

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Строительный институт
Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

Решения задач размещены на сайте zadachi24.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ по дисциплине «Гидрогазодинамика»
для студентов всех форм обучения по направлению 20.03.01 Техносферная
безопасность всех профилей

Тюмень, ТИУ, 2018 г.

Утверждено редакционно-издательским советом Федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования Тюменского индустриального университета

Составители: Илюхин Константин Николаевич
Чекардовский Сергей Михайлович

1. Цели и задачи дисциплины:

Цель:

- формирование необходимой начальной базы знаний о законах равновесия и движения жидкостей и газа, приобретение студентами навыков расчета сил, действующих на стенки резервуаров, гидравлического расчета трубопроводов различного назначения для стационарных и нестационарных режимов течения жидкостей, решения технологических задач производства, задач борьбы с осложнениями и авариями, которые могут возникнуть в гидродинамических системах.

Задачи:

- формирование у студентов знаний, необходимых для решения производственно-технологических, научно-исследовательских, проектных и эксплуатационных задач, в том числе связанных с оценкой параметров течения жидкостей в различных технологических процессах.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина Б.1.Б.21 «Гидрогазодинамика» относится к дисциплинам базовой части учебного плана.

Для полного усвоения данной дисциплины студенты должны знать следующие дисциплины: «Математика», «Физика».

Данная дисциплина является предшествующей для дисциплины «Добыча подготовка и транспортировка нефти и газа».

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Формулировка компетенции
ПК-4	Способность использовать методы расчетов элементов технологического оборудования по критериям работоспособности и надежности

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

Номера задач обучающийся выбирает по последней цифре (табл. 1), а числовые значения исходных данных в каждой задаче – по предпоследней цифре шифра зачётной книжки обучающегося (прил.).

В условиях задач не всегда указываются все цифровые значения параметров, необходимых для решения задач (например, может быть не указана плотность, коэффициент вязкости или др.). Недостающие параметры студент выбирает из таблиц, помещённых в прил. В ряде случаев можно пользоваться также данными других источников (справочников), при этом в каждом случае указывая в своей задаче название источника.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	Номера задач
0	1, 11, 21, 31
1	3, 13, 23, 33
2	5, 15, 25, 34
3	7, 17, 27, 37
4	8, 18, 28, 38
5	6, 16, 26, 36
6	4, 14, 24, 34
7	2, 12, 22, 32
8	10, 20, 30, 40
9	9, 19, 29, 39

ЗАДАЧИ

Задача 1. Автоклав объёмом 25,0 л наполнен жидкостью и закрыт герметически. Коэффициент температурного расширения жидкости α , её модуль упругости E . Определить повышение давления в автоклаве при увеличении температуры жидкости на величину T . Объёмной деформацией материала автоклава пренебречь.

Задача 2. Определить скорость v равномерного скольжения прямоугольной пластины $a \times b \times c$ (рис. 1) по наклонной плоскости под углом $\alpha = 12^\circ$, если между пластиной и плоскостью находится слой масла толщиной δ . Температура масла 30°C , плотность материала пластины ρ .

Задача 3. Зазор между валом и втулкой заполнен маслом (рис. 2), толщина слоя которого равна δ . Диаметр вала D . Длина втулки L . Вал вращается равномерно под воздействием вращающего момента M . Определить частоту вращения вала, если температура масла равна 40°C .

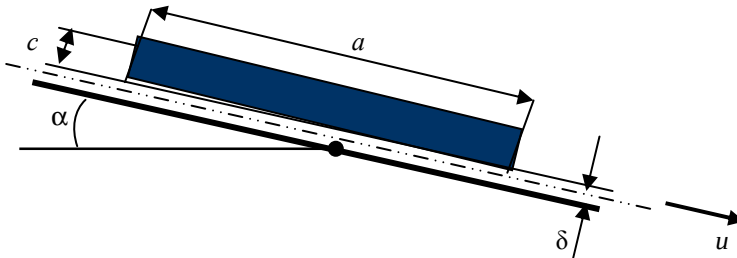


Рис. 1

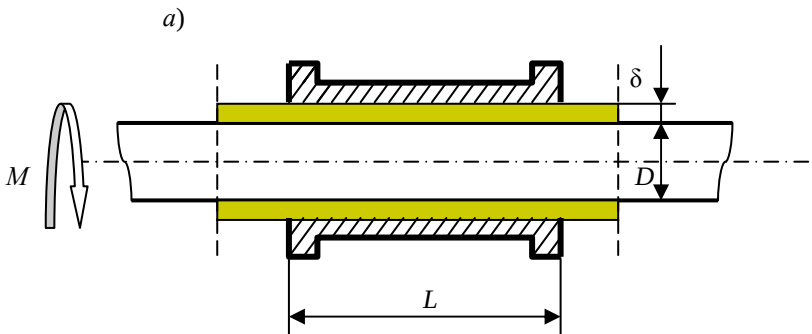
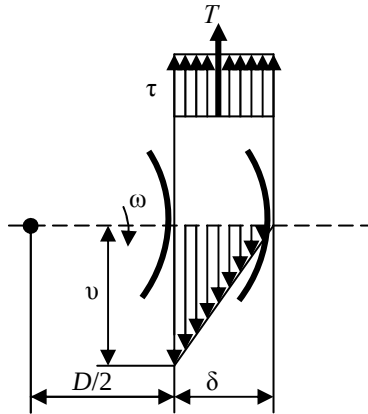


Рис. 2

б)



Продолжение рис. 2

Задача 4. Закрытый резервуар (рис. 3) заполнен дизельным топливом, температура которого $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. В вертикальной стенке резервуара имеется прямоугольное отверстие ($D \times b$), закрытое полуцилиндрической крышкой, которая может поворачиваться вокруг горизонтальной оси A . Показание мановакуумметра MV равно p_m (манометрическое давление) или p_v (вакуум). Высота столба топлива над крышкой равна H . Определить усилие F , которое необходимо приложить к нижней части крышки, чтобы она не открывалась. Силой тяжести крышки пренебречь. На схеме показать векторы действующих сил.

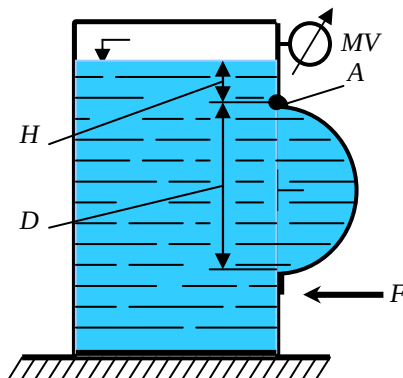


Рис. 3

Задача 5. Вертикальная цилиндрическая цистерна (рис. 4) с полу-сферической крышкой до самого верха заполнена жидкостью, плотность которой ρ . Диаметр цистерны D , высота её цилиндрической части H . Манометр M показывает манометрическое давление p_m . Определить силу, растягивающую болты A , и горизонтальную силу, разрывающую цистерну по сечению $I-I$. Силой тяжести крышки пренебречь. На схеме показать векторы сил.

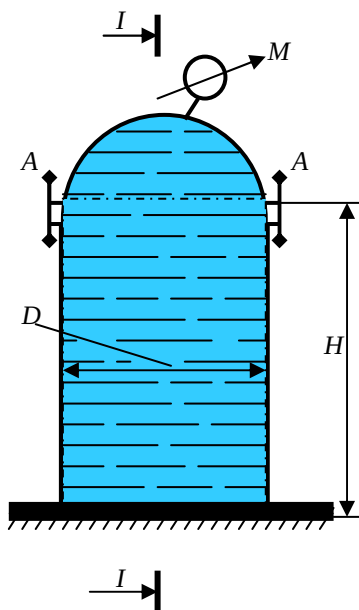


Рис. 4

Задача 6. Круглое отверстие между двумя резервуарами (рис. 5) закрыто конической крышкой с размерами D и L . Закрытый резервуар заполнен водой, а открытый – жидкостью Ж. К закрытому резервуару сверху присоединён мановакуумметр MV , показывающий манометрическое давление p_m или вакуум p_v . Температура жидкостей в резервуарах 20°C . Высота столба жидкости до вершины конической крышки в каждом резервуаре h и H соответственно. Определить силу, срезающую болт A , и горизонтальную силу, действующую на крышку. Силой тяжести крышки пренебречь. Векторы сил показать на схеме.

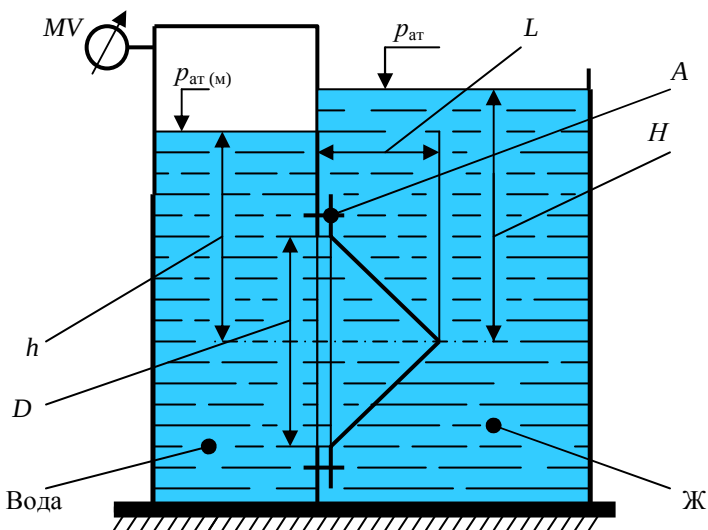


Рис. 5

Задача 7. Цилиндрическая цистерна (рис. 6) заполнена бензином, температура которого $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Диаметр цистерны D , длина L . Высота столба бензина в горловине $h = 0,2\text{ м}$, её диаметр $d = 0,3\text{ м}$.

Определить силы давления на плоские торцевые стенки A и B цистерны в двух случаях:

- 1) когда цистерна не движется;
- 2) при движении цистерны горизонтально с положительным ускорением a .

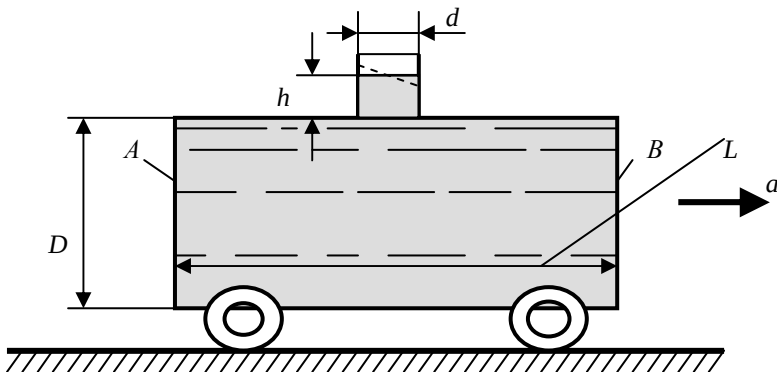


Рис. 6

Задача 8. Открытый цилиндрический резервуар (рис. 7) заполнен жидкостью Ж до высоты $0,8H$. Диаметр резервуара D , температура жидкости $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Определить:

1) объём жидкости, сливающейся из резервуара при его вращении с частотой n вокруг его вертикальной оси;

2) силу давления на дно резервуара и горизонтальную силу, разрывающую резервуар по сечению $I-I$ при его вращении.

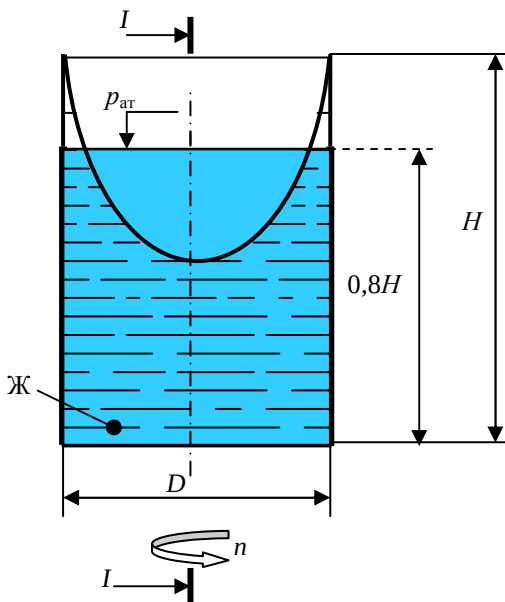


Рис. 7

Задача 9. Цилиндрический сосуд (рис. 8) диаметром D и высотой H полностью заполнен водой, температура которой $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Диаметр отверстия сверху сосуда равен d .

Определить:

1) с какой предельной частотой можно вращать сосуд около его вертикальной оси, чтобы в сосуде осталось 75% первоначального объёма воды;

2) силу давления на дно сосуда и горизонтальную силу, разрывающую сосуд по сечению $I-I$ при его вращении с определённой частотой.

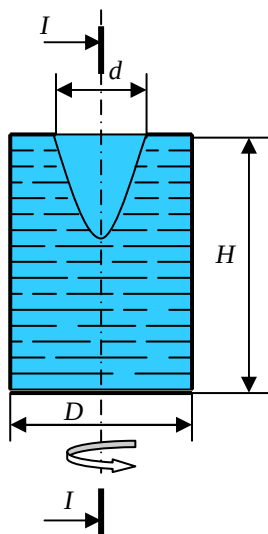


Рис. 8

Задача 10. По сифонному трубопроводу длиной l жидкость Ж при температуре 20°C сбрасывается из отстойника A в отводящий канал B (рис. 9).

Какой должен быть диаметр d трубопровода, чтобы обеспечить сбрасывание жидкости в количестве Q при напоре H ?

Трубопровод снабжён приёмным клапаном с сеткой ($\xi_{\text{кл}}$). Плавные повороты имеют углы 45° радиусом закругления $R = 2r$. Эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубопровода равна Δ_s . Построить пьезометрическую и напорную линии.

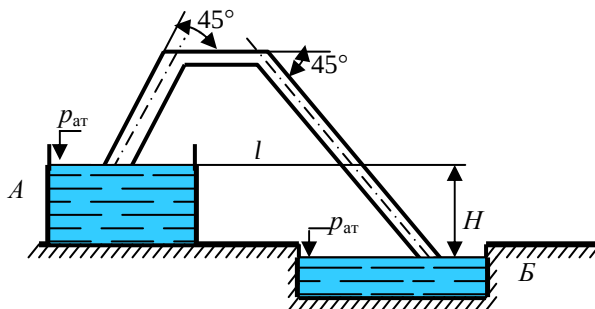


Рис. 9

Задача 11. В баке A жидкость подогревается до температуры $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и самотёком по трубопроводу длиной l попадает в производственный цех (рис. 10). Напор в баке A равен H .

Каким должен быть диаметр трубопровода, чтобы обеспечивалась подача жидкости в количестве Q при манометрическом давлении в конце трубопровода не ниже p_m ? Построить пьезометрическую и напорную линии.

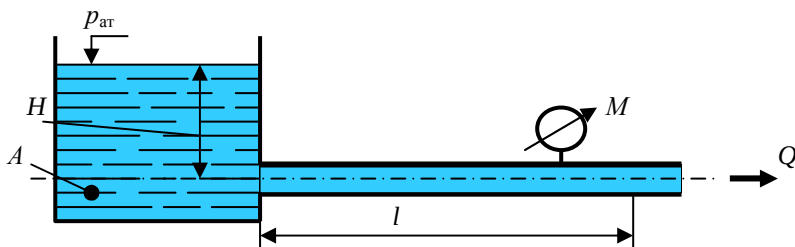


Рис. 10

Задача 12. Из большого закрытого резервуара A , в котором поддерживается постоянный уровень жидкости, а давление на поверхности жидкости равно p_1 , по трубопроводу, состоящему из двух последовательно соединённых труб разного диаметра, жидкость Ж при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ течёт в открытый резервуар B (рис. 11). Разность уровней жидкости в резервуарах равна H . Длина труб l_1 и l_2 , диаметры труб участков d_1 и d_2 , а эквивалентная шероховатость Δ_s .

Определить расход Q жидкости, протекающей по трубопроводу. В расчётах принять, что местные потери напора составляют 20% от потерь напора по длине.

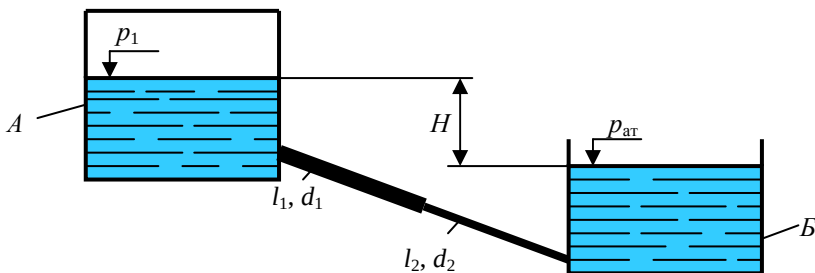


Рис. 11

Задача 13. Из большого закрытого резервуара A (рис. 12), в котором поддерживается постоянный уровень жидкости, а давление на поверхности её равно p_1 , по трубопроводу, состоящему из двух параллельно соединённых труб одинаковой длины l_1 , но разных диаметров d_1 и d_2 , жидкость $Ж$ при температуре $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ течёт в открытый резервуар B . Разность уровней жидкости в резервуарах равна H . Эквивалентная шероховатость труб Δ_3 .

Определить расход жидкости, протекающей в резервуар B . В расчётах принять, что местные потери напора составляют 10% от потерь напора по длине.

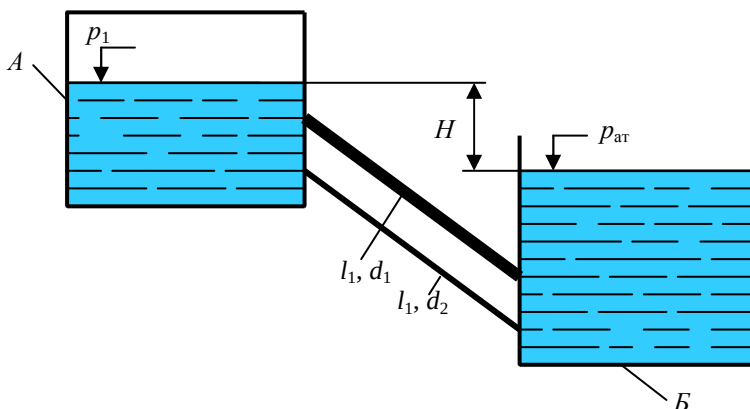


Рис. 12

Задача 14. Из большого резервуара A (рис. 13), в котором поддерживается постоянный уровень жидкости, по трубопроводу, состоящему из трёх труб, длина которых l_1 и l_2 , диаметры d_1 и d_2 , а эквивалентная шероховатость Δ_3 , жидкость $Ж$ при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ течёт в открытый резервуар B . Разность уровней жидкости в резервуарах равна H .

Определить расход Q жидкости, протекающей в резервуар B . В расчётах принимать, что местные потери напора составляют 20% от потери напора по длине.

Задача 15. В бак, разделённый перегородкой на два отсека (рис. 14), подаётся жидкость $Ж$ в количестве Q . Температура жидкости $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. В перегородке бака имеется цилиндрический насадок, диаметр которого d , а длина $l = 3d$. Жидкость из второго отсека через отверстие диаметром d_1 поступает наружу, в атмосферу.

Определить высоты H_1 и H_2 уровней жидкости.

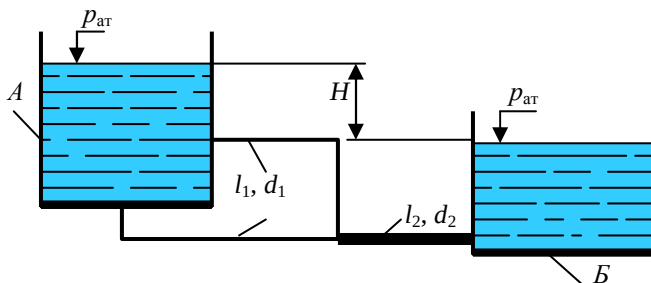


Рис. 13

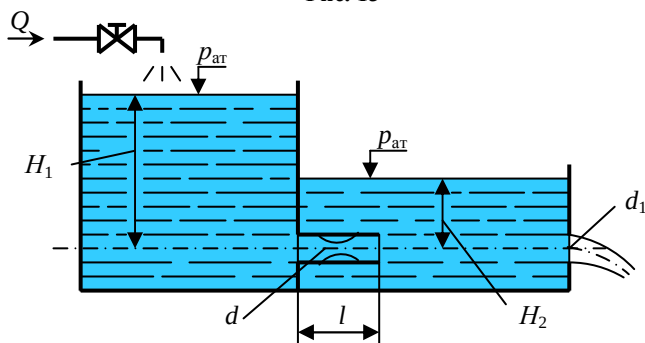


Рис. 14

Задача 16. В бак, разделённый перегородками на три отсека (рис. 15), подаётся жидкость Ж в количестве Q . Температура жидкости 20°C . В первой перегородке бака имеется коноидальный насадок, диаметр которого равен d , а длина $l = 3d$. Во второй перегородке бака – цилиндрический насадок с диаметром d и длиной $l = 3d$. Жидкость из третьего отсека через отверстие диаметром d_1 поступает наружу, в атмосферу.

Определить H_1 , H_2 и H_3 уровней жидкости.

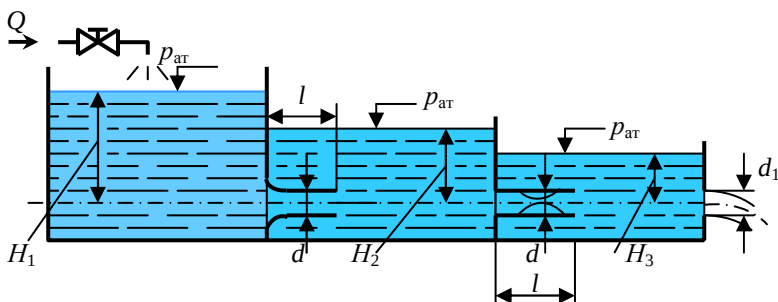


Рис. 15

Задача 17. В бак, разделённый на две секции перегородкой, в которую установлен цилиндрический насадок диаметром d и длиной $l = 4d$, поступает жидкость Ж с объёмным расходом Q при температуре 20°C (рис. 16). Из каждой секции жидкость самотёком через отверстия диаметром d , выполненные в днище каждого отсека, вытекает в атмосферу.

Определить распределение расходов, вытекающих через левый отсек Q_1 и правый отсек Q_2 , если течение является установившимся (в левой секции напор поддерживается постоянным).

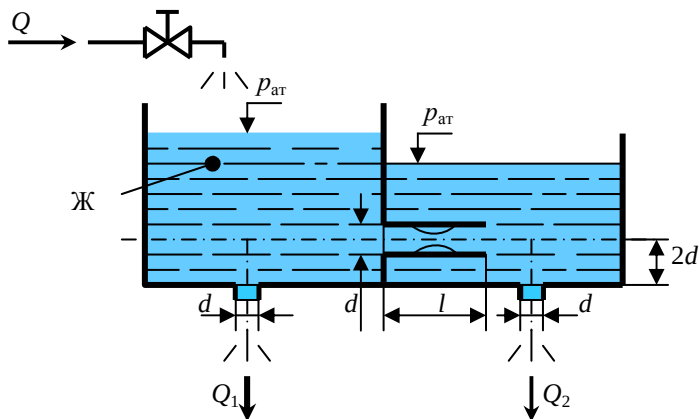


Рис. 16

Задача 18. Во избежание переполнения водой резервуар А снабжён поплавковым клапаном В, перекрывающим отверстие С диаметром d в дне резервуара (рис. 17).

Определить диаметр D цилиндрического поплавка Е высотой h , при котором максимальный уровень воды в резервуаре не будет превышать H . Вес клапана G (весом поплавка пренебречь).

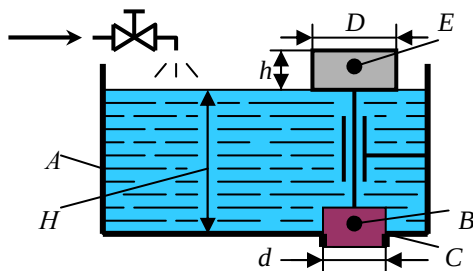


Рис. 17

Задача 19. Сообщающиеся сосуды A и B заполнены водой и жидкостью $Ж$ соответственно (рис. 18).

Определить плотность жидкости $Ж$, если высота столба воды в сосуде A равна H , а разность уровней жидкости в сосудах h (плотность воды принять равной 1000 кг/м^3).

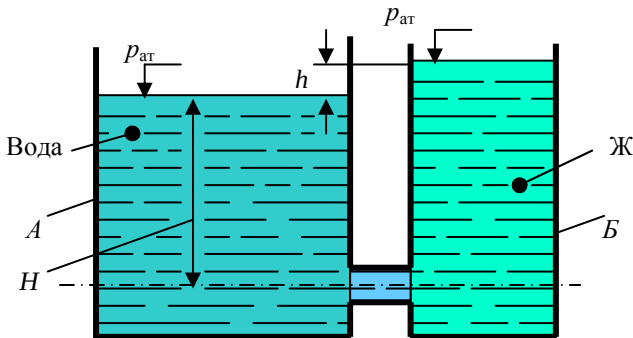


Рис. 18

Задача 20. Стальной трубопровод длиной l и диаметром d испытывается на прочность гидравлическим способом.

Определить объём воды, который дополнительно подать в трубопровод за время испытания для подъёма давления от p_1 до p_2 . Расширением трубопровода не учитывать. Объёмный модуль упругости воды равен $E = 2060 \text{ МПа}$.

Задача 21. Объём части ледяной горы, возвышающейся над поверхностью моря, равен W (рис. 19).

Определить общий объём ледяной горы и глубину её погружённой части h , если в плане она имеет форму прямоугольника $a \times b$. Плотность льда принять равной $\rho_{\text{л}} = 920 \text{ кг/м}^3$, плотность воды – $\rho_{\text{в}} = 1030 \text{ кг/м}^3$.

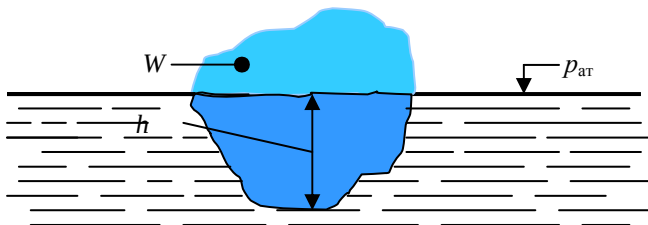


Рис. 19

Задача 22. При гидравлическом испытании внутренних систем водоснабжения допускается падение испытательного давления в течение 10 минут на $\Delta p \approx 4,9 \cdot 10^4$ Па.

Определить допустимую величину утечки ΔW в течение 10 минут при гидравлическом испытании системы вместимостью W . Коэффициент объёмного сжатия воды принять равным $\beta_p = 0,5 \cdot 10^{-9}$ Па.

Задача 23. Определить, насколько уменьшится давление масла в закрытом объёме V_0 гидропривода, если утечки масла составили ΔV , а коэффициент объёмного сжатия масла β_p . Деформацией элементов объёмного гидропривода пренебречь.

Задача 24. По трубе диаметром d течёт жидкость Ж. Температура жидкости t , кинематический коэффициент вязкости ν , объёмный расход равен Q .

Определить режим течения жидкости.

Задача 25. Определить силу суммарного давления F воды на плоский щит, перекрывающий канал, и усилие T , которое необходимо приложить для подъёма щита (рис. 20). Ширина канала b , глубина воды в нём H , вес щита G , коэффициент трения щита по опорам равен f .

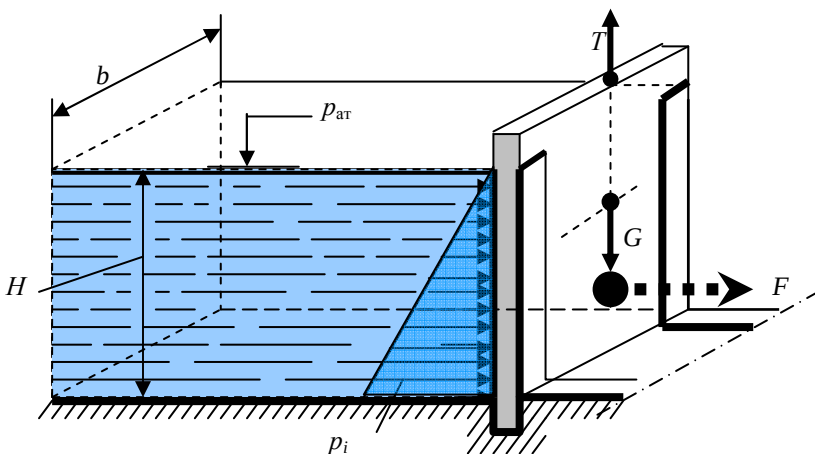


Рис. 20

Задача 26. Определить давление в резервуаре p_0 и высоту подъёма уровня воды h_1 в трубке 1, если показания ртутного манометра h_2 и h_3 (рис. 21).

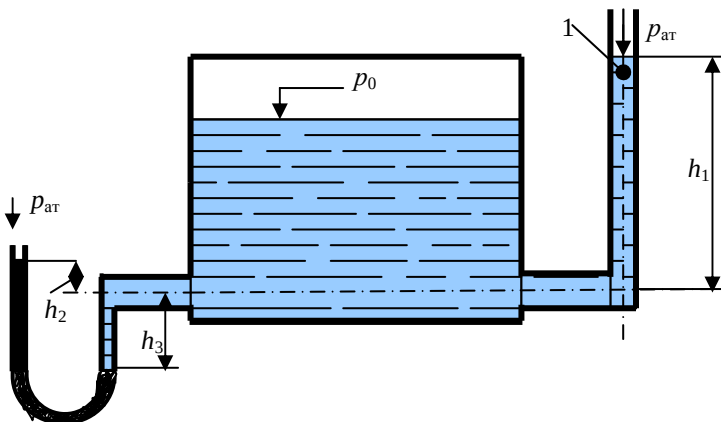


Рис. 21

Задача 27. Определить плотность жидкости, полученной смешиванием n_1 литров жидкости плотностью ρ_1 и n_2 литров жидкости плотностью ρ_2 .

Задача 28. Определить повышение давления, при котором начальный объём жидкости $Ж$ уменьшится на k %.

Задача 29. Определить среднюю толщину солевых отложений $\delta_{отл}$ в герметическом водоводе внутренним диаметром d и длиной l . При выпуске воды в количестве ΔW давление в водоводе падает на величину Δp . Отложения по диаметру и длине водовода распределены равномерно. Коэффициент объёмного сжатия принять равным β_p .

Задача 30. В отопительной системе (котёл, радиаторы, трубопроводы) жилого дома содержится W воды. Сколько воды дополнительно войдёт в расширительный бак при нагревании её от t_1 до t_2 ?

Задача 31. Определить давление пара p в цилиндре поршневого парового насоса A , необходимое для подачи воды поршневым водяным насосом B на высоту H (рис. 22). Диаметры цилиндров парового насоса и насоса для подачи воды равны D и d соответственно.

Задача 32.

В отопительный котёл поступает объём воды W при температуре t_1 . Какой объём воды W_1 будет выходить из котла при нагреве воды до температуры t_2 ? Коэффициент температурного расширения для воды принять равный $\beta_t = 600 \cdot 10^{-6} (^\circ\text{C})^{-1}$.

Задача 36. Щит, перекрывающий канал, расположен под углом 45° к горизонту и закреплён шарнирно к опоре над водой (рис. 24).

Определить усилие T , которое необходимо приложить к тросу для открывания щита, если ширина щита b , глубина воды перед щитом H_1 , а после щита H_2 . Шарнир расположен над высоким уровнем воды на расстоянии H_3 . Весом щита и трением в шарнире пренебречь.

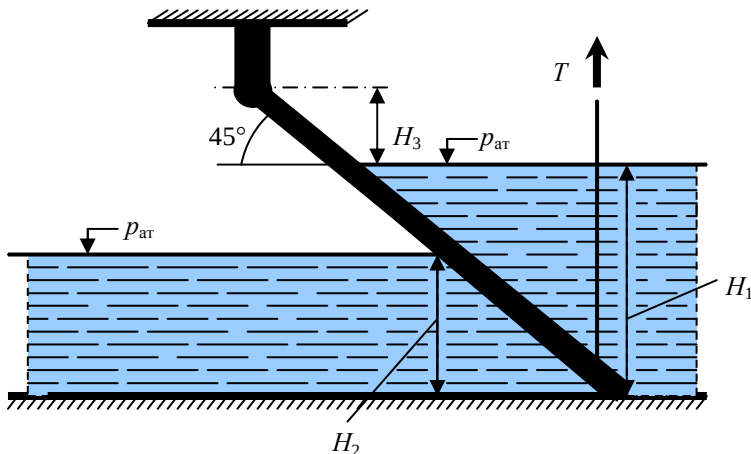


Рис. 24

Задача 37. В канале, подводящем воду к очистным сооружениям, установлен пневматический уровнемер с самопишущим прибором (рис. 25). Нижний конец трубки 1 погружён в воду на глубину H_2 ниже самого низкого уровня воды в канале. В верхний конец трубки 1 по трубке 2 подаётся небольшой объём воздуха под давлением, достаточным для выхода воздуха в воду через нижний конец трубки 1.

Определить глубину воды H в канале, если давление воздуха в трубке 1 по показаниям самопишущего прибора 3 равно h' и h'' . Расстояние от дна канала до нижнего конца трубки равно H_1 .

Задача 38. Жидкость при постоянном напоре H вытекает из резервуара A по трубопроводу, состоящему из двух последовательно соединённых участков труб диаметром d_1 и d_2 и длиной l_1 и l_2 соответственно (рис. 26). Шероховатость внутренней поверхности труб – Δ . Область гидравлического сопротивления принять квадратичной.

Определить расход жидкости Q . Построить пьезометрическую и напорную линии.

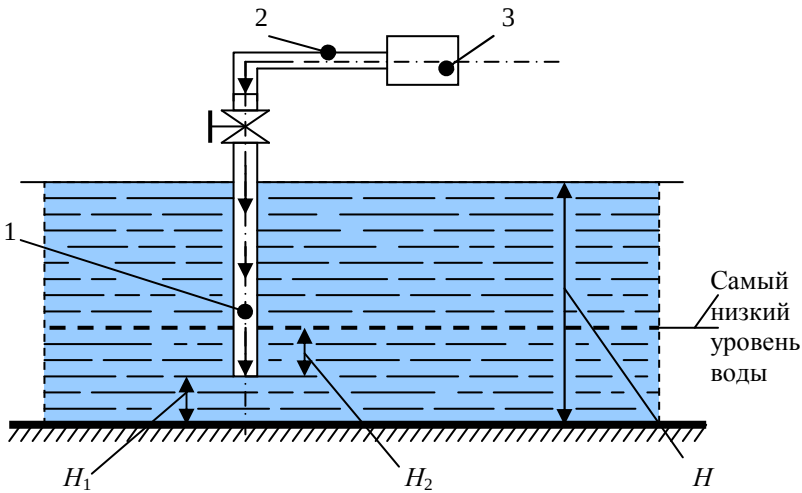


Рис. 25

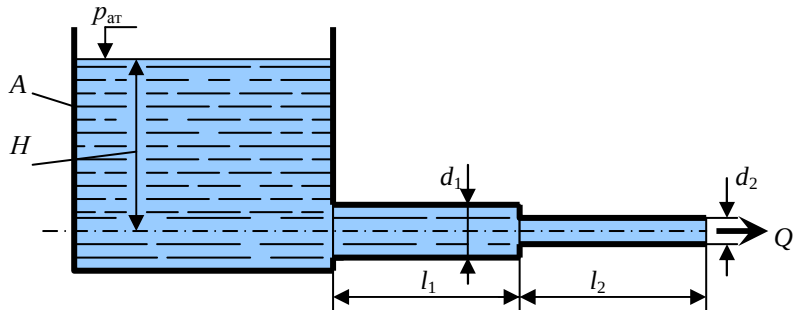


Рис. 26

Задача 39. Жидкость из открытого резервуара A вытекает в атмосферу по вертикальной трубе, состоящей из двух последовательно соединённых участков труб B и C диаметром d_1 и d_2 длиной l_1 и l_2 соответственно, между которыми установлен вентиль D (рис. 27). Уровень жидкости в резервуаре поддерживается постоянным и равным H . Коэффициенты гидравлического сопротивления на трение по длине на участках B и C равны λ_1 и λ_2 . Коэффициент местного сопротивления вентиль равен 0,5. Сопротивлением входа жидкости в трубу пренебречь.

Определить расход жидкости Q . Построить пьезометрическую и напорную линии.

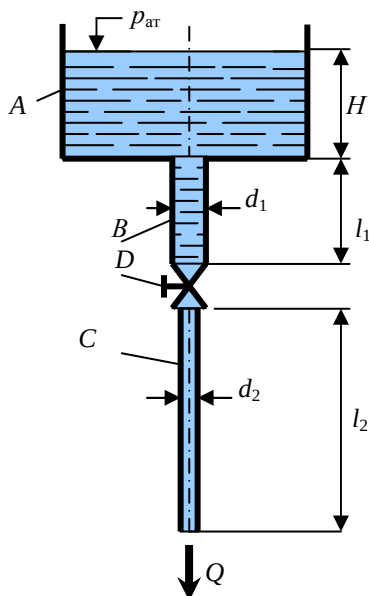


Рис. 27

Задача 40. Силовой гидравлический цилиндр (рис. 28) нагружен силой F и делает n двойных ходов в минуту. Длина хода поршня S , диаметр поршня D , диаметр штока d .

Определить давление масла p и потребительную подачу Q , среднюю скорость поршня v . Механический КПД гидроцилиндра η_m принять равным 0,95, объёмный КПД η_Q равен 0,98.

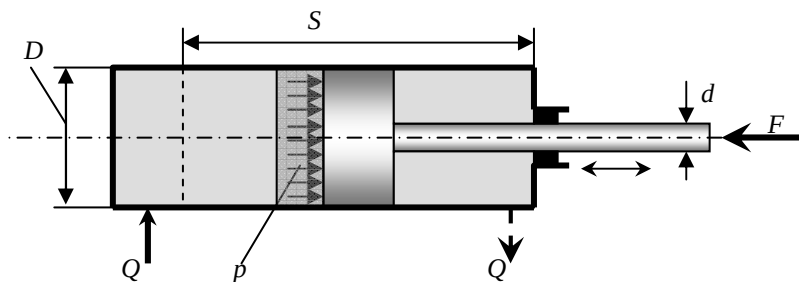


Рис. 28

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрогазодинамика : учебное пособие / Н.П. Жуков. –Тамбов : Изд-во ГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 92 с. – 100 кз. ISBN 978-5-8265-1032-2.
2. Кудинов А. А. Гидрогазодинамика [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 140100 "Теплоэнергетика" / А. А. Кудинов. – Москва : ИНФРА-М, 2013. - 335 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

№ задания	Параметр и его величина	Предпоследняя цифра номера зачётной книжки студента											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		
1	2	3	4	5	6								
1	$\alpha \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$	649	832	698	351	956	735	187	536	150	653		
	$E, 10^9 \text{ Па}$	1,58	1,95	1,67	2,08	1,48	1,72	24,6	4,08	2,06	1,75		
	$T, ^{\circ}\text{C}$	40,5	11,0	38,5	45,0	19,9	32,0	5,5	21,0	39,5	32,5		
2	Масло	Индустриальное ное 12	Турбинное	Индустриальное ное 50	Трансформаторное	АМГ-10	Индустриальное ное 20	Касторовое	Веретённое АУ	Индустриальное ное 30	Турбинное		
	$a, \text{ мм}$	580	400	590	530	470	630	310	850	720	450		
	$b, \text{ мм}$	450	250	300	260	290	440	140	740	570	280		
	$c, \text{ мм},$	12	43	10	13	20	1,1	15	7	6	35		
	$\delta \text{ мм}$	0,4	0,7	1,1	0,5	0,4	0,9	1,2	0,6	0,5	0,9		
	$\rho, \text{ кг/ м}^2$	800	240	680	450	260	640	1100	2500	2100	270		
3	Масло	Индустриальное ное 50	Касторовое	Индустриальное ное 30	Турбинное	Индустриальное ное 12	Веретённое АУ	Индустриальное ное 20	АМГ-10	Трансформаторное	Индустриальное ное 30		
	$M, \text{ Нм}$	520	1,35	9,20	4,50	2,65	3,30	15,5	6,10	1,65	8,50		
	$\delta, \text{ мм}$	3,3	0,8	2,2	1,5	1,1	1,7	2,8	2,1	1,4	1,9		
	$D, \text{ мм}$	480	100	180	470	270	400	250	340	230	200		
	$L, \text{ мм}$	1400	300	700	1200	780	640	1300	850	590	630		

Эксперимент	Параметр и его величина	Предпоследняя цифра номера зачётной книжки студента									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	Ж	Глицерин	Нефть лёгкая	Трансформаторное масло	Бензин	Вода	Дизельное топливо	Глицерин	Нефть тяжёлая	Вода	Керосин Т-1
			1,16	1,40	1,20	1,00	1,30	1,26	1,10	1,70	1,30
			1,60	1,55	2,80	2,00	2,35	1,80	1,45	1,60	1,64
			1,38	1,32	2,10	1,69	1,75	1,41	1,72	1,85	1,43
9	D , м	20	24	30	46	26	34	42	38	28	22
		28	36	32	50	30	40	52	45	34	26
		16	20	24	36	22	28	34	32	22	18
10, 11	Ж	Вода	Керосин Т-1	Керосин Т-2	Дизельное топливо	Бензин	Нефть лёгкая	Вода	Керосин Т-1	Керосин Т-2	Дизельное топливо
			1,2	1,7	2,3	2,6	3,1	3,4	1,9	2,1	2,7
	Q , л/с	4,00	4,30	4,70	5,10	3,80	4,20	4,60	4,80	5,00	4,50
		12,0	12,8	13,2	14,0	12,6	13,3	13,7	14,1	14,8	14,7
		0,060	0,070	0,120	0,030	0,050	0,060	0,070	0,120	0,045	0,070
		78,2	72,0	68,0	63,0	66,2	69,0	73,0	75,6	79,0	67,0
		6,0	6,4	7,0	7,2	6,8	6,6	6,5	7,4	7,7	7,9

12, 13, 14	Ж	Керосин Т-2	Дизель-ное топливо	Вода	Керосин Т-1	Дизель-ное топливо	Вода	Керосин Т-1	Дизель-ное топливо	Бензин	Вода
	H , м	6,00	6,40	6,80	6,20	5,80	5,60	5,30	4,90	4,70	4,50
	l_1 , м	10,0	9,7	9,3	9,0	8,7	8,9	9,2	9,6	9,7	9,9
	l_2 , м	6,0	6,1	8,3	8,1	7,7	7,4	7,1	6,8	7,3	7,5
	d_1 , мм	60	55	50	65	70	60	65	60	55	50
	d_2 , мм	45	45	40	45	50	50	45	45	40	40
	p_1 , кПа	24,2	27,0	32,6	35,0	37,2	41,0	38,0	31,0	29,6	28,0
	Δ , мм	0,070	0,060	0,030	0,050	0,060	0,035	0,0454	0,065	0,120	0,045
15, 16, 17	Ж	Вода	Керосин Т-1	Вода	Керосин Т-2	Вода	Керосин Т-1	Вода	Керосин Т-1	Вода	Керосин Т-1
	Q , л/с	1,9	2,2	2,4	2,7	3,1	3,4	2,9	3,2	3,5	2,8
	d , мм	32	40	32	45	40	40	25	25	40	25
18	d_1 , мм	25	32	25	40	32	32	20	20	35	20
	Вода										
	H , м	1,0	1,3	2,0	1,6	2,6	2,1	1,8	3,0	1,1	2,5
	G , Н	10	12	10,5	11,1	12,5	13	13,4	11,9	11,5	10,3
	d , мм	50	55	60	45	70	65	45	40	50	75
	h , мм	100	110	150	120	200	145	145	200	105	175

№ п/п	Параметр и его величина	Предпоследняя цифра номера зачётной книжки студента									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19	Ж	Бензин	Керосин Т-1	Дизельное топливо	Бензин	Керосин Т-2	Нефть лёгкая	Дизельное топливо	Керосин Т-2	Бензин	Дизельное топливо
	H , мм	150	100	120	200	100	120	100	120	100	250
	h , мм	60	65	70	90	65	60	70	85	50	50
20	l , м	300	350	400	450	500	550	600	700	800	1000
	d , мм	500	550	510	450	475	575	600	650	600	650
	p_1 , МПа	0,1	0,15	0,12	0,2	0,17	0,15	0,1	0,12	0,25	0,3
21	p_2 , МПа	5	5,5	4	4,5	3	6	5	5	7	8
	W , м ³	12,5	13	13,5	18	20	13	14	14,5	25	14,5
	a , м	3	4	5	3,5	5	5,5	3,5	4	8	5
22	e , м	2	3	2,5	4	4	5	4	4	3	4
	W , м ³	80	85	90	54	54	96	38	50	60	70

23	Масло	Индустриальное	Индустриальное 50	АМГ-10	Веретённое АУ	Трансформаторное	Веретённое АУ	Касторовое	Трансформаторное	Веретённое АУ	Турбинное
	V_0 , л	200	100	180	150	250	210	200	120	150	280
	ΔV , л	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	1,0	0,4	0,2	0,4	0,5
	$\beta_p \cdot 10^{-10}$, Па ⁻¹	7,5	7,0	8,0	7,0	6,0	7,5	8,0	7,5	7,5	6,5
24	Q , л/с	1	2	1,5	3	4	5	10	7	2,5	15
	d , мм	60	70	50	80	90	75	30	55	100	60
	t , °C	20	25	30	30	40	30	50	25	20	30
	ν , см ² /с	0,01	0,015	0,006	0,006	0,005	0,006	0,005	0,015	0,01	0,006
25	e , м	1,8	2,0	2,2	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
	H , м	2,2	2,5	3,0	3,0	3,0	5,0	3,5	3,5	2,0	2,5
	G , кН	15	20	25	20	25	30	15	21	40	50
	f	0,25	0,2	0,3	0,15	0,2	0,25	0,15	0,20	0,15	0,28
26	h_2 , мм	0,15	0,2	0,3	0,1	0,4	0,2	0,5	0,35	0,7	0,25
	h_3 , мм	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0	0,8	1,5	0,86	3,0	0,75
27	n_1 , л	10	20	25	30	40	50	15	70	56	5
	n_2 , л	20	30	35	10	20	10	25	30	32	30
	ρ_1 , кг/м ³	900	800	700	500	850	800	900	950	960	670
	ρ_2 , кг/м ³	870	700	800	700	600	900	700	740	670	890

№ задания	Параметр и его величина	Предпоследняя цифра номера зачётной книжки студента											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
28	Ж	Вода	Керосин Т-1	Бензин	Дизель-ное топливо	Керо-син Т-2	Нефть лёгкая	Керосин Т-1	Нефть лёгкая	Керосин Т-2	Нефть лёгкая		
	$k, \%$ $\beta_p \cdot 10^{10}, \text{Па}^{-1}$	1 4,85	1,2 4,56	1,3 4,50	1,7 4,82	1,2 4,90	1,5 5,01	1 4,80	1,4 5,0	1,1 4,89	1,5 4,91		
29	$l, \text{км}$ $d, \text{м}$ $\Delta W, \text{м}^3$ $\Delta p \cdot 10^{-6}, \text{Па}$	2 0,3 0,05 1	3 0,4 0,07 1,1	5 0,5 0,055 1,05	4 0,45 0,065 1,15	2,5 0,5 0,055 1,05	10 0,35 0,059 1,2	3 0,4 0,05 1,05	2,5 0,5 0,075 1,05	3 0,4 0,07 1,1	4 0,45 0,065 1,15		
	$W, \text{м}^3$ $t_1, ^\circ\text{C}$ $t_2, ^\circ\text{C}$	0,4 20 90	0,5 25 95	1,5 25 95	0,6 35 85	0,5 25 90	0,7 45 90	0,35 25 95	0,5 15 95	0,5 20 75	0,5 25 75		
31	$H, \text{м}$ $D, \text{м}$ $d, \text{м}$	58 0,3 0,18	50 0,3 0,28	68 0,25 0,18	98 0,3 0,18	38 0,4 0,18	50 0,4 0,20	58 0,4 0,28	70 0,40 0,18	58 0,35 0,20	80 0,35 0,28		
	$W, \text{м}^3$ $t_1, ^\circ\text{C}$ $t_2, ^\circ\text{C}$	50 70 90	30 80 90	40 80 90	70 80 90	30 80 100	80 80 90	30 85 90	60 82 90	55 80 87	45 75 95		

33	p_2 , кПа P_3 , кПа F , кН D , мм d , мм	80 10 0,4 125 70	Керосин Т-1	70 15 0,5 100 60	Бензин	75 20 0,6 120 80	90	100	85	Керосин Т-1	50	30	95	105
34	Ж	Вода					Дизель- ное топливо	Керосин Т-2	Нефть лёгкая	Керосин Т-1	Нефть лёгкая	Керосин Т-2	Нефть лёгкая	Нефть лёгкая
	d , мм Q , л/с v , см ² /с	30 0,5 0,010		40 1,0 0,025	45 0,7 0,0073	50 0,55 0,28	60 1,5 0,010	70 25 0,025	80 10 0,25	100 20 0,01	100 20 0,01	100 20 0,01	100 20 0,01	100 20 0,01
35	d , мм l , км $\Delta p \cdot 10^{-6}$, Па	500 1 5		300 2 5,5	600 1,5 5,1	700 2,5 4,5	100 3 6	250 4 6,5	350 5 7,5	450 5,5 7	800 6 8	800 6 8	800 6 8	800 6 8
36	e , м H_1 , м H_2 , м H_3 , м	2 2,5 1,5 1		2,5 3,0 1,0 1,5	3,0 2,8 1,7 1,3	3,5 2,5 2,0 1,1	2,7 2,1 1,8 1,2	3,5 2,5 1,9 2,1	4,0 3,5 2,1 2,15	4,5 2,8 2,2 1,4	4,1 2,5 1,0 2,0	4,1 2,5 1,0 2,0	4,1 2,5 1,0 2,0	4,1 2,5 1,0 2,0
37	H_1 , м H_2 , м h' , мм рт. ст. h'' , мм рт. ст.	1 3 80 29		1,5 4 85 19	1,2 1 90 20	1,1 1,5 70 23	0,8 2 82 34	0,9 2,5 87 25	2 2,8 80 29	3 3 90 28	2,5 1 100 29	2,5 1 100 29	2,5 1 100 29	2,5 1 100 29

