

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Кафедра гидравлики

Механика жидкости и газа

Методические указания и контрольное задание №1
по дисциплине «Механика жидкости и газа» для
студентов направления 270800.62 Строительство с профилем
Теплогазоснабжение и вентиляция
заочной формы обучения

Нижний Новгород-2011

УДК 532

Методические указания и контрольное задание №1 по дисциплине «Механика жидкости и газа» для студентов направления 270800.62 Строительство с профилем Теплогазоснабжение и вентиляция заочной формы обучения.

Н.Новгород. Издание ННГАСУ, 2011. – 24с.

Настоящие методические указания составлены в соответствии с учебной программой, утвержденной Министерством образования и науки РФ и включают в себя контрольное задание №1, указания к выполнению контрольных задач и перечень тем для изучения по первой части курса «Механика жидкости и газа» при подготовке к экзамену или зачету.

Рис.31, библиограф. наим. 10.

Составитель: В.В. Жизняков.

Рецензент: Агеева В.В.

Содержание

	Введение	4
1.	Общие сведения.	4
2.	Контрольное задание №1	5
	2.1 Контрольные вопросы	6
	2.2. Контрольные задачи.	8
	2.3. Указания к решению задач	18
	2.4. Оформление контрольного задания	20
	2.5. Темы для изучения по первой части курса «Механика жидкости и газа»	21
	Литература	23

Введение

Гидравликой называется наука, изучающая законы равновесия и движения жидкостей и разрабатывающая методы их применения для решения практических инженерных задач. **Аэродинамикой** называется наука, изучающая движение газообразных тел, а также взаимодействие их с твердыми телами и поверхностями.

Несмотря на различия физических свойств жидкостей и газов, связанные с большой сжимаемостью газов, многие законы их движения и равновесия, при определенных условиях, можно считать одинаковыми, поэтому гидравлику и аэродинамику в настоящее время рассматривают в качестве единой науки – **механики жидкости и газа**.

Знание законов механики жидкости и газа необходимо для решения многих технических вопросов санитарной техники и строительного дела. Расчет всевозможных трубопроводов (воздухопроводов, водопроводов, паропроводов и пр.) конструирование гидравлических и воздуходушных машин (насосов, компрессоров, вентиляторов и пр.), расчет многих отопительных и вентиляционных устройств, определение ветровой нагрузки на здания и сооружения, а также решения ряда других технических задач, требуют глубокого понимания законов гидравлики и аэродинамики. Механика жидкости и газа является базой для успешного изучения специальных дисциплин входящих в учебный план подготовки инженеров по специальности ТГВ, таких как, «Отопление и вентиляция», «Газоснабжение» «Теплоснабжение», «Водоснабжение и канализация» «Гидравлические машины и холодильные установки». Все это определяет место этой дисциплины в учебном плане. Ею занимаются после знакомства с математикой, физикой, теоретической механикой и сопротивлением материалов, но до изучения специальных профилирующих дисциплин. Знание гидравлики и аэродинамики позволит студентам сознательно подойти к изучению указанных выше специальных дисциплин, в значительной степени обеспечит их усвоение, а в будущей инженерной практике даст возможность самостоятельно решать многочисленные вопросы непосредственно связанные с движением и равновесием жидкостей и газов.

Курс механики жидкости и газа состоит из теоретических основ, в которых излагаются общие законы равновесия и движения жидкостей и газов, и разделов, представляющих наибольший интерес для специалистов в области теплогазоснабжения и вентиляции, в которых рассматривается приложение этих законов к различным практически важным случаям.

1. Общие сведения

Согласно учебного плана курс «Механика жидкости и газа» изучается студентами заочной формы обучения в течение 2-х семестров. В первом семестре рассматриваются физические свойства жидкостей и газов, гидростатика, основы гидродинамики, гидравлические сопротивления и, частично, расчет напорных трубопроводов. Во втором семестре продолжается

изучение напорных трубопроводов для жидкостей и газов, истечение через отверстия и насадки, обтекание тел потоком, основы моделирования гидроаэродинамических явлений. В соответствии с этим студенту необходимо выполнить два контрольных задания - по одному в каждом семестре. Цель контрольных заданий – изучение основных положений гидравлики и аэродинамики и использование этих положений для решения инженерных задач.

Прежде чем приступить к выполнению контрольных заданий необходимо хорошо изучить соответствующие разделы курса. При этом рекомендуется использовать литературу, список которой приведен в конце контрольного задания. Не следует заучивать наизусть сложные эмпирические формулы встречающиеся в курсе. Нужно, однако, знать об их существовании и знать какие величины в них входят. Заучивать наизусть надо только основные принципиальные формулы и уметь анализировать размерности всех встречающихся величин.

Задания включают в себя письменные ответы на контрольные вопросы и решение контрольных задач. Выполненные и оформленные соответствующим образом работы (см.раздел 2.4) представляются преподавателю на проверку. Только после получения зачета по заданиям, а также выполнения и защиты лабораторных работ, студент допускается к экзамену или зачету.

Настоящее руководство содержит данные и пояснения к выполнению контрольного задания №1.

2. Контрольное задание №1

Таблица 2.1 - Варианты к контрольному заданию №1

Буквы алфавита	Задачи						Вопросы
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	
а, б, в	1	16	17	32	33	48	1,9,17,25,33,41,49
г, д, е, ё	2	15	18	31	34	47	2,10,18,26,34,42,50
ж, з, и, й, к	3	14	19	30	35	46	3,11,19,27,35,43,51
л, м, н	4	13	20	29	36	45	4,12,20,28,36,44,52
о, п, р	5	12	21	28	37	44	5,13,21,29,37,45,53
с, т, у,	6	11	22	27	38	43	6,14,22,30,38,46,54
ф, х, ц, ч, ш	7	10	23	26	39	42	7,15,23,31,39,47,55
щ,ъ,ы,ь,э,ю,я	8	9	24	25	40	41	8,16,24,32,40,48,56

Из приведенных ниже контрольных вопросов и задач необходимо ответить письменно на семь вопросов и решить шесть задач соответствующих вашему варианту. Остальной материал следует проработать устно.

Номера вопросов и задач входящих в задание, определяют по таблице вариантов 2,1, в зависимости от сочетания букв в фамилии студента.

Номер первой задачи соответствует первой букве фамилии, второй задачи – второй букве и т.д. Номера вопросов определяют по пятой букве фамилии студента. Например, студент Петров должен решить задачи 5, 15, 22, 28, 37, 48 и ответить на вопросы 5, 13, 21, 29, 37, 45, 53. Если фамилия студента содержит

меньше пяти букв номера последующих задач и вопросов будут соответствовать последней букве фамилии. Например, студент Цой должен включить в первую контрольную работу задачи 7, 12, 19, 30, 35, 46 и вопросы 3, 11, 19, 27, 35, 43, 51.

2.1 Контрольные вопросы

1. Что такое гидравлика, аэродинамика, механика жидкости и газа?
2. Назовите основные физические свойства капельных жидкостей
3. Какая связь существует между плотностью и удельным весом жидкости? Укажите их размерность в системе СИ.
4. Каково общее свойство капельных и газообразных жидкостей и что является их отличительным признаком?
5. Что такое вязкость жидкости? Какими коэффициентами она характеризуется?
6. В чем состоит сущность закона вязкости Ньютона?
7. Какими приборами определяется вязкость жидкости? Что такое условная вязкость?
8. Как изменяется кинематическая вязкость жидкостей и газов при изменении температуры?
9. Что такое идеальная и реальная жидкости?
10. Что называется гидростатическим давлением? В каких единицах оно измеряется?
11. Каковы основные свойства гидростатического давления?
12. Какими приборами измеряется гидростатическое давление?
13. Что такое пьезометрическая высота, пьезометрический напор?
14. В чем состоит сущность закона Паскаля? Приведите примеры практического использования закона Паскаля.
15. Что такое эпюра гидростатического давления? Приведите примеры построения эпюр на плоские и криволинейные поверхности.
16. Напишите формулу для определения силы давления жидкости на горизонтальное дно. Гидростатический парадокс.
17. Как найти силу давления жидкости на плоскую прямоугольную стенку аналитическим и графоаналитическим способами?
18. Что такое центр давления? Как найти его положение?
19. Почему центр давления всегда находится ниже центра тяжести смоченной поверхности стенки?
20. Как определяется сила давления жидкости и направление ее действия на цилиндрические поверхности?
21. Что называется подъемной силой? Где находится точка ее приложения? В чем состоит закон Архимеда?
22. Как определить глубину погружения плавающего тела, частично погруженного в жидкость?
23. Что понимают под остойчивостью плавающего тела, поясните условия остойчивости.
24. Что называется живым сечением потока? Приведите примеры.
25. Какая разница между средней и местной скоростью?

26. Как найти гидравлический радиус для поперечного сечения круглой прямоугольной и треугольной формы?
27. Что такое объемный и массовый расход? Какая зависимость существует между средней скоростью потока и площадью его живого сечения?
28. Напишите уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Поясните геометрический и энергетический смысл входящих в него членов.
29. В чем отличия уравнения Бернулли для потока реальной и идеальной жидкости?
30. Чем вызывается неравномерность распределения скоростей по сечению потока и как она учитывается?
31. Что такое гидравлический уклон? Когда он совпадает с пьезометрическим уклоном?
32. Принципы построения пьезометрических и напорных линий?
33. Какие существуют ограничения для применения уравнения Бернулли?
34. В чем состоит принцип работы трубы Вентури и трубки Пито-Прандтля?
35. Чем отличается уравнение Д. Бернулли для газа от уравнения Д. Бернулли для несжимаемой жидкости?
36. Нарисуйте опытную установку О. Рейнольдса и поясните суть его исследования режимов движения жидкости.
37. Что такое число Рейнольдса, в чем его физический смысл и практическое значение?
38. В чем основное отличие турбулентного течения от ламинарного?
39. Покажите эпюры скоростей при ламинарном и турбулентном режимах движения для цилиндрической трубы. По каким уравнениям они могут быть построены?
40. В каких случаях практики наблюдается ламинарное течение?
41. По какой формуле определяются потери напора при ламинарном течении в трубах?
42. Что такое осредненная местная скорость, пульсация скорости?
43. Что такое абсолютная, эквивалентная и относительная шероховатость?
44. От каких факторов зависит коэффициент гидравлического трения при турбулентном движении и по каким формулам его можно определить?
45. В чем суть опытов Никурадзе И.И., Мурина Г.А. с трубами различной шероховатости. Графики Никурадзе И.И., Мурина Г.А.
46. Какие трубы называют гидравлически гладкими и гидравлически шероховатыми?
47. Что такое квадратичная область сопротивления?
48. По каким формулам определяются потери напора на трение в трубах круглого и некруглого сечений?
49. Запишите формулу Шези. Как определить коэффициент Шези?
50. Какие сопротивления называют местными и по какой формуле находятся потери давления на местные сопротивления?
51. Почему возникают потери напора при прохождении потока через местные сопротивления? Что понимают под длиной влияния местного сопротивления?
52. Кавитация и условия ее возникновения в местных сопротивлениях.
53. Как влияет взаимное расположение местных сопротивлений на общие потери напора в трубопроводе?

54. Как зависит коэффициент местного сопротивления от числа Рейнольдса?
55. По каким признакам трубопроводы классифицируются на короткие и длинные, простые и сложные?
56. Укажите основные типы задач при расчете простого трубопровода. Как они решаются?

2.2 Контрольные задачи

1. Давление в кислородном баллоне на улице при температуре $t_1 = -15^\circ\text{C}$ равно $p_1 = 10^7$ Па. Найти давление p_2 в баллоне при внесении его в помещение с температурой $t_2 = 23^\circ\text{C}$.
 Ответ: $p_2 = 1,147 \cdot 10^7$ Па.
2. Определить среднюю толщину солевых отложений $\delta_{\text{сол}}$ на внутренней поверхности бывшей в эксплуатации напорной трубы диаметром $d = 500$ мм и длиной $\ell = 2$ км. При выпуске воды в количестве $\Delta V = 70$ литров давление в водоводе уменьшилось на величину $\Delta p = 10^6$ Па. Отложения по диаметру и длине водовода распределены равномерно.
 Ответ: $\delta_{\text{сол}} = 11,5$ мм
3. Определить изменение плотности воды при ее нагревании от $t_1 = 5^\circ\text{C}$ до $t_2 = 95^\circ\text{C}$.
 Ответ: $\rho_2/\rho_1 = 0,963$.
4. Определить изменение плотности воды при ее сжатии от $p_1 = 10^5$ Па до $p_2 = 10^7$ Па.
 Ответ: $\rho_2/\rho_1 = 1,005$.
5. Определить показания U-образного манометра $h_{\text{рт}}$, пьезометра H_1 и барометра H_2 , присоединенных к напорному трубопроводу с нефтью, если пружинный манометр показывает $p_{\text{ман}} = 0,2 \cdot 10^5$ Па (рис.1), $h_1 = 0,5$ м; $h_2 = 1$ м, относительная плотность нефти $\delta_{\text{н}} = 0,9$, ртути $\delta_{\text{рт}} = 13,6$.
 Ответ: $h_{\text{рт}} = 0,25$ м.рт.ст.; $H_1 = 2,67$ м.неф.ст.; $H_2 = 14,1$ м.неф.ст.
6. В отопительной системе небольшого дома содержится объем воды $V_1 = 500$ л при температуре $t_1 = 10^\circ\text{C}$. Какой объем воды ΔV поступит дополнительно в расширительный бак системы при нагреве воды до температуры $t_2 = 95^\circ\text{C}$.
 Ответ: $\Delta V = 19,6$ л.
7. Трубопровод длиной $\ell = 2000$ м и диаметром $d = 100$ мм перед гидравлическими испытаниями заполнен водой, находящейся под атмосферным давлением. Температура воды $t = 10^\circ\text{C}$. Определить, сколько нужно добавить в трубопровод воды ΔV , чтобы давление в нем повысить на величину $\Delta p = 2000$ кПа. Деформацией трубопровода пренебречь.
 Ответ: $\Delta V = 15,9$ л.
8. Определить тягу Δp через дымовую трубу высотой $H=60$ м (рис.2). Плотность дымовых газов $\rho_2 = 0,6$ кг/м³, а температура наружного воздуха $t_{\text{н}} = 10^\circ\text{C}$.
 Ответ: $\Delta p = 353,16$ Па.
9. Определить показания манометров p_1, p_2, p_4 (рис.3), если давление $p_3 = 1,3 \cdot 10^5$ Па. Чему равно абсолютное давление в точке А?
 $H_1 = 3,0$ м ; $h_2 = 3,1$ м ; $h_3 = 2,7$ м ; $h = 1,1$ м.
 Ответ: $p_1 = 0,731 \cdot 10^5$ Па, $p_2 = 0,996 \cdot 10^5$ Па ; $p_4 = 1,59 \cdot 10^5$ Па ; $p_{\text{Аабс}} = 1,104 \cdot 10^5$ Па.

10. При помощи дифференциального манометра найти разность давлений в 2-х трубопроводах заполненных водой (рис.4). Высота столба ртути $h = 30$ см.

Ответ: $p_B - p_A = 34139$ Па.

11. Какая высота столба ртути h установится в дифференциальном манометре (рис.5), если при разности давлений $p_B - p_A = 65000$ Па, центр трубопровода А расположен на $z = 34$ см выше центра трубопровода В.

Ответ: $h = 25,6$ см.

12. Найти давление воздуха p в резервуаре В (рис.6), если давление на поверхности воды в резервуаре А равно $p_A = 0,25$ ат, разности уровней ртути в манометре $h_1 = 200$ мм и $h_2 = 250$ мм, а значение $h = 0,5$ м. Пространство между уровнями ртути в манометре заполнено спиртом (относительная плотность спирта $\delta_{сп.} = 0,8$).

Ответ: $p_{Вман} = 26058$ Па.

13. Найти силу T , с которой нужно тянуть трос, прикрепленный к нижней кромке плоского квадратного затвора, закрывающего отверстие канала (рис.7). Затвор может вращаться вокруг оси А. Глубина воды над верхней кромкой щита $H = 5$ м, сторона квадрата $h = 2$ м, трос направлен под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту.

Ответ: $T = 124,07$ кН.

14. Определить абсолютное и манометрическое давления в резервуаре (рис.8) по показаниям батарейного ртутного манометра, если отметки жидкости в метрах от условного нуля $z_1 = 3,0$ м; $z_2 = 1,5$ м; $z_3 = 2,5$ м; $z_4 = 1,2$ м; $z_5 = 2,3$ м.

Ответ: $p_{абс} = 352,71$ кПа; $p_{ман} = 252,71$ кПа.

15. Стенка резервуара имеет вид «ломаной» линии 1-2-3-4-5-6 (рис.9). Определить давления в «характерных» точках и построить эпюру гидростатического давления воды на стенку. Найти графоаналитическим методом силу давления на стенку 3-4 и координату ее приложения h_D , если $h_1 = 2$ м, $h_2 = 3$ м, $h_3 = 4$ м, ширина стенки $B = 3$ м (на рисунке не показана).

Ответ: $P_{3-4} = 309,01$ кН; $h_D = 1,28$ м, $p_1 = 0$; $p_2 = p_3 = 19,62$ кПа; $P_3 = 19,62$ кПа; $p_4 = p_5 = 49,05$ кПа; $p_6 = 88,29$ кПа.

16. В сосуд налита ртуть, вода и масло (рис.10). Высота слоя ртути $h_1 = 20$ см, воды $h_2 = 80$ см и масла $h_3 = 1$ м. Построить эпюру избыточного давления и найти графоаналитическим методом силу давления на боковую стенку сосуда, если ее ширина $B = 2$ м (на рисунке не показана), а плотность масла $\rho_M = 800$ кг/м³.

Ответ: $P = 38,298$ кН.

17. Закрытый бак частично заполнен водой (рис.11). Давление воздуха на поверхности воды $p = 4,5$ ат. Требуется: 1) построить эпюру давления на боковую стенку АС, если ее высота $H = 8$ м, ширина $B = 5$ м (на рисунке не показана), глубина воды $h = 6$ м. 2) найти силу суммарного давления воздуха и воды на стенку и точку приложения (центр давления) этой силы.

Ответ: $P = 188,83 \cdot 10^5$ Н; $h_D = 2,094$ м.

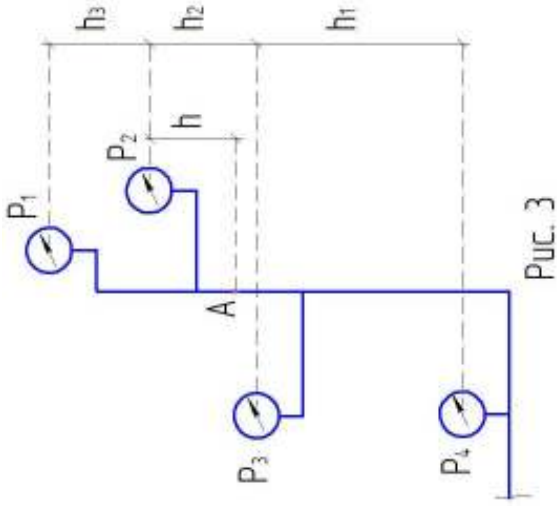


Рис. 3

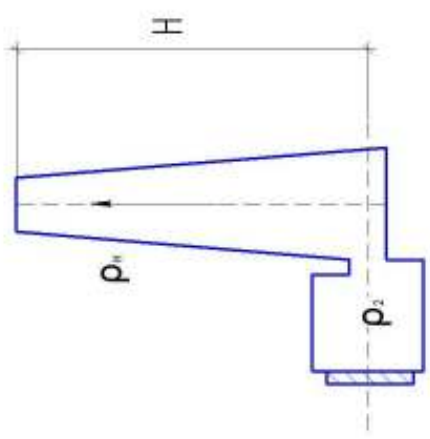


Рис. 2

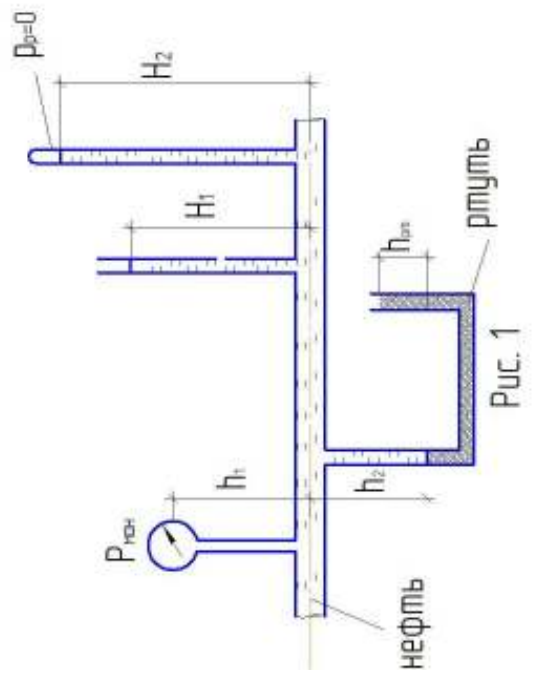


Рис. 1

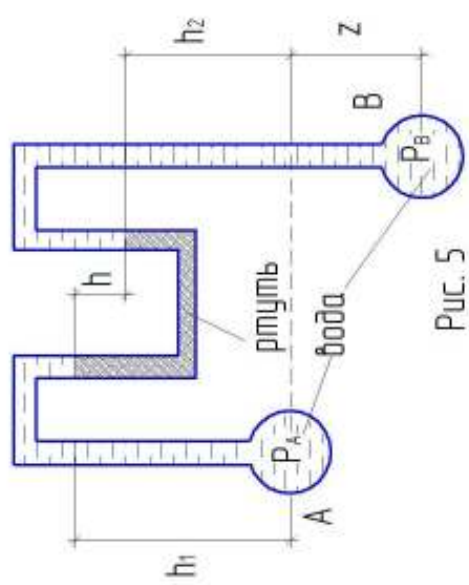


Рис. 5

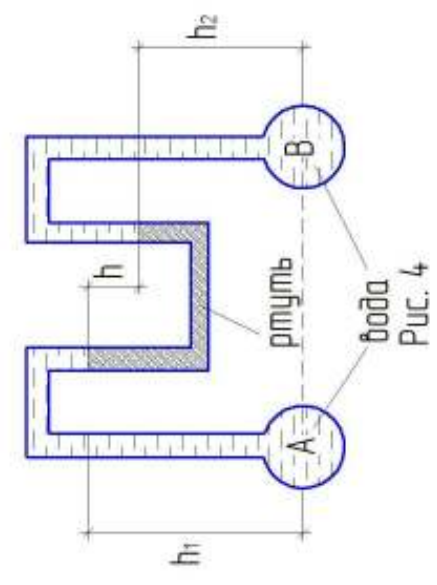


Рис. 4

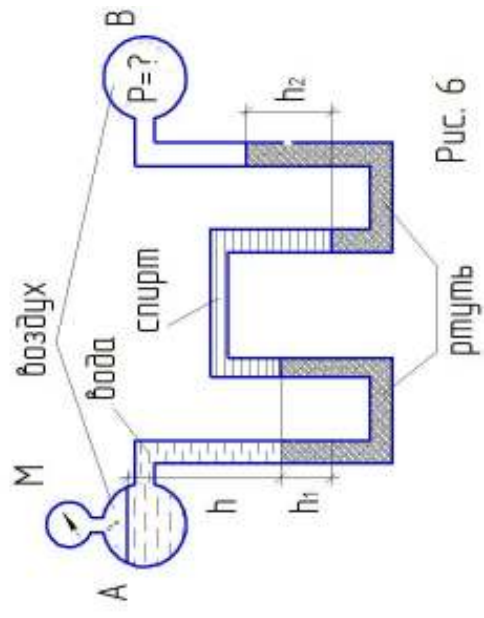


Рис. 6

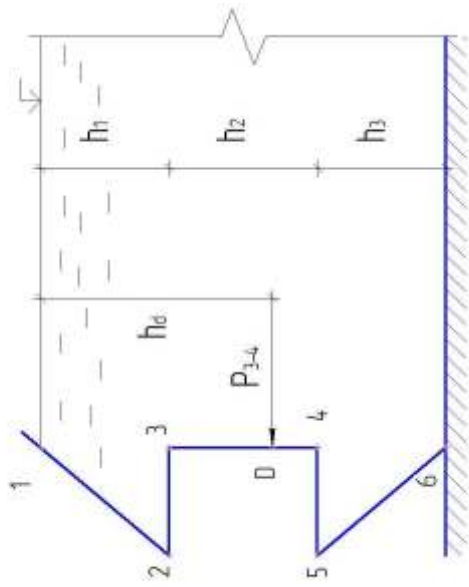


Рис. 9

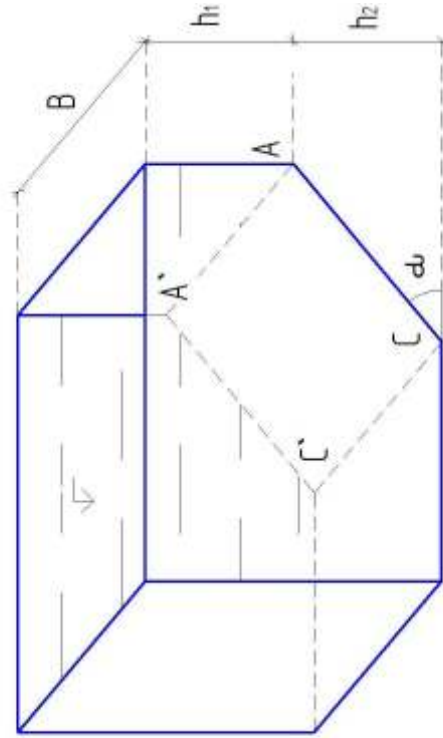


Рис. 12

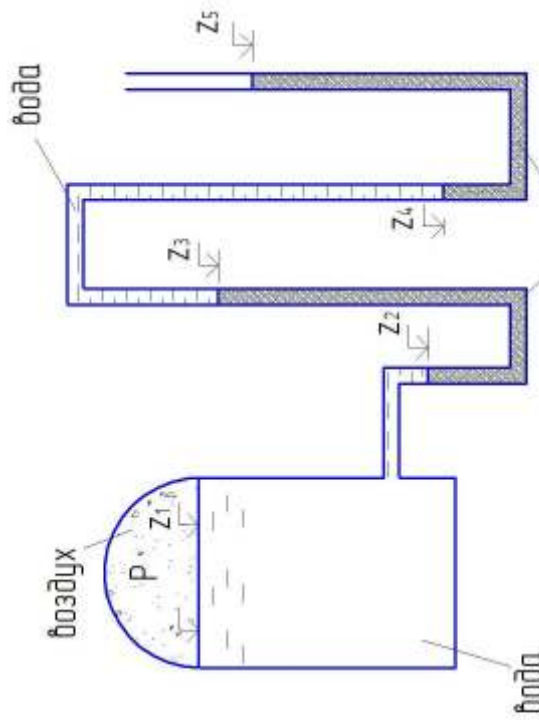


Рис. 8

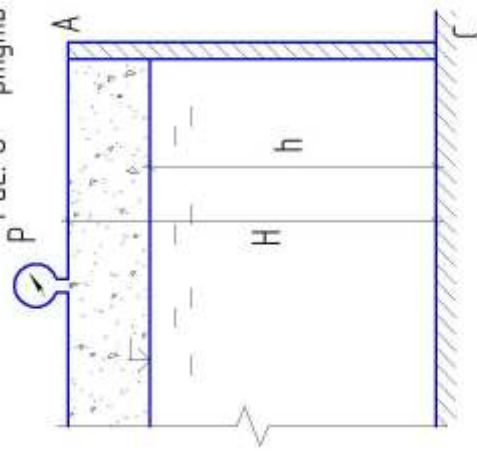


Рис. 11

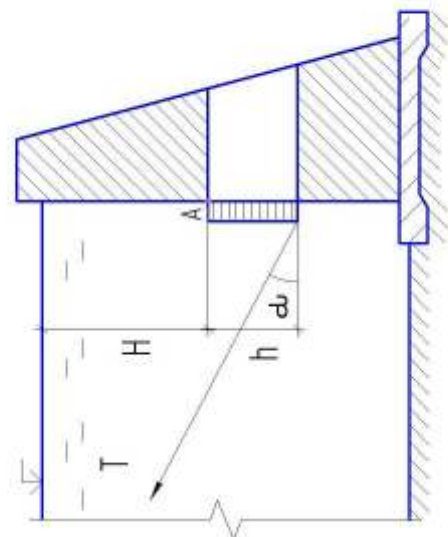


Рис. 7

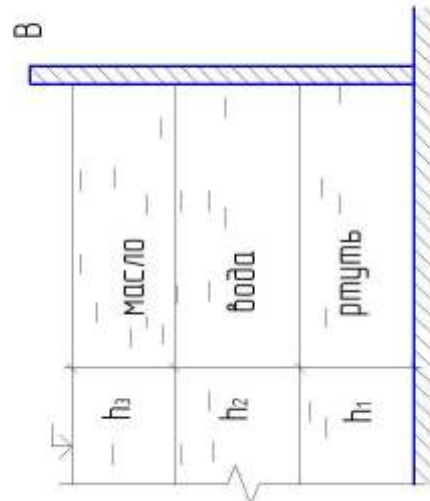


Рис. 10

18. Какова сила давления воды на наклонную стенку $AA'SS'$ открытого резервуара (рис.12) и на какой глубине расположен центр давления, если $h_1 = 3$ м, $h_2 = 2$ м, $B = 4$ м, $\alpha = 30^\circ$.

Ответ: $P = 627,84$ кН; $h_D = 4,33$ м.

19. На каком расстоянии от дна X нужно расположить ось вращения $O-O$, чтобы плоский прямоугольный затвор AC (рис.13) открывался автоматически, как только глубина воды в верхнем бьефе будет превышать $h_1 = 2$ м. Глубина в нижнем бьефе $h_2 = 0,9$ м, ширина затвора $B = 2$ м (на рисунке не показана).

Ответ: $X = 0,76$ м.

20. Определить начальное подъемное усилие T для открытия плоского прямоугольного затвора, вращающегося вокруг шарнира O (рис.14). Расстояние от шарнира до уровня воды $a = 1$ м, глубина воды $h = 3$ м, ширина затвора $B = 2$ м (на рисунке не показана), масса $m = 2$ т. Угол наклона затвора к горизонту $\alpha = 60^\circ$. Трением в шарнире и архимедовой силой в начальный момент подъема пренебречь.

Ответ: $T = 194,62$ кН.

21. Водораздельный плоский щит шириной $B = 4$ м (на рисунке не показана) наклонен на $\alpha = 60^\circ$ (рис.15). Глубина воды $h_1 = 3$ м; $h_2 = 1$ м. Определить равнодействующую силу давления воды на щит R и расстояние от точки приложения силы до шарнира $O - l_{DR}$, если $a = 0,5$ м. Задачу решить аналитическим методом.

Ответ: $R = 181,25$ кН; $l_{DR} = 2,79$ м.

22. Определить силу давления воды P и направление ее действия β на секторный затвор (рис.16) при следующих данных: $h = 3$ м, $\alpha = 45^\circ$, $R = 4,24$ м, ширина затвора $B = 1$ м.

Ответ: $P = 45,58$ кН; $\beta \approx 14^\circ$.

23. Сегментный щит AN радиусом $R = 7$ м, поддерживает воду при ее глубине $h = 4,5$ м (рис.17). Центральный угол сектора $\varphi = 45^\circ$. Горизонтальная проекция щита $CN = a = 3$ м. Ширина щита $B = 6,5$ м. Определить силу гидростатического давления воды на щит P и координату центра давления $z_{ц.д.}$.

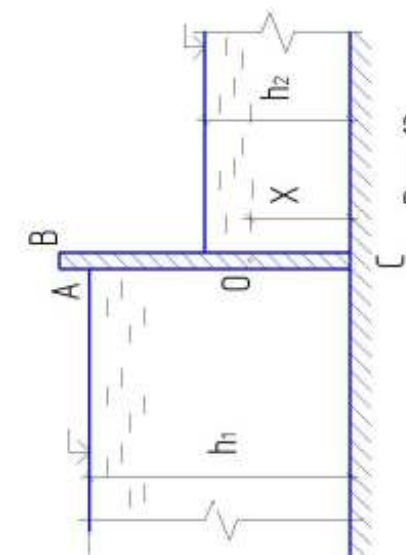
Ответ: $P = 905,45$ кН; $z_{ц.д.} = 4,9$ м.

24. Для хранения воды используется бак, имеющий фасонную часть AC в виде четверти поверхности цилиндра (рис.18). Радиус цилиндра $R = 2$ м, ширина $B = 3$ м, глубина воды $H = 5$ м. Определить величину суммарного давления на криволинейную фасонную часть и направление ее действия.

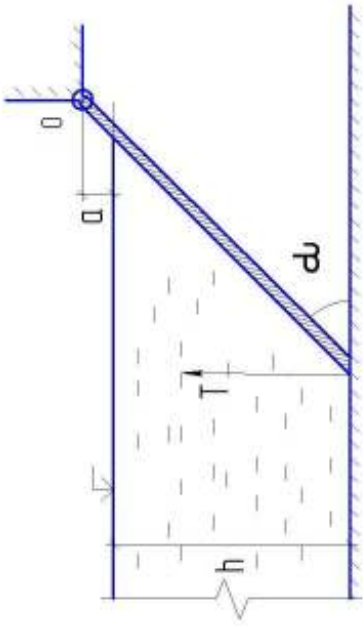
Ответ: $P = 310,12$ кН; $\alpha = 40^\circ 40'$.

25. Криволинейная цилиндрическая стенка $ACC'A'$, опирающаяся на опоры (рис. 19), имеет размеры $R = 3$ м, $B = 5$ м. Найти силу давления воды на цилиндрическую стенку, направление действия этой силы и построить эпюру гидростатического давления. Заглубление верха криволинейной стенки $h = 1$ м.

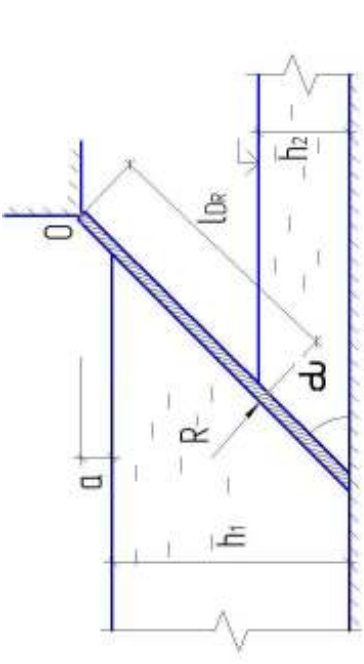
Ответ: $P = 615,45$ кН; $\alpha = 53^\circ 20'$.



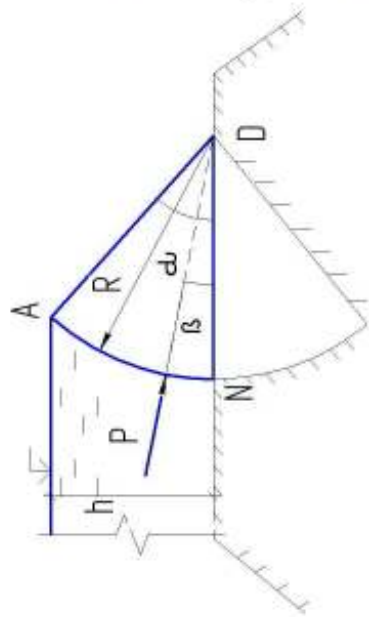
Puc. 13



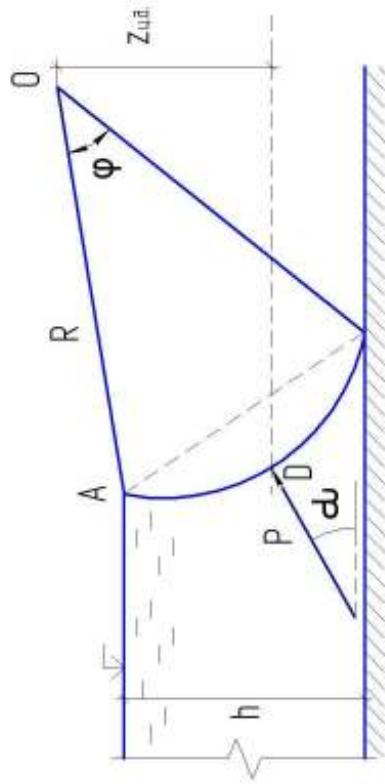
Puc. 14



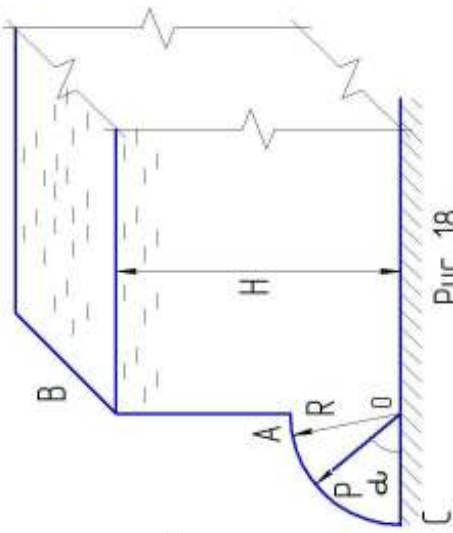
Puc. 15



Puc. 16



Puc. 17



Puc. 18

26. Понтон с размерами $\ell \times H \times B = 10 \times 2,5 \times 4$ м частично погружен в воду (рис.20). Построить эпюру гидростатического давления воды на торцевые стенки АС и ЕД и дно понтона СД, если его осадка $T = 3$ м, а угол наклона $\alpha = 10^0$. Найти силы давления воды на указанные поверхности, используя графоаналитический метод решения.

Ответ: $P_1 = 173,5$ кН; $P_2 = 835$ кН; $P_3 = 31,7$ кН.

27. Определить плотность дерева, которая необходима для изготовления плота при перевозке 12 человек массой по 75 кг каждый, если плот состоит из 10 бревен диаметром $d = 30$ см и длиной $\ell = 8$ м. Бревна наполовину погружены в воду.

Ответ: $\rho_{\text{дер.}} \leq 337,55$ кг/м³.

28. Бетонная плита имеет массу в воздухе 125 кг, а в воде 75 кг. Определить плотность бетона.

Ответ: $\rho_{\text{бет.}} = 2500$ кг/м³.

29. Определить диаметр поплавка D , который при слое воды $H \geq 90$ см обеспечивал бы автоматическое открытие сливного клапана $d = 4$ см. (рис. 21). Длина тяги $h = 85$ см, вес клапана и тяги $G_{\text{кл.}} = 1,5$ н, масса поплавка $m_{\text{п.}} = 250$ г.

Ответ: $D = 0,19$ м.

30. Прямоугольная баржа размером 18×9 м, когда ее загрузили песком, погрузилась в воду на $0,5$ м по сравнению с первоначальным состоянием до загрузки. Определить объем загруженного песка, если его относительный вес равен 2.

Ответ: $W_{\text{п}} = 40,5$ м³.

31. Определить глубину погружения плавающего в воде деревянного бруса и его остойчивость при следующих данных: ширина $0,3$ м, высота $0,2$ м, длина 4 м (на рисунке не показана), плотность дерева $\rho_{\text{дер.}} = 600$ кг/м³.

Ответ: $h_0 = 0,12$ м, брус остойчив.

32. Определить критическую скорость перехода от ламинарного течения к турбулентному для трубы диаметром 200 мм при движении в ней: а) воды с температурой 10^0C ; б) воздуха с температурой 15^0C ; в) глицерина с температурой $t = 20^0\text{C}$.

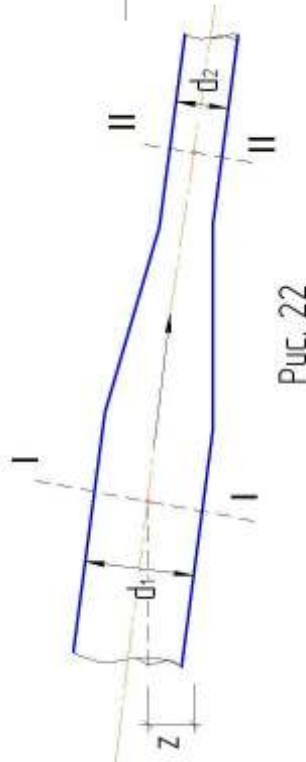
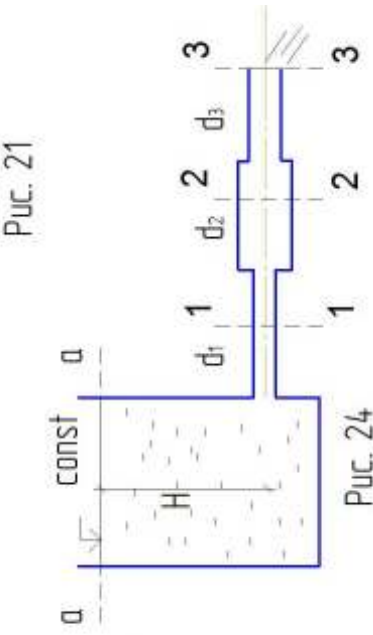
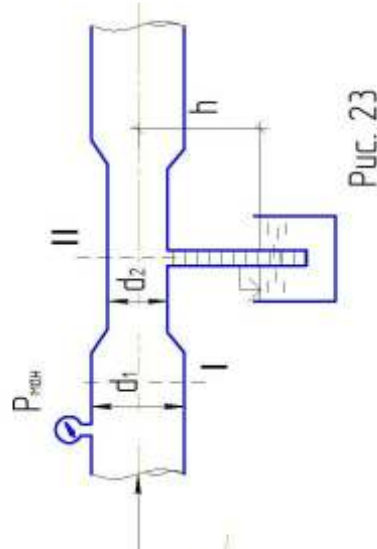
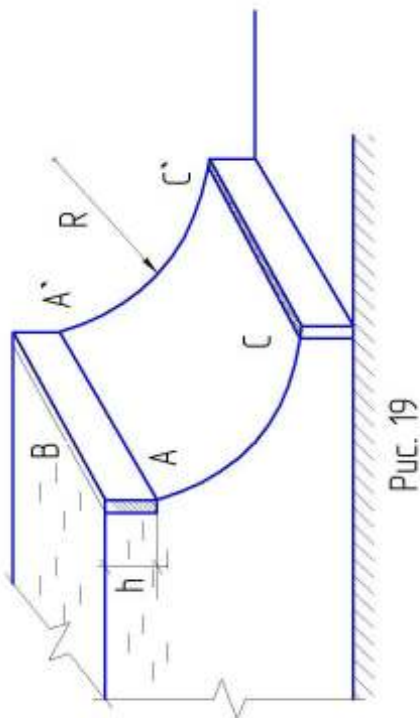
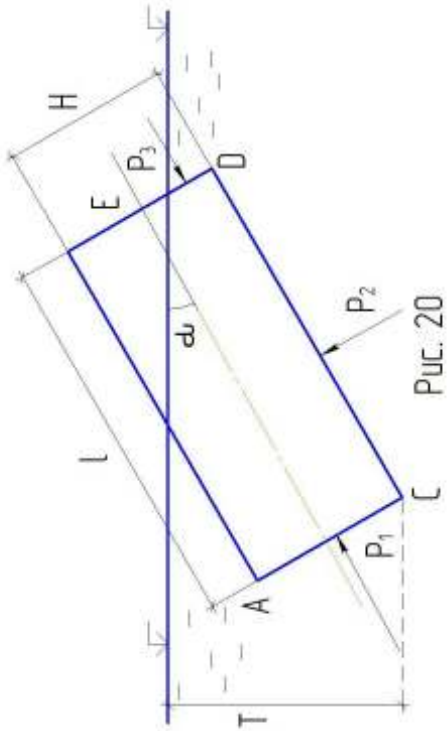
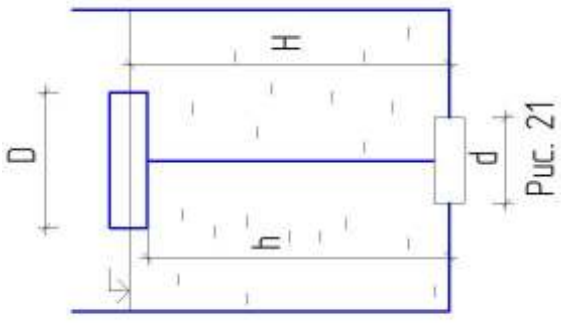
Ответ: $V_{\text{кр.воды}} = 0,015$ м/с; $V_{\text{кр.возд.}} = 0,176$ м/с; $V_{\text{кр.глиц.}} = 4,76$ м/с.

33. Конденсатор паровой турбины, установленной на тепловой электростанции, оборудован $n = 8150$ охлаждающими трубками диаметром 35 мм. Расход циркуляционной воды, проходящей через конденсатор 15000 м³/час, температура воды 15^0C . Определить, будет ли при этом обеспечен турбулентный режим движения в трубах.

Ответ: $Re = 16272 > Re_{\text{кр.}}$ - турбулентный режим движения.

34. Определить потери напора по длине в новом стальном трубопроводе диаметром 200 мм и длиной 3 км, если по нему транспортируется вода с расходом 20 л/с и температурой $t = 15^0\text{C}$. Как изменятся потери напора, если по тому же трубопроводу будет транспортироваться веретенное масло при температуре $t = 20^0\text{C}$?

Ответ: $h_{\ell\text{воды}} = 6,2$ м.вод.ст., $h_{\ell\text{мас.}} = 14,1$ м.мас.ст.



35. Определить расход масла, пропускаемый самотечным маслопроводом диаметром 150 мм и длиной 8 км, если кинематический коэффициент вязкости масла $\nu = 50,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, а разность отметок начальной и конечной точек трубопровода составляет 20 м.

Ответ: $Q = 6,1 \text{ л/с}$.

36. Определить расход воды в стальной трубе диаметром 300 мм бывшей в эксплуатации, если скорость на оси трубы, измеренная трубкой Пито-Прандтля равна 4 м/с, а температура воды 16°C .

Ответ: $Q = 235 \text{ л/с}$.

37. Наклонная труба диаметром $d_1 = 76 \text{ мм}$ плавно сужается до диаметра $d_2 = 50 \text{ мм}$ (рис.22). Давление воды в сечении I-I $p_1 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$, центр тяжести первого сечения на $z = 50 \text{ см}$ выше центра тяжести второго сечения. Потери напора между сечениями $h_c = 0,4 \text{ м}$. При каком расходе воды давление в сечении II-II будет равно атмосферному?

Ответ: $Q = 1,12 \text{ л/с}$.

38. Пренебрегая потерями напора определить диаметр сужения d_2 (рис. 23), чтобы при пропуске расхода $Q = 7 \text{ л/с}$ вода в трубке "а" подсасывалась на высоту $h = 60 \text{ см}$. Диаметр трубопровода $d_1 = 100 \text{ мм}$, а манометрическое давление в широком сечении $p_{1\text{ман}} = 3,9 \text{ кПа}$.

Ответ: $d_2 = 44 \text{ мм}$.

39. Вода в количестве $Q = 12 \text{ л/с}$ перекачивается по стальному трубопроводу диаметром $d = 125 \text{ мм}$, длиной $\ell = 1000 \text{ м}$. Определить потери напора по длине при возрастающем значении шероховатости в процессе старения трубы $K_1 = 0,1 \text{ мм}$, $K_2 = 0,2 \text{ мм}$, $K_3 = 1,2 \text{ мм}$. Температура воды 20°C .

Ответ: $h_{\ell 1} = 7,86 \text{ м}$; $h_{\ell 2} = 8,87 \text{ м}$; $h_{\ell} = 14,71 \text{ м}$.

40. Из отверстия в боковой стенке сосуда по горизонтальной трубе переменного сечения вытекает вода в атмосферу (рис.24). Определить расход воды Q , а также средние скорости и гидродинамические давления в сечениях трубопровода 1-1 и 2-2, предполагая уровень воды в сосуде постоянным и пренебрегая потерями напора при следующих данных:

$H = 2 \text{ м}$; $d_1 = 7,5 \text{ см}$; $d_2 = 25 \text{ см}$; $d_3 = 10 \text{ см}$.

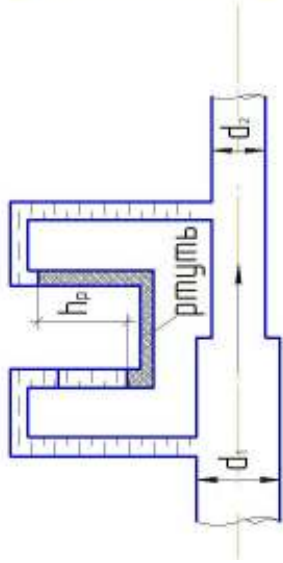
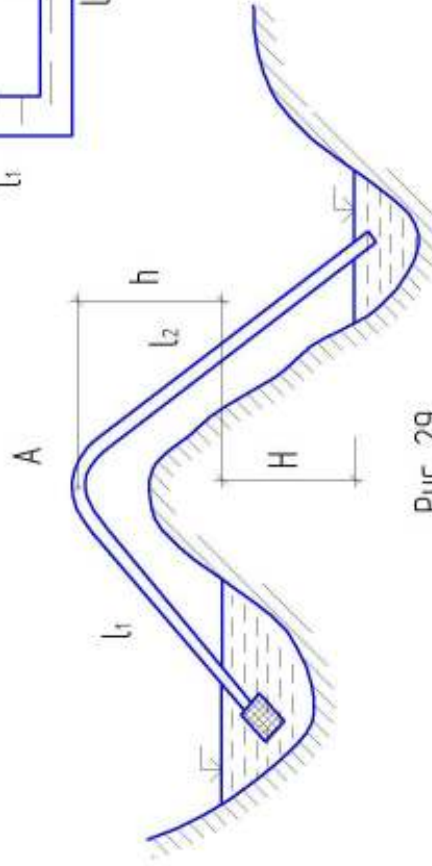
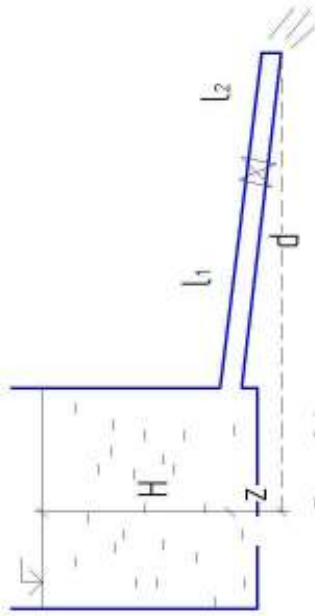
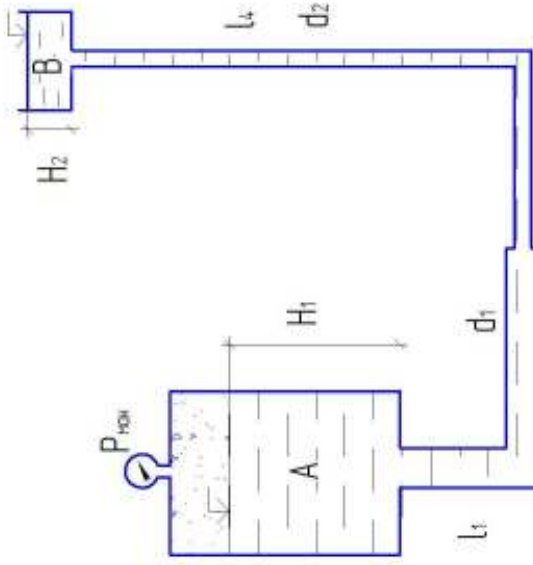
Ответ: $Q = 49,1 \text{ л/с}$; $V_1 = 11,13 \text{ м/с}$; $V_2 = 1,0 \text{ м/с}$; $V_3 = 6,26 \text{ м/с}$, $p_1 = 5,88 \cdot 10^4 \text{ Па}$; $p_2 = 11,96 \cdot 10^4 \text{ Па}$.

41. Вода протекает по горизонтальной трубе, внезапно сужающейся от $d_1 = 15 \text{ см}$ до $d_2 = 0,08 \text{ м}$ (рис. 25). Расход воды $Q = 0,018 \text{ м}^3/\text{с}$. Определить какую разность уровней ртути $h_{\text{рт}}$ покажет дифференциальный манометр?

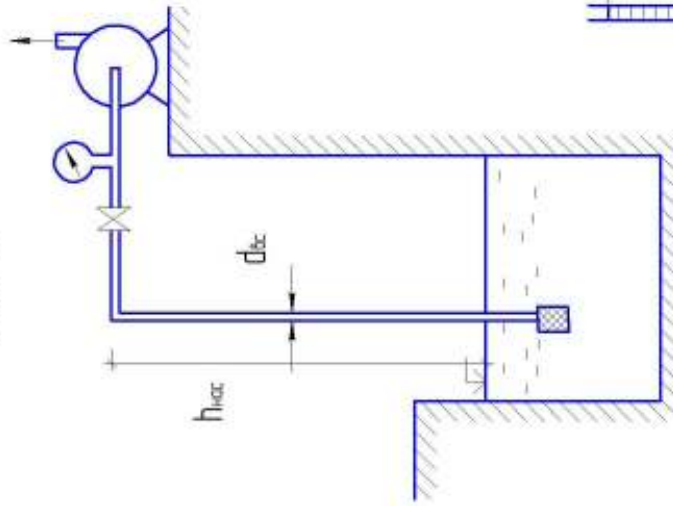
Ответ: $h_{\text{рт}} = 0,067 \text{ м}$.

42. Определить напор H , который необходимо поддерживать в резервуаре (рис.26), чтобы расход воды пропускаемый по наклонному трубопроводу диаметром $d = 100 \text{ мм}$ и длиной $\ell_1 + \ell_2 = 35 + 15 = 50 \text{ м}$, равнялся $Q = 19 \text{ л/с}$. Выходное сечение трубы расположено на $z = 1 \text{ м}$ ниже входного сечения. Температура воды $t = 20^\circ\text{C}$, задвижка открыта наполовину, труба стальная, новая. Построить пьезометрическую и напорную линии.

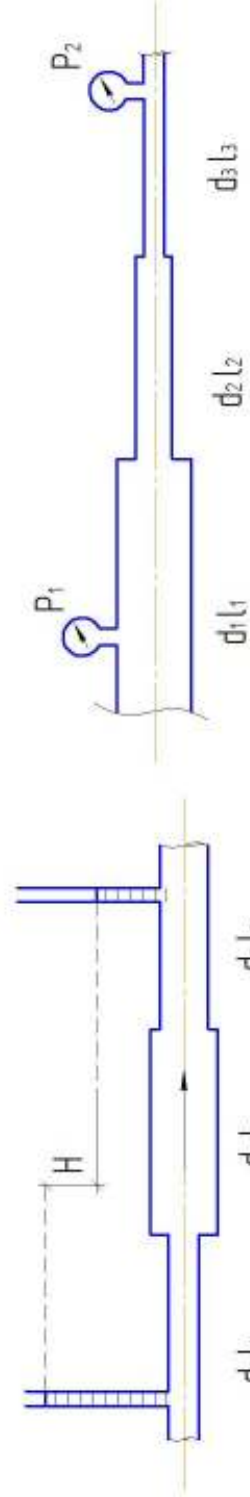
Ответ: $H = 2,78 \text{ м}$



Puc. 25



Puc. 28



43. Вода с расходом Q подается по трубопроводу переменного сечения из закрытого бака А в открытый резервуар В (рис. 27). Определить напор H_2 , который установится в резервуаре В при следующих данных: расход воды $Q = 6$ л/с; манометрическое давление на поверхности жидкости в баке А $p_{\text{ман.}} = 90000$ Па, диаметры трубопроводов $d_1 = 100$ мм, $d_2 = 50$ мм, длины участков $\ell_1 = 3$ м; $\ell_2 = 15$ м; $\ell_3 = 4$ м; $\ell_4 = 7$ м; напор $H_1 = 1,5$ м, температура воды $t = 20^\circ\text{C}$. Шероховатость стенок труб принять $K_{\xi 1} = K_{\xi 2} = 0,1$ мм.

Ответ: $H_2 = 3,23$ м.

44. Насос забирает воду из колодца по новой чугунной трубе в количестве 25 л/с (рис 28). Определить максимальную высоту установки насоса над поверхностью воды $h_{\text{нас}}$ и диаметр всасывающей трубы $d_{\text{вс}}$ при условии, что скорость движения в трубе не превышает 0,6 м/с, а абсолютное давление перед насосом равно 50 кПа. На всасывающем трубопроводе общей длиной 30 м имеется приемный клапан, колено 90° , задвижка, открытая на 0,25. Температура воды 20°C . Построить пьезометрическую и напорную линии.

Ответ: $h_{\text{нас}} = 4,72$ м; $d_{\text{вс}} = 250$ мм.

45. Сифонный водосброс длиной $\ell_1 + \ell_2 = 5 + 100$ м и диаметром $d = 250$ мм перепускает воду из верхнего водоема в нижний (рис.29). Разность уровней воды постоянна и равна $H = 3$ м. Наивысшая точка сифона А находится над уровнем воды верхнего водоема на $h = 2$ м. Труба стальная, умеренно заржавевшая, на ней имеется поворот на 90° и решетка. Температура воды $t = 15^\circ\text{C}$. Требуется найти подачу Q сифонного водосброса и величину вакуума в точке А. Построить напорную и пьезометрическую линии.

Ответ: $Q = 76$ л/с; $p_{\text{вак.}} = 76616$ Па.

46. Определить расход воды в чугунной водопроводной трубе (бывшей в эксплуатации) диаметром 200 мм, длиной 1 км при располагаемом напоре $H = 8$ м.

Ответ: $Q = 29,2$ л/с.

47. Определить общие потери напора H при движении воды в системе последовательно соединенных трубопроводов (рис. 30). Расход воды $Q = 15$ л/с. Трубы стальные, новые. Диаметры трубопроводов $d_1 = 100$ мм, $d_2 = 200$ мм, $d_3 = 150$ мм; длины участков $\ell_1 = 200$ м, $\ell_2 = 400$ м; $\ell_3 = 450$ м.

Ответ: $H = 17,76$ м.

48. Какой диаметр d_3 необходимо принять, чтобы в конце системы последовательно соединенных стальных труб (рис.31) давление равнялось $p_2 = p_{\text{ат}}$? Расход воды $Q = 16$ л/с, давление в начале системы $p_1 = 304$ кПа. Диаметры труб $d_1 = 150$ мм; $d_2 = 125$ мм, длины участков $\ell_1 = 200$ м; $\ell_2 = 300$ м; $\ell_3 = 150$ м.

Ответ: $d_3 = 100$ мм.

2.3 Указания к решению задач

При решении задач принять во внимание следующие замечания:

Задача 1 – для определения давления использовать уравнение состояния идеального газа Клайперона-Менделеева.

Задачи 2, 3, 4, 7 – значения коэффициентов объемного сжатия и температурного расширения взять из справочников.

Задача 6 – значения плотности воды найти по справочникам.

Задача 8 – значение плотности наружного воздуха взять из справочников. Влиянием барометрического давления и влажности пренебречь.

Задача 10, 11, 12, 14 – для решения необходимо составить уравнение равновесия давлений на произвольно выбранную плоскость сравнения (часто выбирают плоскость раздела между средами).

Задача 13 – необходимо определить силу давления воды на затвор и точку ее приложения, а затем составить уравнение моментов сил относительно оси А.

Задача 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 – использовать аналитический или графоаналитический способ решения для плоских поверхностей. При решении задач 17 19 20, 21 воспользоваться также теоремой Вариньона.

Задача 22, 23, 24, 25 – при решении воспользоваться формулами определения сил суммарного давления для цилиндрических поверхностей.

Задача 27 – вес людей и бревен уравнивается выталкивающей силой воды, определяемой по закону Архимеда.

Задача 28, 29, 30, 31 – при решении использовать закон Архимеда. В задаче 31 для определения остойчивости баржи найти соотношение между метацентрической высотой и метацентрическим радиусом.

Задача 32, 33, 34 – значения кинематической вязкости взять из справочников.

Задача 35 – при решении использовать уравнение Бернулли. Предположив, что режим движения масла ламинарный, определить расход, затем подтвердить правильность первоначального предположения.

Задача 36 – предположив, что движение воды происходит в области квадратичного закона сопротивления, найти значение коэффициента Дарси λ .

Среднюю скорость определить по формуле: $\frac{U}{V} = 1 + 1,35\sqrt{\lambda}$

Значения эквивалентной шероховатости стенки трубы и кинематическую вязкость воды взять из справочников. Подтвердить правильность первоначального предположения.

Задача 37, 38 – при решении использовать уравнение Бернулли. В задаче 38 величину вакуума в узком сечении определить из уравнения равновесия для трубки “а”.

Задача 39 – при определении коэффициента Дарси λ воспользоваться графиком Мурина Г.А.

Задача 40 – для определения расхода составить уравнение Бернулли для сечений, проходящих по поверхности воды в сосуде и на выходе из трубы. При определении давлений в сечения I-I и II-II повторно применить уравнение Бернулли.

Задача 41 – для решения использовать уравнение Бернулли с учетом потерь напора на внезапное сужение потока. Коэффициент сжатия струи ε определить по таблицам, приведенным в справочниках или по формуле:

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - n}, \quad n = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

Задача 42 – для решения использовать уравнение Бернулли. Значения коэффициентов местных сопротивлений, эквивалентной шероховатости и кинематической вязкости взять из справочников. Вопрос построения

пьезометрических и напорных линий рассмотрен в [2,3,4,6] (смотри список литературы).

Задача 43 - при решении использовать уравнение Бернулли. Значение коэффициента внезапного сужения трубопровода определить с учетом указаний к решению задачи 41. Для нахождения коэффициента гидравлического трения Дарси λ необходимо определить область сопротивления.

Задача 44 – смотри указания к решению задач 42, 43.

Задача 45 – смотри указания к решению задач 42, 43. Предварительно принять, что движение соответствует квадратичной области сопротивления. Затем подтвердить правильность первоначального предположения. Для определения вакуума в точке А вторично составить уравнение Бернулли, приняв одно из сечений, проходящим через верхнюю точку сифона.

Задача 46, 47, 48 – для решения использовать формулы расчета простого трубопровода предварительно предположив, что трубопроводы работают в квадратичной области сопротивления. Значения удельного сопротивления трубопроводов найти в справочниках. Если первоначальное предположение не подтвердится, поправку на «неквадратичность» движения принять по справочнику.

2.4 Оформление контрольного задания

При оформлении контрольной работы необходимо соблюдать следующие правила:

- работа может быть выполнена на компьютере или написана от руки ручкой в тетради; все страницы должны быть пронумерованы, иметь поля шириной не менее 4 см для замечаний преподавателя. Все расчеты сопровождать необходимыми схемами, эскизами и чертежами;
- в конце работы приводится список литературы, использованной при выполнении задания. Необходимо делать ссылку на литературный источник из которого взята величина или значение (например – $\rho = 999,73 \text{ кг/м}^3$, - [5] с.6, табл.1);
- при решении задачи необходимо полностью переписать ее условие, выписать исходные данные и, если требуется, дать рисунок;
- у всех именованных величин должна быть проставлена их размерность, в частности, размерность величин, входящих в расчетные формулы;
- везде, где это требуется для обоснования решения, следует приводить соответствующие теоретические или эмпирические зависимости (без их вывода);
- при вычислении какой-либо величины по соответствующей расчетной формуле, необходимо сначала выписывать эту формулу в «буквенном выражении» (в общем виде); затем все соответствующие буквенные обозначения заменить числами и в таком виде записать формулу; после этого следует привести окончательный ответ (промежуточных вычислений не приводить). Все расчетные формулы необходимо выписывать в отдельных строках и не смешивать с остальным текстом. Следует правильно писать греческие буквы;

- ответы на контрольные вопросы должны быть краткими, но не в ущерб ясности и полноты изложения. Следует обратить внимание на правильность терминологии и четкость ответов.

Все отмеченные преподавателем ошибки должны быть поправлены, а его указания выполнены. Студент, сдавший контрольную работу не по своему варианту, зачета не получает.

2.5 Темы для изучения в первой части курса «Механика жидкости и газа»

1. Задачи гидравлики и аэродинамики. Исторический путь развития механики жидкости и газа.
2. Основные физические свойства жидкостей и газов. Плотность, удельный вес, сжимаемость, температурное расширение, вязкость, капиллярность, кавитация. Обозначения, единицы и размерности величин. Понятие об идеальной жидкости и идеальном газе.
3. Силы, действующие на жидкость. Гидростатическое давление в точке. Два свойства гидростатического давления.
4. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости (уравнение Эйлера). Поверхность равного давления и свойства этой поверхности.
5. Основное уравнение гидростатики. Эпюры гидростатического давления на плоские, криволинейные и ломаные стенки.
6. Абсолютное и манометрическое давление, вакуум. Единицы измерения. Приборы для измерения давления. Пьезометрическая высота и пьезометрический напор.
7. Сила давления жидкости на плоские стенки (аналитический способ). Точка приложения силы давления (центр давления).
8. Графоаналитический способ определения силы давления жидкости на плоские прямоугольные стенки и точки ее приложения.
9. Определение силы давления жидкости на водораздельную стенку. Точка приложения силы.
10. Давление жидкости на дно сосудов. Гидростатический парадокс. Закон Паскаля. Простые машины гидравлического действия (гидравлический пресс, домкрат, мультипликатор и т.д.).
11. Сила давления жидкости на криволинейные поверхности.
12. Определение толщины стенок труб и цилиндрических резервуаров.
13. Закон Архимеда. Плавание тел. Остойчивость.
14. Основные аналитические методы исследования движения жидкости. Установившееся и неуставившееся движение. Равномерное и неравномерное движение, напорное и безнапорное.
15. Основные гидродинамические и кинематические характеристики движения жидкости.
16. Гидравлические элементы потока, расход, средняя скорость. Уравнение неразрывности (сплошности) потока.
17. Уравнение Д. Бернулли для элементарной струйки невязкой жидкости.
18. Уравнение Д. Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости. Геометрическое и энергетическое толкование уравнения Д. Бернулли.

19. Уравнение Д. Бернулли для потока реальной несжимаемой жидкости. Коэффициент Кориолиса.
20. Гидравлический и пьезометрический уклоны. Пьезометрические и напорные линии.
21. Уравнение Д. Бернулли для потока сжимаемой жидкости. Дозвуковая и сверхзвуковая скорости. Число Маха.
22. Практическое применение уравнения Д. Бернулли (водомер Вентури, водоструйный насос, трубка Пито).
23. Уравнение равномерного движения жидкости.
24. Ламинарный и турбулентный режим течения жидкости. Число Рейнольдса.
25. Ламинарное течение жидкости в круглой трубе. Потери напора при ламинарном течении.
26. Турбулентное течение жидкости. Потери напора на трение.
27. Абсолютная, эквивалентная и относительная шероховатость. Гидравлически гладкие и гидравлически шероховатые трубы.
28. Зависимость коэффициента гидравлического трения от числа Рейнольдса и относительной шероховатости. Графики Никурадзе, И.И., Мурина. Г.А.. Расчетные формулы.
29. Квадратичная область сопротивления. Формула Шези.
30. Потери напора на местные сопротивления. Четыре вида местных сопротивлений.
31. Сопротивление на внезапное расширение.
32. Постепенное расширение и сужение потока. Формирование отрывных течений.
33. Кавитация в местных сопротивлениях.
34. Взаимное влияние местных сопротивлений. Влияние числа Рейнольдса на коэффициенты местных сопротивлений.
35. Деление трубопроводов на короткие и длинные, простые и сложные. Основные задачи при расчете простого трубопровода.
36. Применение уравнения Д.Бернулли при расчете коротких трубопроводов. (На примерах определения высоты всасывания центробежного насоса, определения разрежения перед вентилятором).
37. Расчет длинных трубопроводов. Модуль расхода.

Литература

1. Альтшуль, А. Д. Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости) / А. Д. Альтшуль, П. Г. Киселев. - М. : Стройиздат, 1975. – 327 с.
2. Калицун, В. И. Основы гидравлики и аэродинамики / М. : Стройиздат, 1980. – 247 с.
3. Смыслов, В. В. Гидравлика и аэродинамика / В. В. Смыслов. - Киев. : Вища шк., 1979. – 335 с.
4. Чугаев, Р. Р. Гидравлика / Р. Р. Чугаев. - Л. : Энергия, 1975. – 600 с.
5. Альтшуль, А. Д. Примеры расчетов по гидравлике / В. И. Калицун, Ф. Г. Майрановский, П. П. Пальгунов - под ред. А. Д. Альтшуля. - М. : Стройиздат, 1976. – 255 с.
6. Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П. Г. Киселева. - М. : Энергия, 1972. – 312 с.
7. Справочник по гидравлике / под ред. В. А. Большакова ; - Киев. : Вища шк., 1977. – 279 с.
8. Штеренлихт, Д. В. Гидравлические расчеты / Д. В. Штеренлихт, В. М. Альшев, Л. В. Яковлева. – М. : Колос, 1992. – 287 с.
9. Лапшев, Н. Н. Гидравлика / Н. Н. Лапшев. - М. : Акад., 2007. – 272 с.
10. Метревели, В. Н. Сборник задач по курсу гидравлики с решениями / В. Н. Метревели. - М. : Высш.шк., 2007. – 192 с.

Жизняков Валерий Вячеславович

Механика жидкости и газа

Методические указания и контрольное задание №1
по дисциплине «Механика жидкости и газа» для
студентов направления 270800.62 Строительство с профилем
Теплогазоснабжение и вентиляция
заочной формы обучения

Подписано в печать _____ Формат 60x90 1/16 Бумага газетная. Печать трафаретная
Уч. Изд. л. Усл. Печ. л. Тираж 300 экз. Заказ №

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-
строительный университет»
603950, Н.Новгород, Ильинская, 65.
Полиграфцентр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65