

**Решения задач
размещены
на сайте zadachi24.ru**

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



С. И. Часс

ГИДРАВЛИКА

ГИДРОМЕХАНИКА

Сборник задач
и контрольных заданий

Екатеринбург – 2009

Рецензенты: Носков А. С., доктор технических наук, зав. кафедрой гидравлики Уральского государственного технического университета.
Конорев М. М., доктор технических наук, зав. лабораторией экологии горного производства Института горного дела УрО РАН.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральского государственного горного университета.

Часс С. И.
Ч 24 Гидравлика. Гидромеханика: сборник задач и контрольных заданий / С. И. Часс; Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2009. - 137 с.

В сборнике представлены 185 задач, входящих в пять заданий по основным разделам курса гидравлики и гидромеханики. В приложении приводятся таблицы справочного характера, которые используются при решении задач.

Сборник задач и контрольных заданий предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 130400 - «Горное дело», а также для студентов, обучающихся по специальности 150402 - «Горные машины и комплексы».

Рис. 185. Табл. 9. Библ. 10 назв.

УДК 532

© Уральский государственный
горный университет, 2009

© Часс С. И., 2009

ПРЕДИСЛОВИЕ

В учебные программы высших учебных заведений входят общепрофессиональные дисциплины «Гидравлика» и «Гидромеханика». По этим дисциплинам является обязательным выполнение расчётно-графических работ для студентов очной формы обучения и контрольных работ для заочной формы обучения.

Предлагаемое учебное пособие составлено в соответствии с учебными программами курсов и включает задачи по пяти основным темам: гидростатическое давление в покоящейся жидкости; сила давления покоящейся жидкости на плоские поверхности; сила давления покоящейся жидкости на криволинейные поверхности; расчёт простых трубопроводных систем; расчёт сложных трубопроводных систем. По каждой теме приводится задание, из которого следует выбрать *свой вариант* задачи, назначенный *преподавателем* для студентов очного обучения, или в соответствии с *номером зачётной книжки* по последним двум цифрам для студентов заочной формы обучения.

Задания включают большое количество задач (не менее 35 задач) по каждой теме. По табл. 1 или 2 выбирается вариант задач по изучаемой дисциплине «Гидравлика» или «Гидромеханика». Для студентов очной формы обучения преподавателем могут быть предложены также отдельные задачи для выполнения расчётно-графических работ в соответствии с программой, количеством часов и специализацией.

Основное назначение сборника задач и контрольных заданий - проверить знания студентов по применению теоретических положений для решения задач. Учебное пособие включает задачи с гидравлическими схемами, установками, приборами, элементами гидравлических машин и механизмов, широко применяемыми в современной технике.

Задачи, представленные в учебном пособии, могут быть использованы на практических занятиях, а также в экзаменационных билетах.

При решении задач рекомендуется пользоваться справочными таблицами, приведёнными в приложении. Могут быть использованы также справочные данные других учебников и учебных пособий, в этом случае должна быть ссылка на использованную литературу. Расчёты следует вести в Международной системе единиц измерения (СИ).

Чертежи к решению задач должны быть выполнены с помощью чертёжных приборов, а при расчёте сил давления на плоские и криволинейные поверхности рисунки выполняются в масштабе.

Автор предлагает при решении задач представленного сборника использовать учебное пособие «Гидромеханика в примерах и задачах», автор Часс С. И. (см. рекомендуемую литературу). В этом пособии по каждой теме приводятся основные теоретические положения и расчётные формулы с

подробным применением их для решения задач, а также примеры решения задач с численными расчётами и графическим материалом. В приведённых примерах чётко формулируется *методика решения задач*.

При составлении сборника задач автор использовал общепринятую терминологию и буквенные обозначения гидравлических параметров, за исключением силы давления, которая обозначена R вместо P . Это объясняется тем, что студенты при расчётах давления (p) и силы давления (P) путают буквенные обозначения при написании.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Для изучения теоретических положений по гидравлике и гидромеханике рекомендуются учебники:

Альтшуль, А. Д. Гидравлика и аэродинамика / А. Д. Альтшуль, Л. С. Животовский, Л. П. Иванов. – М.: Стройиздат, 1987. – 497 с.

Бегенина Т. П. Гидравлика. Техническая гидромеханика: конспект лекций / Т. П. Бегенина; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2006. – 180 с.: ил.

Гейер, В. Г. Гидравлика и гидропривод / В. Г. Гейер, В. С. Дулин, А. Н. Заря. – 4-е изд. – М.: Недра, 1991. – 331 с.

Чугаев, Р. Р. Гидравлика (техническая механика жидкости) / Р. Р. Чугаев. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 552 с.

При изучении теоретических выводов, законов и уравнений следует проанализировать приведённые в учебниках примеры решения типовых задач. Кроме этого, примеры решения задач приводятся в следующих сборниках задач и учебных пособиях:

Андреевская, А. В. Задачник по гидравлике / А. В. Андреевская, Н. Н. Кременецкий, М. В. Панова. – М.: Энергия, 1970. – 424 с.

Примеры расчётов по гидравлике: учеб. пособие / под ред. А. Д. Альтшуля. – М.: Стройиздат, 1976. – 256 с.

Сборник задач по машиностроительной гидравлике: учеб. пособие / под ред. И. И. Куколевского и Л. Г. Подвиза. – 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1981. – 464 с.

Часс, С. И. Гидромеханика в примерах и задачах: учеб. пособие / С. И. Часс; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2006. – 216 с.

Таблица 1

Варианты контрольных задач
по дисциплине «Гидравлика»

Номер вариан.	Номера задач					Номер вариан.	Номера задач				
01	1.1а	2.1а	3.1а	4.1а	5.1а	26	1.26а	2.26а	3.26а	4.26а	5.26а
02	1.2а	2.2а	3.2а	4.2а	5.2а	27	1.27а	2.27а	3.27а	4.27а	5.27а
03	1.3а	2.3а	3.3а	4.3а	5.3а	28	1.28а	2.28а	3.28а	4.28а	5.28а
04	1.4а	2.4а	3.4а	4.4а	5.4а	29	1.29а	2.29а	3.29а	4.29а	5.29а
05	1.5а	2.5а	3.5а	4.5а	5.5а	30	1.30а	2.30а	3.30а	4.30а	5.30а
06	1.6а	2.6а	3.6а	4.6а	5.6а	31	1.31а	2.31а	3.31а	4.31а	5.31а
07	1.7а	2.7а	3.7а	4.7а	5.7а	32	1.32а	2.32а	3.32а	4.32а	5.32а
08	1.8а	2.8а	3.8а	4.8а	5.8а	33	1.33а	2.33а	3.33а	4.33а	5.33а
09	1.9а	2.9а	3.9а	4.9а	5.9а	34	1.34а	2.34а	3.34а	4.34а	5.34а
10	1.10а	2.10а	3.10а	4.10а	5.10а	35	1.35а	2.41а	3.35а	4.35а	5.35а
11	1.11а	2.11а	3.11а	4.11а	5.11а	36	1.16	2.42а	3.16	4.16	5.16
12	1.12а	2.12а	3.12а	4.12а	5.12а	37	1.26	2.43а	3.26	4.26	5.26
13	1.13а	2.13а	3.13а	4.13а	5.13а	38	1.36	2.43а	3.36	4.36	5.36
14	1.14а	2.14а	3.14а	4.14а	5.14а	39	1.46	2.44а	3.46	4.46	5.46
15	1.15а	2.15а	3.15а	4.15а	5.15а	40	1.56	2.45а	3.56	4.56	5.56
16	1.16а	2.16а	3.16а	4.16а	5.16а	41	1.66	2.16	3.66	4.66	5.66
17	1.17а	2.17а	3.17а	4.17а	5.17а	42	1.76	2.26	3.76	4.76	5.76
18	1.18а	2.18а	3.18а	4.18а	5.18а	43	1.86	2.36	3.86	4.86	5.86
19	1.19а	2.19а	3.19а	4.19а	5.19а	44	1.96	2.46	3.96	4.96	5.96
20	1.20а	2.20а	3.20а	4.20а	5.20а	45	1.106	2.56	3.106	4.106	5.106
21	1.21а	2.21а	3.21а	4.21а	5.21а	46	1.116	2.66	3.116	4.116	5.116
22	1.22а	2.22а	3.22а	4.22а	5.22а	47	1.126	2.76	3.126	4.126	5.126
23	1.23а	2.23а	3.23а	4.23а	5.23а	48	1.136	2.86	3.136	4.136	5.136
24	1.24а	2.24а	3.24а	4.24а	5.24а	49	1.146	2.96	3.146	4.146	5.146
25	1.25а	2.25а	3.25а	4.25а	5.25а	50	1.156	2.106	3.156	4.156	5.156

Продолжение табл. 1

Номер вариан.	Номера задач					Номер вариан.	Номера задач				
51	1.166	2.116	3.166	4.166	5.166	76	1.29в	2.426	3.25в	4.6в	5.25в
52	1.176	2.126	3.176	4.176	5.176	77	1.28в	2.436	3.24в	4.7в	5.24в
53	1.186	2.136	3.186	4.186	5.186	78	1.27в	2.446	3.23в	4.8в	5.23в
54	1.196	2.146	3.196	4.196	5.196	79	1.26в	2.456	3.22в	4.9в	5.22в
55	1.206	2.156	3.206	4.206	5.206	80	1.25в	2.33в	3.21в	4.10в	5.21в
56	1.216	2.166	3.216	4.216	5.216	81	1.24в	2.32в	3.20в	4.11в	5.20в
57	1.226	2.176	3.226	4.226	5.226	82	1.23в	2.31в	3.19в	4.12в	5.19в
58	1.236	2.186	3.236	4.236	5.236	83	1.22в	2.30в	3.18в	4.13в	5.18в
59	1.246	2.196	3.246	4.246	5.246	84	1.21в	2.29в	3.17в	4.14в	5.17в
60	1.256	2.206	3.256	4.256	5.256	85	1.20в	2.28в	3.16в	4.15в	5.16в
61	1.256	2.216	3.266	4.266	5.266	86	1.19в	2.27в	3.15в	4.16в	5.15в
62	1.276	2.226	3.276	4.276	5.276	87	1.18в	2.26в	3.14в	4.17в	5.14в
63	1.286	2.236	3.286	4.286	5.286	88	1.17в	2.25в	3.13в	4.18в	5.13в
64	1.296	2.246	3.296	4.296	5.296	89	1.16в	2.24в	3.12в	4.19в	5.12в
65	1.306	2.256	3.306	4.306	5.306	90	1.15в	2.23в	3.11в	4.20в	5.11в
66	1.316	2.266	3.316	4.316	5.316	91	1.14в	2.22в	3.10в	4.21в	5.10в
67	1.326	2.276	3.326	4.326	5.326	92	1.13в	2.21в	3.9в	4.22в	5.9в
68	1.336	2.286	3.336	4.336	5.336	93	1.12в	2.18в	3.8в	4.23в	5.8в
69	1.346	2.296	3.346	4.346	5.346	94	1.11в	2.17в	3.7в	4.24в	5.7в
70	1.356	2.306	3.31в	4.356	5.356	95	1.10в	2.16в	3.6в	4.25в	5.6в
71	1.34в	2.316	3.30в	4.1в	5.30в	96	1.9в	2.15в	3.5в	4.26в	5.5в
72	1.33в	2.326	3.29в	4.2в	5.29в	97	1.8в	2.14в	3.4в	4.27в	5.4в
73	1.32в	2.336	3.28в	4.3в	5.28в	98	1.7в	2.13в	3.2в	4.28в	5.3в
74	1.31в	2.346	3.27в	4.4в	5.27в	99	1.6в	2.12в	3.2в	4.28в	5.2в
75	1.30в	2.416	3.26в	4.5в	5.26в	00	1.5в	2.11в	3.1в	4.30в	5.1в

Задание 1

ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ В ПОКОЯЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ

Задача 1.1

Два сосуда наполнены разнородными жидкостями - маслом и керосином. На поверхности жидкостей в сосудах действуют давления p_1 и p_2 (рис. 1.1).

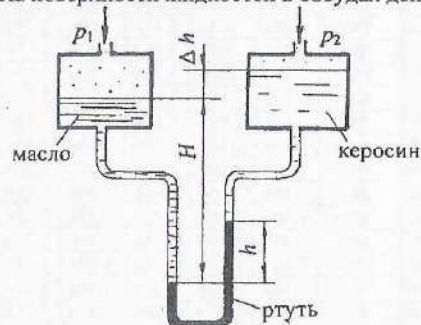


Рис. 1.1

Вариант	h , мм	H , мм	Δh , мм
а	100	500	40
б	110	450	50
в	120	400	60

Задача 1.2

В закрытом резервуаре А, заполненном маслом, давление на поверхности жидкости p_0 (рис. 1.2). На глубине h подключён U-образный ртутный манометр, показание которого $h_{рт}$, понижение уровня ртути в правом колене а. Определить давление p_0 (в бар) на поверхности масла, а также высоту подъёма воды $h_в$ в стеклянной трубке, опущенной в открытый резервуар В, заполненный водой.

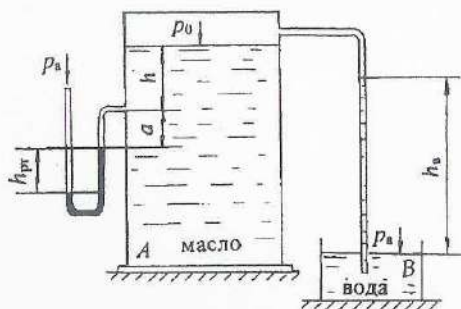


Рис. 1.2

Принять плотности: масла $\rho_{мсл} = 900 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Вариант	h , м	$h_{рт}$, мм	a , м
а	0,6	40	0,2
б	0,7	50	0,2
в	0,8	30	0,3

Задача 1.3

Определить, каким прибором (манометром или вакуумметром) следует измерить давление газа в баллоне по показанию h двухжидкостного

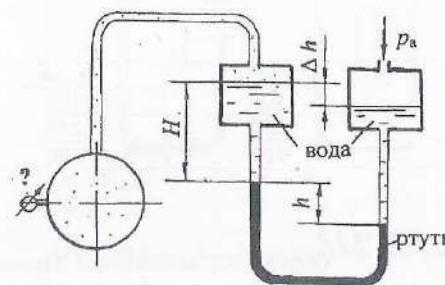


Рис. 1.3

чашечного манометра, заполненного водой и ртутью (рис. 1.3), если высота столба воды в левом колене манометра H , разность уровней воды в чашках манометра Δh .

Принять плотности жидкостей: воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Плотность газа можно не учитывать. Показание прибора представить в ат.

Вариант	h , мм	H , м	Δh , мм
а	100	0,6	40
б	110	0,5	50
в	120	0,4	60

Задача 1.4

Определить давление p_x (в бар) в центре сосуда с бензином (рис. 1.4), если показание манометра, включённого на уровне центра сосуда с водой, $p_{ман}$, высоты уровней жидкостей: h_1 и h_2 .

Центры резервуаров находятся на одном уровне. Принять плотности жидкостей: бензина $\rho_{бенз} = 720 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

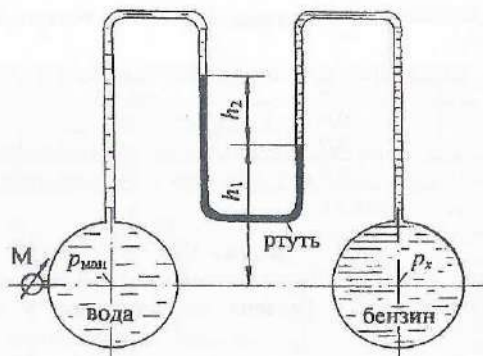


Рис. 1.4

Вариант	$p_{\text{ман}}, \text{ ат}$	$h_1, \text{ мм}$	$h_2, \text{ мм}$
а	0,12	400	200
б	0,13	450	220
в	0,11	500	180

Задача 1.5

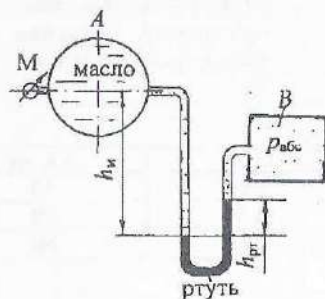


Рис. 1.5

Вариант	$p_{\text{ман}}, \text{ ат}$	$h_{\text{м}}, \text{ мм}$	$h_{\text{рт}}, \text{ мм}$
а	0,12	600	200
б	0,14	700	210
в	0,13	500	180

Определить абсолютное давление воздуха в резервуаре В (рис. 1.5), если показание манометра, установленного по центру резервуара А, заполненного маслом, $p_{\text{ман}}$, высоты уровней масла и ртути в U-образном ртутном манометре соответственно $h_{\text{м}}$ и $h_{\text{рт}}$. Плотности: масла $\rho_{\text{масл}} = 900 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{\text{рт}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Задача 1.6

Два резервуара А и В, линии центров которых совпадают, соединены двухколенным ртутным манометром (рис. 1.6).

Определить показание манометра на поверхности воды в резервуаре А, если абсолютное давление воздуха в резервуаре В - $p_{\text{абс}}$, высоты уровней ртути в дифференциальном манометре h_1 и h_2 . Уровень ртути в левом колене

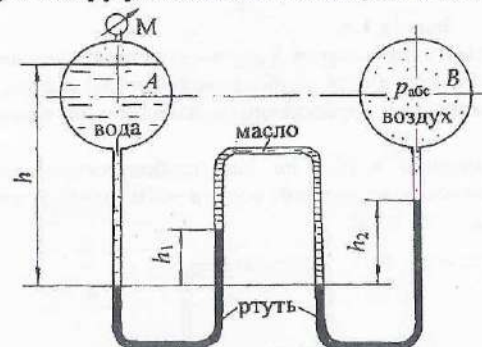


Рис. 1.6

расположен ниже уровня воды в резервуаре А на величину h . Пространство между уровнями ртути в манометре заполнено маслом плотностью $\rho_{\text{масл}} = 880 \text{ кг/м}^3$. Плотность ртути $\rho_{\text{рт}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$. Плотностью воздуха при расчётах можно пренебречь.

Атмосферное давление считать равным 1 ат.

Вариант	$p_{\text{абс}}, \text{ ат}$	$h_1, \text{ мм}$	$h_2, \text{ мм}$	$h, \text{ м}$
а	0,95	100	120	0,6
б	0,94	120	140	0,7
в	0,92	130	150	0,8

Задача 1.7

Определить абсолютное давление на поверхности бензина в закрытом резервуаре ($p_{\text{абс}}$) (рис. 1.7), а также показание мановакуумметра ($p_{\text{мв}}$ в бар), установленного на глубине h_1 при заданных величинах h и $h_{\text{рт}}$. Атмосферное давление $p_a = 740 \text{ мм рт. ст.}$ Плотности жидкостей: бензина $\rho_{\text{бенз}} = 720 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{\text{рт}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Давление воздуха в U-образном ртутном манометре не учитывать.

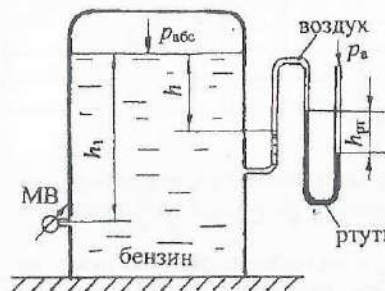


Рис. 1.7

Вариант	h_1 , м	h_2 , м	$h_{рт}$, мм
а	1,6	0,5	300
б	1,7	0,5	320
в	1,5	0,5	280

Задача 1.8

Дифференциальный манометр, заполненный ртутью, предназначен для измерения разности давлений на уровне осей трубопроводов A (p_A) и B (p_B), транспортирующих воду и бензин. Оси трубопроводов находятся на одном горизонте (рис. 1.8).

Определить разность давлений в кПа по оси трубопроводов при значениях h_1 и h_2 . Принять плотности жидкостей: воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; бензина $\rho_{бенз} = 720 \text{ кг/м}^3$.

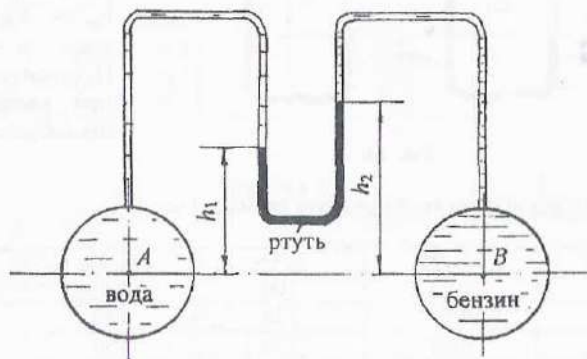


Рис. 1.8

Вариант	h_1 , мм	h_2 , мм
а	400	500
б	430	530
в	450	550

Задача 1.9

С помощью дифференциального ртутного манометра контролируется разность давлений на уровне оси трубопровода A (p_A) и оси трубопровода B (p_B), заполненных водой (рис. 1.9).

Определить показание манометра $h_{рт}$, если известна разность давлений по оси трубопроводов — ($p_B - p_A$). Ось трубопровода B выше оси трубопровода A на величину h . Принять плотности жидкостей: воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

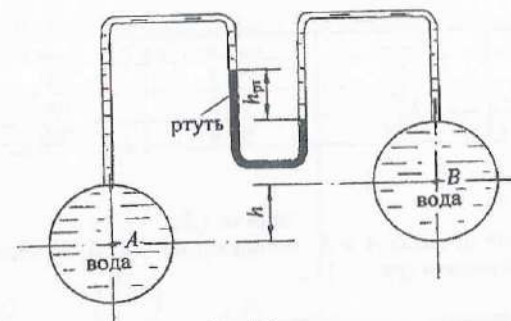


Рис. 1.9

Вариант	$p_B - p_A$, кПа	h , мм
а	19,6	400
б	21,6	350
в	24,5	300

Задача 1.10

К двум трубопроводам A и B , заполненным водой и бензином, подключён U-образный ртутный манометр, показание которого $h_{рт}$. На уровне оси трубопровода A установлен манометр, показание которого $p_{ман}$. Ось трубы B находится выше оси трубы A на расстоянии z (рис. 1.10).

Определить, какое давление, манометрическое или вакуумметрическое, показывает мановакуумметр (МВ), установленный на уровне оси трубы B , если высота уровня ртути в левом колене манометра относительно оси трубы A равно h . Принять плотности жидкостей: воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; бензина $\rho_{бенз} = 720 \text{ кг/м}^3$.

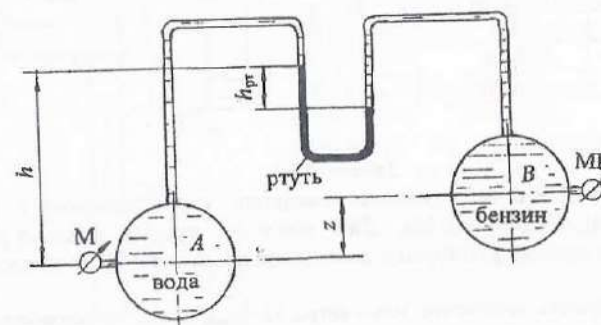


Рис. 1.10

Вариант	$h_{рт}, \text{мм}$	$p_{ман}, \text{ат}$	$z, \text{мм}$	$h, \text{мм}$
а	150	0,12	300	800
б	120	0,13	400	700
в	130	0,14	500	900

Задача 1.11

Два трубопровода *A* и *B*, заполненные водой, соединены U-образным ртутным манометром (рис. 1.11).

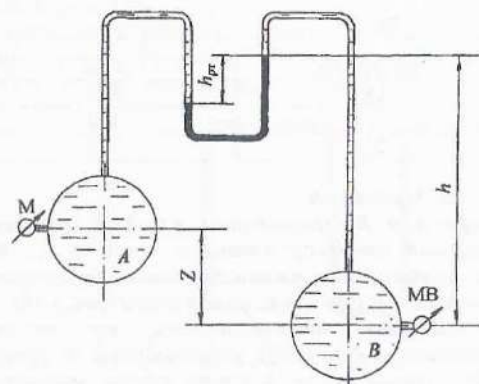


Рис. 1.11

Принять плотность ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Вариант	$p_{ман}, \text{ат}$	$p_{вак}, \text{ат}$	$Z, \text{м}$	$h, \text{м}$
а	0,1	0,12	0,3	0,8
б	0,11	0,13	0,4	0,7
в	0,12	0,14	0,4	0,8

Задача 1.12

Цилиндрический резервуар *A* соединен трубопроводом с водонапорным баком *B* (рис. 1.12). Для контроля уровня воды в баке и действующего напора установлен пьезометр на высоте H от подводящего трубопровода.

1. Определить показание манометра *M* ($p_{ман}$ в ат), установленного на трубопроводе, если пьезометрическая высота h_p .
2. Определить показание U-образного ртутного манометра $h_{рт}$, установленного на высоте h от оси трубы. Принять то же показание

пьезометра h_p , понижение уровня ртути в левом колене *a*, плотность воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

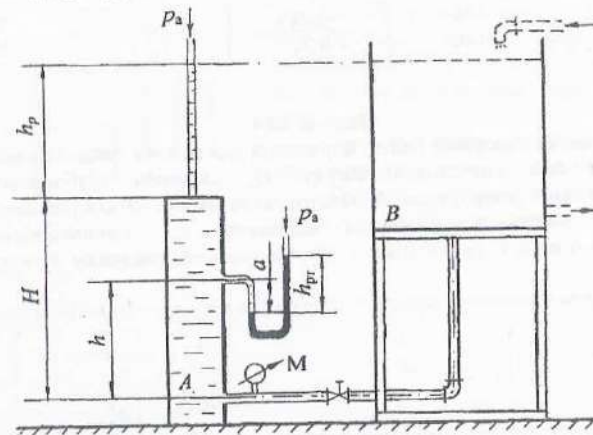


Рис. 1.12

Вариант	$H, \text{м}$	$h_p, \text{м}$	$h, \text{м}$	$a, \text{мм}$
а	1,6	1,2	1,0	100
б	1,7	1,1	1,0	110
в	1,8	1,0	1,0	120

Задача 1.13

В газовом трубопроводе на отметке 5,0 м давление снимается с помощью U-образной трубки, заполненной спиртом, показание которой h_1 (рис. 1.13). Определить показание U-образного манометра h_2 на высоте H , считая плотность воздуха и газа неизменными по высоте трубопровода.

При расчёте учесть плотности: газа $\rho_{газ}$; воздуха $\rho_{возд}$; спирта $\rho_{сп}$.

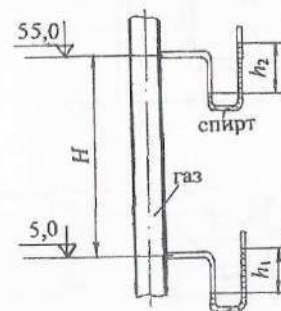


Рис. 1.13

Вариант	h_1 , мм	$\rho_{\text{газ}}$, кг/м ³	$\rho_{\text{возд.}}$, кг/м ³	$\rho_{\text{сп.}}$, кг/м ³
а	120	0,70	1,28	790
б	130	0,71	1,25	785
в	140	0,72	1,23	788

Задача 1.14

Открытый напорный бак *A*, служащий для подачи воды лабораторным установкам при постоянном напоре *H*, соединён трубопроводом с цилиндрическим резервуаром *B*. Постоянство напора *H* контролируется по показанию чашечного ртутного манометра $h_{\text{рт}}$, установленного на расстоянии *h* от оси трубы (рис. 1.14). Определить поправку α чашечного манометра.

Принять плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м³; ртути $\rho_{\text{рт}} = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³.

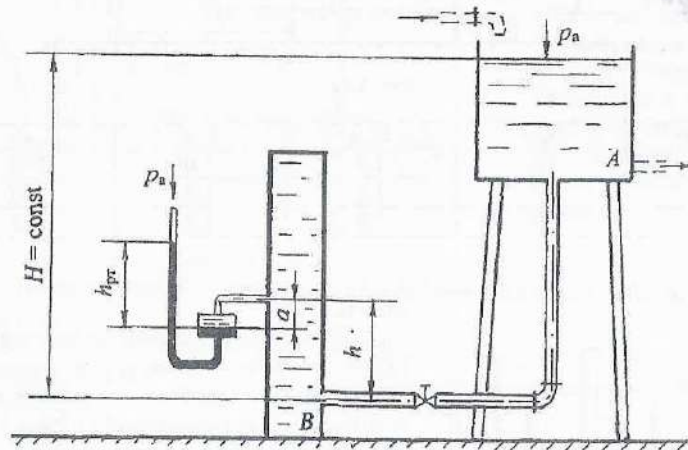


Рис. 1.14

Вариант	<i>H</i> , м	<i>h</i> , м	$h_{\text{рт}}$, мм
а	3,0	1,0	160
б	2,8	1,0	150
в	2,6	1,0	140

Задача 1.15

Определить показание манометра ($p_{\text{ман}}$ в ат), установленного по центру трубопровода с маслом, если показание *U*-образного ртутного манометра $h_{\text{рт}}$, высота столба воды над ртутью *h* (рис. 1.15).

Уровень ртути в левом колене находится на высоте *Z* от оси трубы.

Принять плотности жидкостей: масла $\rho_{\text{масл}} = 900$ кг/м³; воды $\rho = 10^3$ кг/м³; ртути $\rho_{\text{рт}} = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³.

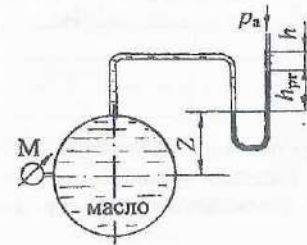


Рис. 1.15

Вариант	$h_{\text{рт}}$, мм	<i>h</i> , мм	<i>Z</i> , м
а	100	60	1,2
б	110	50	1,1
в	120	50	1,0

Задача 1.16

Для определения давления в воздуховоде установлена *U*-образная трубка, заполненная водой. Для большей точности замеров в случае необходимости подключается чашечный микроманометр с наклонной трубкой, заполненный спиртом (рис. 1.16).

Определить абсолютное давление ($p_{\text{абс}}$) в воздуховоде по показанию *U*-образного манометра *h*, а также рассчитать показание микроманометра (*l* в мм), если угол наклона трубки α . Принять атмосферное давление (p_a) в мм рт. ст. Плотности жидкостей: спирта $\rho_{\text{сп}} = 790$ кг/м³; воды $\rho = 10^3$ кг/м³. Плотность воздуха в расчётах можно не учитывать.

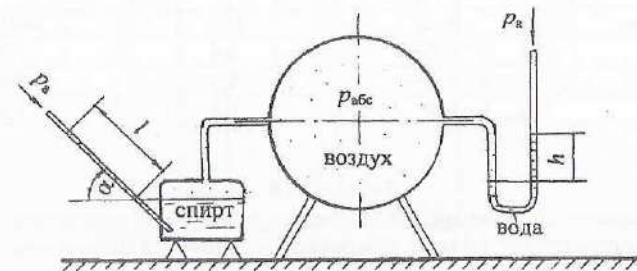


Рис. 1.16

Вариант	h , мм	α , град	p_a , мм рт. ст.
а	120	60	740
б	130	45	735
в	120	30	730

Задача 1.17

В закрытом резервуаре масло находится под давлением. Для измерения уровня масла в резервуаре справа выведен уровнемер в виде стеклянной трубки, слева на том же уровне установлен пьезометр для измерения давления в резервуаре (рис. 1.17).

Рассчитать абсолютное давление на поверхности масла ($p = p_{абс}$) при показаниях уровнемера h и пьезометра h_p .

Считать атмосферное давление (p_a) в мм рт. ст., плотность масла $\rho_{масл} = 900 \text{ кг/м}^3$.

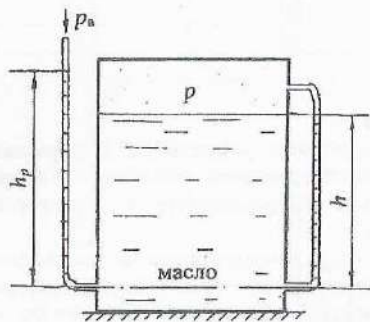


Рис. 1.17

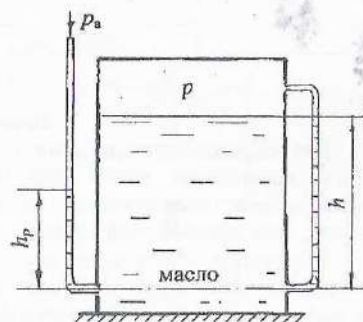


Рис. 1.18

Вариант	h , м	h_p , м	p_a , мм рт. ст.
а	0,6	1,4	735
б	0,7	1,5	740
в	0,8	1,6	730

Задача 1.18

В закрытом резервуаре, заполненном маслом, на поверхности масла действует давление p . Справа в резервуаре установлена стеклянная трубка в виде уровнемера, показание которой h , слева на том же уровне выведена пьезометрическая трубка для измерения давления (рис. 1.18).

Определить показание пьезометра h_p , если на поверхности масла создан вакуум ($p = p_{вак}$). В расчётах учесть атмосферное давление (p_a) в мм рт. ст., высоту столба масла в уровнемере (h) в метрах.

Принять плотность масла $\rho_{масл} = 900 \text{ кг/м}^3$.

Вариант	$p_{вак}$, ат	p_a , мм рт. ст.	h , м
а	0,027	740	1,0
б	0,025	735	1,1
в	0,030	742	1,2

Задача 1.19

В закрытом баке, заполненном бензином, установлено три прибора для регистрации давления: пружинный манометр, учитывающий давление на поверхности бензина, U-образный манометр, заполненный ртутью и водой, и пьезометр, выведенный у дна резервуара (рис. 1.19).

В установке предусмотрен уровнемер в виде закрытой стеклянной трубки для отсчёта значений H , h , a .

Определить показание манометра ($p_{ман}$ в ат) и высоту уровня бензина в пьезометре h_p , если высота столба воды h_b , показание U-образного ртутного манометра $h_{рт}$.

В расчётах учесть высоты уровней бензина H , h , a (см. рис. 1.19). Принять плотности жидкостей: воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$; бензина $\rho_{бен} = 720 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

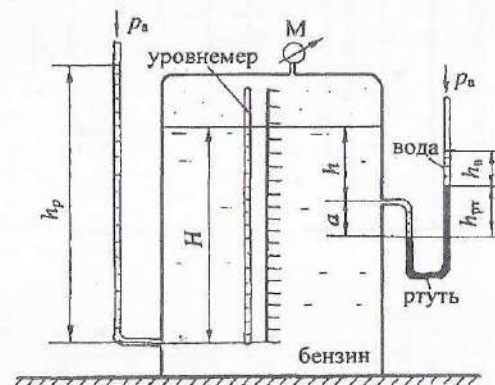


Рис. 1.19

Вариант	h_a , мм	$h_{рт}$, мм	h , м	a , мм	H , м
а	30	80	0,8	200	2,0
б	40	90	0,9	220	2,1
в	50	100	0,8	230	2,2

Задача 1.20

В закрытом резервуаре на поверхности керосина поддерживается вакуумметрическое давление. В зависимости от точности измерения и производственной необходимости давление на определенном уровне можно определить по пьезометру, выведенному у дна, и U -образному манометру, заполненному ртутью и маслом (рис. 1.20).

Определить показание вакуумметра В ($p_{\text{вак}}$ в ат) и U -образной трубки $h_{рт}$, если глубина заполнения по уровнемеру H ; показание пьезометра h_p ; высота столба масла над ртутью h_m ; высоты уровней керосина h и a (см. рис. 1.20).

Принять плотности жидкостей: керосина $\rho_{\text{кер}} = 800 \text{ кг/м}^3$; масла $\rho_{\text{масл}} = 900 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{\text{рт}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

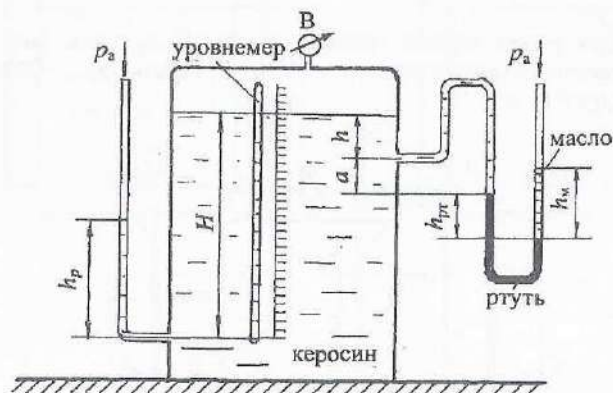


Рис. 1.20

Вариант	H , м	h_p , м	h , мм	a , мм	h_m , мм
а	2,0	0,75	500	300	50
б	2,1	0,80	600	250	60
в	2,2	0,70	500	200	50

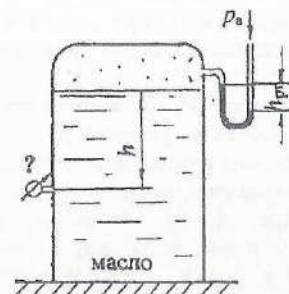


Рис. 1.21

Вариант	h , м	$h_{рт}$, мм
а	1,2	200
б	1,4	220
в	1,6	230

Задача 1.21

Определить, каким прибором следует измерять давление на глубине h в баке, заполненном маслом (рис. 1.21), а также показание этого прибора (в ат), если показание U -образного ртутного манометра, установленного на поверхности масла, $h_{рт}$.

Принять плотности жидкостей: масла $\rho_{\text{масл}} = 900 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{\text{рт}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

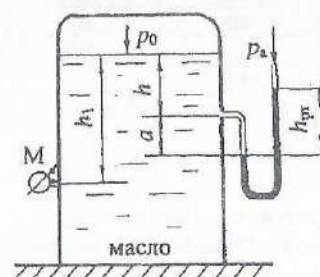


Рис. 1.22

Вариант	h , м	h_1 , м	$p_{\text{ман}}$, ат	a , м
а	0,8	1,2	0,15	0,30
б	0,9	1,3	0,16	0,35
в	1,0	1,4	0,17	0,40

Задача 1.22

Определить показание U -образного ртутного манометра $h_{рт}$, подключённого на глубине h к закрытому резервуару с маслом, если показание пружинного манометра, установленного на глубине h_1 , равно $p_{\text{ман}}$ (рис. 1.22).

Понижение уровня ртути в левом колене манометра равно a .

Принять плотности жидкостей: масла $\rho_{\text{масл}} = 900 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{\text{рт}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Задача 1.23

Два резервуара *A* и *B*, линии центров которых совпадают, соединены двухколенным ртутным манометром. Резервуар *A* заполнен водой, резервуар *B* – воздухом (рис. 1.23).

Определить давление воздуха p_x в резервуаре *B*, если показание манометра по центру резервуара *A* – $p_{ман}$, а разности уровней ртути в дифференциальном манометре равны h_1 и h_2 . Уровень ртути в левом колене расположен ниже оси резервуара *A* на величину h . Пространство между уровнями ртути в жидкостном манометре заполнено маслом плотностью $\rho_{масл} = 880 \text{ кг/м}^3$. Принять плотность ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; плотность воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$. Плотностью воздуха при расчётах можно пренебречь.

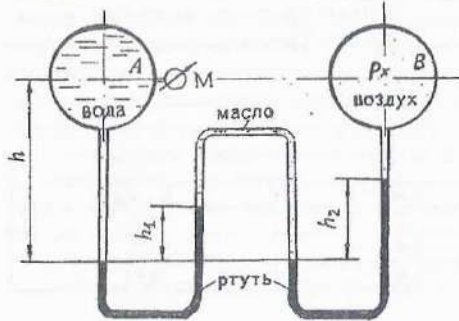


Рис. 1.23

Вариант	$p_{ман}$, ат	h_1 , мм	h_2 , мм	h , м
а	0,13	100	120	0,5
б	0,14	110	130	0,6
в	0,15	120	140	0,7

Задача 1.24

Определить давление p_0 на поверхности бензина в закрытом резервуаре (рис. 1.24) и показание мановакуумметра, установленного на глубине h , если показание U-образного ртутного манометра $h_{рт}$, расстояние от свободной поверхности до уровня ртути в U-образной трубке h_1 .

Принять плотности жидкостей: бензина $\rho_{бенз} = 720 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

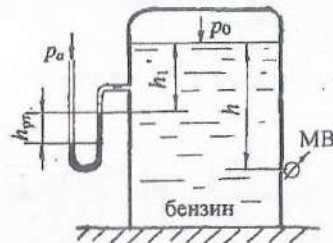


Рис. 1.24

Вариант	h , м	$h_{рт}$, мм	h_1 , м
а	1,5	400	1,0
б	1,6	450	0,9
в	1,7	420	1,0

Задача 1.25

Два резервуара *A* и *B*, заполненные водой и бензином, линии центров которых находятся на одном уровне, соединены двухколенным ртутным манометром (рис. 1.25). Пространство между уровнями ртути в манометре заполнено маслом плотностью $\rho_{масл} = 900 \text{ кг/м}^3$.

Определить, в каком резервуаре на уровне оси давление больше и на какую величину, если высоты уровней жидкостей соответственно равны h_1, h_2, h_3, h_4 .

Принять плотность бензина $\rho_{бенз} = 720 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

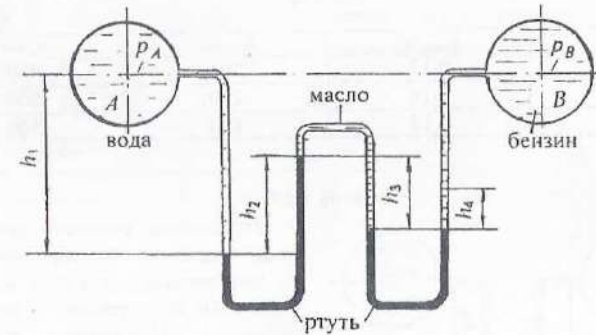


Рис. 1.25

Вариант	h_1 , мм	h_2 , мм	h_3 , мм	h_4 , мм
а	250	120	90	60
б	300	130	80	50
в	300	120	80	50

Задача 1.26

Определить, какое давление – манометрическое или вакуум, показывает мановакуумметр *МВ* ($p_{ма}$), установленный по оси резервуара *B* с керосином, если показание манометра по центру резервуара *A* с водой $p_{ман}$ (рис. 1.26). Между резервуарами подключён U-образный ртутный манометр, показание которого $h_{рт}$. Расстояние от уровня ртути в левом

колене U -образной трубки до оси резервуара A равно h . Оси центров резервуаров находятся на одной линии.

Принять плотности жидкостей: ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; керосина $\rho_{кер} = 820 \text{ кг/м}^3$; воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

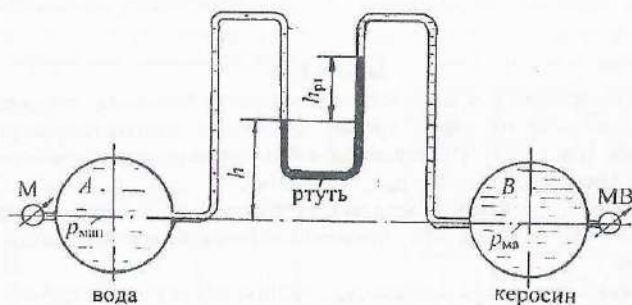


Рис. 1.26

Вариант	$p_{ам}, \text{ ат}$	$h_{рт}, \text{ мм}$	$h, \text{ мм}$
а	0,13	200	400
б	0,14	220	500
в	0,12	180	300

Задача 1.27

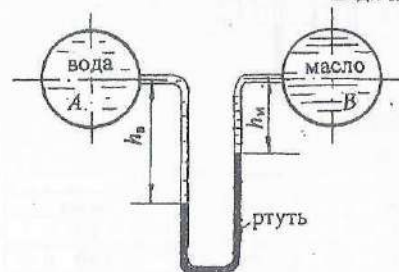


Рис. 1.27

Вариант	$h_в, \text{ мм}$	$h_м, \text{ мм}$
а	500	400
б	550	450
в	450	300

Задача 1.28

Чашечный ртутный мановакуумметр предназначен для измерения как манометрического, так и вакуумметрического давления (рис. 1.28).

Отсчёты от нуля прибора вниз соответствуют манометрическому давлению, вверх – вакуумметрическому давлению. Для измерения давления в пределах 300 мм рт. ст. шкалу прибора можно считать с постоянным нулём.

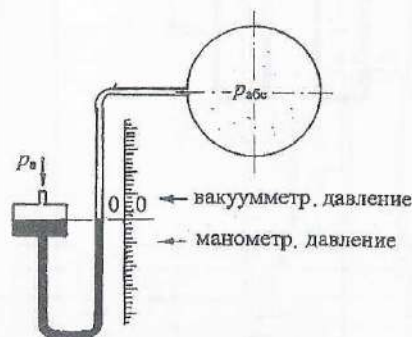


Рис. 1.28

Вариант	$p_{абс1}, \text{ ат}$	$p_{абс2}, \text{ ат}$
а	1,22	0,84
б	1,28	0,82
в	1,26	0,85

Задача 1.29

В закрытом резервуаре, заполненном маслом, на свободной поверхности действует избыточное давление $p_{изб}$ (рис. 1.29).

Для определения величины этого давления к резервуару подключён двухколенный ртутный манометр. Рассчитать избыточное давление ($p_{изб}$) в атмосферах по показаниям U -образных трубок, если высоты уровней жидкостей соответственно равны h ; h_1 ; h_2 ; h_3 (см. рис. 1.29).

Принять плотности жидкостей: масла $\rho_{мсл} = 900 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

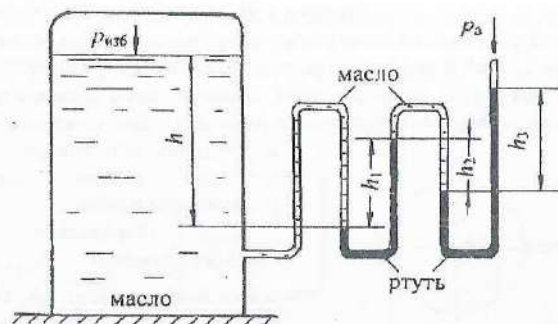


Рис. 1.29

Вариант	h , м	h_1 , мм	h_2 , мм	h_3 , мм
а	2,0	300	250	320
б	2,2	320	280	350
в	2,3	340	260	360

Задача 1.30

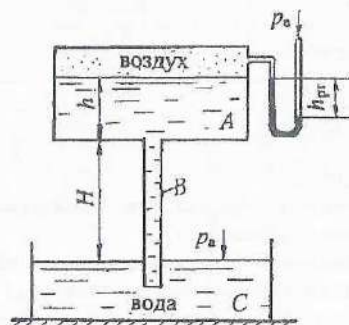


Рис. 1.30

Вариант	$h_{рт}$, мм	H , м
а	200	2,2
б	180	2,1
в	210	2,4

Задача 1.31

В закрытом резервуаре, заполненном водой, на глубине h выведен двухколенный U-образный ртутный манометр (рис. 1.31).

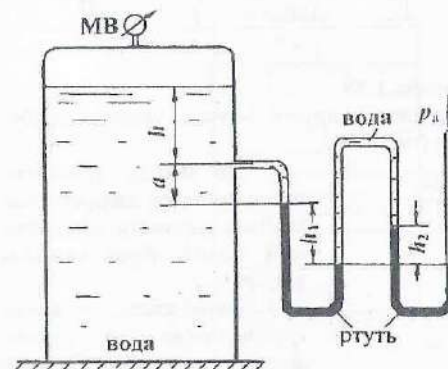


Рис. 1.31

Вариант	h , м	a , м	h_1 , мм	h_2 , мм
а	1,0	0,5	400	150
б	1,2	0,6	420	180
в	1,1	0,5	450	160

Задача 1.32

К поршню гидроцилиндра диаметром d в центре приложена вертикальная сила F (рис. 1.32). В трубке, соединяющей гидроцилиндр с воздушным резервуаром, турбинное масло поднялось на высоту h .

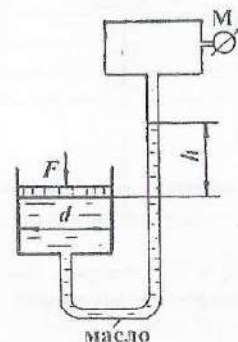


Рис. 1.32

Определить показание манометра, установленного на воздушном резервуаре, при котором поршень находится в равновесном состоянии. Вес поршня в расчётах не учитывать. Плотность масла $\rho_{масл} = 900 \text{ кг/м}^3$.

Вариант	$F, \text{Н}$	$d, \text{мм}$	$h, \text{мм}$
а	425	100	600
б	600	100	700
в	700	120	500

Задача 1.33

Два трубопровода A и B транспортируют бензин. Центры трубопроводов находятся на одной линии (рис. 1.33).

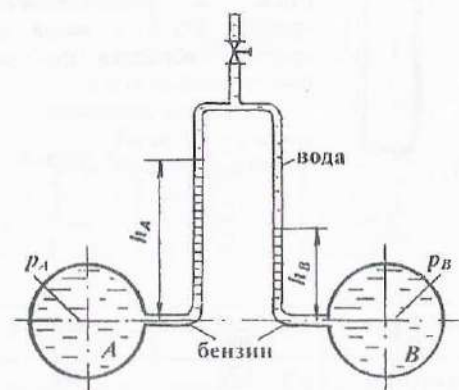


Рис. 1.33

Вариант	$h_A, \text{мм}$	$h_B, \text{мм}$
а	600	400
б	650	500
в	700	450

Задача 1.34

В отстойнике для масла выведены две пьезометрические трубки. Глубина заполнения масла в резервуаре составляет h_1 , воды - соответственно h_2 (рис. 1.34).

Определить высоты уровней масла h_m и воды h_n в пьезометрах, если абсолютное давление на поверхности масла $p_{\text{абс}}$, атмосферное давление p_a . Плотности жидкостей: масла $\rho_{\text{масл}} = 900 \text{ кг/м}^3$, воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

По центру трубопроводов выведен дифференциальный пьезометр, заполненный водой. Кран прибора закрыт.

Определить, в каком трубопроводе на уровне центра давление бензина больше (p_A или p_B) и на какую величину Δp . Высоты уровней бензина в пьезометрах h_A и h_B .

Принять плотность воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$; бензина $\rho_{\text{бенз}} = 720 \text{ кг/м}^3$.

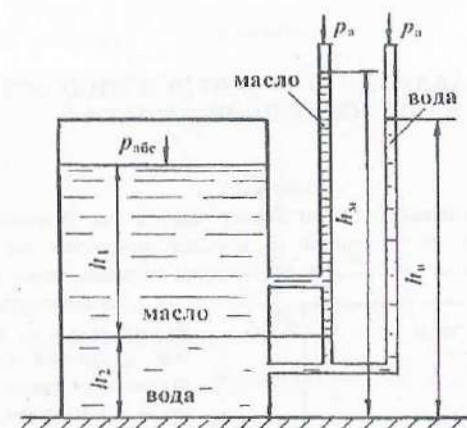


Рис. 1.34

Вариант	$h_1, \text{м}$	$h_2, \text{м}$	$p_{\text{абс}}, \text{кПа}$	$p_a, \text{мм рт. ст.}$
а	1,0	0,2	110	740
б	0,9	0,25	108	742
в	0,8	0,30	108	736

Задача 1.35

В закрытом резервуаре с нефтью показание вакуумметра, измеряющего давление на свободной поверхности, равно $p_{\text{вак}}$ (рис. 1.35).

Определить, какое давление, манометрическое или вакуумметрическое, показывает мановакуумметр (МВ), установленный на глубине H , а также глубину h_p положения пьезометрической плоскости. В расчётах плотность нефти считать равной $\rho_{\text{нефт}}$.

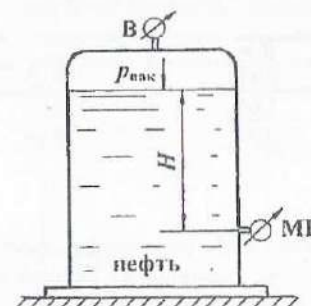


Рис. 1.35

Вариант	$H, \text{м}$	$p_{\text{вак}}, \text{ат}$	$\rho_{\text{нефт}}, \text{кг/м}^3$
а	3,0	0,12	860
б	3,2	0,13	880
в	2,8	0,11	860

Задание 2

СИЛА ДАВЛЕНИЯ ПОКОЯЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ НА ПЛОСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Задача 2.1

Поворотный клапан AO закрывает выход из бензобака в трубу квадратного сечения со стороной a . Клапан опирается на срез трубы, сделанный под углом $\alpha = 45^\circ$. С другой стороны клапана - воздух (рис. 2.1).

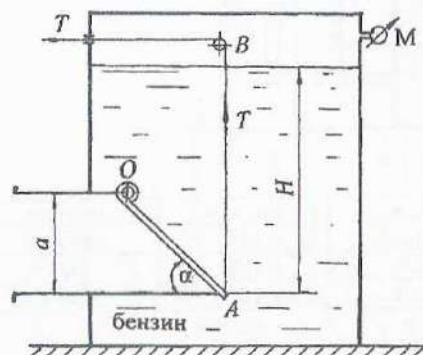


Рис. 2.1

Вариант	a , м	H , м	$p_{\text{ман}}$, ат
а	0,3	0,85	0,05
б	0,4	1,00	0,06
в	0,3	0,90	0,04

Задача 2.2

В плотине сделано водопропускное отверстие в виде трубы диаметром d . Труба перекрывается круглым затвором, имеющим неподвижную горизонтальную ось вращения, проходящую через точку A (рис. 2.2).

Определить силу натяжения троса (T), необходимую для открытия затвора. Трос прикреплен к нижней кромке крышки под углом α к горизонту. Глубина воды над нижней кромкой затвора H . Массу затвора не учитывать.

Определить силу натяжения троса T , необходимую для открытия клапана, если уровень бензина над нижней кромкой клапана H , давление на поверхности бензина соответствует показанию манометра $p_{\text{ман}}$. Плотность бензина $\rho_{\text{бенз}} = 700 \text{ кг/м}^3$. Трение в шарнирной опоре O и в ролике B не учитывать.

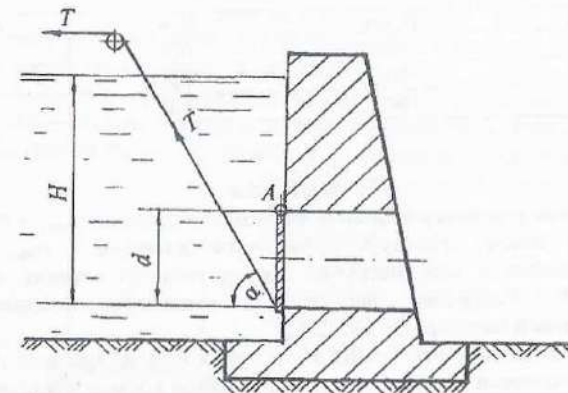


Рис. 2.2

Вариант	d , м	H , м	α
а	1,0	2,5	60°
б	0,9	2,3	45°
в	0,8	2,1	60°

Задача 2.3

Закрытый резервуар, заполненный маслом плотностью $\rho_{\text{масл}} = 900 \text{ кг/м}^3$, имеет выпускную трубу диаметром D , перекрытую дисковым затвором с осью поворота, проходящей горизонтально через точку O (рис. 2.3). На поверхности масла действует манометрическое давление $p_{\text{ман}}$. Уровень масла над нижней кромкой трубы H . Определить равнодействующую давления на дисковый затвор и момент этой силы относительно оси поворота затвора.

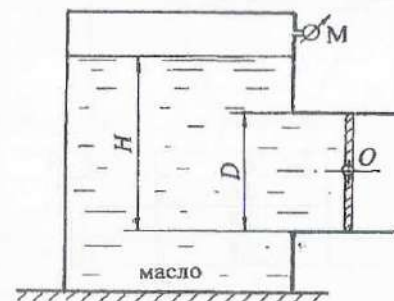


Рис. 2.3

Вариант	D , мм	H , м	$p_{ман}$, кПа
а	600	0,9	8,0
б	500	0,8	7,0
в	600	1,0	9,0

Задача 2.4

Закрытый резервуар заполнен маслом плотностью $\rho_{масл} = 900 \text{ кг/м}^3$. На поверхности масла действует избыточное давление $p_{ман}$. Выход из резервуара сделан в виде патрубка прямоугольного сечения высотой h и шириной b . Патрубок закрывается крышкой, поворачивающейся относительно оси шарнира A (рис. 2.4).

Определить ширину крышки b , при которой крышка находится в закрытом положении при условии, что к верхней кромке крышки приложена заданная сила F .

Принять высоту крышки h , глубину масла над верхней кромкой крышки a .

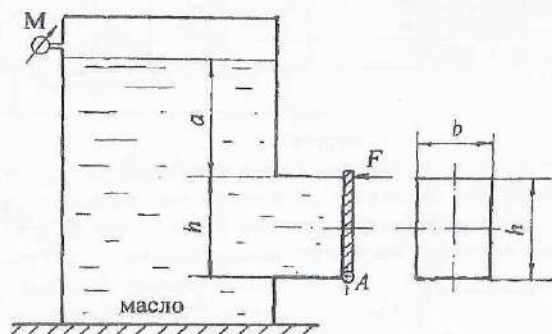


Рис. 2.4

Вариант	$p_{ман}$, ат	h , м	a , м	F , кН
а	0,10	0,4	0,6	1,0
б	0,11	0,5	0,7	1,3
в	0,12	0,6	0,8	1,6

Задача 2.5

Поворотный вертикальный затвор квадратного сечения со стороной a , перекрывающий вход воды в штольно, может вращаться вокруг горизонтальной оси шарнира O , проходящей через центр затвора (рис. 2.5).

Определить силу F , которую нужно приложить к нижней кромке затвора, чтобы удержать его в заданном положении, если глубина воды перед затвором h . В штольно справа - воздух. Трением в шарнире O пренебречь.

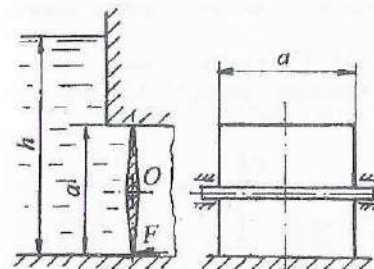


Рис. 2.5

Вариант	a , м	h , м
а	2,0	3,2
б	1,8	3,0
в	1,6	2,8

Представить аналитический и графо-аналитический методы определения величины силы давления воды, её линии действия и точки приложения.

Плотность воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Задача 2.6

Водозаборное сооружение имеет торцевую вертикальную стенку в виде равнобоковой трапеции с верхним основанием a , нижним b (рис. 2.6).

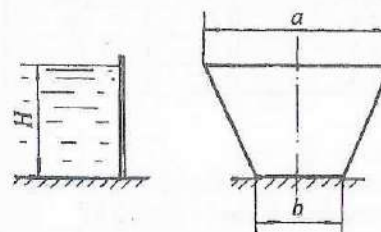


Рис. 2.6

Определить величину и линию действия силы давления воды на стенку, рассчитать глубину погружения центра давления (h_D), если удерживаемый напор воды на уровне верхнего основания стенки H .

Вариант	a , м	b , м	H , м
а	10,0	5,0	4,0
б	8,0	4,0	3,8
в	10,0	4,8	3,6

Задача 2.7

Вход в туннель перекрыт прямоугольным деревянным щитом, который удерживается в вертикальном положении двумя тросами (рис. 2.7). Ширина щита B , толщина досок δ . Глубина воды над верхней кромкой щита h . Щит удерживает напор воды слева h_1 , глубина воды в туннеле h_2 . Рассчитать аналитическим и графо-аналитическим методами силы давления воды на щит слева и справа, глубины центров давления для этих сил, показать линии действия этих сил.

Определить равнодействующую давления, а также подъемное усилие (T) двух тросов. Коэффициент трения в направляющих пазах $f = 0,5$. Принять плотность дерева $\rho_{\text{дер.}} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

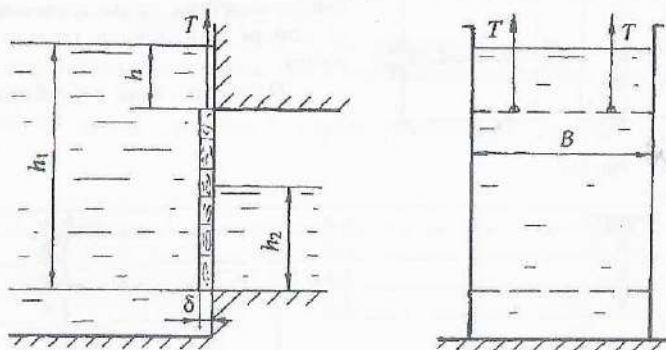


Рис. 2.7

Вариант	h , м	h_1 , м	h_2 , м	B , м	δ , мм
а	0,8	3,2	1,6	2,0	60
б	0,7	3,1	1,5	1,8	40
в	0,6	3,0	1,5	2,0	60

Задача 2.8

Патрубок маслобака квадратного сечения со стороной a перекрывается крышкой AB , перемещающейся в вертикальных пазах (рис. 2.8).

Определить начальную силу F для открытия крышки, если показание манометра, установленного на верхней стенке патрубка, $p_{\text{ман}}$.

Принять плотность масла $\rho_{\text{масл.}} = 900 \text{ кг/м}^3$; коэффициент трения скольжения в пазах $f = 0,5$.

Массу крышки считать равной M .

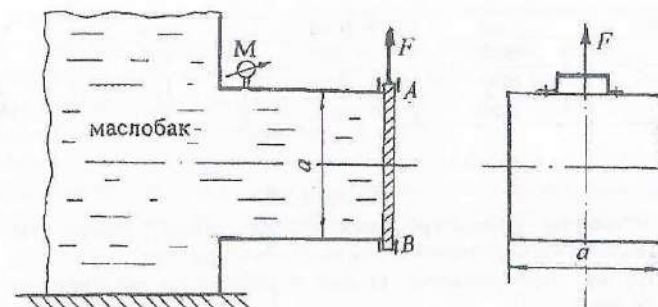


Рис. 2.8

Вариант	a , мм	$p_{\text{ман}}$, ат	M , кг
а	150	0,12	2,0
б	180	0,13	2,6
в	200	0,14	3,0

Задача 2.9

В закрытом резервуаре, заполненном водой, выведен внутренний патрубок прямоугольного сечения высотой h и шириной b для выпуска воды. Патрубок перекрыт крышкой AB , расположенной под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту, шарнирно укрепленной на оси A (рис. 2.9).

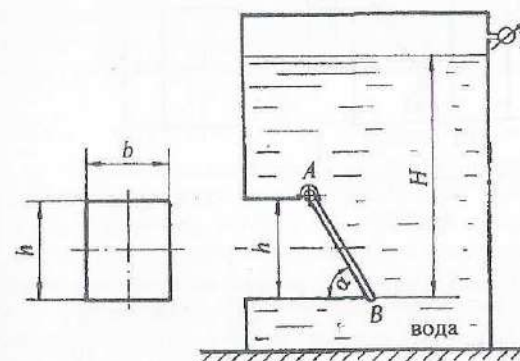


Рис. 2.9

Открытие крышки для выпуска воды осуществляется за счёт создания вакуума на поверхности воды.

Определить наименьшее вакуумметрическое давление на поверхности воды ($p_{\text{вак}}$) для открытия крышки, если глубина на воды на уровне нижней кромки крышки H . Масса крышки M .

Вариант	h , мм	b , мм	H , м	M , кг
а	600	500	1,8	10,0
б	500	400	1,6	8,0
в	600	400	1,8	9,0

Задача 2.10

В открытом резервуаре, заполненном водой, сделан внутренний патрубок высотой h и шириной b для выпуска воды (рис. 2.10).

Патрубок перекрывается крышкой AB , установленной под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту.

Определить силу натяжения вертикального троса (T) для открытия крышки при глубине заполнения H . Крышка может поворачиваться относительно шарнира A . Масса крышки M .

Представить аналитический и графо-аналитический методы расчёта силы давления воды. Трением в шарнире и ролике пренебречь.

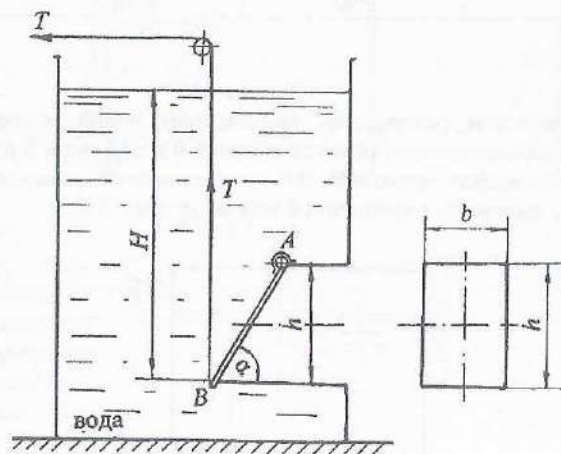


Рис. 2.10

Вариант	h , мм	b , мм	H , м	M , кг
а	600	400	2,0	9,0
б	600	500	2,2	10,0
в	500	400	2,0	8,0

Задача 2.11

В закрытом резервуаре, заполненном бензином, выведен патрубок квадратного сечения со стороной h для выпуска бензина (рис. 2.11). Патрубок перекрыт крышкой AB , установленной под углом $\alpha = 60^\circ$. Крышка поворачивается шарнирно относительно оси A .

Определить нормальное усилие (T) в точке B для удержания крышки в закрытом положении, если действующий напор на уровне нижней кромки крышки H . Давление на поверхности бензина соответствует показанию U -образного ртутного манометра $h_{рт}$.

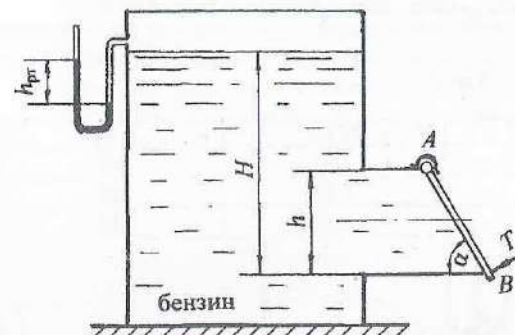


Рис. 2.11

Вариант	h , мм	H , м	$h_{рт}$, мм
а	400	0,8	100
б	500	1,0	120
в	600	1,2	130

Задача 2.12

Определить нормальное усилие F , приложенное к наклонной крышке AB для удержания крышки в закрытом положении (рис. 2.12). Крышка расположена под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту, укреплена с помощью шарнира B и перекрывает патрубок квадратного сечения со стороной a . Патрубок заполнен маслом плотностью $\rho_{мвсл} = 900 \text{ кг/м}^3$.

К дну патрубка присоединён пьезометр, показание которого H . Сила F приложена по нормали к крышке на расстоянии b от стенки патрубка. Силу тяжести крышки не учитывать.

Решение представить аналитическим и графо-аналитическим методами.

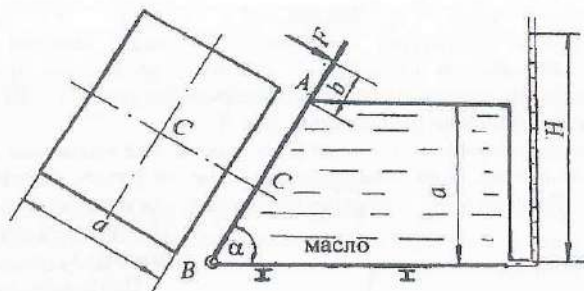


Рис. 2.12

Вариант	a , мм	H , мм	b , мм
а	200	300	50
б	250	350	60
в	300	400	70

Задача 2.13

Выход из резервуара, заполненного водой, представляет патрубок, который закрывается круглой крышкой диаметром D . Крышка может поворачиваться вокруг шарнира A (рис. 2.13).

Определить силу T для удержания крышки в закрытом положении, если показание U -образного ртутного манометра $h_{рт}$, высота уровня масла над ртутью h_m . Уровень ртути в правом колене манометра выше шарнира A на величину a .

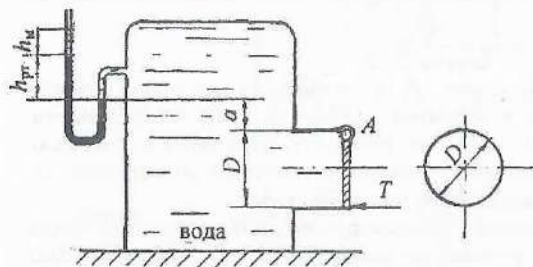


Рис. 2.13

Принять плотности жидкостей:
ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$;
масла $\rho_{масл} = 900 \text{ кг/м}^3$.

Вариант	D , мм	$h_{рт}$, мм	h_m , мм	a , мм
а	600	120	50	500
б	500	100	50	400
в	400	80	40	300

Задача 2.14

Патрубок закрытого резервуара с маслом перекрывается круглой крышкой, которая может поворачиваться вокруг шарнира A (рис. 2.14).

Определить, каким должно быть показание U -образной трубки, заполненной ртутью ($h_{рт}$), определяющей давление на поверхности масла, чтобы крышка находилась в закрытом положении за счёт вакуума.

Принять: диаметр крышки D , глубину масла до шарнира A равной h .
Плотности жидкостей: масла $\rho_{масл} = 900 \text{ кг/м}^3$; ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

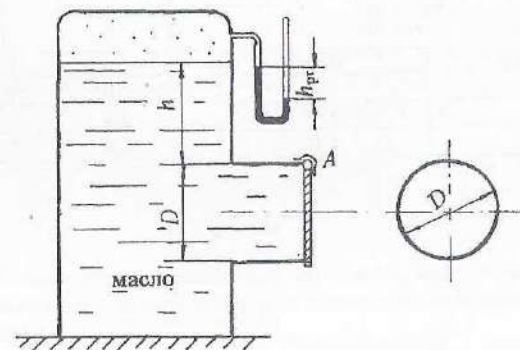


Рис. 2.14

Вариант	D , мм	h , мм
а	600	200
б	500	300
в	600	300

Задача 2.15

Сферический резервуар, плавающий в воде, имеет люк, закрытый изнутри плоской вертикальной круглой крышкой диаметром d (рис. 2.15).

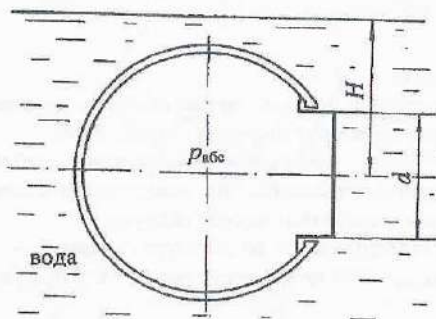


Рис. 2.15

Вариант	H , м	d , м	$p_{абс}$, кПа
а	1,2	1,0	95
б	1,1	0,9	94
в	1,0	0,8	95

Определить горизонтальную равнодействующую давления на крышку, линию действия силы и её положение, если абсолютное давление внутри резервуара $p_{абс}$, уровень воды над осью крышки H .

Найти расстояние $e_{равн}$ от линии действия равнодействующей до оси крышки. Плотность воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Задача 2.16

Аппарат, плавающий на поверхности воды, имеет люк, закрытый изнутри плоской вертикальной круглой крышкой диаметром d (рис. 2.16).

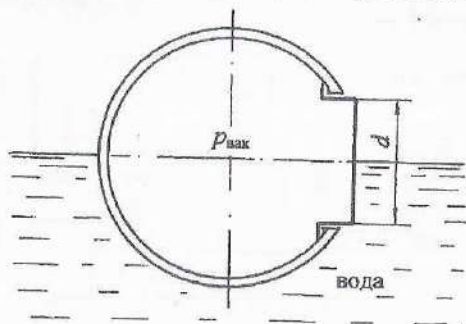


Рис. 2.16

Определить горизонтальную равнодействующую давления на крышку, если внутри аппарата действует вакуум $p_{вак}$.

Найти расстояние $e_{равн}$ от линии действия этой силы до оси люка. Принять плотность воды равной ρ .

Задача 2.17

В вертикальной перегородке отстойника для воды, состоящего из двух резервуаров — A и B (рис. 2.17),

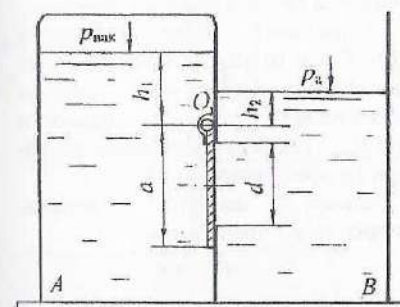


Рис. 2.17

сделано круглое отверстие диаметром d . Отверстие перекрывается квадратной крышкой со стороной a , которая может поворачиваться вокруг шарнира O .

Определить, какой вакуум ($p_{вак}$) нужно создать на поверхности воды в закрытом резервуаре A , чтобы крышка открылась. Резервуар B открыт. Принять уровень воды над шарниром O в резервуаре A равным h_1 , в резервуаре B — h_2 .

Вариант	d , мм	a , мм	h_1 , м	h_2 , м
а	250	350	2,2	0,4
б	200	300	2,0	0,3
в	200	250	1,8	0,3

Задача 2.18

Отстойник для воды, представляющий два резервуара — A и B , разделён вертикальной перегородкой, в которой сделано круглое отверстие диаметром d (рис. 2.18). Отверстие закрывается круглой крышкой диаметром D . Крышка может поворачиваться относительно шарнира O . Напор воды в резервуаре A на уровне нижней кромки крышки равен H . Вода в резервуаре B находится на уровне шарнира.

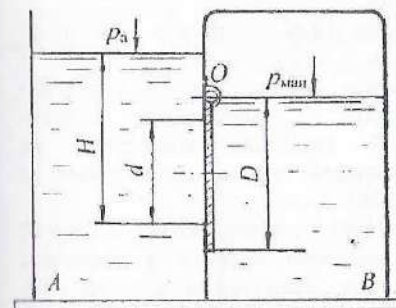


Рис. 2.18

Определить величину манометрического давления $p_{ман}$ на поверхности воды в резервуаре B для удержания крышки в закрытом положении.

Вариант	d , мм	D , мм	H , м
а	300	400	4,0
б	350	450	4,2
в	400	500	4,5

Задача 2.19

В закрытом резервуаре с водой круглое донное отверстие закрывается крышкой диаметром D , шарнирно укрепленной в точке A (рис. 2.19).

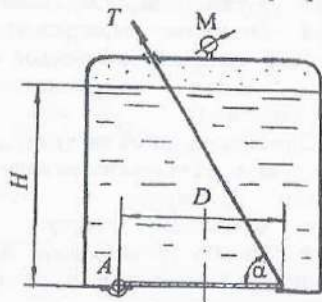


Рис. 2.19

Определить силу натяжения троса T для открытия крышки. Трос укреплен под углом $\alpha = 60^\circ$. Принять показание манометра на поверхности воды $p_{\text{ман}}$; глубину заполнения резервуара H ; массу крышки M .

Трением в шарнире и направляющих троса пренебречь.

Вариант	D , мм	H , м	$p_{\text{ман}}$, ат	M , кг
а	300	1,5	0,12	2,0
б	400	1,6	0,11	2,5
в	300	1,8	0,10	2,0

Задача 2.20

Закрытый резервуар, заполненный водой, находится под давлением. В резервуаре донное круглое отверстие диаметром d закрывается горизонтальной крышкой диаметром D , закрепленной шарниром в точке A (рис. 2.20).

Определить вертикальную силу F , удерживающую крышку в закрытом положении, если масса крышки M . Показание манометра на расстоянии h от дна равно $p_{\text{ман}}$.

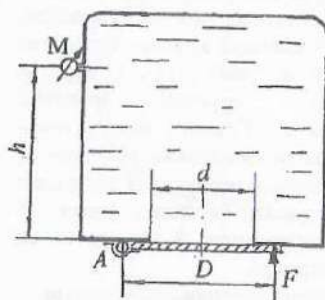


Рис. 2.20

Вариант	d , мм	D , мм	h , м	$p_{\text{ман}}$, ат	M , кг
а	300	380	1,5	0,25	3,0
б	320	400	1,6	0,24	3,5
в	340	420	1,8	0,23	4,0

Задача 2.21

Прямоугольный плоский щит, перекрывающий канал шириной B , сверху поддерживается двумя крюками, расположенными симметрично, а внизу соединен шарнирно с дном канала (рис. 2.21).

Слева щит удерживает напор воды h_1 , справа - h_2 . Крюки укреплены на расстоянии a от верхнего уровня воды. Определить реакции крюков $R_{\text{кр}}$ от действия воды на щит.

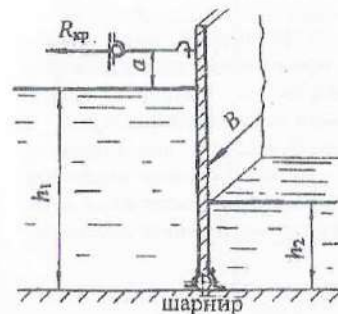


Рис. 2.21

Вариант	B , м	h_1 , м	h_2 , м	a , м
а	2,0	2,1	0,9	0,5
б	2,2	2,3	1,0	0,5
в	2,5	2,2	1,1	0,4

Задача 2.22

Определить величину и линию действия силы давления нефти на перегородку в цилиндрическом баке диаметром d , если показание вакуумметра $p_{\text{вак}}$ показание манометра $p_{\text{ман}}$ (рис. 2.22). Найти расстояние $e_{\text{равн}}$ от линии действия равнодействующей сил давления до оси цилиндрического бака. Принять плотность нефти $\rho_{\text{неф}} = 800 \text{ кг/м}^3$.

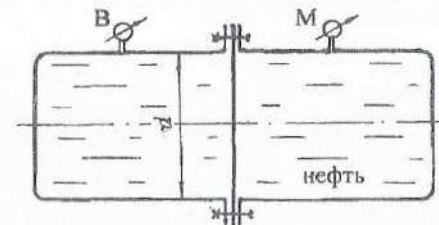


Рис. 2.22

Вариант	d , мм	$p_{\text{вкл}}$, ат	$p_{\text{ман}}$, ат
а	800	0,02	0,06
б	900	0,03	0,07
в	1000	0,04	0,08

Задача 2.23

Промывочный колодец для удаления загрязнённой воды имеет отводную трубу диаметром d , перекрываемую плоским круглым клапаном. Периодическое открытие клапана производится с помощью троса, прикрепленного к шарнирному устройству с осью в точке A (рис. 2.23).

Определить силу натяжения троса T , необходимую для открытия клапана, при глубине заполнения колодца H . Нижняя кромка отверстия находится на расстоянии a от дна, верхняя кромка - на расстоянии b от шарнира. Трос укреплен на расстоянии c от оси клапана. Принять плотность загрязнённой воды $\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$.

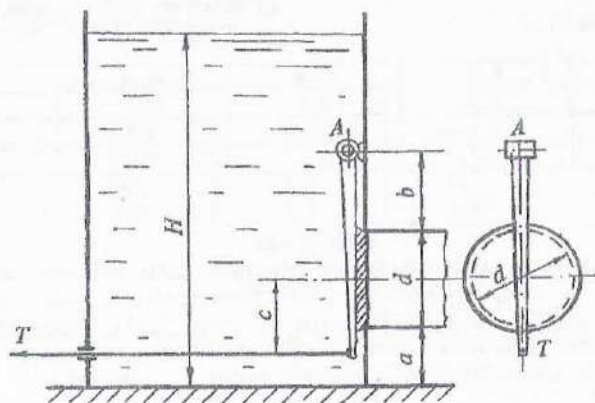


Рис. 2.23

Вариант	d , мм	H , м	a , мм	b , мм	c , мм
а	200	1,8	100	200	150
б	250	2,2	120	250	180
в	150	1,6	80	150	130

Задача 2.24

Квадратное отверстие со стороной a в вертикальной плоской стенке закрытого резервуара с водой перекрывается плоским щитом при помощи устройства с шарниром A (рис. 2.24). Щит прижимается к стенке грузом G на расстоянии b от шарнира A .

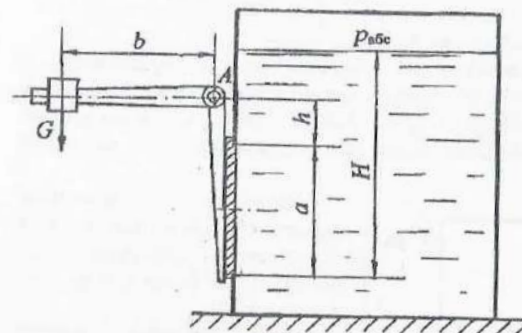


Рис. 2.24

Вариант	a , м	b , м	H , м	h , м	p_{abc} , ат
а	0,8	1,0	1,5	0,3	1,08
б	0,6	0,9	1,4	0,3	1,07
в	0,5	0,8	1,3	0,4	1,09

Найти величину силы тяжести G для удержания щита в закрытом положении, если глубина воды на уровне нижней кромки отверстия H . Верхняя кромка отверстия находится на расстоянии h от шарнира A . Абсолютное давление на поверхности воды p_{abc} .

Задача 2.25

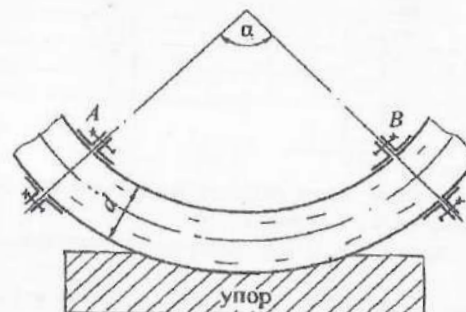


Рис. 2.25

Водопроводная труба диаметром d имеет поворот под углом $\alpha = 90^\circ$ (рис. 2.25). Манометрическое давление в трубе $p_{\text{ман}}$.

Определить равнодействующую давления на упор.

Примечание: следует рассчитать силы давления в симметрично расположенных фланцевых соединениях A и B , затем равнодействующую этих сил.

Вариант	d , мм	$p_{\text{ман}}$, ат
а	200	5,0
б	150	3,0
в	250	4,0

Задача 2.26

Открытый резервуар, заполненный мазутом, имеет перегородку с круглым отверстием диаметром d . Отверстие закрывается круглой крышкой, укрепленной с помощью шарнира A (рис. 2.26). Справа от перегородки закрытый воздушный резервуар. Давлением воздуха регулируется открытие крышки для выпуска мазута.

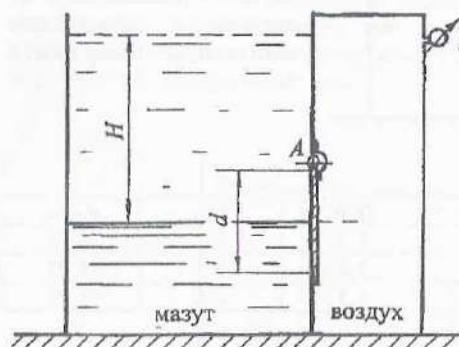


Рис. 2.26

Вариант	d , мм	H , м
а	500	1,0
б	600	1,5
в	500	1,2

Задача 2.27

Определить давление p в правой части гидроцилиндра диаметром D , заполненного маслом "Индустриальное 20" (рис. 2.27).

Сила, действующая на шток диаметром d при равновесном состоянии поршня, равна F .

Принять избыточное давление на поверхности масла p_0 , напор масла на уровне оси поршня H , плотность масла $\rho_{\text{масл}} = 890 \text{ кг/м}^3$.

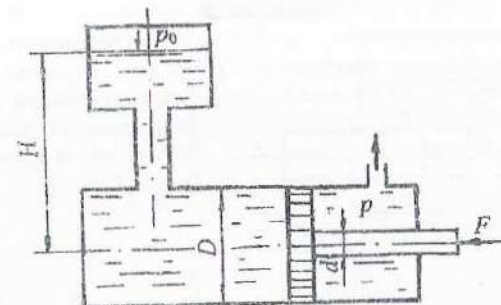


Рис. 2.27

Вариант	D , мм	d , мм	H , м	p_0 , ат	F , кН
а	200	50	1,5	0,8	2,0
б	200	50	1,2	1,0	2,4
в	200	75	1,3	1,2	3,0

Задача 2.28

Определить силу F на штоке золотника (рис. 2.28), если действующий напор в подводящей системе H , показание вакуумметра (В) равно $p_{\text{вак}}$. Избыточное давление в полости поршня $p_{\text{изб}}$, диаметры поршней соответственно D и d . Система заполнена водой плотностью $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

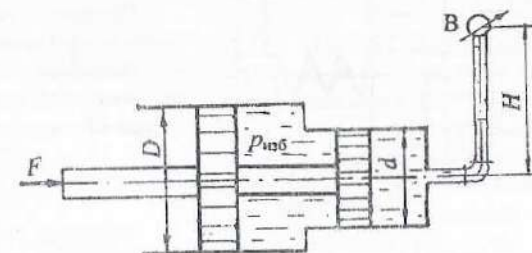


Рис. 2.28

Вариант	H , м	D , мм	d , мм	$p_{\text{вак}}$, ат	$p_{\text{изб}}$, ат
а	3,0	20	16	0,6	10,2
б	3,2	20	16	0,7	9,8
в	2,2	25	20	0,6	6,4

Задача 2.29

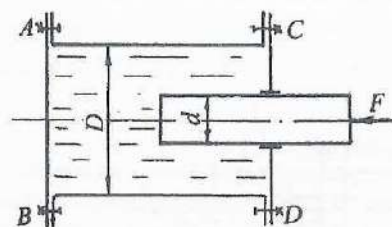


Рис. 2.29

Определить нагрузку на болты крышек AB и CD гидравлического цилиндра диаметром D , если к плунжеру диаметром d приложена сила F (рис. 2.29).

Вариант	D , мм	d , мм	F , кН
а	160	120	20
б	160	100	30
в	200	120	25

Задача 2.30

Определить величину предварительного поджатия пружины (h в мм) дифференциального предохранительного клапана, обеспечивающую начало открытия клапана при давлении воды $p_{нач}$ (рис. 2.30).

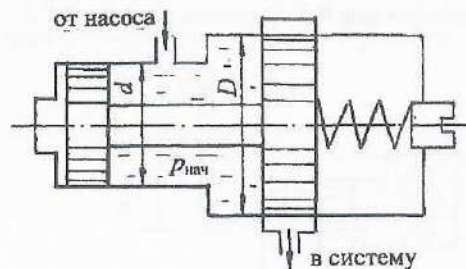


Рис. 2.30

Диаметры клапана: D и d (см. рис. 2.30).

Принять жёсткость пружины $c = 6$ Н/мм.

Давление справа от большого и слева от малого поршней – атмосферное.

Вариант	D , мм	d , мм	$p_{нач}$, кПа
а	25	20	850
б	32	25	550
в	36	28	400

Задача 2.31

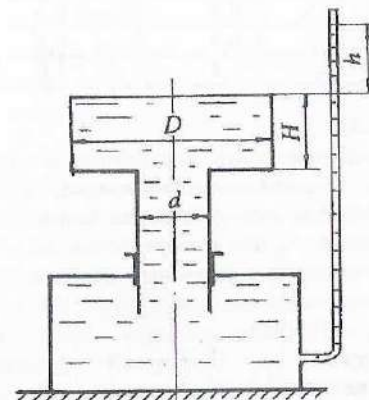


Рис. 2.31

Цилиндрический полый резервуар диаметром D в широкой части и d в узкой части через уплотнение входит в резервуар с водой, в котором выведен пьезометр (рис. 2.31).

Определить каким должно быть превышение уровня воды в пьезометре (h) для равновесного состояния цилиндрического резервуара, если высота широкой части цилиндра H .

Плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м³.

Вариант	D , мм	d , мм	H , м
а	500	250	0,30
б	600	300	0,35
в	400	200	0,25

Задача 2.32

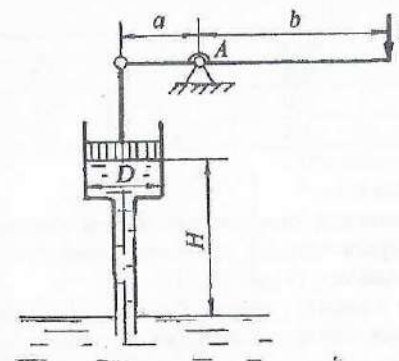


Рис. 2.32

Определить величину вертикальной силы F , необходимой для удержания поршня диаметром D в равновесии (рис. 2.32).

Труба под поршнем заполнена водой, удерживаемый напор H . В точке A шарнирная опора, длины рычагов механизма соответственно a и b (см. рис. 2.32).

Собственный вес поршня не учитывать.

Плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м³.

Вариант	D , мм	H , м	a , м	b , м
а	100	2,0	0,3	0,9
б	120	2,2	0,3	0,8
в	100	1,8	0,4	1,0

Задача 2.33

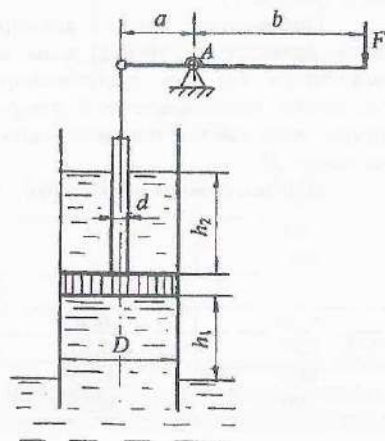


Рис. 2.33

Вариант	D , мм	d , мм	h_1 , м	h_2 , м	a , м	b , м
а	100	28	1,5	2,5	0,3	0,9
б	100	32	1,6	2,0	0,3	0,8
в	100	25	1,4	2,4	0,4	1,0

Задача 2.34

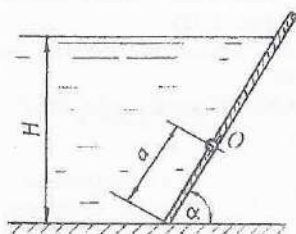


Рис. 2.34

Наклонный поворотный щит в канале для пропуска воды укреплён шарнирно относительно оси O (рис. 2.34).

При каком уровне воды H щит опрокинется, если угол наклона щита α , расстояние от его нижней кромки до оси шарнира a . Вес щита не учитывать.

Аналитический способ решения проверить графо-аналитическим.

Вариант	a , м	α , град
а	1,2	60
б	1,5	45
в	1,3	60

Задача 2.35

Резервуар с вертикальной и наклонной стенками шириной B заполнен мазутом и водой. Глубина наполнения мазута над водой H_1 , нижний слой воды высотой H_2 (рис. 2.35).

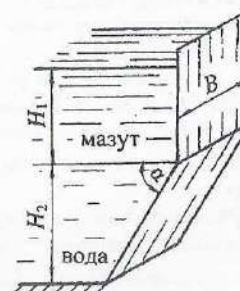


Рис. 2.35

Определить равнодействующую сил давления мазута и воды и глубину погружения центра давления для этой силы (h_D). Расчёт провести аналитическим и графо-аналитическим методами. Угол наклона нижней части стенки к горизонту $\alpha = 60^\circ$. Плотности жидкостей: воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$; мазута $\rho_{\text{маз}} = 920 \text{ кг/м}^3$.

Вариант	H_1 , м	H_2 , м	B , м
а	0,9	1,2	3,0
б	1,0	1,3	3,2
в	0,8	1,1	3,1

Задача 2.36

Отстойник для отработанного масла имеет вертикальную стенку шириной B . Глубина масла в отстойнике H_1 , нижний слой воды высотой H_2 (рис. 2.36).

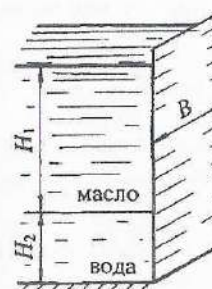


Рис. 2.36

Определить равнодействующую давления масла и воды и глубину центра давления для равнодействующей (h_D). Плотности жидкостей: масла $\rho_{\text{масл}} = 870 \text{ кг/м}^3$; воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$. Решение выполнить аналитическим и графо-аналитическим методами.

Вариант	H_1 , м	H_2 , м	B , м
а	1,2	0,6	2,0
б	1,3	0,7	2,2
в	1,4	0,6	2,5

Задача 2.37

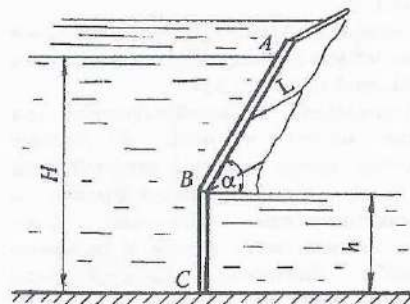


Рис. 2.37

Определить величину и положение равнодействующей сил давления воды на плоскую ломаную стенку ABC , удерживающую слева напор воды H , справа – h (рис. 2.37). Длина стенки в плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа, равна L . Верхняя часть стенки наклонена под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту.

Расчёт выполнить графо-аналитическим методом.

Вариант	H , м	h , м	L , м
а	5,0	2,0	6,0
б	4,5	1,5	5,0
в	4,0	1,2	4,5

Задача 2.38

Напорная плотина имеет две наклонные грани, угол наклона которых к горизонту $\alpha = 60^\circ$, и горизонтальную площадку шириной B . Наклонные грани удерживают напоры воды $H_1 = H_2$. Длина плотины равна L (рис. 2.38).

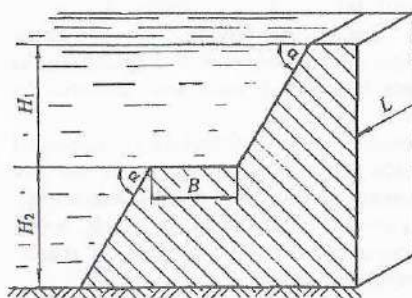


Рис. 2.38

Определить равнодействующую давления воды на плотину, её положение и глубину погружения центра давления (h_D).

Чертёж представить в масштабе, решение аналитическим и графо-аналитическим методами.

Вариант	$H_1 = H_2$, м	B , м	L , м
а	3,0	2,0	10,0
б	2,5	1,5	8,0
в	2,0	1,2	6,0

Задача 2.39

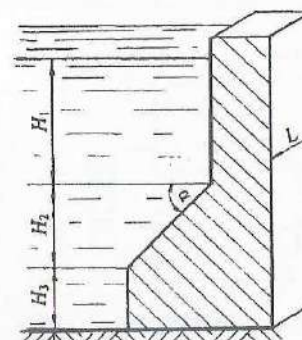


Рис. 2.39

Плотина длиной L имеет две вертикальные грани и одну наклонную под углом $\alpha = 45^\circ$. Удерживаемые напоры воды: H_1 , H_2 и H_3 (рис. 2.39).

Определить равнодействующую давления воды, её геометрическое положение и глубину погружения центра давления для равнодействующей (h_D).

Чертёж представить в масштабе. Силы давления на грани плотины и равнодействующую рассчитать аналитическим и графо-аналитическим методами. Плотность воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Вариант	H_1 , м	H_2 , м	H_3 , м	L , м
а	3,0	2,0	1,5	10,0
б	2,8	1,8	1,4	9,0
в	2,5	1,6	1,3	8,0

Задача 2.40

Наклонная стенка резервуара с одной стороны испытывает давление воды, с другой – масла. Угол наклона стенки к горизонту $\alpha = 60^\circ$. Глубина наполнения воды H_1 , масла – H_2 (рис. 2.40). Длина стенки в плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа, L .

Определить силы давления воды и масла, показать их линии действия и точки приложения сил. Рассчитать равнодействующую давления воды и масла и глубину погружения центра давления для равнодействующей $h_{D\text{равн}}$. Принять плотности жидкостей: масла $\rho_{\text{масл}} = 880 \text{ кг/м}^3$; воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Чертёж выполнить в масштабе, представить аналитический и графо-аналитический методы решения.

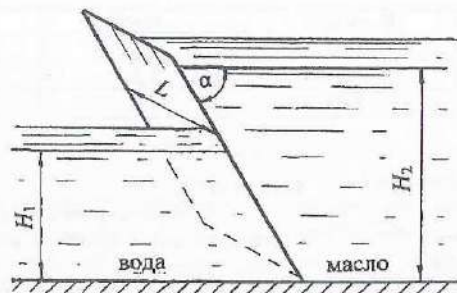


Рис. 2.40

Вариант	H_1 , м	H_2 , м	L , м
а	0,9	1,5	2,0
б	1,0	1,8	2,2
в	1,2	2,4	2,5

Задача 2.41

Из резервуара, заполненного маслом, выведен треугольный патрубок высотой h и шириной b , который перекрывается крышкой, укрепленной вертикально с помощью шарнира A (рис. 2.41).

Плотность масла $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$.

Определить горизонтальную силу F , необходимую для удержания треугольной крышки в закрытом положении, если показание манометра на уровне нижней кромки крышки $p_{\text{ман}}$.

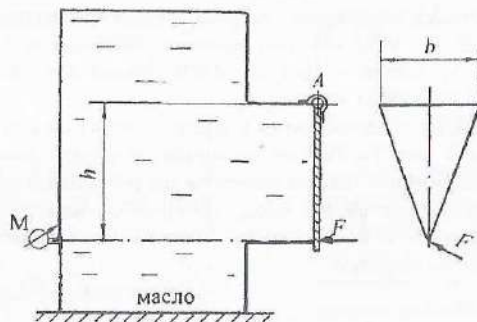
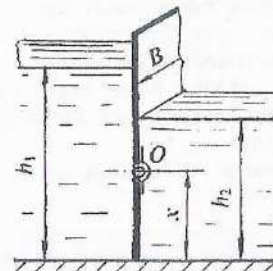


Рис. 2.41

Вариант	h , мм	b , мм	$p_{\text{ман}}$, ат
а	600	400	0,18
б	540	350	0,16
в	480	300	0,15

Задача 2.42

В отстойнике для воды разделительная стенка в виде прямоугольного щита может поворачиваться шарнирно относительно оси O (рис. 2.42).



Определить, на каком расстоянии x от дна отстойника следует расположить ось шарнира O , чтобы щит шириной B открывался автоматически, если глубина воды слева превысит величину h_1 . Глубина воды справа равна h_2 . Вес щита не учитывать.

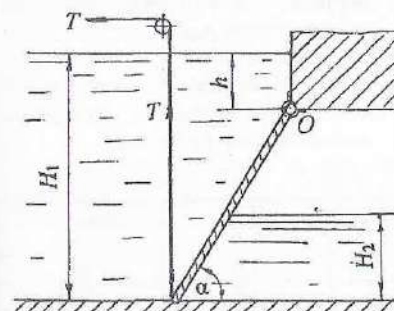
Решение представить аналитическим и графо-аналитическим методами.

Рис. 2.42

Вариант	h_1 , м	h_2 , м	B , м
а	1,5	1,2	2,5
б	1,8	1,5	2,8
в	2,4	1,8	3,0

Задача 2.43

Определить усилие T , которое нужно приложить к вертикальному тросу для открытия щита,

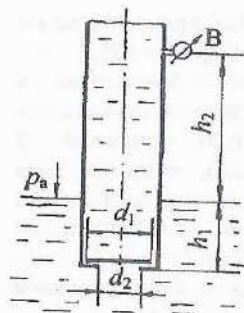


перекрывающего канал прямоугольного сечения. Щит расположен под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту и закреплён шарнирно в точке O (рис. 2.43). Ширина щита в плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа, равна B . Глубина воды перед щитом H_1 , за щитом H_2 . Уровень воды над шарниром h . Принять массу щита равной M .

Рис. 2.43

Вариант	H_1 , м	H_2 , м	h , м	B , м	M , кг
а	2,0	0,7	0,5	3,0	400
б	1,8	0,6	0,4	2,8	330
в	2,1	0,8	0,6	3,2	440

Задача 2.44



Во всасывающем трубопроводе центробежного насоса на входе установлен обратный клапан в виде диска диаметром d_1 , который перекрывает входное отверстие диаметром d_2 для пропуска воды (рис. 2.44). Трубопровод заглублен на уровень h_1 .

Определить, каким должно быть показание вакуумметра В ($p_{\text{вак}}$) на высоте h_2 для открытия клапана в момент пуска насоса.

Атмосферное давление $p_a = 740$ мм рт. ст.

Рис. 2.44

Вариант	d_1 , мм	d_2 , мм	h_1 , м	h_2 , м
а	100	75	1,0	2,0
б	125	100	1,1	2,1
в	150	125	1,2	2,2

Задача 2.45

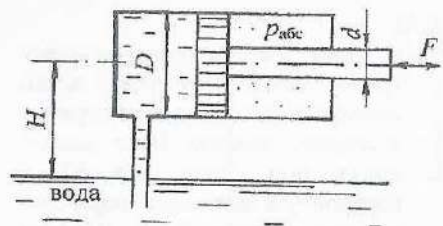


Рис. 2.45

С помощью поршня диаметром D вода удерживается на высоте H (рис. 2.45). Справа от поршня абсолютное давление воздуха равно $p_{\text{абс}}$.

Определить величину и направление силы F , приложенной к штоку диаметром d , для удержания поршня на месте.

Вариант	D , мм	d , мм	H , м	$p_{\text{абс}}$, кПа
а	100	50	3,0	158
б	100	50	2,0	68
в	120	60	3,5	78

Задание 3

СИЛА ДАВЛЕНИЯ ПОКОЯЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ НА КРИВОЛИНЕЙНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Задача 3.1

Определить величину, угол наклона и глубину центра давления для равнодействующей давления воды на криволинейную стенку AB (рис. 3.1) длиной L . Действующий напор H . Криволинейная стенка представляет часть цилиндрической поверхности с секторным углом ϕ .

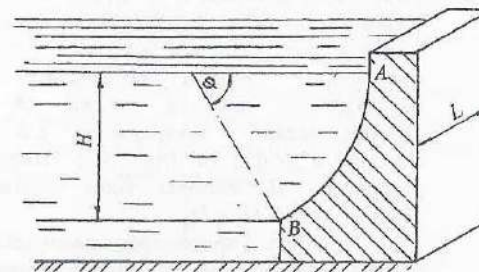


Рис. 3.1

Вариант	H , м	L , м	ϕ , град
а	4,0	10,0	60
б	3,9	9,0	60
в	3,6	8,0	45

Задача 3.2

Определить величину равнодействующей давления воды на криволинейную стенку AB (рис. 3.2), линию действия, угол наклона к горизонту и глубину центра давления для силы. Длина стенки L , удерживаемый напор H . Стенка AB представляет часть цилиндрической поверхности с секторным углом ϕ .

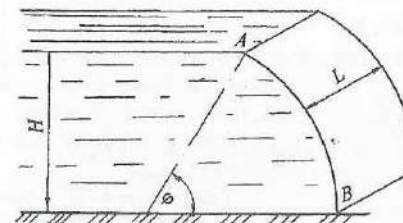
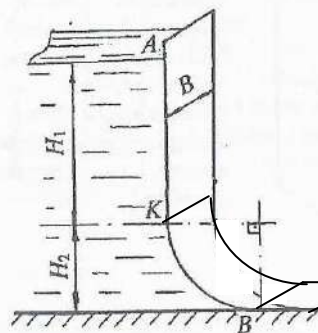


Рис. 3.2

Вариант	H , м	L , м	ϕ , град
а	1,5	3,0	60
б	1,8	3,5	60
в	1,2	2,5	45

Задача 3.3

Определить численные значения, линии действия и точки приложения горизонтальной и вертикальной составляющих сил давления воды на стенку резервуара AKB , состоящую из вертикальной плоской стенки AK и цилиндрической поверхности KB с секторным углом 90° (рис. 3.3). Ширина резервуара B , напоры воды соответственно равны H_1 и H_2 .



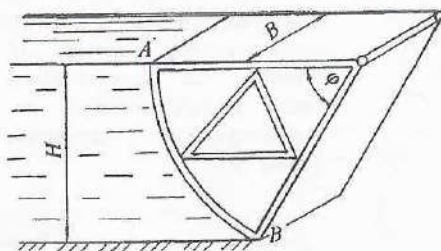
Показать положение равнодействующей давления, её точку приложения, а также найти угол наклона равнодействующей к горизонту.

Рис. 3.3

Вариант	H_1 , м	H_2 , м	B , м
а	2,0	1,0	3,0
б	1,8	0,9	2,8
в	1,2	0,6	2,5

Задача 3.4

Определить величину равнодействующей давления воды на секторный затвор AB (рис. 3.4), линию действия, угол наклона к горизонту и глубину центра давления $h_{Дравн}$.



Удерживаемый напор H , ширина затвора B , секторный угол затвора ϕ .

Рис. 3.4

Вариант	H , м	B , м	ϕ , град
а	1,5	2,0	60
б	1,8	2,5	60
в	2,1	3,0	45

Задача 3.5

В горизонтальной цистерне диаметром D и длиной L хранится бензин. Уровень бензина в цистерне находится на высоте H от дна. Избыточное давление паров бензина на поверхности соответствует показанию манометра $P_{ман}$ (рис. 3.5).

Определить горизонтальные силы, действующие на боковые цилиндрические поверхности AB цистерны. Показать линии действия сил и глубину (h_D) центра давления от свободной поверхности для этих сил. Плотность бензина $\rho_{бенз} = 720 \text{ кг/м}^3$.

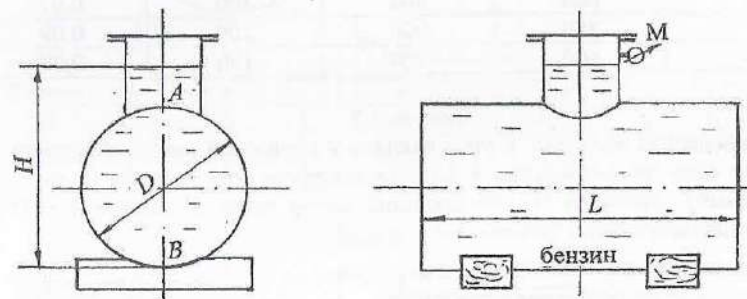


Рис. 3.5

Вариант	H , м	D , м	L , м	$P_{ман}$, кг
а	3,0	2,6	4,0	0,13
б	3,2	2,8	4,0	0,14
в	2,8	2,4	3,6	0,12

Задача 3.6

Закрытый резервуар, имеющий полуцилиндрическую боковую крышку, заполнен водой. Диаметр цилиндрической части D , длина образующей цилиндрической поверхности L , показание манометра, установленного на расстоянии h от дна резервуара, равно $P_{ман}$ (рис. 3.6).

Определить горизонтальную и вертикальную силы давления воды на цилиндрическую поверхность AB , показать их линии действия и точки приложения, а также рассчитать равнодействующую давления, её точку приложения и угол наклона к горизонту.

Чертёж представить в масштабе.

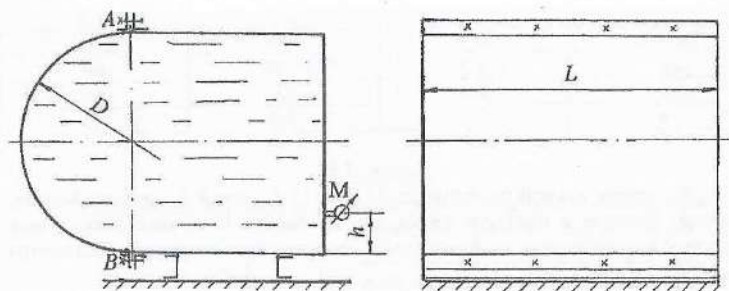


Рис. 3.6

Вариант	D , мм	L , мм	h , мм	$\rho_{\text{масл}}$, ат
а	600	800	100	0,07
б	800	900	200	0,09
в	600	700	100	0,08

Задача 3.7

Определить величину и угол наклона к горизонту равнодействующей давления воды на устройство в виде цилиндрического затвора (рис. 3.7), если диаметр цилиндра D , действующий напор слева H , справа $h = D/2$. Длина цилиндрического затвора L .

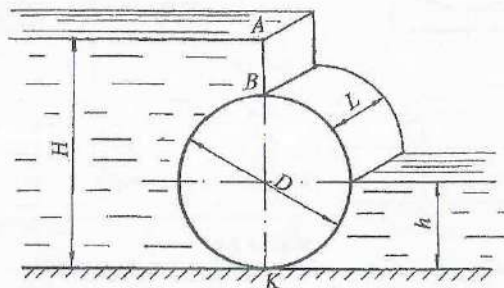


Рис. 3.7

Вариант	D , м	H , м	L , м
а	0,9	1,2	4,0
б	0,8	1,1	3,6
в	1,0	1,3	4,2

Задача 3.8

Закрытый резервуар с полуцилиндрическим дном радиусом r и длиной L заполнен маслом плотностью $\rho_{\text{масл}} = 900 \text{ кг/м}^3$ (рис. 3.8). Сила давления масла на дно резервуара равна R . Определить, на какой высоте H от оси цилиндрической части установлен вакуумметр, показания которого $p_{\text{вак}}$.

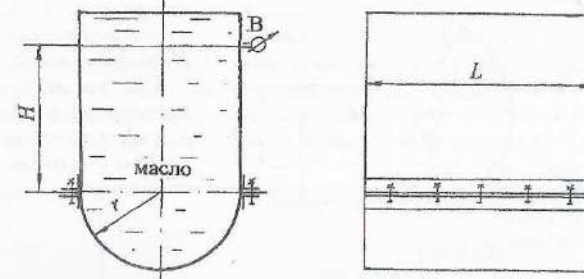


Рис. 3.8

Вариант	r , м	L , м	R , кН	$\rho_{\text{масл}}$, ат
а	0,6	1,5	15,40	0,063
б	0,6	2,0	20,55	0,054
в	0,8	1,8	26,10	0,072

Задача 3.9

Определить равнодействующую давления масла на цилиндрическую стенку резервуара AB (рис. 3.9), линию действия, угол наклона силы и глубину погружения центра давления ($h_{\text{Дравн}}$), если глубина наполнения H ; радиус цилиндрической части r ; секторный угол 90° ; длина образующей цилиндрической поверхности L . Плотность масла $\rho_{\text{масл}} = 860 \text{ кг/м}^3$.

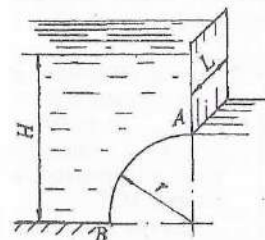


Рис. 3.9

Вариант	H , м	r , м	L , м
а	0,8	0,6	1,2
б	0,9	0,6	1,5
в	1,0	0,8	1,8

Задача 3.10

Определить равнодействующую давления воды, её угол наклона к горизонту и глубину погружения центра давления для цилиндрической поверхности AB с секторным углом $\varphi = 120^\circ$ (рис. 3.10).

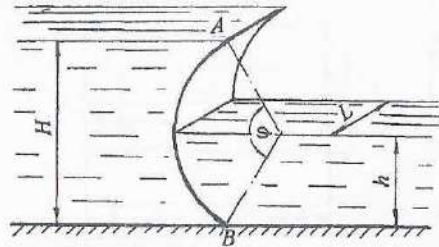


Рис. 3.10

Вариант	H , м	L , м
а	1,5	3,0
б	1,8	3,5
в	1,2	2,8

Задача 3.11

В вертикальной стенке резервуара сделано прямоугольное отверстие для выпуска воды. Отверстие перекрывается цилиндрическим затвором диаметром d и длиной L , установленным на цапфах (рис. 3.11). Действующий напор на уровне оси затвора H .

Определить величину, линию действия, геометрическое положение и угол наклона к горизонту равнодействующей давления воды на поверхность затвора ACB .

Чертёж выполнить в масштабе.

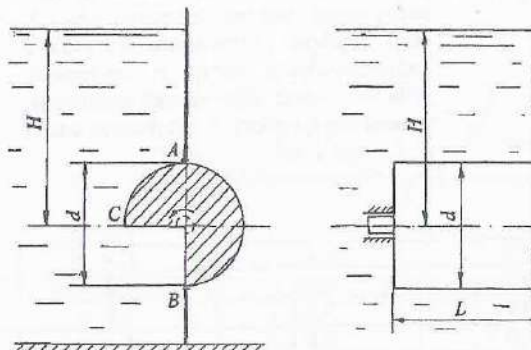


Рис. 3.11

Вариант	H , м	d , м	L , м
а	0,8	0,6	2,0
б	0,9	0,8	2,2
в	1,0	0,8	2,5

Задача 3.12

В прямоугольном окне вертикальной стенки резервуара, заполненного водой, установлен на цапфах цилиндрический затвор диаметром d и длиной L . Удерживаемый напор воды на уровне оси затвора H (рис. 3.12).

Определить величину, линию действия и угол наклона к горизонту равнодействующей давления воды на поверхность затвора ACB .

Чему равно усилие на каждую цапфу.

Чертёж выполнить в масштабе.

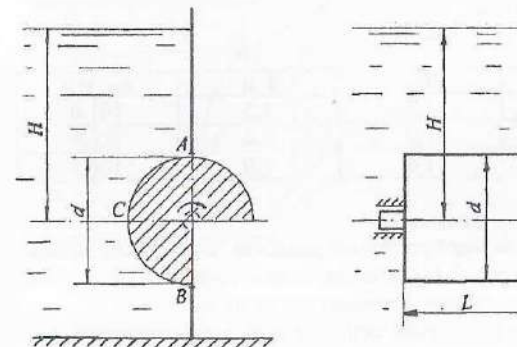


Рис. 3.12

Вариант	H , м	d , м	L , м
а	1,2	0,8	2,5
б	0,9	0,6	2,2
в	0,8	0,6	2,0

Задача 3.13

Закрытый резервуар, заполненный мазутом плотностью $\rho = 920 \text{ кг/м}^3$, имеет полуцилиндрическое дно радиусом r . Глубина заполнения резервуара H , длина резервуара L (рис. 3.13).

Определить силу давления мазута на дно резервуара (вертикальная сила давления), а также величину, линию действия и глубину погружения центра давления h_D от свободной поверхности для сил давления на боковые поверхности AB (горизонтальная сила давления).

Принять абсолютное давление на поверхности мазута $p_{\text{абс}}$.

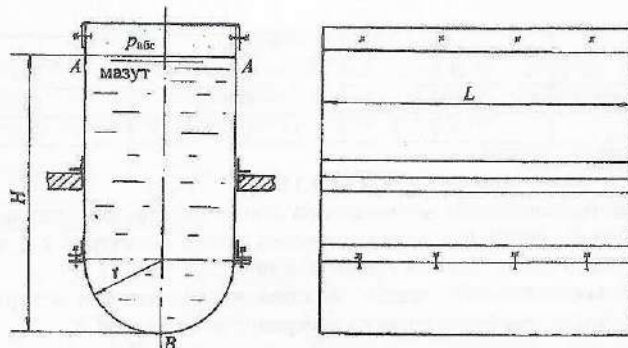


Рис. 3.13

Вариант	$r, \text{ м}$	$H, \text{ м}$	$L, \text{ м}$	$p_{\text{rib}}, \text{ кПа}$
а	0,5	1,8	2,5	101,6
б	0,4	1,9	2,2	95,3
в	0,5	1,6	2,0	100,8

Задача 3.14

Определить величину равнодействующей давления воды на секторный затвор AB шлюзной камеры (рис. 3.14), а также линию действия силы, угол наклона к горизонту и глубину центра давления для силы h_D .

Щит поворачивается относительно оси O и при открытии заходит в углубление – нишу флотбета.

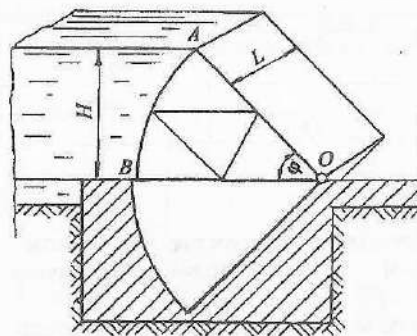


Рис. 3.14

Длина шлюзной камеры L , удерживаемый напор H , угол раствора щита φ .

При решении чертёж представить в масштабе, щит в виде сечения вертикальной плоскостью.

Принять плотность воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Вариант	$H, \text{ м}$	$L, \text{ м}$	$\varphi, \text{ град}$
а	3,0	5,0	45
б	2,7	4,5	45
в	3,0	5,0	60

Задача 3.15

Определить величину, линию действия, глубину центра давления h_D и угол наклона к горизонту равнодействующей давления воды на секторный затвор ACB с центральным углом $\varphi = 90^\circ$ (рис. 3.15).

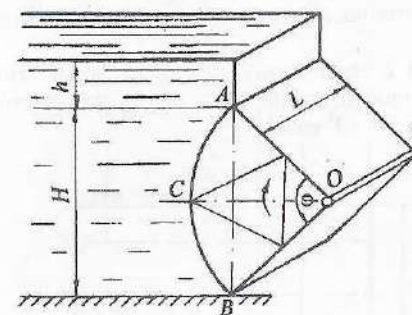


Рис. 3.15

Для выпуска воды затвор поворачивается относительно оси $O - O$. Удерживаемые напоры h и H , длина затвора L . Плотность воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

При решении задачи криволинейную поверхность ACB представить в масштабе, секторный затвор в виде сечения вертикальной плоскостью.

Вариант	$h, \text{ м}$	$H, \text{ м}$	$L, \text{ м}$
а	0,5	2,0	5,0
б	0,4	1,8	4,0
в	0,5	2,2	4,5

Задача 3.16

По дну водоёма проложен стальной трубопровод диаметром d для пропуска загрязнённых сточных вод в очистные сооружения. Трубопровод уложен на глубине H (рис. 3.16).

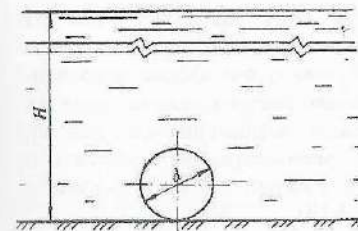


Рис. 3.16

Определить силу, действующую на трубопровод сверху; силы, действующие на боковые поверхности трубы; рассчитать минимальную толщину стенок δ незаполненной трубы, чтобы исключить возможность её всплытия.

Расчёты отнести к длине трубы $l = 1,0 \text{ м}$. Принять плотность стали $\rho_{\text{ст}} = 7800 \text{ кг/м}^3$.

Вариант	d , мм	H , м
а	400	10,0
б	350	8,0
в	300	6,0

Задача 3.17

Определить силу давления воды на дно цилиндрической поверхности цистерны AKB , показать её линию действия, а также разрывающие усилия, действующие на боковые поверхности цистерны AK и BK , показать линию действия сил и глубину h_D точек приложения сил от свободной поверхности (рис. 3.17).

Цистерна диаметром D , длиной L наполовину заполнена водой. На поверхности воды действует избыточное давление $p_{\text{ман}}$, соответствующее показанию манометра. Плотность воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

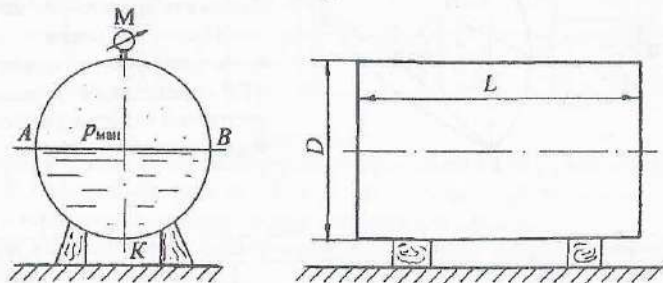


Рис. 3.17

Вариант	D , м	L , м	$p_{\text{ман}}$, ат
а	1,6	2,5	0,12
б	1,6	2,8	0,11
в	1,8	3,0	0,13

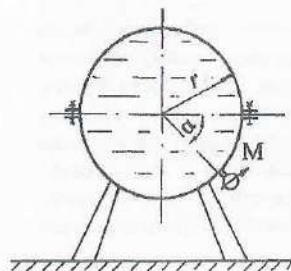


Рис. 3.18

Задача 3.18

Определить силу давления воды на верхнюю и нижнюю половины сферического резервуара радиусом r , полностью заполненного водой, а также растягивающее усилие в болтах фланцевого соединения (6 болтов), если показание манометра, установленного под углом α в нижней части резервуара, равно $p_{\text{ман}}$ (рис. 3.18).

Вариант	r , мм	α , град	$p_{\text{ман}}$, ат
а	300	45	0,10
б	400	45	0,12
в	400	60	0,13

Задача 3.19

Определить равнодействующую давления воды на цилиндрическую поверхность AB закрытого резервуара (рис. 3.19), если секторный угол цилиндрической поверхности равен 90° , показать линию действия силы, рассчитать угол наклона силы к горизонту и глубину погружения центра давления h_D для равнодействующей.

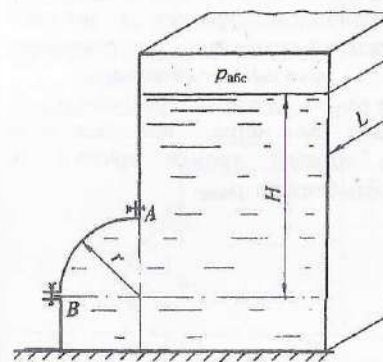


Рис. 3.19

Принять: радиус цилиндрической поверхности r , длину поверхности L , глубину заполнения резервуара H , абсолютное давление на поверхности воды $p_{\text{абс}}$, плотность воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Чертёж представить в масштабе.

Вариант	r , м	H , м	L , м	$p_{\text{абс}}$, кПа
а	0,6	1,5	2,0	112,7
б	0,5	1,2	2,0	101,9
в	0,6	1,6	1,8	92,12

Задача 3.20

Определить силу давления бензина на полусферическое дно цилиндрического резервуара радиусом r (рис. 3.20), если показание манометра, установленного на расстоянии h от дна резервуара, равно $p_{\text{ман}}$. Принять плотность бензина $\rho_{\text{бенз.}} = 720 \text{ кг/м}^3$.

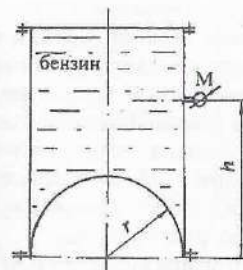


Рис. 3.20

Вариант	r , м	h , м	$p_{ман}$, ат
а	0,4	0,8	0,12
б	0,4	0,6	0,11
в	0,5	0,9	0,09

Задача 3.21

Определить величину, линию действия, угол наклона и глубину центра давления равнодействующей $h_{D_{равн}}$ на полусферическую крышку в плоской вертикальной стенке закрытого резервуара (рис. 3.21), заполненного бензином.

Принять: радиус полусферы r , показание пьезометра, выведенного на уровне нижней кромки крышки H , плотность бензина $\rho_{бенз}$.

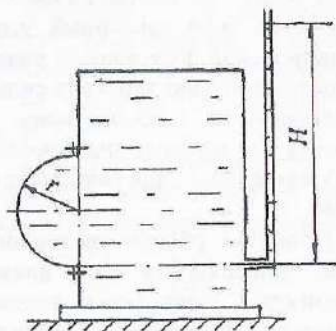


Рис. 3.21

Вариант	r , мм	H , м	$\rho_{бенз}$, кг/м ³
а	200	0,8	800
б	300	1,0	760
в	250	0,9	720

Задача 3.22

В резервуаре, заполненном бензином, в вертикальной плоской стенке круглое отверстие диаметром d закрыто конусной крышкой длиной l (рис. 3.22).

Определить горизонтальную и вертикальную силы давления бензина на конусную крышку. Показать их линии действия и геометрическое положение, а также положение равнодействующей сил.

Уровень бензина над верхней кромкой крышки h . Показание мановакуумметра (МВ) соответствует манометрическому давлению $p_{ман}$.

Плотность бензина $\rho_{бенз} = 750$ кг/м³.

Масса конической крышки M .

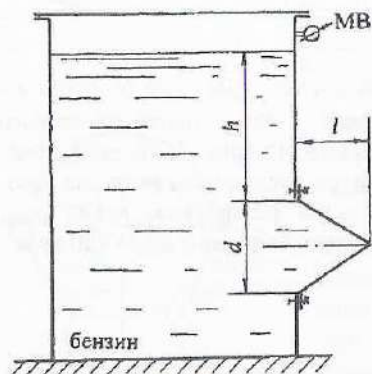


Рис. 3.22

Вариант	d , мм	l , мм	h , м	$p_{ман}$, ат	M , кг
а	400	300	1,5	0,15	4,0
б	500	400	1,8	0,12	5,0
в	300	250	1,2	0,09	3,0

Задача 3.23

В закрытом резервуаре, заполненном бензином, в боковой плоской стенке сделано круглое отверстие, которое закрывается полусферической крышкой радиусом r (рис. 3.23). Крышка укреплена с помощью шарнира в точке А. На расстоянии h от шарнира на свободной поверхности бензина действует вакуумметрическое давление $p_{вак}$.

Определить усилие F для удержания крышки в закрытом положении. Принять плотность бензина $\rho_{бенз} = 720$ кг/м³.

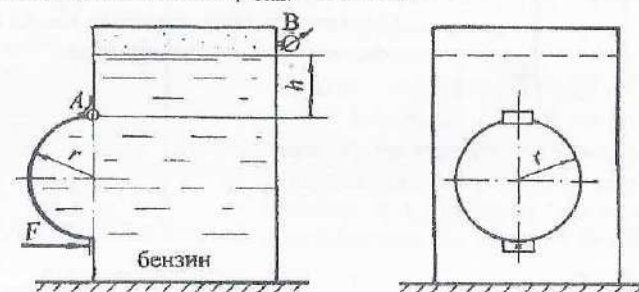


Рис. 3.23

Вариант	r , м	h , м	$p_{вак}$, ат
а	0,6	1,2	0,050
б	0,5	1,1	0,043
в	0,6	1,4	0,058

Задача 3.24

Определить силу давления бензина на полусферическое дно закрытого цилиндрического резервуара диаметром D (рис. 3.24), если показание манометра, установленного на высоте h от оси полусферы, равно $p_{ман}$. Плотность бензина $\rho = 750$ кг/м³.

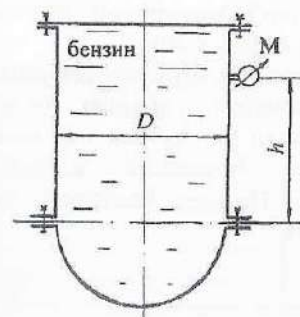


Рис. 3.24

Вариант	D , м	h , м	$p_{ман}$, ат
а	0,8	1,0	0,12
б	0,6	0,8	0,09
в	1,0	1,1	0,06

Задача 3.25

Закрытый цилиндрический резервуар диаметром D с полусферическим дном заполнен трансформаторным маслом плотностью $\rho_{мас} = 880 \text{ кг/м}^3$ (рис. 3.25).

Глубина заполнения резервуара равна H .

На поверхности масла действует вакуумметрическое давление $p_{вак}$.

Определить силу давления масла на полусферическое дно резервуара.



Рис. 3.25

Вариант	D , м	H , м	$p_{вак}$, ат
а	1,2	1,8	0,07
б	1,0	1,6	0,06
в	0,8	1,5	0,05

Задача 3.26

В закрытом резервуаре, заполненном водой, круглое отверстие в верхней плоской стенке закрыто полусферической крышкой радиусом r (рис. 3.26).

Определить отрывающее усилие, воспринимаемое шестью болтами крышки, если на глубине h от оси полусферы показание манометра равно $p_{ман}$. Принять плотность воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

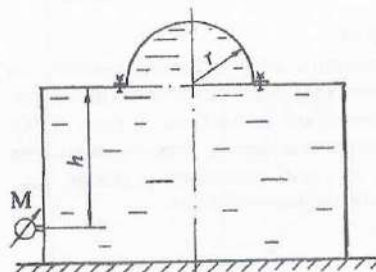


Рис. 3.26

Вариант	r , мм	h , м	$p_{ман}$, ат
а	300	1,0	0,24
б	400	1,2	0,22
в	300	1,2	0,25

Задача 3.27

Цилиндрический резервуар диаметром D , заполненный бензином плотностью $\rho_{бенз} = 750 \text{ кг/м}^3$, закрыт полусферической крышкой, закреплённой шестью болтами (рис. 3.27). Резервуар находится под давлением. Показание манометра на глубине h от оси крышки равно $p_{ман}$.

Определить величину и направление растягивающей силы, воспринимаемой болтами, соответствующей вертикальной силе давления на полусферическую крышку. Рассчитать горизонтальные силы, разрывающие полусферическую крышку по сечению 1-1, показать расстояние линий действия этих сил от оси полусферы.

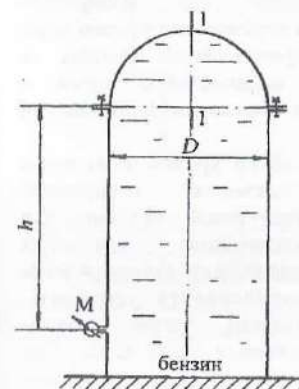


Рис. 3.27

Вариант	D , м	h , м	$p_{ман}$, ат
а	1,2	1,9	0,24
б	1,0	1,8	0,21
в	1,0	1,6	0,18

Задача 3.28

Определить усилие F , которое нужно приложить к полусферической крышке резервуара с водой (рис. 3.28) для удержания её в закрытом положении, если радиус полусферы r . Крышка крепится шарнирно в точке A на плоской верхней поверхности резервуара. Показание пьезометра, установленного на уровне шарнира, равно h , плотность воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

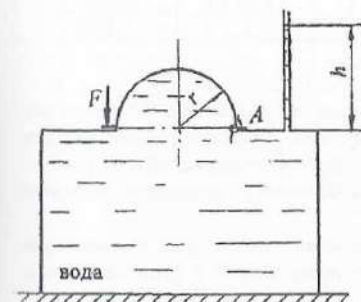


Рис. 3.28

Вариант	r , мм	h , м
а	200	0,6
б	300	0,7
в	400	0,8

Задача 3.29

Водонапорный бак оборудован устройством для ограничения уровня воды в виде полусферического клапана A диаметром d , соединённого тягой с цилиндрическим поплавком B диаметром D (рис. 3.29).

При повышении уровня воды выше предельного значения погружение поплавка достигает такой величины, при которой выталкивающая сила для поплавка превышает силу давления воды на клапан и силу тяжести устройства. Клапан открывается, через донное отверстие сбрасывается часть воды. При снижении уровня воды клапан закрывается.

Определить расстояние h от дна резервуара до низа поплавка, при котором будет обеспечена глубина заполнения H .

Сила тяжести устройства равна G .

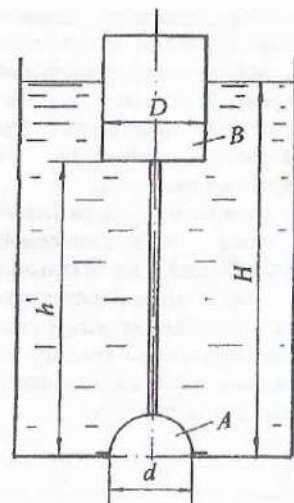


Рис. 3.29

Вариант	d , мм	D , мм	H , м	G , Н
а	150	400	4,0	125
б	200	500	4,5	200
в	250	500	4,7	250

Задача 3.30

В закрытом резервуаре, заполненном водой, круглое боковое отверстие в вертикальной плоской стенке закрыто конусной крышкой диаметром d и длиной l . Крышка крепится болтами и входит внутрь резервуара (рис. 3.30).

На высоте h от оси крышки установлен манометр, показание которого равно $p_{\text{ман}}$.

Определить равнодействующую давления воды на коническую крышку, показать её линию действия, точку приложения и угол наклона к горизонту. Массу крышки не учитывать.

Плотность воды $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$. Чертёж представить в масштабе.

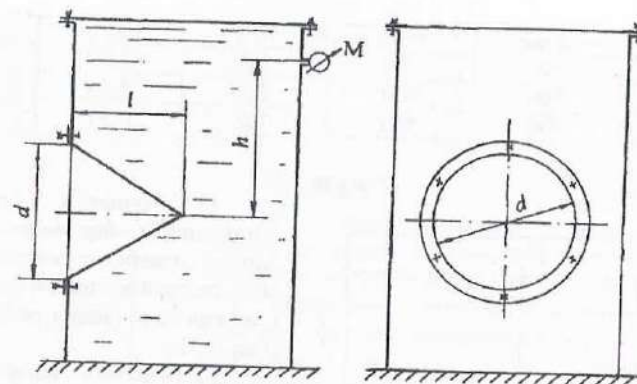


Рис. 3.30

Вариант	d , мм	l , мм	h , м	$p_{\text{ман}}$, ат
а	600	500	0,7	0,08
б	500	400	0,8	0,06
в	400	350	0,6	0,05

Задача 3.31

Резервуар, заполненный маслом, имеет донное круглое отверстие диаметром d , которое перекрывается коническим клапаном высотой h (рис. 3.31).

Определить силу натяжения троса T , необходимую для открытия клапана, если глубина заполнения резервуара H , абсолютное давление на поверхности масла равно $p_{\text{абс}}$. Масса клапана M . Трение в ролике B не учитывать. Принять плотность масла $\rho_{\text{масл}} = 900 \text{ кг/м}^3$.

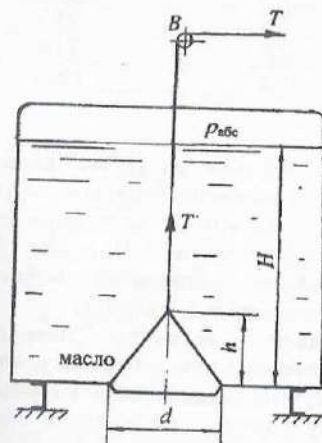


Рис. 3.31

Вариант	d , мм	h , мм	H , м	$p_{\text{абс}}$, ат	M , кг
а	400	300	1,2	1,09	5,0
б	500	400	1,1	1,09	6,0
в	400	300	1,6	0,91	5,0

Задача 3.32

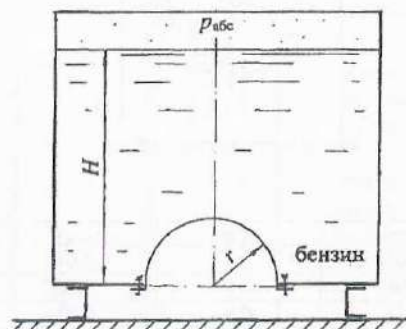


Рис. 3.32

В закрытом резервуаре, заполненном бензином, круглое донное отверстие закрыто полусферической крышкой радиусом r . Глубина заполнения резервуара H (рис. 3.32).

Определить величину, направление и точку приложения силы давления бензина на полусферическую поверхность при условии, что абсолютное давление на поверхности бензина равно $p_{\text{абс}}$. Принять плотность бензина $\rho_{\text{бенз}} = 720 \text{ кг/м}^3$.

Вариант	r , мм	H , м	$p_{\text{абс}}$, кПа
а	300	2,0	91,3
б	300	2,0	81,8
в	400	1,2	102,2

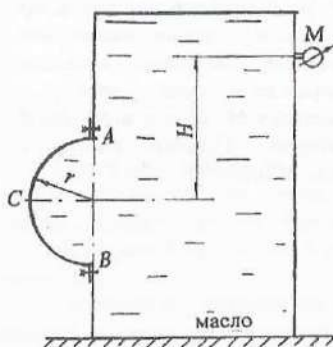


Рис. 3.33

Задача 3.33

В боковой плоской стенке закрытого резервуара, заполненного маслом, круглое отверстие закрыто полусферической крышкой ACB радиусом r . На высоте H от оси полусферы установлен манометр, показание которого $p_{\text{ман}}$ (рис. 3.33).

Определить величину равнодействующей давления масла на крышку, линию действия её, угол наклона силы к горизонту и глубину точки приложения силы. Плотность масла $\rho_{\text{масл}} = 900 \text{ кг/м}^3$.

Чертёж представить в масштабе.

Вариант	r , мм	H , м	$p_{\text{ман}}$, ат
а	300	0,5	0,090
б	400	0,6	0,081
в	300	0,6	0,072

Задача 3.34

В боковой плоской стенке закрытого резервуара установлена полусферическая крышка, входящая внутрь резервуара (рис. 3.34).

Определить равнодействующую давления бензина на полусферическую крышку ACB радиусом r , показать линию действия силы, рассчитать угол наклона силы к горизонту и глубину точки приложения силы к криволинейной поверхности.

На уровне нижней кромки крышки показание манометра равно $p_{\text{ман}}$. Принять плотность бензина $\rho_{\text{бенз}}$.

Чертёж представить в масштабе.

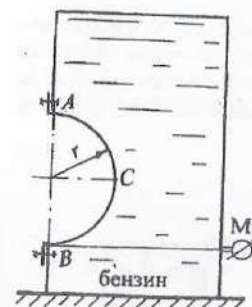


Рис. 3.34

Вариант	r , мм	$p_{\text{ман}}$, ат	$\rho_{\text{бенз}}$, кг/м ³
а	300	0,09	750
б	400	0,12	740
в	400	0,15	720

Задача 3.35

Определить минимальную толщину δ стенок стального трубопровода диаметром d (рис. 3.35), находящегося под избыточным давлением p . Допускаемое напряжение для стали принять σ_{adm} .

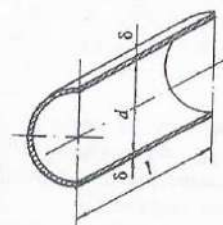


Рис. 3.35

Вариант	d , мм	p , ат	σ_{adm} , МПа
а	600	28,0	137
б	600	30,0	160
в	500	26,0	140

Задание 4

РАСЧЁТ ПРОСТЫХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Задача 4.1

Из магистрального трубопровода бензин по трубе диаметром d и длиной l подаётся в бензохранилище. Уровень бензина в бензохранилище ниже оси трубы на величину h (рис. 4.1).

Определить показание манометра M ($p_{\text{ман}}$) в начале трубопровода для обеспечения пропускной способности Q . На трубе установлена задвижка Лудло со степенью открытия a/d . Принять шероховатость трубы Δ . Плотность бензина $\rho_{\text{бенз}} = 750 \text{ кг/м}^3$; коэффициент кинематической вязкости бензина $\nu_{\text{бенз}} = 0,85 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

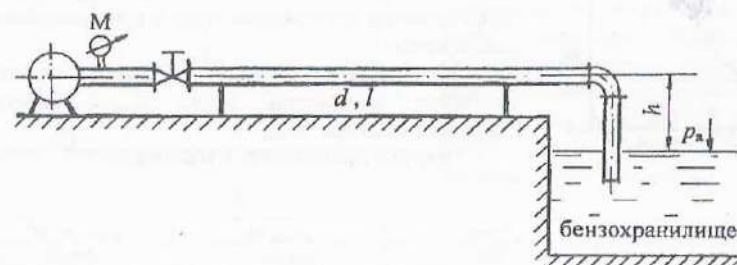


Рис. 4.1

Вариант	d , мм	l , м	h , м	Q , л/с	a/d	Δ , мм
а	100	150,0	0,4	6,0	3/4	0,5
б	100	120,0	0,5	6,3	5/8	0,5
в	125	150,0	0,5	10,0	3/4	0,6

Задача 4.2

Из закрытого резервуара с избыточным давлением на поверхности масла, соответствующим показанию манометра $p_{\text{ман}}$, трансформаторное масло подаётся в открытый отстойник по трубе диаметром d и длиной l (рис. 4.2). На трубе установлен пробковый кран с углом закрытия α .

Определить, какой должна быть разность уровней масла в баке и отстойнике (H) для обеспечения пропускной способности трубопровода Q .

Принять плотность масла $\rho_{\text{масл}} = 884 \text{ кг/м}^3$; коэффициент кинематической вязкости масла $\nu_{\text{масл}} = 30 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

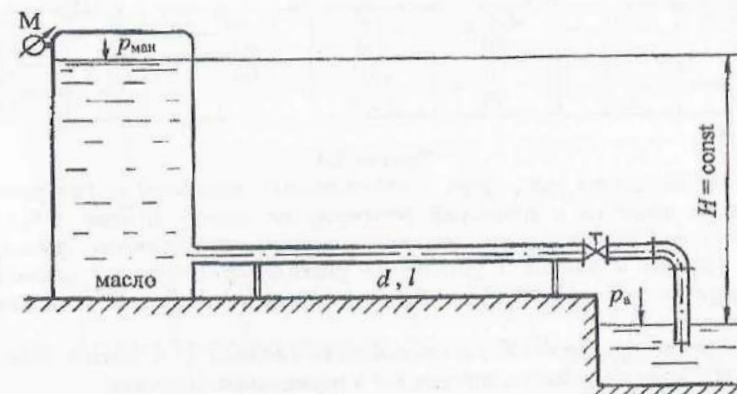


Рис. 4.2

Вариант	$p_{\text{ман}}$, ат	d , мм	l , м	α , град	Q , л/с
а	0,11	50	60,0	30	2,5
б	0,26	50	80,0	40	2,5
в	0,12	50	70,0	30	2,3

Задача 4.3

Определить расход воды Q из дозаторного резервуара A в резервуар B (рис. 4.3) при постоянном напоре H по двум трубам диаметром и длиной: d_1, l_1 и d_2, l_2 соответственно.

Трубы водопроводные нормальные. На середине трубы диаметром d_2 установлен пробковый кран с углом закрытия α .

Учесть потери напора в местных сопротивлениях на входе и выходе трубопроводной системы, а также при внезапном расширении трубопровода. Построить напорную и пьезометрическую линии, показать эпюру потерь напора.

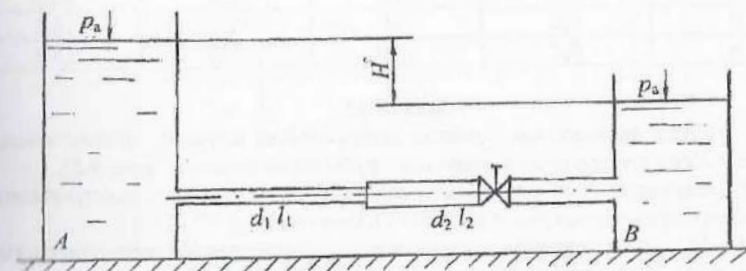


Рис. 4.3

Вариант	H , м	d_1 , мм	l_1 , м	d_2 , мм	l_2 , м	α , град
а	2,5	50	5,0	100	8,0	40
б	3,2	50	15,0	100	30,0	30
в	2,8	50	10,0	75	16,0	40

Задача 4.4

Из закрытого резервуара с избыточным давлением на поверхности $p_{\text{ман}}$ вода подаётся в открытый резервуар на высоту H (рис. 4.4). Для определения расхода воды на магистральном трубопроводе диаметром $d_1 = 100$ мм и длиной l установлен расходомер Вентури с диаметром цилиндрической вставки $d_2 = 50$ мм. Разность показаний пьезометров расходомера h .

Определить пропускную способность системы Q и высоту подъёма воды H . Считать трубы водопроводные в нормальных условиях.

Учесть потери напора во всех местных сопротивлениях, принимая коэффициент сопротивления вентиля $\zeta_{\text{вент}}$. Потерями напора в расходомере можно пренебречь.

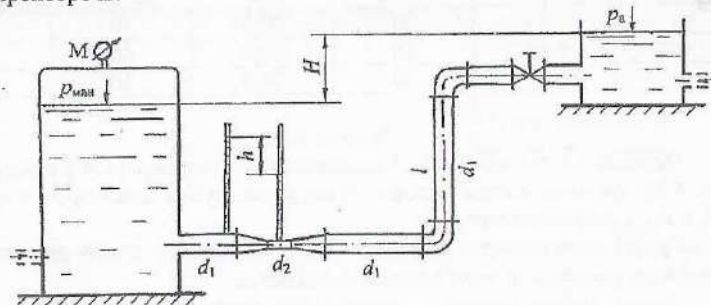


Рис. 4.4

Вариант	$p_{\text{ман}}$, ат	l , м	h , мм	$\zeta_{\text{вент}}$
а	0,8	100	620	14,5
б	0,9	120	600	16,5
в	0,7	110	550	15,7

Задача 4.5

Из бака с постоянным напором вода подаётся в зумпф, уровень воды в котором также постоянный и ниже оси трубы на величину h (рис. 4.5).

Определить напор воды H в баке, чтобы расход воды, пропускаемый по трубопроводу диаметром d и длиной l , был равен Q .

Труба водопроводная, чугунная с абсолютной шероховатостью Δ . В системе установлен пробковый кран с углом закрытия α .

Плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м³; коэффициент кинематической вязкости воды $\nu = 1 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

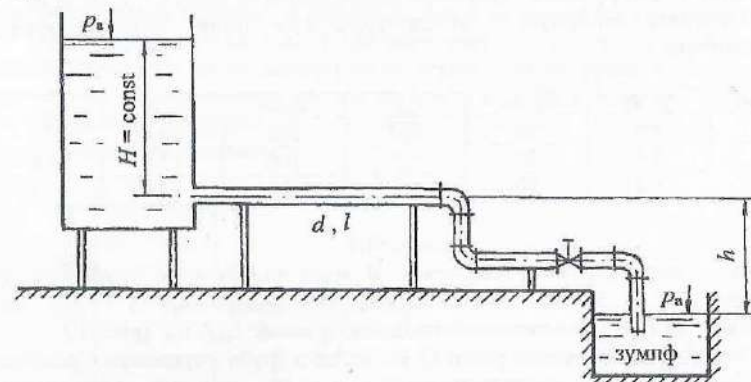


Рис. 4.5

Вариант	h , м	d , мм	l , м	Q , л/с	Δ , мм	α , град
а	2,0	100	80,0	14,0	1,0	30
б	2,2	100	60,0	12,0	1,2	40
в	1,8	75	70,0	6,6	1,0	30

Задача 4.6

При постоянном напоре вода по двум трубам подаётся из резервуара А в резервуар В (рис. 4.6).

Определить разность уровней воды в резервуарах H при расходе Q . Диаметры и длины труб соответственно: d_1 , l_1 и d_2 , l_2 , абсолютная шероховатость труб: $\Delta_1 = \Delta_2 = 0,5$ мм. На трубе диаметром d_1 на расстоянии $(1/3)l_1$ от входа в трубу установлен вентиль с коэффициентом сопротивления, равным $\zeta_{\text{вент}}$.

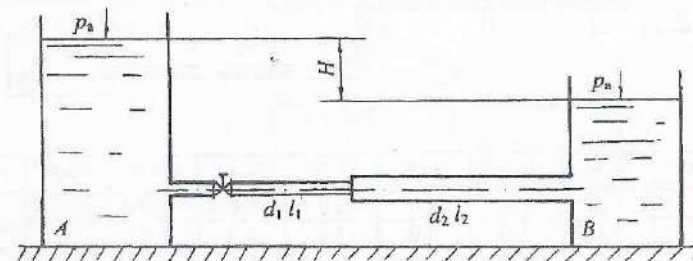


Рис. 4.6

Учесть потери напора в местных сопротивлениях: на входе и выходе трубопровода, а также при внезапном расширении.

Принять коэффициент кинематической вязкости воды $\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Построить напорную и пьезометрическую линии, показать эпюру потерь напора.

Вариант	$Q, \text{ л/с}$	$d_1, \text{ мм}$	$l_1, \text{ м}$	$d_2, \text{ мм}$	$l_2, \text{ м}$	$\zeta_{\text{вент}}$
а	6,0	50	6,0	100	10,0	4,5
б	5,0	50	7,5	100	15,0	4,0
в	4,2	50	6,0	75	12,0	5,2

Задача 4.7

Из резервуара A в резервуар B вода подаётся по трубопроводу диаметром $d = 50 \text{ мм}$ с абсолютной шероховатостью $\Delta = 0,5 \text{ мм}$, состоящему из трёх участков соответственно длиной: l_1, l_2 и l_3 (рис. 4.7).

Расход воды в системе равен Q . На входе в трубу установлена решётка без обратного клапана, на первом участке стоит вентиль с коэффициентом сопротивления $\zeta_{\text{вент}}$. Напор воды в резервуаре $A - H_1$, в резервуаре $B - H_2$.

Определить показание манометра $p_{\text{ман}2}$ на поверхности воды в резервуаре B , если показание манометра на поверхности воды в резервуаре A равно $p_{\text{ман}1}$. Кинематический коэффициент вязкости воды $\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Построить напорную и пьезометрическую линии, показать эпюру потерь напора.

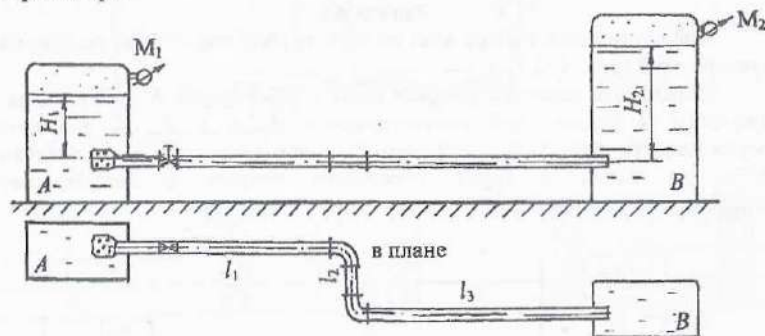


Рис. 4.7

Вариант	$l_1, \text{ м}$	$l_2, \text{ м}$	$l_3, \text{ м}$	$Q, \text{ л/с}$	$\zeta_{\text{вент}}$	$H_1, \text{ м}$	$H_2, \text{ м}$	$p_{\text{ман}1}, \text{ ат}$
а	5,0	4,0	6,0	2,5	5,0	1,5	2,5	0,45
б	6,0	5,0	8,0	2,7	6,5	1,2	2,3	0,55
в	6,0	4,0	8,0	2,6	6,0	1,3	2,4	0,60

Задача 4.8

Из напорного бака с постоянным напором H вода подаётся в зумпф по двум трубам диаметрами и длиной d_1, l_1 и d_2, l_2 соответственно (рис. 4.8).

Определить расход воды в трубопроводе и скорости движения воды в каждой трубе. На трубе диаметром d_1 установлен пробковый кран с углом закрытия α . Учесть потери напора на входе в трубу с острыми кромками, при внезапном сужении $\zeta_{\text{в.с.}}$, а также в колене на выходе. Трубы водопроводные нормальные.

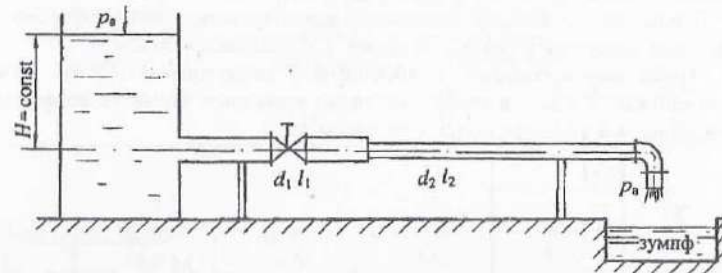


Рис. 4.8

Вариант	$H, \text{ м}$	$d_1, \text{ мм}$	$l_1, \text{ м}$	$d_2, \text{ мм}$	$l_2, \text{ м}$	α	$\zeta_{\text{в.с.}}$
а	3,0	100	5,0	50	8,0	40°	0,38
б	2,8	100	6,0	50	10,0	30°	0,36
в	3,2	75	8,0	50	12,0	30°	0,30

Задача 4.9

С помощью насоса вода подаётся в напорный бак на высоту H , по трубе диаметром d , длиной l (рис. 4.9). Показание манометров: в начале трубопровода $p_{\text{ман}1}$, в конце - $p_{\text{ман}2}$.

Определить, при каком коэффициенте сопротивления пробкового крана $\zeta_{\text{кр}}$ будет обеспечен расход Q .

Абсолютная шероховатость трубы Δ ; коэффициент кинематической вязкости воды $\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

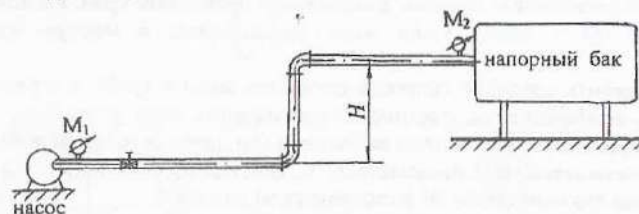


Рис. 4.9

Вариант	d , мм	l , м	Δ , мм	H , м	Q , л/с	$p_{ман1}$, ат	$p_{ман2}$, ат
а	100	80,0	0,5	6,0	6,0	1,5	0,75
б	100	60,0	1,0	5,0	7,0	1,7	0,55
в	50	30,0	0,5	4,0	2,5	1,6	0,65

Задача 4.10

При закрытом кране на трубопроводе диаметром d и длиной l показание манометра перед краном $p_{ман}$ (рис. 4.10).

Определить показание манометра при открытом кране, если слив воды происходит в мерную ёмкость. За время t наполняется объём W .

Труба водопроводная с абсолютной шероховатостью Δ . Учёт потерь напора на входе в трубу с острыми кромками. Принять коэффициент кинематической вязкости воды $\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

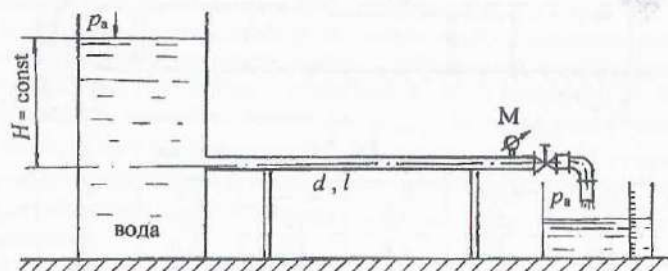


Рис. 4.10

Вариант	d , мм	l , м	Δ , мм	$p_{ман}$, ат	t , с	W , л
а	50	10,0	1,0	0,18	30	70,5
б	50	12,0	1,0	0,21	38	82,0
в	75	20,0	0,5	0,20	20	88,0

Задача 4.11

На водопроводной трубе диаметром $d = 50$ мм установлены три местных сопротивления: вентиль, диафрагма и пробковый кран. Расход воды постоянный ($Q = \text{const}$). Слив воды производится в мерную ёмкость (рис. 4.11).

Определить среднюю скорость движения воды в трубе v и расход Q . Рассчитать коэффициенты местных сопротивлений всех устройств, кроме этого, для пробкового крана угол закрытия α (см. приложение, табл. 4).

Разности показаний пьезометров: у вентиль h_v ; диафрагмы h_d ; крана $h_{кр}$. В мерной ёмкости объём W наполняется за время t .

Взаимное влияние местных сопротивлений и потерь напора по длине трубы не учитывать.

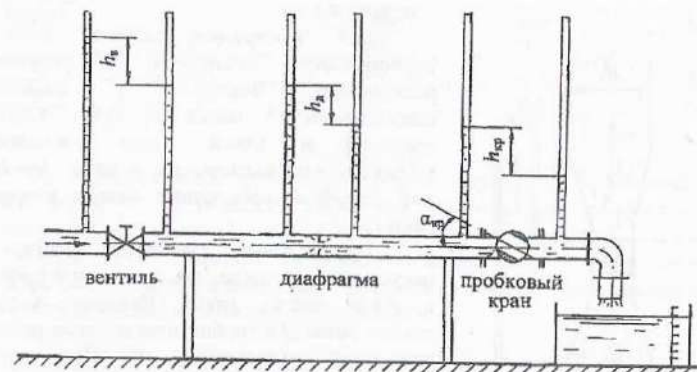


Рис. 4.11

Вариант	h_v , см	h_d , см	$h_{кр}$, см	W , л	t , с
а	16,0	13,0	23,0	20,0	20,0
б	13,0	7,2	8,9	20,0	18,0
в	17,5	14,0	20,2	30,0	32,0

Задача 4.12

Определить показание U-образного спиртового манометра $h_{сп}$ установленного на трубе Вентури в вентиляционном трубопроводе при значении диаметров d_1 и d_2 , если расход воздуха Q . Принять плотность воздуха $\rho_{возд} = 1,23 \text{ кг/м}^3$; плотность спирта $\rho_{сп} = 820 \text{ кг/м}^3$. Коэффициент сопротивления трубы Вентури принять равным $\zeta_{вент}$ (рис. 4.12).

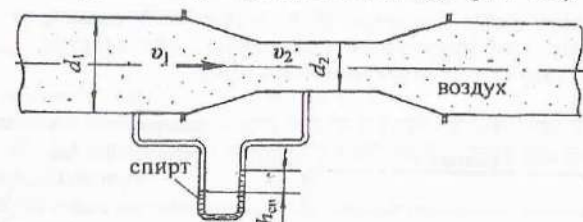


Рис. 4.12

Вариант	d_1 , мм	d_2 , мм	Q , л/с	$\zeta_{вент}$
а	100	50	78,5	0,20
б	100	50	62,8	0,30
в	75	50	44,2	0,25

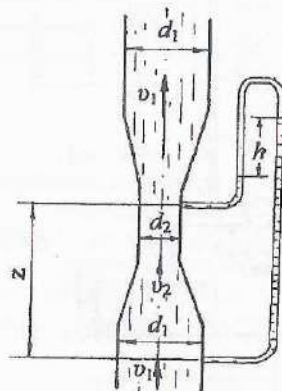


Рис. 4.13

Вариант	d_1 , мм	d_2 , мм	h , см
а	100	50	40
б	200	100	50
в	75	50	20

Задача 4.14

Для определения расхода воздуха в пневмотранспортной системе на входе в воздуховод установлен входной коллектор с плавным входом (рис. 4.14).

Определить расход воздуха Q в воздуховоде диаметром d , если показание чашечного микроманометра, заполненного спиртом, $l_{\text{сп}}$, учесть синус угла наклона трубки микроманометра ($\sin \alpha$).

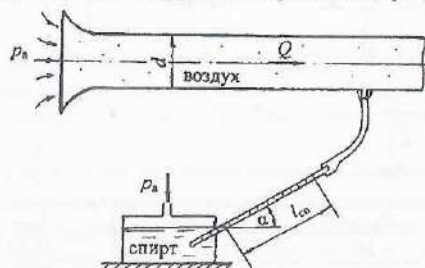


Рис. 4.14

Коэффициент сопротивления на входе в коллектор - $\zeta_{\text{вх}}$.

Принять плотности: воздуха $\rho_{\text{возд}} = 1,25 \text{ кг/м}^3$; спирта $\rho_{\text{сп}} = 890 \text{ кг/м}^3$.

Вариант	d , мм	$l_{\text{сп}}$, мм	$\sin \alpha$	$\zeta_{\text{вх}}$
а	100	125	0,4	0,1
б	100	150	0,4	0,2
в	75	180	0,6	0,2

Задача 4.15

На водопроводной трубе диаметром d_1 установлен пробковый кран с углом закрытия α , разность показаний пьезометров, соответствующая потерям напора в кране, $h_{\text{кр}}$ (рис. 4.15).

Определить разность показаний пьезометров h при внезапном расширении трубы до диаметра d_2 . Потерями напора по длине между краном и внезапным расширением можно пренебречь.

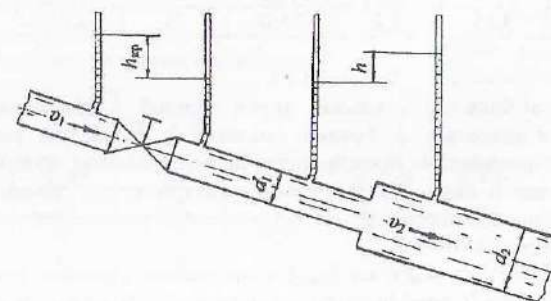


Рис. 4.15

Вариант	d_1 , мм	d_2 , мм	α , град	$h_{\text{кр}}$, см
а	50	100	20	45,0
б	50	100	30	90,0
в	50	75	30	80,0

Задача 4.16

Бензин из бензохранилища с помощью насоса подается в бензобак на высоту H . На поверхности бензина в бензобаке поддерживается вакуум $p_{\text{вак}}$ (рис. 4.16).

Определить, каким должно быть манометрическое давление ($p_{\text{ман}}$ в ат) на выходе из насоса при подаче Q , если транспортирование бензина происходит по стальной трубе длиной l , диаметром d с абсолютной шероховатостью Δ , на трубе установлена задвижка Лудло со степенью закрытия a/d , учесть потери напора в двух коленах и на выходе из трубы в бензобак.

Принять плотность бензина $\rho_{\text{бенз}} = 720 \text{ кг/м}^3$; коэффициент кинематической вязкости бензина $\nu_{\text{бенз}} = 0,65 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

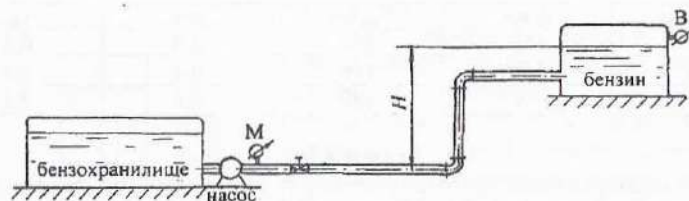


Рис. 4.16

Вариант	H , м	$p_{\text{вак}}$, ат	Q , л/с	l , м	d , мм	Δ , мм	a/d
а	5,0	0,16	2,4	30,0	50	0,05	5/8
б	5,5	0,18	2,5	40,0	50	0,06	3/4
в	4,8	0,15	5,2	25,0	75	0,05	5/8

Задача 4.17

Из напорного бака по стальной трубе длиной l , диаметром d с абсолютной шероховатостью Δ бензин подаётся в открытый резервуар (рис. 4.17). Транспортирование производится при постоянном напоре H . На поверхности бензина в баке действует вакуумметрическое давление $p_{\text{вак}}$. Пропускная способность системы Q . На трубопроводе установлен вентиль с коэффициентом сопротивления $\zeta_{\text{вент}}$.

Определить величину вакуума ($p_{\text{вак}}$) в бензобаке. Принять плотность бензина $\rho_{\text{бенз}} = 750 \text{ кг/м}^3$; коэффициент кинематической вязкости бензина $\nu_{\text{бенз}} = 0,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

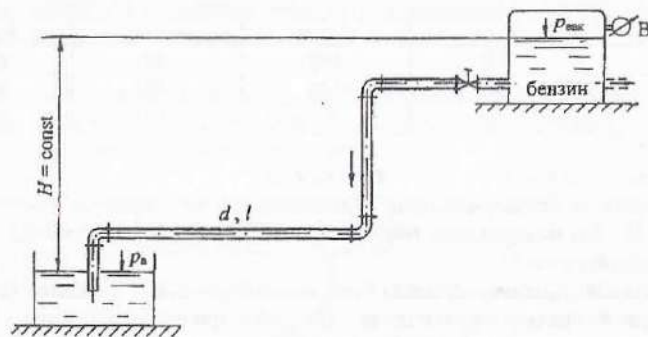


Рис. 4.17

Вариант	H , м	Q , л/с	l , м	d , мм	Δ , мм	$\zeta_{\text{вент}}$
а	5,0	2,5	30,0	50	0,15	8,0
б	5,5	2,4	25,0	50	0,15	10,0
в	6,0	5,0	35,0	75	0,10	12,0

Задача 4.18

Определить, на какой высоте h следует установить шестерённый насос системы смазки, подающий масло "Турбинное 22" при расходе Q по стальной трубе диаметром d и длиной l . Показание вакуумметра на входе в насос $p_{\text{вак}}$ (рис. 4.18).

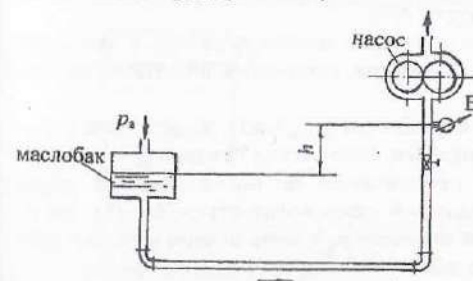


Рис. 4.18

Вариант	d , мм	l , м	Q , л/с	$p_{\text{вак}}$, ат	α , град	$\zeta_{\text{кол}}$	$\zeta_{\text{вк}}$
а	35	2,0	0,6	0,15	40	0,86	0,5
б	35	2,2	0,8	0,18	30	0,86	0,6
в	30	1,8	0,5	0,16	30	1,20	0,5

Задача 4.19

Определить предельную длину трубопровода диаметром d с абсолютной шероховатостью Δ , с помощью которого бензин может быть поднят на высоту H при пропускной способности Q , если показание манометра после насоса $p_{\text{ман}}$ (рис. 4.19). Истечение бензина происходит под уровень. Учесть потери напора в пробковом кране при угле закрытия α , трёх коленах и на выходе из трубы в резервуар больших размеров.

Принять плотность бензина $\rho_{\text{бенз}} = 720 \text{ кг/м}^3$, коэффициент кинематической вязкости бензина $\nu_{\text{бенз}} = 0,65 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

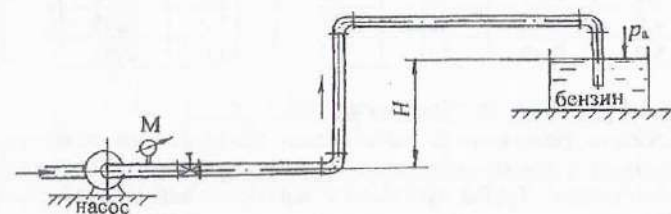


Рис. 4.19

Вариант	d , мм	Δ , мм	H , м	Q , л/с	$p_{\text{ман}}$, ат	α , град
а	100	0,10	15,5	8,0	1,2	30
б	100	0,12	16,0	7,8	1,3	40
в	75	0,08	13,0	4,4	1,1	40

Задача 4.20

Бензин из бензохранилища с помощью насоса подаётся в закрытый бензобак на высоту H . Показание манометра, установленного после насоса, $p_{\text{ман}}$ (рис. 4.20).

Определить показание мановакуумметра ($p_{\text{м.в.}}$ в ат), измеряющего давление на поверхности бензина в бензобаке, если расход бензина Q .

Транспортирование бензина производится по новой стальной трубе длиной l , диаметром d с абсолютной шероховатостью Δ . На трубе установлен пробковый кран с углом закрытия α . Учесть потери напора в трёх коленах и на выходе из трубы в бензобак.

Принять плотность бензина $\rho_{\text{бенз}} = 720 \text{ кг/м}^3$; коэффициент кинематической вязкости бензина $\nu_{\text{бенз}} = 0,65 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

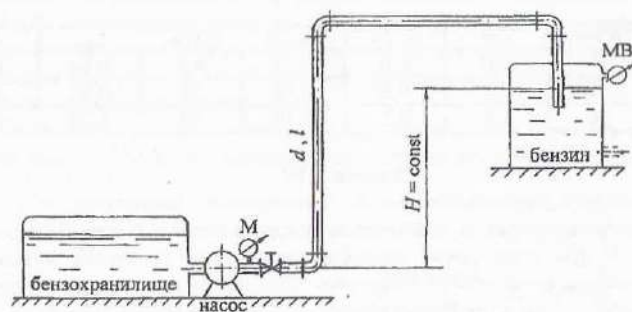


Рис. 4.20

Вариант	H , м	$p_{\text{ман}}$, ат	Q , л/с	d , мм	l , м	Δ , мм	α , град
а	4,2	0,31	2,5	50	30,0	0,06	30
б	4,5	0,32	2,4	50	35,0	0,05	40
в	5,0	0,30	5,0	75	40,0	0,05	30

Задача 4.21

Из закрытого резервуара с избыточным давлением на поверхности ($p_{\text{ман}}$) вода истекает в атмосферу по двум трубам диаметрами d_1 и d_2 и длиной l_1 и l_2 соответственно. Трубы чугунные с эквивалентной шероховатостью $\Delta_1 = \Delta_2 = 1,35 \text{ мм}$. Действующий напор воды постоянный H (рис. 4.21).

Определить показание манометра $p_{\text{ман}}$ при пропускной способности Q . Учесть потери напора в местных сопротивлениях: на входе в трубу, при внезапном сужении с коэффициентом сопротивления $\zeta_{\text{в.с.}}$; в пробковом кране с углом закрытия α , установленном на середине второй трубы. Коэффициент кинематической вязкости воды $\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Построить напорную, пьезометрическую линии, эпюру потерь напора.

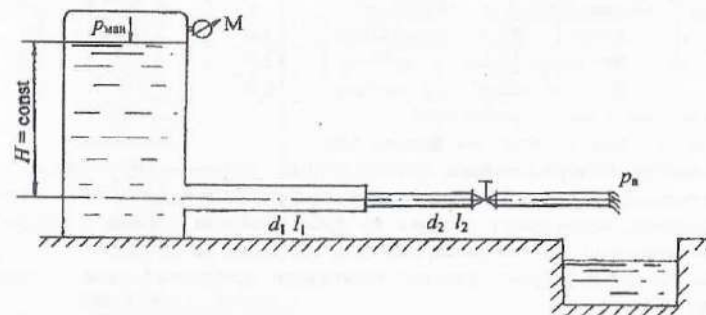


Рис. 4.21

Вариант	d_1 , мм	l_1 , м	d_2 , мм	l_2 , м	H , м	Q , л/с	$\zeta_{\text{в.с.}}$	α , град
а	75	10,0	50	8,0	6,0	9,0	0,32	20
б	75	12,0	50	10,0	4,0	8,7	0,30	30
в	100	15,0	75	12,0	3,0	12,0	0,22	30

Задача 4.22

Из открытого резервуара по двум трубам диаметрами d_1 и d_2 и длиной l_1 и l_2 вода истекает в атмосферу (рис. 4.22). Движение воды происходит при постоянном напоре H . На расстоянии $l_1/3$ от входа в первую трубу установлена задвижка Лудло со степенью открытия a/d .

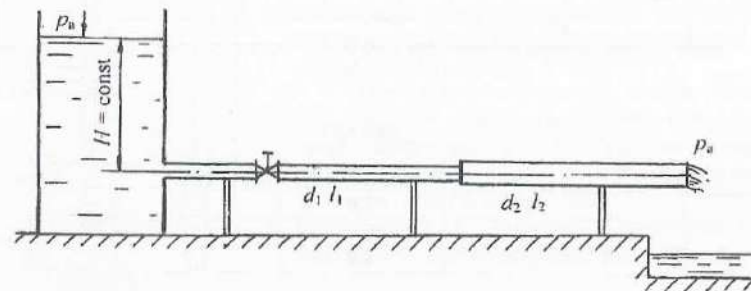


Рис. 4.22

Определить расход воды Q в системе, принимая трубы водопроводные в нормальных условиях. Учесть потери напора на входе в первую трубу, в задвижке Лудло, а также при внезапном расширении.

Построить напорную и пьезометрическую линии, показать эпюру потерь напора.

Вариант	d_1 , мм	l_1 , м	d_2 , мм	l_2 , м	H , м	a/d
а	75	18,0	100	15,0	8,0	3/4
б	50	15,0	75	12,0	6,0	3/8
в	50	12,0	100	16,0	7,0	3/8

Задача 4.23

Вода из напорного бака с постоянным напором ($H = \text{const}$) по горизонтальной трубе диаметром d вытекает в атмосферу (рис. 4.23). Труба водопроводная нормальная состоит из трёх участков длиной l каждый. Участки разделены пьезометрами, разность показаний которых Δh .

На середине второго участка установлен пробковый кран с углом закрытия α .

Определить действующий напор H и расход воды Q . Потерями напора при входе в трубу пренебречь.

Построить пьезометрическую линию и линию полного напора, показать эпюру потерь напора.

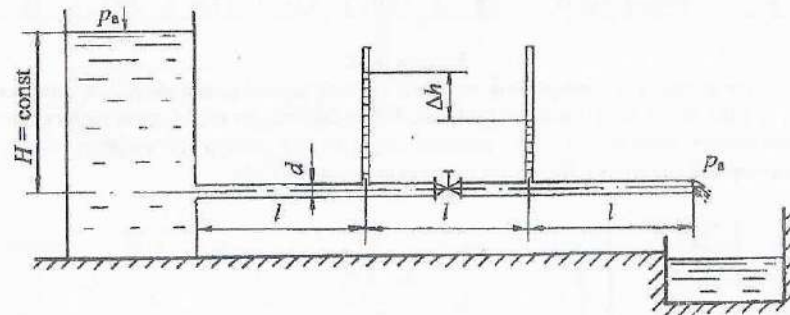


Рис. 4.23

Вариант	d , мм	l , м	Δh , м	α , град
а	50	5,0	1,9	30
б	50	6,0	1,8	30
в	75	8,0	1,7	40

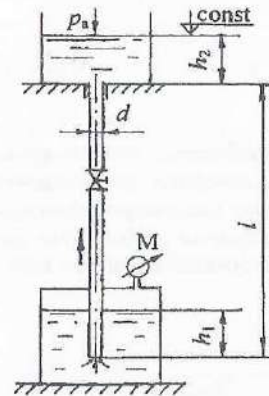


Рис. 4.24

Вариант	d , мм	l , м	Q , л/с	$\zeta_{\text{вент}}$
а	50	4,0	3,2	7,0
б	50	5,0	3,0	6,0
в	75	6,0	6,8	8,0

Задача 4.25

Из открытого резервуара с глубиной наполнения h вода истекает в атмосферу по вертикальной трубе длиной l (рис. 4.25).

Определить диаметр трубы d для пропуска расхода Q . Уровень воды в резервуаре постоянный, скоростным напором на поверхности воды в резервуаре пренебречь. Считать трубу водопроводной в нормальных условиях.

Методические указания: задача решается методом подбора диаметров: принимаются диаметры по ГОСТу, например, $d_1 = 100$ мм; $d_2 = 75$ мм; $d_3 = 50$ мм, рассчитывается действующий напор $H = h + l$, сравнивается с заданным значением и выбирается наиболее приемлемый вариант.

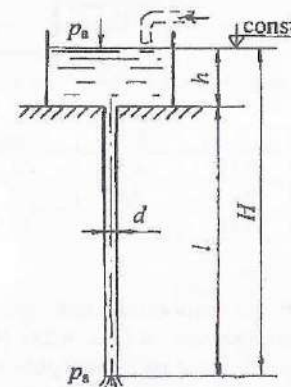


Рис. 4.25

Вариант	h , м	l , м	Q , л/с
а	1,0	5,0	9,1
б	1,5	5,5	9,5
в	1,2	5,3	9,3

Задача 4.26

Из напорного бака с избыточным давлением на поверхности $p_{\text{ман}}$ вода подаётся в зумпф по нормальной водопроводной трубе диаметром d , длиной l (рис. 4.26). На расстоянии l_1 показание манометра равно $p_{\text{ман}1}$. В системе установлен пробковый кран с углом закрытия α . Потерями напора при входе в трубу пренебречь. Уровень воды в зумпфе ниже оси трубы на величину h .

Определить напор воды в баке H и расход Q .

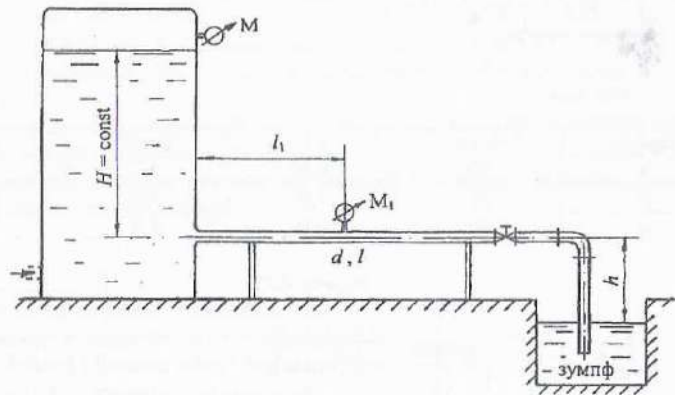


Рис. 4.26

Вариант	$p_{\text{ман}1}$, ат	d , мм	l , м	l_1 , м	$p_{\text{ман}}$, ат	h , м	α , град
а	0,13	50	20,0	8,0	0,19	0,5	20
б	0,14	50	22,0	10,0	0,21	0,6	30
в	0,12	75	25,0	10,0	0,18	0,7	30

Задача 4.27

Истечение воды в атмосферу происходит по горизонтальной трубе диаметром d , длиной l при постоянном напоре в резервуаре H (рис. 4.27). На расстоянии $l/3$ от входа в трубу установлен пьезометр, показание которого h .

Определить расход воды Q , л/с, и коэффициент гидравлического сопротивления λ . Потерями на входе в трубу пренебречь.

Построить пьезометрическую линию и линию полного напора, показать эпюру потерь напора.

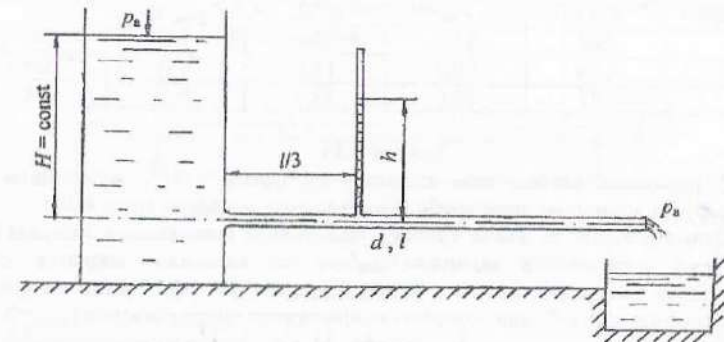


Рис. 4.27

Вариант	d , мм	l , м	H , м	h , м
а	50	12,0	4,0	2,4
б	50	6,0	3,6	2,2
в	75	30,0	3,2	2,0

Задача 4.28

Из водоёма с помощью центробежного насоса вода подаётся на горное предприятие (рис. 4.28).

Определить высоту расположения оси центробежного насоса над уровнем воды в водоёме $h_{\text{нас}}$, если расход воды Q , диаметр трубы d , длина l , вакуумметрическое давление на входе в насос $p_{\text{вак}}$. На входе в трубу установлена сетка с обратным клапаном. Учесть потери напора в трёх коленах при угле $\alpha = 90^\circ$ и в задвижке Лудло со степенью закрытия a/d . Считать трубу водопроводной загрязнённой.

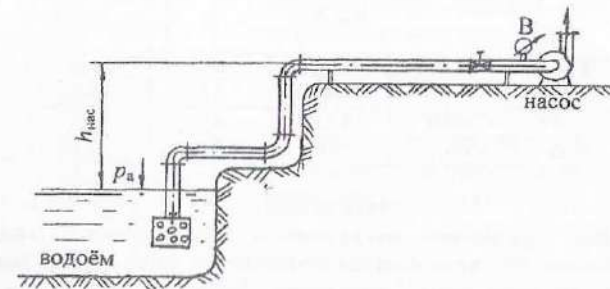


Рис. 4.28

Вариант	d , мм	l , м	Q , л/с	$p_{\text{вхл}}$, ат	a/d
а	200	25,0	30,0	0,5	5/8
б	150	20,0	18,0	0,6	3/4
в	125	20,0	13,0	0,5	5/8

Задача 4.29

С помощью насоса вода подаётся на высоту H с истечением в атмосферу по водопроводной трубе в нормальных условиях (рис. 4.29).

Диаметр трубы d , длина трубы l , пропускная способность системы Q . В системе установлена задвижка Лудло со степенью закрытия a/d . Трубопровод имеет два колена с углом поворота $\alpha = 90^\circ$ и одно колено с углом поворота $\alpha_1 = 60^\circ$, для которого коэффициент сопротивления $\zeta_{\text{кол}} = 0,7$.

Определить показание манометра M ($p_{\text{ман}}$), установленного после насоса, а также показание мановакуумметра MB ($p_{\text{м.в.}}$), установленного в верхней точке трубопровода на высоте h от выхода воды из трубопровода.

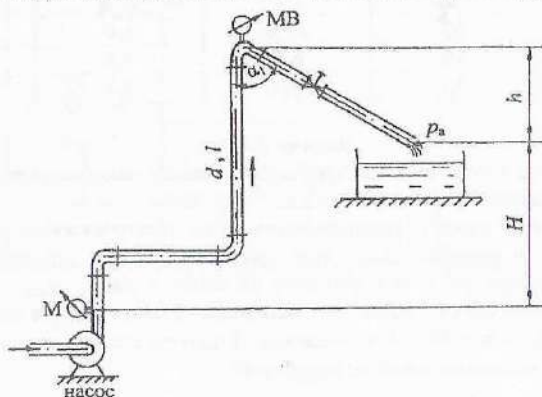


Рис. 4.29

Вариант	d , мм	l , м	H , м	h , м	Q , л/с	a/d
а	200	50,0	10,0	4,0	40,0	5/8
б	200	60,0	12,0	4,5	42,0	1/2
в	150	40,0	9,0	3,0	22,0	5/8

Задача 4.30

Для определения коэффициента кинематической вязкости ν масла "Турбинное 30" производится прокачка его через трубку диаметром d (рис. 4.30). На расстоянии l подключён U-образный ртутный манометр, показание которого $h_{\text{рт}}$. Расход масла Q , плотность масла $\rho_{\text{масл}} = 900 \text{ кг/м}^3$, плотность ртути $\rho_{\text{рт}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Предположить режим движения масла ламинарным. По окончании расчёта проверить режим движения.

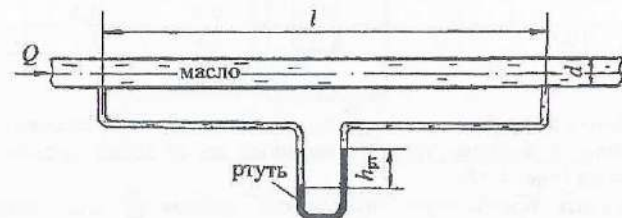


Рис. 4.30

Вариант	d , мм	l , м	$h_{\text{рт}}$, мм	Q , л/с
а	12,5	1,5	50	0,10
б	15,0	2,0	63	0,18
в	18,0	3,0	70	0,23

Задача 4.31

Из водонапорного бака A вода поступает в нижний зумпф B по двум трубам диаметрами и длиной d_1, l_1 и d_2, l_2 соответственно. Уровень воды в баке постоянный с глубиной наполнения h (рис. 4.31).

Определить расход воды Q , вытекающей из трубы, а также показание манометра M ($p_{\text{ман}}$) на расстоянии $l_1/2$. Считать трубы водопроводные в нормальных условиях. Коэффициент местного сопротивления при внезапном сужении принять равным $\zeta_{\text{в.с.}}$.

Методическое указание: следует дважды составить уравнение Бернулли: для сечения по свободной поверхности в баке и на выходе из второй трубы, затем по свободной поверхности в баке и в месте установки манометра.

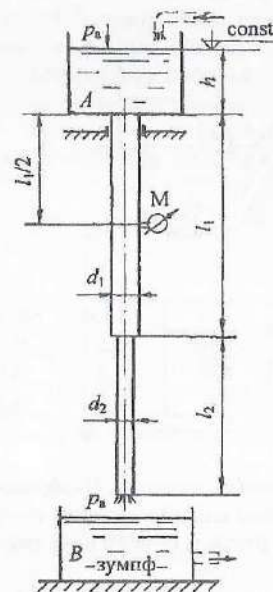


Рис. 4.31

Вариант	d_1 , мм	l_1 , м	d_2 , мм	l_2 , м	h , м	$\zeta_{в.с.}$
а	75	10,0	50	6,0	2,0	0,28
б	75	6,0	50	5,0	1,8	0,28
в	100	8,0	75	6,0	1,0	0,23

Задача 4.32

Сифонный водосброс диаметром d и длиной l сбрасывает воду из водохранилища в водоём, уровень которого на H ниже уровня воды в водохранилище (рис. 4.32).

Определить пропускную способность сифона Q , л/с, если труба водопроводная загрязнённая имеет водозаборную сетку с обратным клапаном, два колена: одно с углом закругления $\alpha_1 = 90^\circ$ и отношением $r/R_{закр.}$; второе без закругления с углом $\alpha_2 = 60^\circ$; вентиль с коэффициентом сопротивления $\zeta_{вент.}$ и выход из трубы в резервуар больших размеров. Рассчитать показание вакуумметра B ($p_{вак}$ в ат) в конце горизонтального участка сифона, если длина трубы до этого сечения l_1 , высота сифона $h_{сиф.}$.

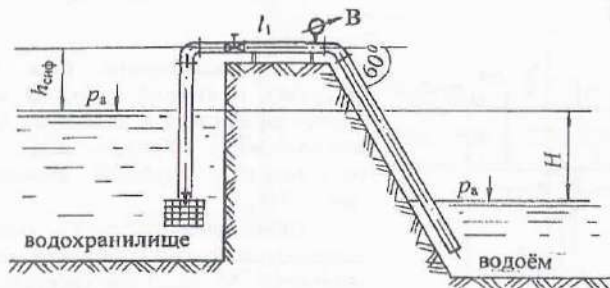


Рис. 4.32

Вариант	d , мм	l , м	H , м	$\zeta_{вент.}$	l_1 , м	$h_{сиф.}$, м	$r/R_{закр.}$
а	200	10,0	2,5	5,0	4,0	1,5	0,5
б	200	15,0	2,4	4,7	8,0	1,8	0,5
в	150	12,0	2,0	4,4	7,0	1,6	0,6

Задача 4.33

На горизонтальном трубопроводе на расстоянии l выведен U-образный дифференциальный пьезометр, заполненный ртутью для определения потерь напора по длине h_l (рис. 4.33). Разность уровней ртути в U-образной трубке h ; диаметр трубопровода d ; расход воды Q .

Определить коэффициент Дарси λ , вычислить гидравлический уклон I . Плотности жидкостей: воды $\rho = 10^3$ кг/м³; ртути $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³.

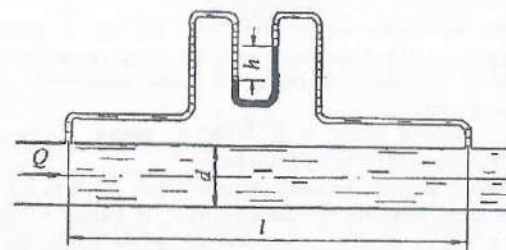


Рис. 4.33

Вариант	d , мм	l , м	h , мм	Q , л/с
а	100	40,0	70	9,0
б	100	30,0	60	8,6
в	75	25,0	50	4,4

Задача 4.34

В плотине сделан водоспуск в виде железобетонной трубы с весьма хорошей бетонировкой диаметром d и длиной l (рис. 4.34). Напор над водоспуском при истечении в атмосферу H .

Определить пропускную способность трубы Q , м³/с, при истечении в атмосферу, если труба имеет водозаборную сетку без обратного клапана.

Как изменится пропускная способность трубы, если за водосливом напор поднимется до величины, равной h .

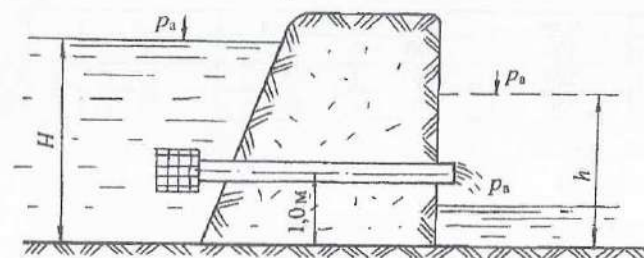


Рис. 4.34

Вариант	d , мм	l , м	H , м	h , м
а	800	5,0	4,0	2,5
б	700	6,0	3,5	2,0
в	600	5,0	2,5	1,8

Задача 4.35

Из водоёма по трубе диаметром d_1 и длиной l_1 вода подаётся в водоприёмник (рис. 4.35). Разность уровней воды в водоёме и в водоприёмнике равна H . Из водоприёмника по трубе диаметром d_2 и длиной l_2 вода поступает в зумпф.

Определить расход воды Q в системе, также величину разностей уровней воды h в водоприёмнике и зумпфе.

Принять трубы водопроводные загрязнённые. Учесть потери напора в сетках без обратного клапана, установленных на входе в трубы, а также потери напора в одном колене и на выходе воды из трубы в резервуар больших размеров.

Считать подачу воды при постоянных напорах.

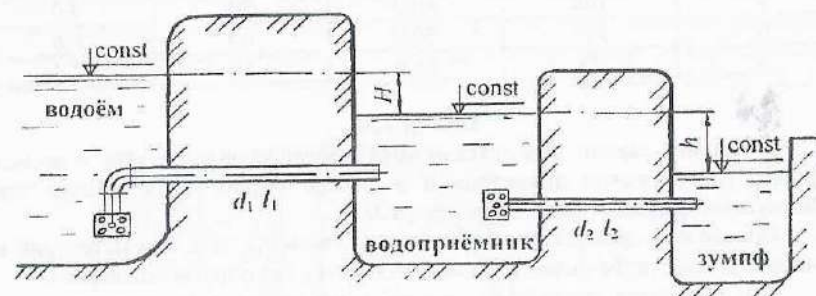


Рис. 4.35

Вариант	d_1 , мм	l_1 , м	d_2 , мм	l_2 , м	H , м
а	300	100	200	30	0,5
б	300	80	250	40	0,6
в	350	90	300	50	0,5

Задание 5

РАСЧЁТ СЛОЖНЫХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Задача 5.1

Из водонапорной башни A с отметкой уровня горизонта воды 20,0 м вода подаётся потребителям B и C с расходами Q_B и Q_C по трубам диаметром и длиной d_1, l_1 и d_2, l_2 соответственно (рис. 5.1).

Определить отметки в пунктах B и C , на уровне которых будут обеспечены заданные расходы. Построить пьезометрическую линию, показать эпюру потерь напора. Трубы водопроводные нормальные. Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 5 % от потерь по длине.

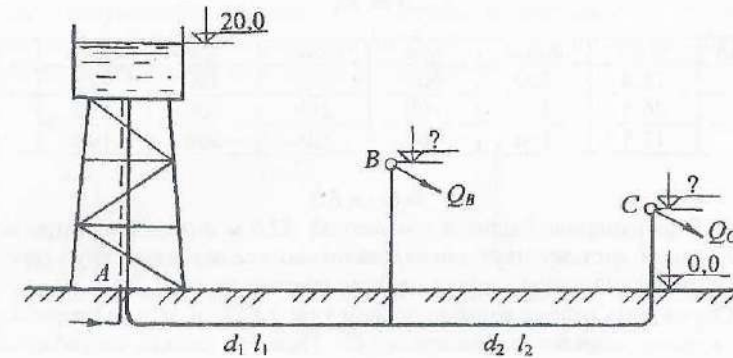


Рис. 5.1

Вариант	Q_B , л/с	Q_C , л/с	d_1 , мм	l_1 , м	d_2 , мм	l_2 , м
а	15,0	10,0	150	500	125	400
б	13,0	12,0	150	600	125	500
в	22,0	20,0	200	700	150	600

Задача 5.2

Из водонапорной башни A по трём последовательно соединённым трубам вода поступает в напорный бак D с отметкой горизонта воды 12,0 м (рис. 5.2). Расход воды в системе равен Q . Диаметры и длины участков трубопровода: d_1, l_1 ; d_2, l_2 ; d_3, l_3 . Система работает при постоянном напоре.

Определить отметку горизонта воды в водонапорной башне $H_{\text{баш}}$, а также напоры в пунктах B (H_B) и C (H_C). Построить пьезометрическую линию, показать эпюру потерь напора.

Трубы водопроводные нормальные. Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 10 % от потерь по длине.

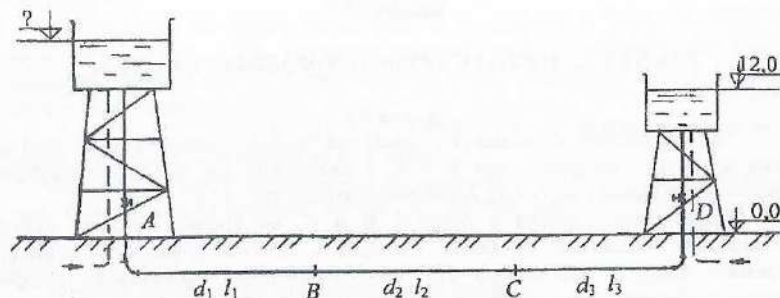


Рис. 5.2

Вариант	Q л/с	d_1 , мм	l_1 , м	d_2 , мм	l_2 , м	d_3 , мм	l_3 , м
а	18,4	200	600	150	500	125	400
б	26,5	250	700	200	600	150	500
в	11,5	150	600	125	500	100	400

Задача 5.3

Водонапорная башня A с отметкой 22,0 м питает два потребителя - B и C - через систему двух последовательно соединённых труб (рис. 5.3). Пьезометрический напор в конце первого участка равен h_p .

Определить расход воды на первом участке Q_1 и расход потребителя C (Q_C), а также отметку потребителя C . Принять расход потребителя B равным Q_B .

Диаметры и длины участков водопроводной системы соответственно равны d_1, l_1 и d_2, l_2 . Трубы водопроводные нормальные. Местные потери напора принять равными 5 % от потерь по длине. Построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора.

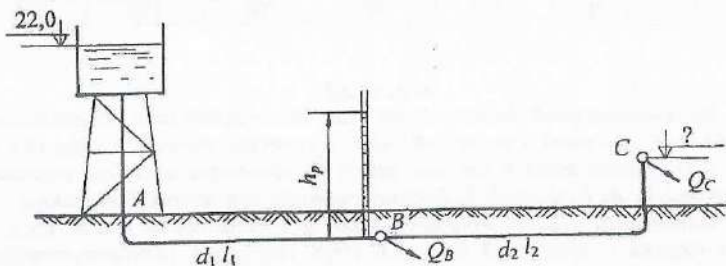


Рис. 5.3

Вариант	d_1 , мм	l_1 , м	d_2 , мм	l_2 , м	h_p	Q_B
а	150	600	125	500	15,0	10,0
б	150	500	125	400	13,0	11,0
в	200	700	150	600	17,0	10,0

Задача 5.4

Из водонапорного бака A с избыточным давлением на поверхности $p_{ман}$ по трём последовательно соединённым трубам вода подаётся потребителям B , C и D с одинаковыми расходами: $Q_B = Q_C = Q_D = Q$. У потребителя D - выход воды в атмосферу (рис. 5.4).

Определить расход воды на каждом участке трубы, диаметры и длины участков соответственно равны $d_1, l_1; d_2, l_2; d_3, l_3$. Действующий напор считать постоянным, равным H . Трубы водопроводные нормальные. Местные потери принять равными 10 % от потерь по длине. Построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора.

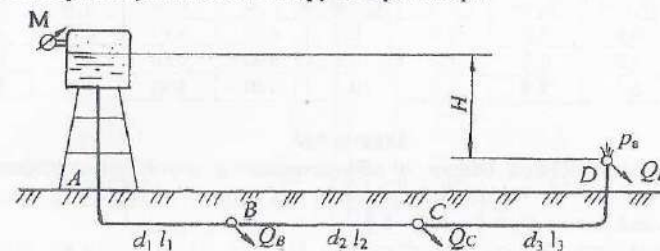


Рис. 5.4

Вариант	d_1 , мм	l_1 , м	d_2 , мм	l_2 , м	d_3 , мм	l_3 , м	$p_{ман}$, ат	H
а	200	600	150	500	125	400	2,0	15,0
б	200	700	150	600	125	300	2,2	16,0
в	250	800	200	700	150	600	1,6	10,0

Задача 5.5

Из водонапорной башни по трубопроводам вода поступает четырём потребителям - A, B, C и D - на отметку 12,0 м. Расходы потребителей составляют соответственно $Q_A; Q_B; Q_C$ и Q_D (рис. 5.5).

Определить отметку урвня воды в водонапорной башне ($H_{баш}$), считая её постоянной. Построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора, показать отметки пьезометрических напоров в узловых точках A, B и C . Диаметры участков труб принять: $d_1 = 200$ мм; $d_2 = 200$ мм; $d_3 = 150$ мм; $d_4 = 125$ мм; длины участков - соответственно l_1, l_2, l_3, l_4 . Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 5 % от потерь по длине.

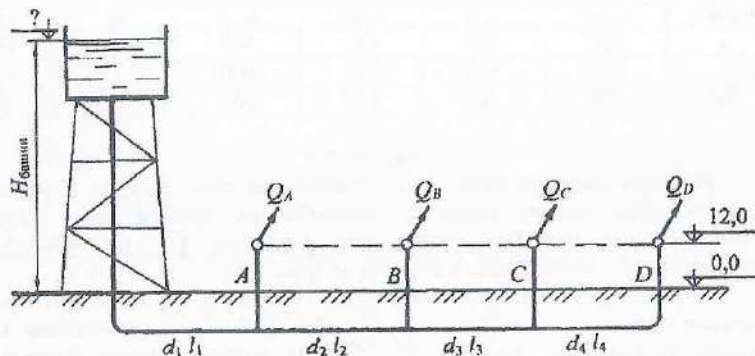


Рис. 5.5

Вариант	Q_A , л/с	Q_B , л/с	Q_C , л/с	Q_D , л/с	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_4 , м
а	6,0	8,0	8,0	10,0	400	450	350	300
б	6,8	8,2	7,2	10,8	400	450	350	300
с	6,5	8,4	7,0	10,4	420	400	370	320

Задача 5.6

Из водонапорной башни A обеспечиваются водой три потребителя - в точках B , C и D . Пропускная способность первого участка Q_1 ; расходы потребителей равны Q_B и Q_C (рис. 5.6).

Определить расход потребителя D (Q_D , л/с), а также отметку горизонта воды в водонапорной башне, если остаточный напор у потребителя D ($h_{остD}$) должен быть не менее 10 м. Принять диаметры участков труб: $d_1 = 200$ мм, $d_2 = 150$ мм и $d_3 = 125$ мм; длины участков - l_1 , l_2 и l_3 .

Трубы водопроводные нормальные, местные сопротивления составляют 10 % от потерь по длине. Построить пьезометрическую линию, показать эпюру потерь напора.

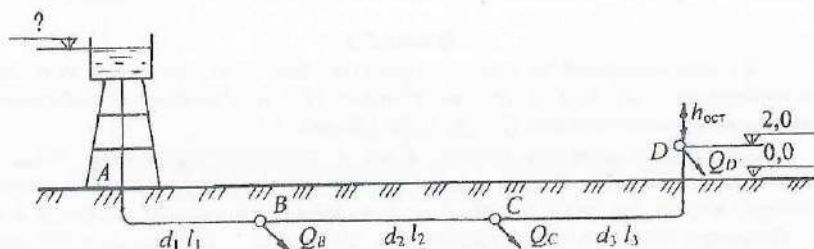


Рис. 5.6

Вариант	Q_1 , л/с	Q_B , л/с	Q_C , л/с	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м
а	30,0	12,0	10,0	600	500	400
б	34,0	14,0	12,0	600	550	450
в	32,0	12,0	11,0	650	450	400

Задача 5.7

Из водонапорной башни с постоянным напором H вода подается двум потребителям A и B (рис. 5.7). Расходы потребителей равны Q_A и Q_B ; диаметры и длины трубопроводов до потребителей - d_1 , l_1 и d_2 , l_2 .

Определить остаточные напоры у потребителей $h_{остA}$ и $h_{остB}$. Трубы водопроводные нормальные. Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 5 % от потерь по длине.

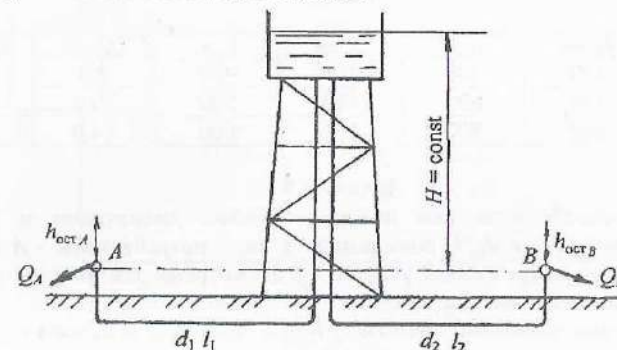


Рис. 5.7

Вариант	d_1 , мм	l_1 , м	d_2 , мм	l_2 , м	H , м	Q_A , л/с	Q_B , л/с
а	150	650	125	400	17,0	21,0	14,5
б	150	700	125	500	18,0	20,7	14,0
в	200	800	150	600	16,0	35,0	22,0

Задача 5.8

Из водонапорной башни A вода поступает потребителю C с расходом Q_C на отметку 2,0 м (рис. 5.8). Водопроводная система состоит из двух участков. Диаметры и длины участков соответственно равны d_1 , l_1 и d_2 , l_2 . На втором участке предусмотрен путевой расход $Q_{пут}$.

Определить действующий напор водонапорной башни $H_{баш}$ при постоянной отметке горизонта воды.

Построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора. Трубы водопроводные нормальные. Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 5 % от потерь по длине.

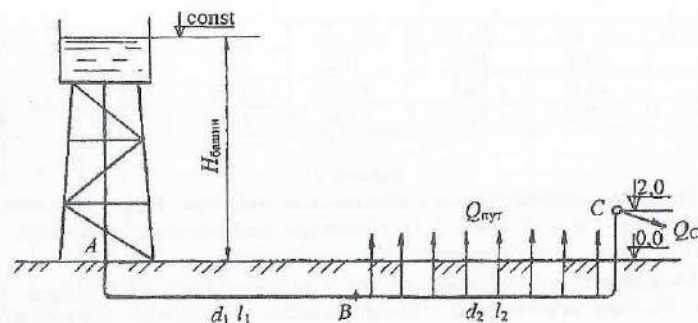


Рис. 5.8

Вариант	d_1 , мм	l_1 , м	d_2 , мм	l_2 , м	Q_C , л/с	$Q_{пут}$, л/с
а	150	500	125	400	8,0	12,0
б	150	600	125	500	10,0	12,0
в	200	800	150	600	14,0	16,0

Задача 5.9

От насосной установки по двум трубам диаметрами и длиной соответственно d_1 , l_1 и d_2 , l_2 вода подаётся двум потребителям - A и B - с расходами Q_A и Q_B . На втором участке предусмотрена равномерная раздача воды с путевым расходом $Q_{пут}$ (рис. 5.9).

Определить остаточные напоры у потребителей A и B , если показание манометра, установленного после насоса, равно $p_{ман}$.

Трубы водопроводные нормальные. Местные сопротивления принять равными 10 % от потерь по длине. Построить пьезометрическую линию.

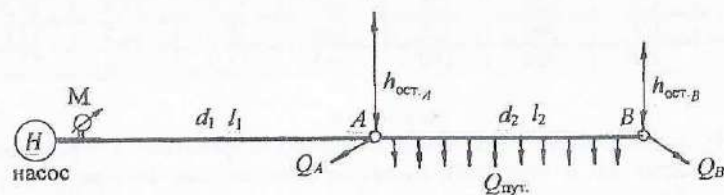


Рис. 5.9

Вариант	d_1 , мм	l_1 , м	d_2 , мм	l_2 , м	Q_A , л/с	Q_B , л/с	$Q_{пут}$, л/с	$p_{ман}$, ат
а	250	600	200	400	30,0	10,0	20,0	2,0
б	250	700	200	500	26,0	12,0	18,0	2,1
в	200	600	150	700	16,0	8,0	12,0	1,8

Задача 5.10

Из напорного бака с постоянным уровнем вода подаётся в нижележащие горизонты рудника трём потребителям - A , B и C - с расходами Q_A , Q_B и Q_C по системе трёх последовательно соединённых труб длиной l_1 , l_2 и l_3 соответственно (рис. 5.10). Остаточный напор у потребителя C должен быть не менее 10 м ($h_{ост} \geq 10,0$ м).

Подобрать диаметры труб на каждом участке при условии, чтобы эксплуатационная скорость не превышала 1,2 м/с ($v_{эксп} \leq 1,2$ м/с).

Определить, на какой высоте H должен быть расположен уровень воды в напорном баке. Трубы водопроводные нормальные, потери напора в местных сопротивлениях принять равными 5 % от потерь по длине.

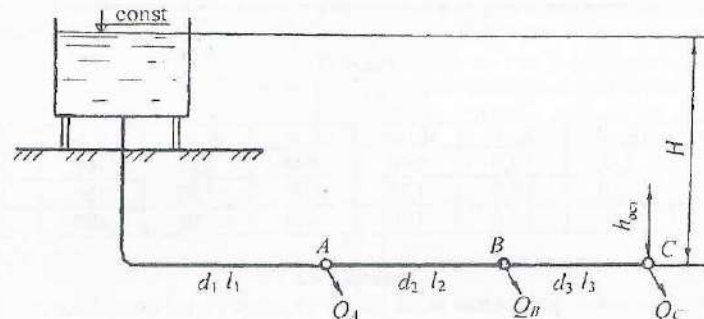


Рис. 5.10

Вариант	Q_A , л/с	Q_B , л/с	Q_C , л/с	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м
а	6,0	5,0	8,0	600	500	400
б	16,0	7,0	13,0	700	600	500
в	6,0	5,0	9,0	500	550	400

Задача 5.11

Из двух напорных резервуаров A и C вода подаётся потребителю B в количестве $Q_B = Q_1 + Q_2$ (рис. 5.11). Диаметры и длины участков сети соответственно равны d_1 , l_1 и d_2 , l_2 .

Определить отметки горизонтов воды в резервуарах A и C , если напор воды у потребителя B равен H_B . Трубы водопроводные нормальные. Местные потери напора принять равными 5 % от потерь по длине.

Построить пьезометрическую линию, показать эпюру потерь напора.

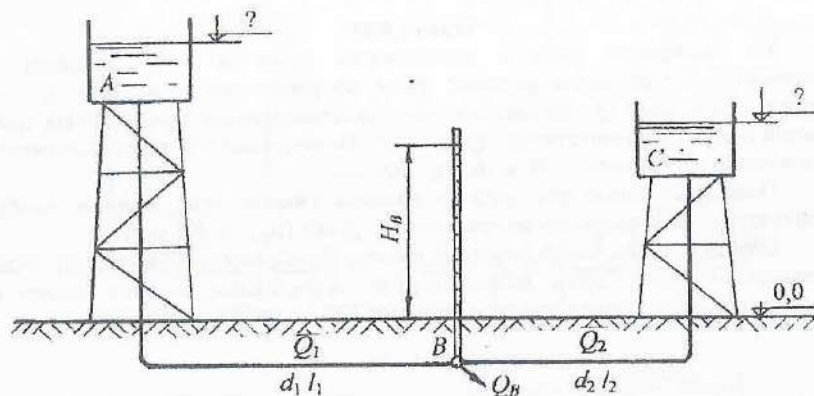


Рис. 5.11

Вариант	$Q_1, \text{л/с}$	$Q_2, \text{л/с}$	$d_1, \text{мм}$	$l_1, \text{м}$	$d_2, \text{мм}$	$l_2, \text{м}$	$H_B, \text{м}$
а	7,0	10,0	100	400	125	300	11,5
б	11,0	16,0	125	600	150	350	11,8
в	8,0	18,0	100	450	150	400	10,0

Задача 5.12

От насосной установки вода подаётся двум потребителям - А и В - с расходами Q_A и Q_B соответственно (рис. 5.12).

У потребителя В вода подаётся на высоту 12,0 м.

Определить показание манометра М ($p_{\text{ман}}$) после насоса и манометра М₁ ($p_{\text{ман1}}$) на середине второго участка системы. Диаметры и длины участков труб соответственно равны d_1, l_1 и d_2, l_2 .

Трубы водопроводные нормальные. Местные потери принять равными 5 % от потерь напора по длине. В вертикальной плоскости чертежа построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора.

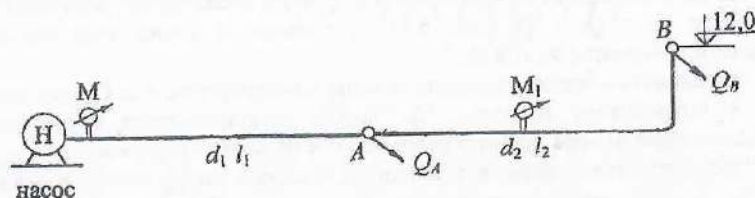


Рис. 5.12

Вариант	$Q_A, \text{л/с}$	$Q_B, \text{л/с}$	$d_1, \text{мм}$	$l_1, \text{м}$	$d_2, \text{мм}$	$l_2, \text{м}$
а	15,0	20,0	200	700	150	600
б	14,0	21,0	200	600	150	500
в	21,0	35,0	250	800	200	700

Задача 5.13

Из напорного бака А вода подаётся двум потребителям - В и С - на отметку 3,0 м, расходы потребителей Q_B и Q_C (рис. 5.13). Диаметры и длины труб соответственно равны d_1, l_1 и d_2, l_2 . На первом трубопроводе предусмотрена равномерная раздача воды в виде путевого расхода $Q_{\text{пут}}$.

Определить отметку уровня воды в напорном баке А. Трубы водопроводные нормальные, потери напора в местных сопротивлениях принять равными 10 % от потерь напора по длине.

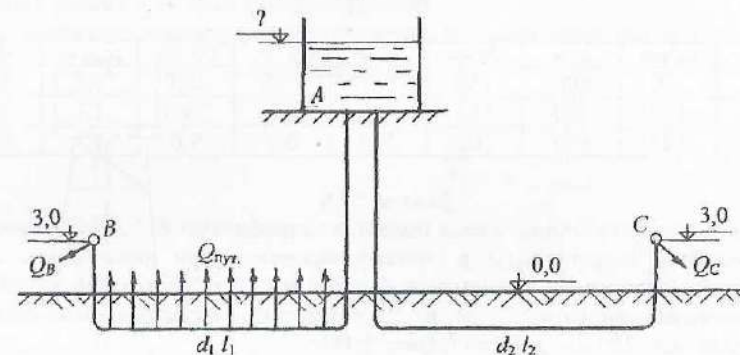


Рис. 5.13

Вариант	$d_1, \text{мм}$	$l_1, \text{м}$	$d_2, \text{мм}$	$l_2, \text{м}$	$Q_B, \text{л/с}$	$Q_C, \text{л/с}$	$Q_{\text{пут}}, \text{л/с}$
а	200	500	200	650	10,0	25,0	20,0
б	150	600	200	700	10,0	32,0	16,0
в	200	700	150	600	12,0	20,0	18,0

Задача 5.14

Из водонапорного бака А, в котором давление на поверхности соответствует показанию манометра $p_{\text{ман}}$, вода подаётся потребителям В и С с расходами Q_B и Q_C по двум последовательно соединённым трубам диаметрами и длиной d_1, l_1 и d_2, l_2 соответственно (рис. 5.14).

Определить возможный остаточный напор у потребителя С ($h_{\text{ост}}$), если действующий напор равен Н. Трубы водопроводные нормальные, потери напора в местных сопротивлениях принять равными 5 % от потерь напора по длине. Построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора.

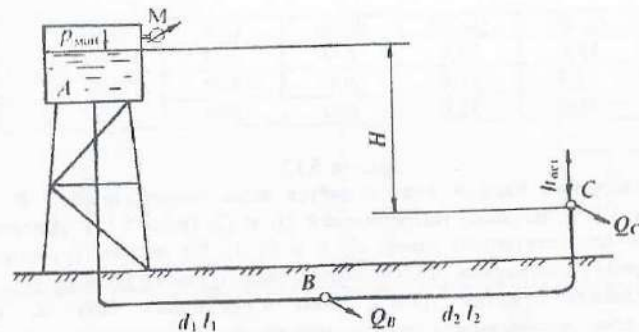


Рис. 5.14

Вариант	d_1 , мм	l_1 , м	d_2 , мм	l_2 , м	Q_B , л/с	Q_C , л/с	$p_{ман}$, ат	H , м
а	200	600	150	500	16,0	20,0	1,2	8,0
б	150	500	125	400	7,0	13,0	1,1	9,0
в	125	400	100	350	6,0	9,0	1,3	10,0

Задача 5.15

От насосной установки вода подаётся потребителю В. Для обеспечения бесперебойной подачи воды в систему включены три параллельно проложенные трубопровода диаметрами $d_1 = 200$ мм, $d_2 = 150$ мм и $d_3 = 200$ мм, соответственно длинами l_1 , l_2 и l_3 , четвёртый магистральный участок диаметром $d_4 = 250$ мм, длиной l_4 (рис. 5.15).

Показание манометра, установленного после насоса, равно $p_{ман}$. Остаточный напор у потребителя В должен быть не менее 8 м ($h_{ост} \geq 8,0$ м).

Определить возможный расход у потребителя В (Q_B), а также пропускную способность параллельных труб (Q_1 , Q_2 и Q_3).

Трубы водопроводные нормальные. Потери напора на магистральном участке до точки А разветвления труб и в местных сопротивлениях принять равными 15 % от потерь по длине.

В вертикальной плоскости чертежа построить пьезометрическую линию, показать эпюру потерь напора.

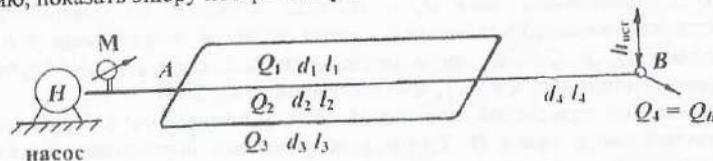


Рис. 5.15

Вариант	$p_{ман}$, ат	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_4 , м
а	1,5	500	450	500	400
б	1,4	550	500	550	450
в	1,5	600	550	600	500

Задача 5.16

Из водонапорной башни А вода поступает потребителю D система включает параллельное соединение труб на участке BC (рис. 5.16).

Определить действующий напор H, а также распределение расхода в параллельных участках Q_2 , Q_3 , Q_4 , если общий расход в системе равен Q.

Диаметры участков сети: $d_1 = 250$ мм, $d_2 = 150$ мм, $d_3 = 125$ мм, $d_4 = 150$ мм, $d_5 = 200$ мм; длины участков соответственно l_1 , l_2 , l_3 , l_4 , l_5 . Трубы водопроводные нормальные. Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 10 % от потерь по длине.

Построить пьезометрическую линию, показать эпюру потерь напора.

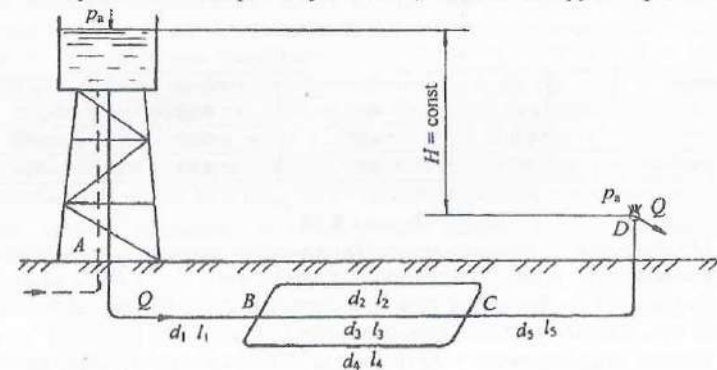


Рис. 5.16

Вариант	Q , л/с	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_4 , м	l_5 , м
а	52,0	400	500	450	550	350
б	46,0	600	550	500	600	400
в	48,0	700	600	500	550	450

Задача 5.17

Из водонапорного бака А вода по системе труб поступает потребителю D. Отметка горизонта воды в баке постоянная, равная 18,0 м. На участке BC трубы закольцованы (рис. 5.17). Диаметры участков сети: $d_1 = 150$ мм, $d_2 = 125$ мм, $d_3 = 200$ мм, длины участков: l_1 , l_2 , l_3 . Трубы водопроводные нормальные. Расход воды на втором участке равен Q_2 .

Определить расход воды на третьем участке ($Q_3 = Q_D$) и остаточный напор у потребителя D ($h_{остD}$). Потери напора на участке AB не учитывать. Местные потери напора принять равными 5 % от потерь по длине. Построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора.

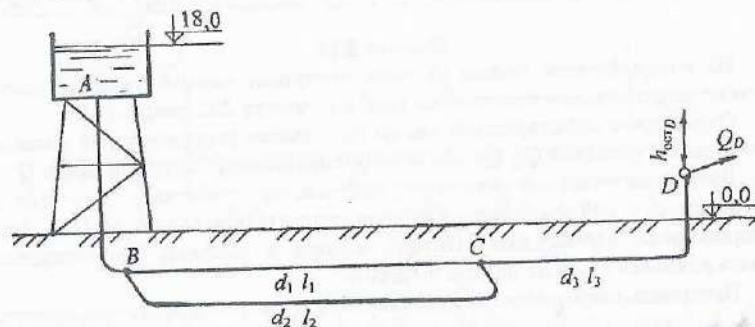


Рис. 5.17

Вариант	$Q_3, \text{л/с}$	$l_1, \text{м}$	$l_2, \text{м}$	$l_3, \text{м}$
а	13,0	400	450	500
б	14,0	450	500	600
в	12,0	420	450	550

Задача 5.18

От насосной установки по трубопроводной системе с параллельным соединением труб вода подается двум потребителям - A и B - с расходами Q_A и Q_B (рис. 5.18). Диаметры участков системы: $d_1 = 100$ мм, $d_2 = 125$ мм, $d_3 = 125$ мм; длины участков соответственно l_1, l_2, l_3 .

Высота подъема воды у потребителя B относительно магистрального трубопровода равна H_B .

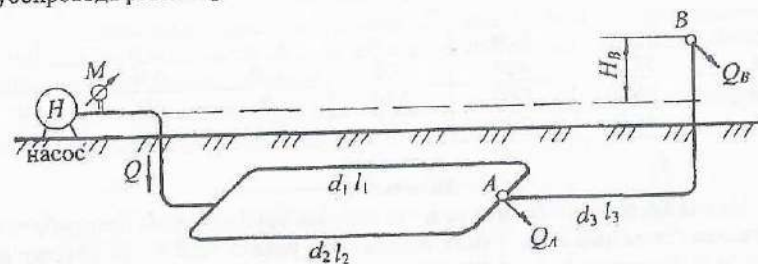


Рис. 5.18

Определить распределение расходов в параллельных участках труб Q_1 и Q_2 , а также показание манометра, установленного после насоса $P_{\text{ман}}$. Местные сопротивления принять равными 5 % от потерь по длине. Потери напора на участке от насоса до узла разветвления труб не учитывать. Трубы водопроводные нормальные уложены на одном горизонте.

Построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора в вертикальной плоскости чертежа.

Вариант	$Q_A, \text{л/с}$	$Q_B, \text{л/с}$	$l_1, \text{м}$	$l_2, \text{м}$	$l_3, \text{м}$	$H_B, \text{м}$
а	10,0	12,0	500	700	600	8,0
б	9,0	14,0	500	550	600	9,0
в	10,0	13,0	450	600	500	10,0

Задача 5.19

Из центральной водонапорной башни с постоянным напором H снабжаются три потребителя - A, B и C с расходами: Q_A, Q_B и Q_C (рис. 5.19). Система включает параллельное соединение труб на участке AB . Диаметры участков трубопроводов в системе: $d_1 = 250$ мм, $d_2 = 200$ мм, $d_3 = 150$ мм, $d_4 = 200$ мм, длины участков соответственно l_1, l_2, l_3, l_4 .

Трубы водопроводные нормальные проложены на одном горизонте.

Определить расходы воды в параллельных участках Q_2 и Q_3 , а также действующий напор H при условии, что остаточный напор у потребителя C должен быть не менее 10 м ($h_{остC} \geq 10$ м). Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 10 % от потерь напора по длине. Построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора.

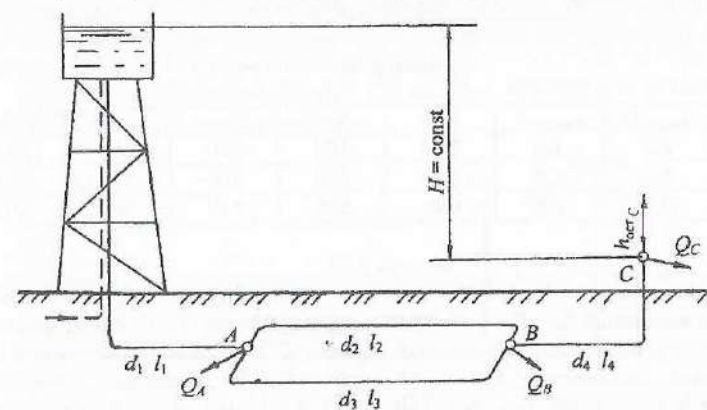


Рис. 5.19

Вариант	Q_A , л/с	Q_B , л/с	Q_C , л/с	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_4 , м
а	8,0	10,0	32,0	600	550	400	650
б	10,0	12,0	35,0	500	400	550	700
в	9,0	11,0	33,0	550	500	450	600

Задача 5.20

Из центральной водонапорной башни A через систему трубопроводов вода поступает в напорный бак B . На участке CD трубопроводы закольцованы (рис. 5.20). Показание первого манометра в узле разветвления C равно $p_{\text{ман}1}$, второго в узле D — $p_{\text{ман}2}$.

Диаметры участков трубопроводов: $d_1 = 200$ мм, $d_2 = 150$ мм, $d_3 = 125$ мм, $d_4 = 150$ мм; длины участков: l_1, l_2, l_3, l_4 . Трубы водопроводные нормальные проложены на одном горизонте. Расход воды в системе Q .

Определить расходы воды в параллельных участках Q_2 и Q_3 , а также отметки горизонта воды в башне A и баке B . Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 10 % от потерь по длине. Построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора.

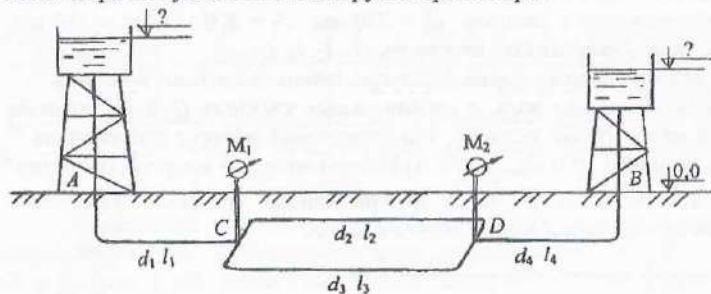


Рис. 5.20

Вариант	$p_{\text{ман}1}$, ат	$p_{\text{ман}2}$, ат	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_4 , м	Q , л/с
а	2,2	1,9	500	400	350	360	25,0
б	2,1	1,8	550	450	400	350	27,0
в	2,0	1,7	600	500	450	300	26,0

Задача 5.21

Из водонапорной башни A с отметкой горизонта воды $H_A = 24,0$ м вода подается в напорный бак B с отметкой горизонта воды $H_B = 12,0$ м. Система трубопроводов имеет закольцованный участок CD . В узлах разветвления C и D выведены манометры M_1 и M_2 (рис. 5.21). Диаметры участков трубопроводов: $d_1 = 200$ мм, $d_2 = 150$ мм, $d_3 = 125$ мм, $d_4 = 150$ мм; длины участков l_1, l_2, l_3, l_4 соответственно.

Трубы проложены на одном горизонте.

Определить расход воды в системе Q , а также распределение расхода в параллельных участках Q_2 и Q_3 . Рассчитать показания манометра M_1 ($p_{\text{ман}1}$) и манометра M_2 ($p_{\text{ман}2}$). Трубы водопроводные нормальные. Потери напора в местных сопротивлениях составляют 10 % от потерь напора по длине.

Построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора.

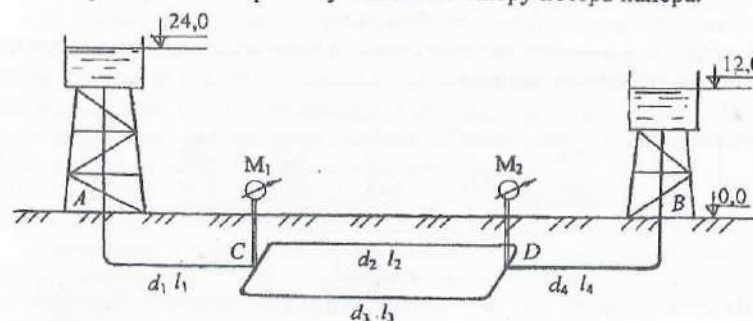


Рис. 5.21

Вариант	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_4 , м
а	450	400	360	300
б	500	400	350	320
в	550	420	380	300

Задача 5.22

От насосной установки вода поступает двум потребителям — A и C — с расходами Q_A и Q_C . Система трубопроводов уложена на одном горизонте и включает параллельное соединение труб на участке AB (рис. 5.22). В узле B выведен манометр M_1 , показания которого $p_{\text{ман}1}$.

Диаметры трубопроводов: $d_2 = 125$ мм, $d_3 = 100$ мм, $d_4 = 125$ мм; длины участков l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 соответственно.

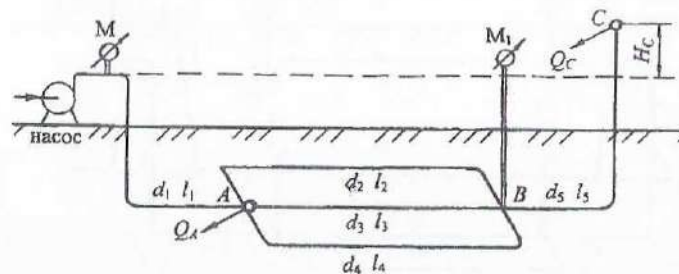


Рис. 5.22

Рассчитать диаметры труб на первом и пятом участках системы d_1 и d_5 при условии, что эксплуатационная скорость в трубах $v_{\text{эксп}} \leq 1,2$ м/с.

Определить высоту подъема воды у потребителя C (H_C) и показание манометра M ($p_{\text{ман}}$), установленного после насоса.

Трубы водопроводные нормальные. Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 10 % от потерь напора по длине.

Построить пьезометрическую линию и показать эпюру потерь напора в вертикальной плоскости чертежа.

Вариант	Q_A , л/с	Q_C , л/с	$p_{\text{ман1}}$, ат	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_4 , м	l_5 , м
а	17,0	21,0	1,9	400	350	300	430	450
б	16,5	20,5	2,0	500	400	350	420	470
в	16,5	21,0	1,9	450	350	320	400	500

Задача 5.23

Из водонапорной башни A с отметкой горизонта воды $H_A = 25,0$ м по системе труб, включающей кольцевое соединение на участке CD , вода подаётся в напорный бак B . В узлах разветвления труб C и D выведены манометры M_1 и M_2 (рис. 5.23). Общий расход воды в системе равен Q .

Диаметры трубопроводов: $d_1 = 200$ мм, $d_2 = 125$ мм, $d_3 = 100$ мм, $d_4 = 125$ мм, $d_5 = 150$ мм; длины участков l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 соответственно.

Трубы проложены на одном горизонте.

Определить расходы воды в параллельных участках кольцевого соединения Q_2, Q_3, Q_4 , показания первого и второго манометров $p_{\text{ман1}}$ и $p_{\text{ман2}}$, а также отметку горизонта воды в баке B (H_B).

Трубы водопроводные нормальные. Потери напора в местных сопротивлениях составляют 10 % от потерь напора по длине.

Построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора.

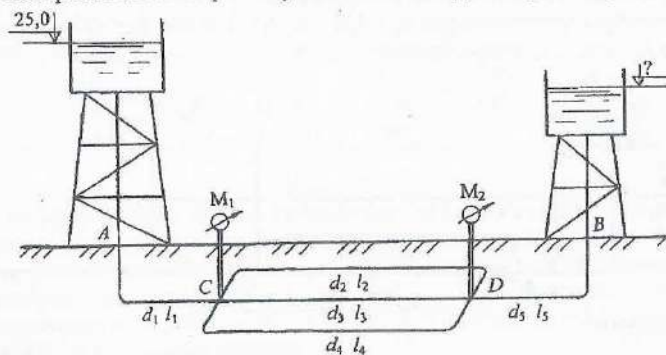


Рис. 5.23

Вариант	Q , л/с	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_4 , м	l_5 , м
а	25,7	600	400	350	420	400
б	24,5	550	400	350	420	450
в	26,0	500	420	400	450	400

Задача 5.24

Три потребителя - A, B и C - снабжаются водой из водонапорной башни по системе труб, уложенных на одном горизонте. Потребителю A отводится расход Q_A , потребителю B - Q_B . На участке между потребителями A и B трубы закольцованы, в узлах отвода воды выведены манометры M_1 и M_2 (рис. 5.24). Показание второго манометра $p_{\text{ман2}}$.

Диаметры участков трубопроводов: $d_1 = 250$ мм, $d_2 = 200$ мм, $d_3 = 150$ мм, $d_4 = 150$ мм; длины участков l_1, l_2, l_3, l_4 соответственно.

Определить расход воды, поступающей от водонапорной башни $Q = Q_1$, расход потребителя C (Q_C), показание первого манометра $p_{\text{ман1}}$, а также отметку горизонта воды в напорной башне.

Отметка потребителя C равна 3,0 м, остаточный напор у потребителя C $h_{\text{ост}C} \geq 10,0$ м.

Трубы водопроводные нормальные, потери напора в местных сопротивлениях принять равными 10 % от потерь напора по длине.

Построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора.

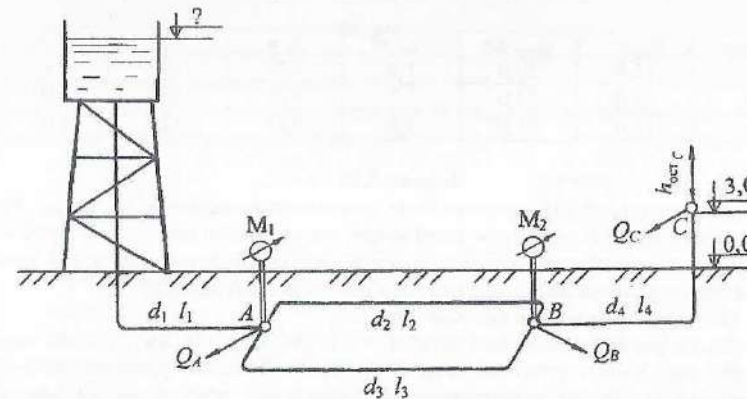


Рис. 5.24

Вариант	Q_A , л/с	Q_B , л/с	$p_{\text{ман2}}$, ат	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_4 , м
а	12,0	17,0	2,2	500	550	440	600
б	16,0	14,0	2,3	600	530	460	650
в	18,0	16,0	2,1	550	540	480	580

Задача 5.25

По трубопроводной системе, представленной в плане на рис. 5.25, от насосной установки вода подаётся потребителю C с расходом Q_C . На участке AB две трубы диаметрами $d_1 = 150$ мм и $d_2 = 125$ мм проложены параллельно. На участке BC диаметром $d_3 = 200$ мм предусмотрена равномерная раздача воды $Q_{\text{пут}}$. Длины участков трубопроводов l_1, l_2, l_3 соответственно.

Показание манометра после насоса равно $p_{\text{ман}}$.

Определить распределение расхода в параллельных трубах Q_1 и Q_2 , а также возможный остаточный напор у потребителя C ($h_{\text{ост}C}$). Потери напора на магистральном участке от насоса до точки разветвления A не учитывать. Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 10 % от потерь напора по длине. Трубы водопроводные нормальные.

Построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора в вертикальной плоскости чертежа.

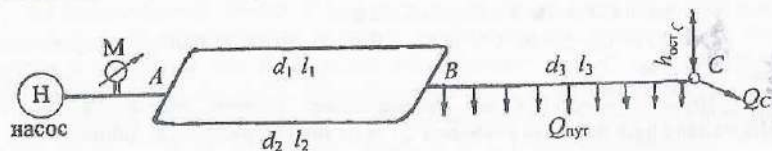


Рис. 5.25

Вариант	Q_C , л/с	$Q_{\text{пут}}$, л/с	$p_{\text{ман}}$, ат	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м
а	12,0	20,0	1,8	340	300	690
б	14,0	22,0	1,9	400	360	500
в	13,0	21,0	1,8	350	320	600

Задача 5.26

Определить, каким должно быть показание манометра M_1 ($p_{\text{ман}1}$) на поверхности воды в закрытом резервуаре, из которого по системе труб с кольцевым соединением вода поступает в другой закрытый резервуар при показании манометра M_2 ($p_{\text{ман}2}$) на поверхности воды (рис. 5.26).

Общий расход воды в системе равен Q .

Диаметры водопроводной сети: $d_1 = 250$ мм, $d_2 = 150$ мм, $d_3 = 100$ мм, $d_4 = 200$ мм, длины участков сети: l_1, l_2, l_3, l_4 . Разность уровней воды в резервуарах H . Трубы водопроводные нормальные проложены на одном горизонте. Местные сопротивления принять равными 10 % от потерь по длине.

Построить пьезометрическую линию и эпюру потерь напора.

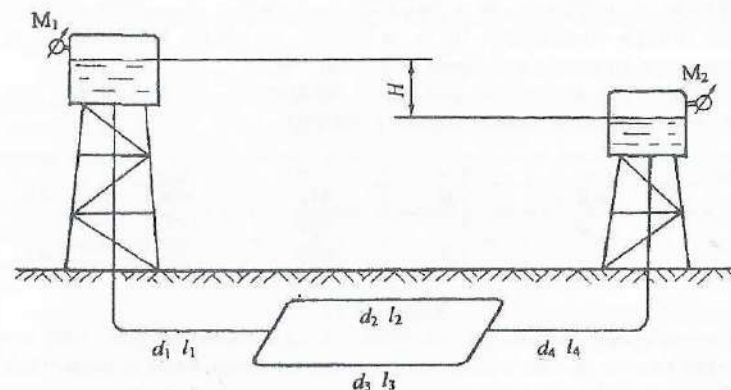


Рис. 5.26

Вариант	$p_{\text{ман}2}$, ат	Q , л/с	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_4 , м	H , м
а	0,2	45,0	500	300	250	400	4,0
б	0,22	47,0	550	320	280	350	4,5
в	0,21	42,0	600	400	300	420	5,0

Задача 5.27

Насос, дающий подачу Q , перекачивает воду в резервуар по трём параллельным трубам под уровень H (рис. 5.27).

Определить показание манометра M ($p_{\text{ман}}$), установленного на линии нагнетания, а также расходы воды в каждой трубе.

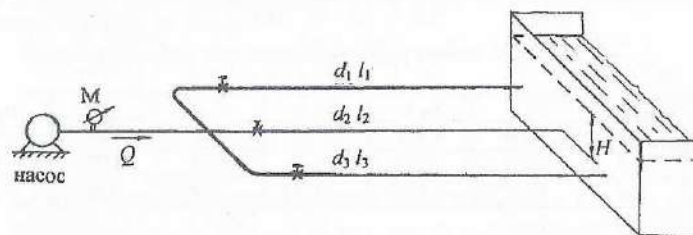


Рис. 5.27

Принять диаметры параллельных участков сети: $d_1 = 150$ мм, $d_2 = 100$ мм, $d_3 = 125$ мм, длины которых соответственно равны l_1, l_2, l_3 .

Трубы водопроводные нормальные уложены на одном горизонте. Местные потери составляют 10 % от потерь по длине. Потери напора на магистральном участке с расходом Q не учитывать.

Оценить, как изменится показание манометра, если один или два из параллельных трубопроводов будут отключены.

Вариант	Q , л/с	H , м	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м
а	20,0	3,0	450	400	450
б	22,0	3,2	420	370	420
в	23,0	3,3	430	380	430

Задача 5.28

Система водоснабжения, представленная в плане на рис. 5.28, имеет три потребителя - A , B и C . Определить расходы воды у потребителей (Q_A , Q_B , Q_C в л/с), если свободные (остаточные) напоры у потребителей h_A , h_B , h_C . Показание манометра, установленного после насоса, равно $p_{\text{ман}}$. Потребители расположены на одном горизонте.

Диаметры участков сети: $d_1 = 200$ мм, $d_2 = 150$ мм, $d_3 = 125$ мм, длины участков соответственно равны l_1 , l_2 , l_3 . Трубы водопроводные нормальные. Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 10 % от потерь по длине. Построить в аксонометрии пьезометрическую линию.

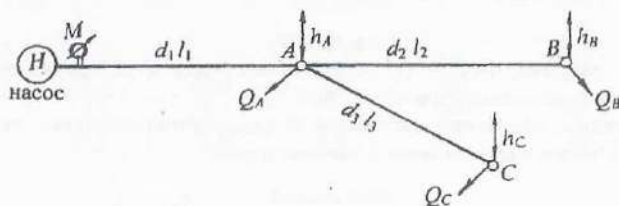


Рис. 5.28

Вариант	$p_{\text{ман}}$, ат	h_A , м	h_B , м	h_C , м	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м
а	2,7	20,0	14,0	15,0	600	500	400
б	2,5	18,0	12,0	13,0	550	500	450
в	2,6	19,0	13,0	14,0	500	450	400

Задача 5.29

Тупиковая система, представленная в плане, предназначена для снабжения водой четырех потребителей - A , B , C и D . Расходы потребителей соответственно равны Q_A , Q_B , Q_C , Q_D (рис. 5.29).

Рассчитать диаметры труб на каждом участке при условии, что средняя скорость в трубах не должна превышать $v_{\text{ср}} = 1,2$ м/с.

Определить высоту водонапорной башни H , если остаточные напоры у потребителей должны быть не менее 10 м ($h_{\text{ост}} \geq 10$ м).

Длины участков сети: l_1 , l_2 , l_3 , l_4 . Трубы водопроводные нормальные. Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 10 % от потерь по длине. Построить в аксонометрии пьезометрическую линию, показать эпюру потерь напора.

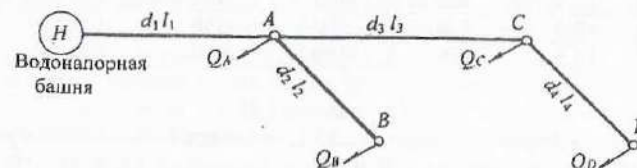


Рис. 5.29

Вариант	Q_A , л/с	Q_B , л/с	Q_C , л/с	Q_D , л/с	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_4 , м
а	16,0	14,0	12,0	8,0	700	400	600	350
б	17,0	15,0	11,0	9,0	600	350	500	300
в	20,0	14,0	11,0	8,0	650	400	550	320

Задача 5.30

Тупиковая водопроводная система, представленная в плане, состоит из насосной установки, подающей воду четырем потребителям - A , B , C и D - с одинаковыми расходами: $Q = Q_A = Q_B = Q_C = Q_D$ (рис. 5.30).

Рассчитать диаметры труб на каждом участке при условии, что эксплуатационная скорость $v_{\text{экс}} \leq 1,2$ м/с.

Определить показание манометра M ($p_{\text{ман}}$), установленного после насоса, если остаточные (свободные) напоры у потребителей должны быть не менее 10 м ($h_{\text{ост}} \geq 10$ м).

Длины участков сети соответственно равны l_1 , l_2 , l_3 , l_4 , l_5 .

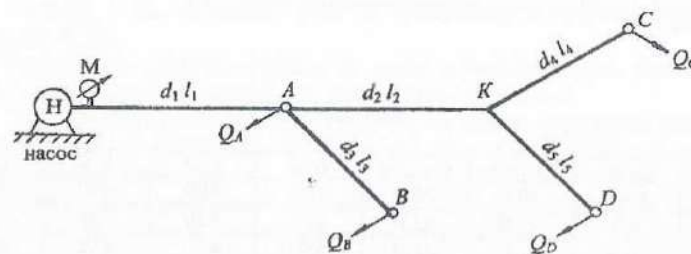


Рис. 5.30

Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 10 % от потерь напора по длине.

Построить в аксонометрии пьезометрическую линию, показать эпюру потерь напора.

Вариант	$Q, \text{ л/с}$	$l_1, \text{ м}$	$l_2, \text{ м}$	$l_3, \text{ м}$	$l_4, \text{ м}$	$l_5, \text{ м}$
а	12,5	500	400	600	300	500
б	13,0	450	350	500	400	550
в	13,5	400	450	600	350	500

Задача 5.31

От насосной установки по системе, состоящей из четырёх труб, вода подаётся двум потребителям - B и C - с расходами Q_B и Q_C . На первом участке диаметром $d_1 = 250$ мм предусмотрена равномерная раздача воды с путевым расходом $Q_{\text{пут}}$ (рис. 5.31). На участке AB трубы диаметрами $d_2 = 150$ мм и $d_3 = 200$ мм закольцованы. По четвёртому участку диаметром $d_4 = 200$ мм вода подаётся потребителю C , остаточный напор у которого должен быть не менее 10 м ($h_{\text{ост}} \geq 10$ м).

Рассчитать показание манометра M ($p_{\text{ман}}$), установленного после насоса, если длины участков системы равны l_1, l_2, l_3, l_4 .

Трубы водопроводные нормальные. Потери напора в местных сопротивлениях составляют 10 % от потерь напора по длине.

Построить пьезометрическую линию в вертикальной плоскости чертежа, показать эпюру потерь напора.

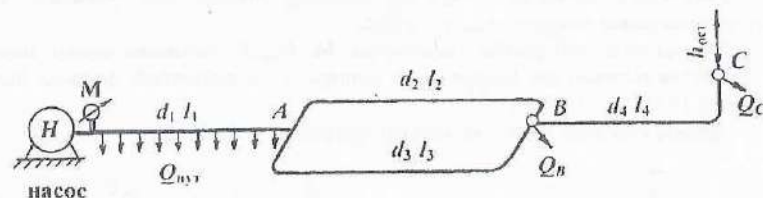


Рис. 5.31

Вариант	$Q_B, \text{ л/с}$	$Q_C, \text{ л/с}$	$Q_{\text{пут}}, \text{ л/с}$	$l_1, \text{ м}$	$l_2, \text{ м}$	$l_3, \text{ м}$	$l_4, \text{ м}$
а	10,0	30,0	20,0	600	400	420	350
б	8,0	32,0	22,0	500	380	400	320
в	10,0	31,0	21,0	550	420	450	400

Задача 5.32

Два потребителя - B и C - с расходами Q_B и Q_C питаются от насосной установки. Отметки, на которые надо поднять воду у потребителей: $h_B = 12,0$ м; $h_C = 10,0$ м (рис. 5.32). Диаметры трубопроводов на втором и третьем участках: $d_2 = 150$ мм, $d_3 = 125$ мм; длины участков водопроводной системы соответственно равны l_1, l_2, l_3 .

Определить расход воды на магистральном участке Q_1 , рассчитать диаметр трубы первого участка d_1 при условии, что эксплуатационная скорость не должна превышать 1,2 м/с ($v_{\text{эк}} \leq 1,2$ м/с).

Рассчитать показание манометра ($p_{\text{ман}}$), установленного после насоса. Трубы водопроводные нормальные. Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 10 % от потерь по длине.

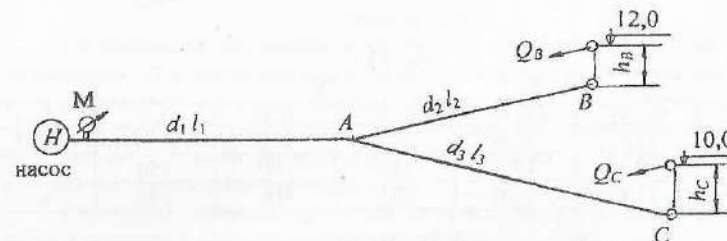


Рис. 5.32

Вариант	$Q_B, \text{ л/с}$	$Q_C, \text{ л/с}$	$l_1, \text{ м}$	$l_2, \text{ м}$	$l_3, \text{ м}$
а	20,0	15,0	600	500	400
б	23,0	13,0	500	420	670
в	22,0	14,0	550	450	500

Задача 5.33

Из водонапорной башни осуществляется питание потребителей A и B с расходами Q_A и Q_B , на первом участке предусмотрен путевой расход $Q_{\text{пут}}$ воды (рис. 5.33).

Определить отметку горизонта воды в водонапорной башне, если отметка потребителя A равна 9,0 м, потребителя B - 12,0 м.

Три участка трубопроводов уложены на одном горизонте. Диаметры участков сети: $d_1 = 250$ мм, $d_2 = 150$ мм, $d_3 = 150$ мм; длины участков соответственно равны l_1, l_2, l_3 .

Трубы водопроводные нормальные. Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 10 % от потерь по длине.

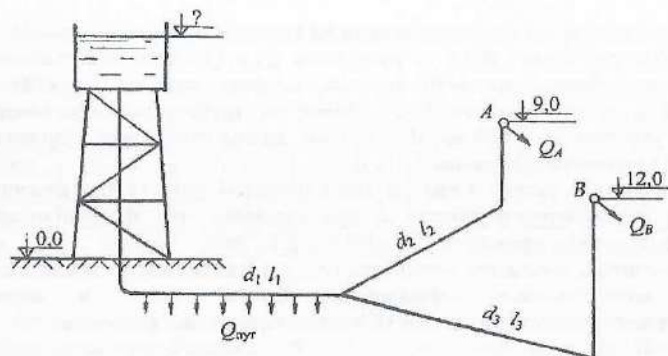


Рис. 5.33

Вариант	Q_A , л/с	Q_B , л/с	$Q_{пут}$, л/с	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м
а	18,0	16,0	22,0	650	600	500
б	19,0	17,0	21,0	700	650	550
в	21,0	15,0	20,0	600	550	500

Задача 5.34

От водонапорной башни по системе трубопроводов, представленной в плане на рис. 5.34, снабжаются три потребителя - A , B и C - с расходами Q_A , Q_B и Q_C . На участке AB предусмотрен путевой расход $Q_{пут1}$, на участке AC - $Q_{пут2}$.

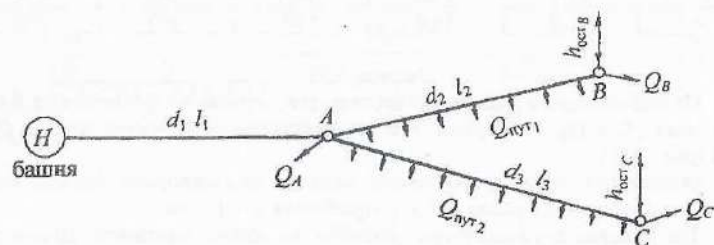


Рис. 5.34

Определить действующий напор водонапорной башни H , если остаточные напоры у потребителей: $h_{остB} \geq 10,0$ м; $h_{остC} \geq 12,0$ м.

Диаметры трубопроводов: $d_1 = 250$ мм; $d_2 = 150$ мм; $d_3 = 150$ мм; длины участков соответственно l_1, l_2, l_3 . Трубы водопроводные нормальные. Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 15 % от потерь по длине.

Построить в изометрии пьезометрическую линию, показать эпюру потерь напора.

Вариант	Q_A , л/с	Q_B , л/с	Q_C , л/с	$Q_{пут1}$, л/с	$Q_{пут2}$, л/с	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м
а	8,0	10,0	12,0	14,0	13,0	710	450	500
б	8,0	12,0	13,0	10,0	11,0	550	600	650
в	10,0	11,0	12,0	12,0	11,0	600	650	550

Задача 5.35

От водонапорной башни A по системе трубопроводов вода подаётся потребителю B с расходом Q_B , а также производится равномерная раздача воды с путевым расходом $Q_{пут}$ на участке CD с поступлением воды в напорный бак D (рис. 5.35). На участке BC водопроводные трубы закольцованы. Принять диаметры участков труб: $d_2 = 125$ мм; $d_3 = 150$ мм; $d_4 = 200$ мм; длины участков: l_1, l_2, l_3, l_4 .

Рассчитать диаметр трубы на первом участке d_1 при условии, что эксплуатационная скорость не должна превышать 1,2 м/с ($v_{эк} \leq 1,2$ м/с).

Определить отметку горизонта воды в баке D .

Считать трубы водопроводные в нормальных условиях. Потери напора в местных сопротивлениях принять равными 15 % от потерь по длине.

Построить пьезометрическую линию, показать эпюру потерь напора.

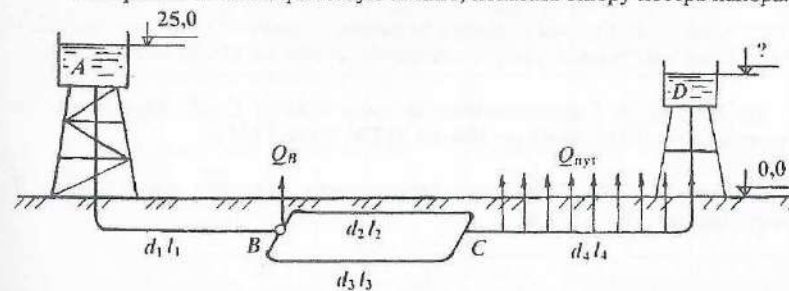


Рис. 5.35

Вариант	Q_B , л/с	$Q_{пут}$, л/с	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	l_4 , м
а	20,0	30,0	600	400	450	700
б	18,0	32,0	700	450	500	500
в	22,0	33,0	650	400	420	600

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Альтшуль, А. Д. Гидравлика и аэродинамика / А. Д. Альтшуль, Л. С. Животовский, Л. П. Иванов. – М.: Стройиздат, 1987. – 497 с.

Андреевская, А. В. Задачник по гидравлике / А. В. Андреевская, Н. Н. Кременецкий, М. В. Панова. – М.: Энергия, 1970. – 424 с.

Гейер, В. Г. Гидравлика и гидропривод / В. Г. Гейер, В. С. Дулин, А. Н. Заря. – 4-е изд. – М.: Недра, 1991. – 331 с.

Гидравлика и гидропривод: учеб. пособие / Н. С. Гудилин, Е. М. Кривенко, В. С. Маховиков, И. Л. Пастоев; под ред. И. Л. Пастоева. – 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 520 с.

Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу: учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / Б. Б. Некрасов, И. В. Фатеев, Ю. А. Беленков [и др.]; под ред. Б. Б. Некрасова. – М.: Высш. шк., 1989. – 192 с.

Примеры расчётов по гидравлике: учеб. пособие / под ред. А. Д. Альтшуля. – М.: Стройиздат, 1976. – 256 с.

Сборник задач по машиностроительной гидравлике: учеб. пособие / под ред. И. И. Куколевского и Л. Г. Подвиза. – 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1981. – 464 с.

Часс, С. И. Гидромеханика в примерах и задачах: учеб. пособие / С. И. Часс; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 216 с.

Часс, С. И. Гидромеханика: сборник задач / С. И. Часс; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. – 144 с.

Чугаев, Р. Р. Гидравлика (техническая механика жидкости). – Л.: Энергоиздат, 1982. – 552 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Плотность, коэффициент кинематической вязкости, условная вязкость некоторых жидкостей

Жидкость	Плотность ρ , кг/м ³	Кинематический коэффициент вязкости ν , 10 ⁻⁶ м ² /с	Вязкость условная (ВУ) или °Е
Вода пресная +4 °С	1000	1,008	1,0
Этиловый спирт	790	1,52	1,04
Ртуть	13600	0,16	-
Воздух	1,22	14,9	-
Бензин при $t = 15$ °С	740-780	0,83-0,93	-
Керосин	820	2,5	1,13
Нефть	810-930	25,0-27,0	3,7-4,0
Масло турбинное	900	20,0-48,0	3,0-6,7
Масло трансформаторное	884	28,0-30,0	4,05-4,30

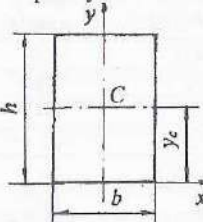
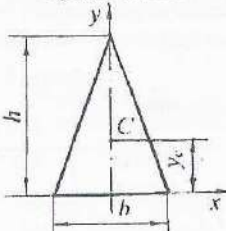
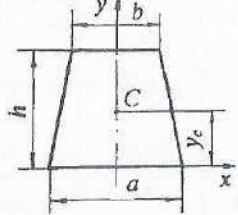
Таблица 2

Соотношение между единицами измерения давления

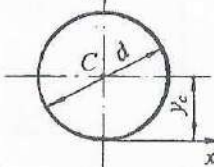
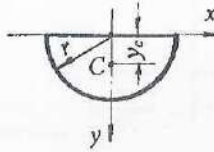
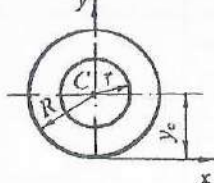
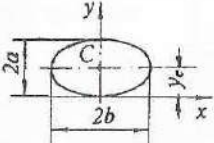
Единица измерения	Па (Н/м ²)	кгс/см ² (ат)	кгс/м ²	мм вод. ст.	м вод. ст.	мм рт. ст.	бар
1 Па (Н/м ²)	1	$10,2 \cdot 10^{-6}$	0,102	0,102	$102 \cdot 10^{-6}$	$750 \cdot 10^{-5}$	10^{-5}
1 кгс/см ² (ат)	$9,81 \cdot 10^4$	1	10^4	10^4	10	735,6	0,981
1 кгс/м ²	9,81	10^{-4}	1	1	10^{-3}	$73,56 \cdot 10^{-3}$	$98,1 \cdot 10^{-6}$
1 мм вод. ст.	9,81	10^{-4}	1	1	10^{-3}	$73,56 \cdot 10^{-3}$	$98,1 \cdot 10^{-6}$
1 м вод. ст.	$9,81 \cdot 10^3$	0,1	10^3	10^3	1	73,56	$98,1 \cdot 10^{-3}$
1 мм рт. ст.	133,3	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$13,6$	13,6	$13,6 \cdot 10^{-3}$	1	$1,33 \cdot 10^{-3}$
1 бар	10^5	1,02	$10,2 \cdot 10^3$	$10,2 \cdot 10^3$	10,2	750	1

Таблица 3

Координаты центров тяжести x_c и y_c , площади A и моменты инерции I_c плоских фигур относительно горизонтальной центральной оси

Плоская фигура	Координата центра тяжести	Площадь фигуры A	Момент инерции I_c
Прямоугольник 	$y_c = \frac{h}{2}$	bh	$\frac{bh^3}{12}$
Треугольник 	$y_c = \frac{1}{3}h$	$\frac{bh}{2}$	$\frac{bh^3}{36}$
Трапеция равнобедренная 	$y_c = \frac{h(a+2b)}{3(a+b)}$	$\frac{h(a+b)}{2}$	$\frac{h^3(a^2+4ab+b^2)}{36(a+b)}$

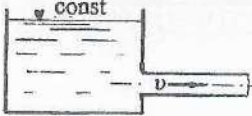
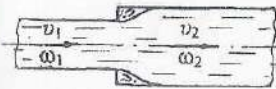
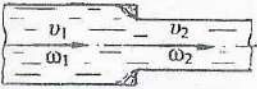
Продолжение табл.3

Круг 	$y_c = \frac{d}{2}$	$\frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{\pi d^4}{64}$
Полукруг 	$y_c = \frac{4r}{3\pi}$	$\frac{\pi r^2}{2}$	$\frac{9\pi^2 - 64}{72\pi} r^4$
Кольцо 	$y_c = R$	$\pi(R^2 - r^2)$	$\frac{\pi(R^4 - r^4)}{4}$
Эллипс 	$y_c = a$	πab	$\frac{\pi a^3 b}{4}$

Четверть круга	$x_c = \frac{4r}{3\pi}$ $y_c = \frac{4r}{3\pi}$	$\frac{\pi r^2}{4}$	
Сегмент	$x_c = (3/8)a$	$A_{\text{сектора}} - A_{\text{треуг}}$	
Полусегмент	$x_c = (3/8)a$ $y_c = (3/8)b$	$A_{\text{сектора}} - A_{\text{треуг}}$	
Криволинейный Треугольник	$x_c = (1/4)a$ $y_c = (1/4)b$	$A_{\text{трапец}} - A_{\text{сектора}}$	

Таблица 4

Коэффициенты местных сопротивлений ζ

Тип, схема местного сопротивления	Коэффициент местного сопротивления ζ														
Вход в трубу $h_{\text{вх}} = \zeta_{\text{вх}} \frac{v^2}{2g}$ 	При острых кромках $\zeta_{\text{вх}} = 0,5$; при закруглённых кромках и плавном входе $\zeta_{\text{вх}} = 0,2$; при весьма плавном входе $\zeta_{\text{вх}} = 0,05$														
Внезапное расширение $h_{\text{в.р.}} = \zeta_{\text{в.р.}} \frac{v_1^2}{2g}$ 	$\zeta_{\text{в.р.}} = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2$														
Выход из трубы в резервуар больших размеров, выход под уровень $h_{\text{вых}} = \zeta_{\text{вых}} \frac{v_1^2}{2g}$ 	$\zeta_{\text{вых}} = 1,0$														
Внезапное сужение $h_{\text{в.с.}} = \zeta_{\text{в.с.}} \frac{v_2^2}{2g}$ 	$\zeta_{\text{в.с.}} = f \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)$ <table><tr><td>$\frac{\omega_2}{\omega_1}$</td><td>0,01</td><td>0,10</td><td>0,20</td><td>0,40</td><td>0,60</td><td>0,80</td></tr><tr><td>$\zeta_{\text{в.с.}}$</td><td>0,50</td><td>0,45</td><td>0,40</td><td>0,30</td><td>0,20</td><td>0,10</td></tr></table>	$\frac{\omega_2}{\omega_1}$	0,01	0,10	0,20	0,40	0,60	0,80	$\zeta_{\text{в.с.}}$	0,50	0,45	0,40	0,30	0,20	0,10
$\frac{\omega_2}{\omega_1}$	0,01	0,10	0,20	0,40	0,60	0,80									
$\zeta_{\text{в.с.}}$	0,50	0,45	0,40	0,30	0,20	0,10									

Продолжение табл. 4
Коэффициенты местных сопротивлений ζ

Поворот трубы (колесо)
а) колесо без закругления

Угол α°	30	40	50	60	70	80	90
$\zeta_{\text{закр.}}$	0,20	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90	1,10

б) колесо с закруглением
при $\alpha = 90^\circ$

$$h_{\text{закр.}} = \zeta_{\text{закр.}} \frac{v^2}{2g}$$

$r/R_{\text{закр.}}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$\zeta_{\text{закр.}}$	0,131	0,138	0,158	0,206	0,294
$r/R_{\text{закр.}}$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\zeta_{\text{закр.}}$	0,440	0,661	0,977	1,408	1,978

При углах $\alpha \neq 90^\circ$ значение $\zeta_{\text{закр.}}$ нужно умножить на $\alpha/90^\circ$

Задвижка Лудло

a/d	Полное открытие	1/4	3/8	
$\zeta_{\text{завд.}}$	0,12	0,28	0,81	
a/d	1/2	5/8	3/4	7/8
$\zeta_{\text{завд.}}$	2,06	5,25	17,0	978

Пробковый кран, $Re \geq 10^4$

α°	5	10	20	30
$\zeta_{\text{кр.}}$	0,05	0,29	1,56	5,47
α°	40	50	60	
$\zeta_{\text{кр.}}$	17,3	52,6	206	

Окончание табл. 4
Коэффициенты местных сопротивлений ζ

Вентиль

Полностью открытый, $Re \geq 10^4$

d , мм	40	80	100	150	200	250	300
$\zeta_{\text{вент.}}$	4,9	4,0	4,1	4,4	4,7	5,1	5,4

Диафрагма в трубе

$Re > 10^4$

$\frac{d_0^2}{d^2}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$\zeta_{\text{диаф.}}$	224	60,2	19,2	9,8	4,4	2,4	1,22

Всасывающий клапан с сеткой, $Re > 10^4$

d , мм	40	70	100	200	300	500
$\zeta_{\text{сетк.}}$	12	8,5	7,0	4,7	3,7	2,5

Для ориентировочных расчётов:

при наличии обратного клапана $\zeta_{\text{сетк.}} = 10,0$;

при отсутствии обратного клапана $\zeta_{\text{сетк.}} = 5 \div 6$

Таблица 5
Коэффициенты сопротивления колен водопроводных труб при $\alpha = 90^\circ$

d , мм	50	100	150	200	250	300
$\zeta_{\text{кол.}}$	0,76	0,39	0,37	0,37	0,40	0,45
d , мм	350	400	450	500	600	700
$\zeta_{\text{кол.}}$	0,45	0,42	0,42	0,46	0,47	0,48

Таблица 6

Значения эквивалентной абсолютной шероховатости Δ_z в трубах

Материал и вид трубы	Состояние трубы	Δ_z , мм
Тянутые трубы из стекла и цветных металлов	Новые, технически гладкие	0,001
Бесшовные стальные	Новые и чистые, тщательно уложенные	0,014
	После нескольких лет эксплуатации	0,2
Стальные сварные	Новые и чистые	0,06
	С незначительной коррозией после очистки	0,15
	Умеренно заржавевшие	0,5
	Старые заржавевшие	1
	Сильно заржавевшие или с большими отложениями	3
Чугунные	Новые асфальтированные	0,12
	Новые без покрытия	0,3
	Бывшие в употреблении	1
	Очень старые	3
Бетонные	Новые из предварительно напряженного бетона	0,03
	Новые центробежные	0,2
	Бывшие в употреблении	0,3 ÷ 0,8
	Из необработанного бетона	1-3

Таблица 7

Значения коэффициентов шероховатости n и $1/n$
(для формул Павловского, Агроскина, Маннинга)

Категория	Характеристика поверхности	n	$1/n$
I	Исключительно гладкие поверхности, покрытые эмалью	0,09	111
II	Весьма тщательно остроганные доски, хорошо пригнанные. Штукатурка из чистого цемента	0,010	100
III	Лучшая цементная штукатурка. Чистые новые гончарные, чугунные и железные трубы, хорошо уложенные и соединенные	0,011	90,9
IV	Неостроганные доски, хорошо пригнанные. Водопроводные трубы в нормальных условиях; весьма чистые водопроводные трубы; весьма хорошая бетонировка	0,012	83,3
V	Тесовая кладка, хорошая кирпичная кладка. Водосточные трубы в нормальных условиях. Несколько загрязненные водопроводные трубы	0,013	76,9
VI	Загрязненные трубы (водопроводные и водосточные); средняя кирпичная кладка, бетонировка каналов в средних условиях	0,014	71,4
VII	Средняя кирпичная кладка, облицовка из тесаного камня в средних условиях. Значительно загрязненные водостоки. Брезент по деревянным рейкам	0,015	66,7
VIII	Хорошая бутовая кладка, старая кирпичная кладка, сравнительно грубая бетонировка. Гладкая, весьма хорошо разработанная скала	0,017	58,8

Таблица 8
Значения величин C , λ , K и $1/K^2 = A$ для нормальных водопроводных труб,
подсчитанные по формуле акад. Н. Н. Павловского при $n = 0,012$

d , мм	C	λ	K , м ³ /с	A , с ² /м ⁶
50	44,79	0,0391	0,00987	10340,0
75	47,45	0,0349	0,0287	1214,0
100	49,48	0,0321	0,0614	265,0
125	51,07	0,0301	0,111	81,60
150	52,42	0,0286	0,179	31,18
200	54,62	0,0263	0,384	6,78
250	56,40	0,0247	0,692	2,11
300	57,90	0,0234	1,121	0,794
350	59,18	0,0224	1,684	0,354
400	60,31	0,0216	2,397	0,174
450	61,28	0,0209	4,259	0,0932
500	62,28	0,0202	4,324	0,0532
600	63,91	0,0192	6,999	0,0204
700	65,32	0,0184	10,517	0,00904
800	66,58	0,0177	14,965	0,00495
900	67,70	0,0170	20,430	0,00239
1000	68,72	0,0166	26,485	0,00137

Таблица 9
Значение коэффициента удельного сопротивления A (с²/м⁶) для расчёта
трубопроводов (при квадратичном законе сопротивления) в зависимости от
абсолютной шероховатости Δ

Диаметр d , мм	$\Delta = 0,2$ мм	$\Delta = 0,5$ мм	$\Delta = 1,0$ мм
50	7570	10 000	12 900
75	886	1 160	1 460
100	194	252	313
125	62,6	80,0	95,2
150	23,1	29,3	36,2
200	5,08	6,45	7,81
250	1,58	1,98	2,40
300	0,607	0,709	0,917
400	0,135	0,167	0,201
500	0,0422	0,0518	0,062

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	5
ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАЧ.....	6
Задание 1. ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ В ПОКОЯЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ	10
Задание 2. СИЛА ДАВЛЕНИЯ ПОКОЯЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ НА ПЛОСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ.....	32
Задание 3. СИЛА ДАВЛЕНИЯ ПОКОЯЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ НА КРИВОЛИНЕЙНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ.....	59
Задание 4. РАСЧЁТ ПРОСТЫХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ	78
Задание 5. РАСЧЁТ СЛОЖНЫХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ.....	101
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	126
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	127

Учебное издание

Часс Светлана Ивановна

ГИДРАВЛИКА
ГИДРОМЕХАНИКА

Сборник задач
и контрольных заданий

Редактор изд-ва Л. В. Устьянцева

Компьютерная вёрстка автора

Подписано в печать 30.03.09 г. Бумага офсетная. Формат 60х84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 8,625. Уч.-изд. л. 7,85. Тираж 200 экз. Заказ 68

Изд-во УГТУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Отпечатано с оригинал-макета в лаборатории
множительной техники издательства УГТУ