0,0003	3 1,5 1 0,0008	6 2,5 2 0,0005	8 3 1,25 0,0009	4 1,5 1,5 0,001	6 2 1 0,0004	5 2,5 1,5 0,0008	10 3 1,75 0,0005	4 1 2 0,0006	8 2,5 1,5 0,001