

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Казанский государственный технологический университет**

Гидравлика и гидравлические машины

Методические указания

2004

УДК 532.5

Составители: проф. Н.Х. Зиннатуллин
доц. Ю.И. Разинов

Гидравлика и гидравлические машины: Метод. указания / Казан. гос. технол. ун-т ; Сост.: Н.Х. Зиннатуллин, Ю.И. Разинов, Казань. 2004. 38 с.

Приводятся методические указания к изучению дисциплины «Гидравлика и гидравлические машины» и условия задач контрольных работ, а также справочный материал, необходимый для их решения. Методические указания составлены с учетом требований ГОС ВПО (второго поколения, 2000г).

Предназначены для студентов заочной формы обучения, обучающихся на специальностях механического профиля.

Подготовлены на кафедре ПАХТ.

Печатается по решению методической комиссии по технологическим дисциплинам.

Под редакцией проф. Н.Х. Зиннатуллина

Рецензенты: проф. А.Я. Мутрисков
проф. О.В. Маминов

Введение

В окружающей нас природе и в технике многие важнейшие процессы происходят в жидкой или газовой среде и с их перемещением в пространстве.

Законы движения жидкостей и газов имеют чрезвычайно большой круг возможных технических приложений. На их основе разработаны методы расчета гидросистем, состоящих из насосов, трубопроводов и различных гидроагрегатов, гидромашин и гидро- и пневмоприводов.

Цель преподавания дисциплины – научить студентов производить расчеты, связанные с движением и равновесием жидкостей и газов в гидросистемах, гидромашинах, гидро- и пневмоприводах, а также в различных технических устройствах. Полученные теоретические знания и умения необходимы для дальнейшего изучения специальных дисциплин и для практической деятельности по специальности.

В задачи изучения дисциплины входят: выявление общих закономерностей движения и равновесия жидкости; разработка методов расчета различных гидравлических устройств; ознакомление с типами гидромашин, гидро- и пневмопривода, их характеристиками и основами расчета. Студент должен знать основные законы гидромеханики, методы расчета гидросистем, параметров гидромашин, гидро- и пневмоприводов, уметь использовать эти знания при проектировании и эксплуатации разнообразных технологических систем и установок.

«Гидравлика и гидравлические машины» - одна из фундаментальных дисциплин блока ОПД. Для успешного освоения этой дисциплины студенты предварительно должны завершить изучение основных разделов курсов высшей математики, физики и теоретической механики.

В работе приведено общее содержание дисциплины. Уточнение содержания дисциплины для конкретной специальности производится по «Сводной таблице институтов (факультетов)» (прил. 1).

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРАВЛИКА И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»

Гидравлика

Основные физические свойства жидкостей и газов. Предмет механики жидких сред. Примеры гидромеханических задач из отраслей техники.

Объект изучения, физическое строение жидкостей и газов. Гипотеза сплошности. Физические свойства: сжимаемость, текучесть, вязкость. Классификация жидкостей. Закон Ньютона для жидкостного трения. Неньютоновские жидкости. Растворимости газов в жидкостях, кипение, кавитация.

Основы кинематики. Два метода описания движения жидкости. Виды и режимы движения жидкости. Пограничный слой. Основные понятия кинематики жидкости: линия тока, трубка тока, элементарная струйка, живое сечение, расход. Поток жидкости. Средняя скорость. Уравнение неразрывности (сплошности) в разных формах.

Уравнение статики и динамики жидкостей и газов. Силы и напряжения, действующие в жидкостях. Давление. Поверхностное натяжение. Абсолютный и относительный покой жидких сред. Уравнения Эйлера и их интегралы. Основная формула гидростатики. Закон Паскаля. Определение сил давления покоящейся среды на плоские и криволинейные стенки. Относительный покой (равновесие) жидкости. Дифференциальные уравнения движения идеальной (уравнения Эйлера) и вязкой (уравнение Навье-Стокса) жидкостей. Граничные и начальные условия. Уравнение Бернулли для установившегося движения элементарной струйки идеальной жидкости. Геометрическое и энергетическое толкование уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки и потока вязкой жидкости. Коэффициент Кориолиса. Уравнение Бернулли для относительного движения. Подобие гидромеханических процессов. Числа и критерии подобия. Критериальное уравнение движения вязкой жидкости. Методы моделирования. Турбулентность и ее основные статистические характеристики. Основные гипотезы о турбулентных напряжениях.

Одномерные потоки жидкостей и газов. Гидравлические сопротивления, их физическая природа и классификация. Структура формул для вычисления потерь энергии (напора). Распределение скоростей по сечению круглой трубы при ламинарном движении жидкости. Потери напора на трение по длине трубы (формула Пуазейля). Начальный участок.

Течение жидкости в плоских каналах. Турбулентное течение в трубах. Законы распределения скоростей и сопротивлений при турбулентных течениях в трубах (формула Дарси – Вейсбаха). График Никурадзе. Движение жидкости в некруглых трубах.

Местные гидравлические сопротивления, основная формула. Зависимость коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса и геометрических параметров. Частные виды местных сопротивлений: вход в трубу, внезапное расширение, диффузоры и др.

Истечение жидкости через отверстия в тонкой стенке при постоянном напоре. Коэффициенты скорости, сжатия и расхода. Особенности истечения через насадки. Истечение жидкости при переменном напоре.

Гидравлический расчет трубопровода. Расчет простого трубопровода. Основные расчетные задачи. Сифон. Расчет сложных трубопроводов (последовательное и параллельное соединение трубопроводов, разветвленная сеть). Трубопроводы с переменным расходом по пути. Понятие об определении экономически наивыгоднейшего диаметра трубопровода. Основы расчета газопровода. Применение ЭВМ при расчете трубопроводов.

Неустановившееся движение жидкости. Неустановившееся движение несжимаемой жидкости в жестких трубах с учетом инерционного напора. Явление гидравлического удара. Формула Жуковского для прямого удара. Понятие о непрямом ударе. Способы ослабления гидравлического удара.

Гидравлические машины

Общие сведения о гидромашинах. Классификация насосов. Принцип действия динамических и объемных машин. Основные параметры: подача (производительность), напор, мощность, КПД.

Лопастные насосы. Основы теории лопастных насосов. Центробежные насосы, схема проточной части, кинематика потока. Уравнение Эйлера. Теоретический напор, влияние конструктивных и режимных параметров. Полезный напор. Коэффициенты полезного действия. Характеристики центробежных насосов. Основы теории подобия и формулы пересчета. Основные сведения об осевых насосах.

Эксплуатационные расчеты лопастных насосов. Насосные установки. Регулирование подачи. Последовательное и параллельное соединение насосов. Кавитация в лопастных насосах. Кавитационный запас и кавитационные характеристики. Допустимая высота всасывания. Подбор насосов по каталогам. Схема вихревого насоса, принцип действия, характеристика, области применения.

Объемные насосы. Устройство, принцип действия и классификация поршневых насосов. Средняя производительность и закон подачи насоса. Неравномерность подачи и методы ее выравнивания. Определение инерционного напора. Допустимая высота всасывания. Воздушные колпаки. Индикаторная диаграмма. Конструкции поршневых насосов, их достоинства и недостатки.

Устройство, принцип действия и классификация роторно-поршневых, пластинчатых, шестеренных и винтовых насосов. Их основные параметры и области применения.

Гидро- и пневмопривод. Объемный гидропривод. Принцип действия и классификация объемных гидроприводов. Основные элементы. Объемные гидродвигатели (гидроцилиндры, поворотные и роторные гидродвигатели). Гидроаппаратура (распределители, клапаны, дроссели). Схемы гидроприводов с замкнутой циркуляцией, с дроссельным и объемным регулированием скорости. Понятие о следящем гидроприводе. Области применения объемных гидроприводов.

Пневмопривод. Основные элементы и схема пневмоприводов. Пневматические разделительные устройства. Источники сжатого газа. Пневматический привод с поршневыми, роторными и турбинными пневмодвигателями.

Компрессорные машины. Классификация поршневых машин. Особенности сжатия газов. Поршневые, ротационные и центробежные компрессорные машины. Основные правила эксплуатации компрессорных машин.

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Измерение давления и вакуума в покоящейся жидкости.
2. Экспериментальная демонстрация уравнения Бернулли.
3. Определение потери давления в прямой трубе круглого сечения.
4. Определение скорости и расхода воды при истечении через отверстия и цилиндрический насадок.
5. Испытание центробежного насоса.
6. Параллельная и последовательная работа центробежных насосов на сеть.

Методические указания по изучению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины необходимо: самостоятельно изучать дисциплину по рекомендованным учебникам; посещать обзорные лекции; выполнить контрольную и защитить ее; проделать лабора-

торные работы и сдать зачет по лабораторному практикуму. Изучение дисциплины завершается экзаменом.

Цель контрольных заданий – проверить качество усвоения основных теоретических закономерностей гидравлики и гидравлических машин.

Студенты, обучающиеся по специальностям 070203, 260200, 101505, 210200, выполняют одну контрольную работу в 6 - м семестре, а студенты специальностей 170600 и 171700 – две контрольные работы: одну в 6 – м семестре, вторую в 7 – м семестре. Номера задач, которые необходимо решить, для каждой специальности представлены в «Сводной таблице...» (прил.1). Варианты указаны в самих условиях задач. Варианты задач определяются двумя последними цифрами шифра номера зачетной книжки студента. Например, студент специальности 101505 (группа 2...-005), имеющий шифр 2053, решает задачи 4, 9, 13, 22, 26, 33; 53 вариант.

Отчеты по контрольной работе выполняются на формате А4. Титульный лист содержит название вуза, кафедры, название дисциплины, Ф.И.О. студента, номер группы, адрес студента.

Выполненные контрольные работы студент-заочник направляет в деканат факультета, где их регистрируют и переправляют на кафедру для проверки. Контрольные работы студент должен отправить в институт не позже чем за 10 дней до начала экзаменационной сессии.

При решении задач необходимо сформулировать законы и правила, на которые опирается данное решение. По ходу решения следует давать необходимые пояснения. Условие задач и их решение должны сопровождаться соответствующими схемами и рисунками. При выполнении численных расчетов следует особо обращать внимание на размерность величин. Необходимые справочные материалы можно найти в приложении 2 к данным методическим указаниям.

Если контрольные работы не содержат ошибок принципиального характера, их оставляют на кафедре. В противном случае студент должен переделать заново неправильно решенные задачи в соответствии с указанными рецензентом замечаниями и направить в деканат вместе первоначальным текстом работы. Не разрешается исправлять ошибки в первоначальном тексте, проверенном рецензентом. Правильно выполненные контрольные работы зачитываются только после собеседования по ним с преподавателем кафедры.

В период сессии студентам читаются лекции обзорного характера. Темы лекций могут быть уточнены по просьбе студентов.

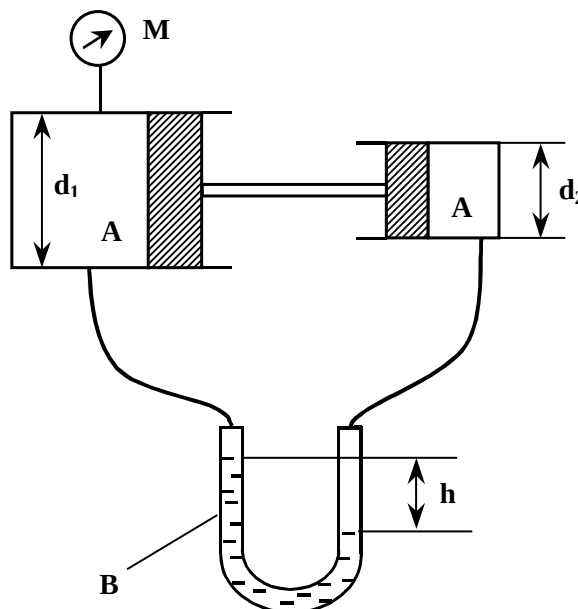
Для получения зачета по дисциплине необходимо: отчитаться по всем лабораторным работам, предусмотренным планом; иметь зачетную контрольную работу; посещать обзорные лекции.

Заключительный этап освоения дисциплины - экзамен. К экзамену допускаются студенты, имеющие зачет по данному предмету. Экзамен, как правило, проводится по билетам. Экзамен может быть как устным, так и письменным – по усмотрению кафедры. Во время экзамена студенты могут пользоваться рабочими программами по дисциплине, а также справочной литературой. Пересдача неудовлетворительной оценки по дисциплине допускается не более двух раз. Последующая пересдача экзамена проводится в присутствии комиссии, состоящей из 2-3 преподавателей кафедры и представителя деканата.

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

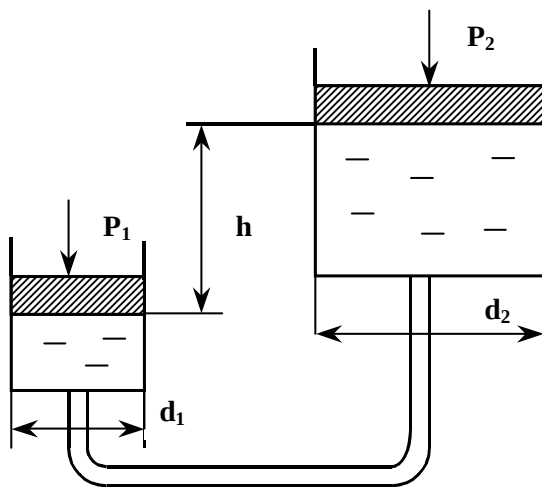
Задача № 1

Определить показание h двухжидкостного дифманометра, при котором система из двух поршней, имеющих общий шток, будет находиться в равновесии. В обоих цилиндрах находится жидкость **A**, в дифманометре – жидкость **B**, показание пружинного манометра p_m , трением поршней в цилиндрах пренебречь.



Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p_m , кгс/см ²	1,1	0,9	2,0	1,8	1,5	1,3	1,2	1,9	0,8	1,4
d_1 , мм	200	220	300	280	240	230	250	260	270	290
d_2 , мм	100	120	100	140	110	130	150	170	160	180
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\rho_A \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4
$\rho_B \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	13, 6	0,8	13, 6	1,0	13, 6	0,9	13, 6	0,8	13, 6	0,9

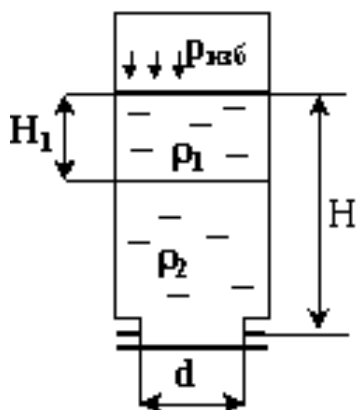
Задача № 2



Какую силу P_2 необходимо приложить к большему поршню, чтобы система пришла в равновесие? Система заполнена жидкостью **A**, весом поршней пренебречь.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\rho_A \cdot 10^{-3}, \text{ кг/м}^3$	1,0	1,2	1,3	13,6	0,8	0,9	1,1	1,0	13,	1,0
$P_1, \text{ Н}$	145	160	200	250	120	130	180	150	170	200
$h, \text{ мм}$	300	350	400	450	300	200	150	300	400	250
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_1, \text{ мм}$	50	40	30	20	60	45	25	35	40	30
$d_2, \text{ мм}$	300	200	160	150	350	270	150	200	250	200

Задача № 3



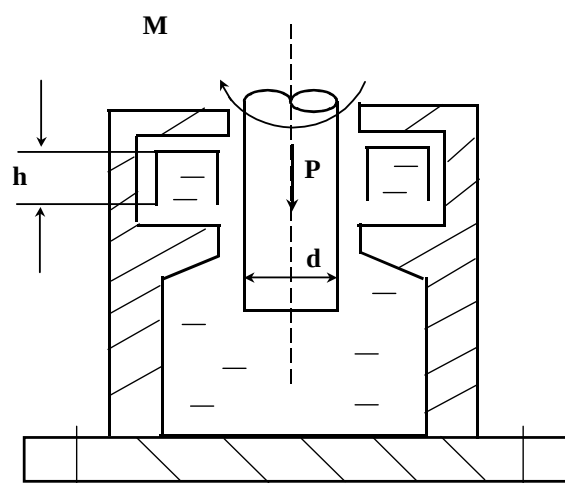
Определить усилие, которое действует на крышку, закрывающую круглый люк диаметром d , в сосуде с двумя несмешивающимися жидкостями плотностью ρ_1 и ρ_2 при давлении на свободной поверхности $p_{изб}$ и высоте жидкостей H , если $H_1 = \alpha H$.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\rho_1 \cdot 10^{-3}, \text{ кг/м}^3$	1,10	1,20	1,05	1,00	1,05	0,90	1,30	1,15	0,98	0,85
$\rho_2 \cdot 10^{-3}, \text{ кг/м}^3$	1,50	1,70	1,73	1,55	1,80	1,20	1,90	1,45	1,40	1,30
d , мм	100	150	200	300	250	150	120	220	310	290
H , м	3,5	4,0	2,0	5,0	5,5	3,5	4,0	3,7	2,8	1,9
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	0,3	4,5	0,6	0,7	1,2	0,4	0,7	0,3	1,3	1,0
$\rho_{изб}$, МПа	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,07	0,20	0,21	0,18	0,19

Задача № 4

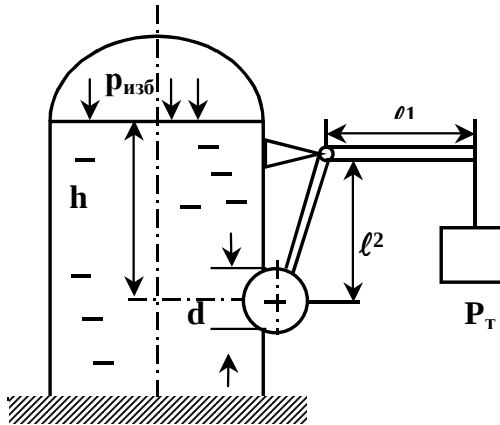
Вертикальный вал, опирающийся на гидравлический подпятник, придает полезный момент **M**. Осевая сила вала **P**, диаметр его пяты **d**.

Определить момент на валу **M_{кр}**, если высота гидравлической манжеты **h = αd** и коэффициент трения манжеты о вал **f**.



Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$M \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}$	7,6	25,0	3,0	20,0	15,0	1,8	4,5	6,7	9,7	10,0
$P \cdot 10^{-3} \text{ Н}$	4,0	10,0	0,4	5,0	8,1	0,8	0,9	0,5	5,0	6,0
d , мм	150	300	100	250	280	100	100	150	200	300
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	1,0	1,2	0,8	1,3	1,1	0,8	0,9	0,7	1,1	1,2
f	0,2	0,3	0,2	0,4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,2

Задача № 5



Шаровой клапан закрывает круглое отверстие диаметром d в вертикальной стенке, расположенной на глубине h от поверхности жидкости A .

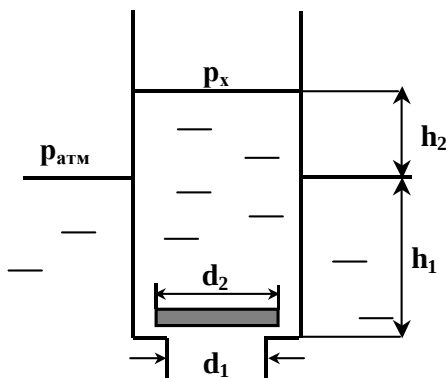
Определить минимальный вес груза P_T , уравнивающего силу давления жидкости на клапан, если плечо рычага равно l_1 , расстояние от шарнира до

центра шара l_2 , а избыточное давление

над поверхностью жидкости $p_{изб}$. Собственным весом шара и рычагов пренебречь.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d , мм	150	60	80	10	120	140	170	200	180	190
$\rho_A \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	1,0	0,8	0,9	1,2	1,3	1,4	0,8	1,0	1,1	1,2
h , м	4,4	4,2	3,0	2,0	1,8	5,0	7,0	5,5	3,5	4,8
$p_{изб}$, МПа	1,10	0,08	0,02	0,03	0,04	0,05	0,10	0,09	0,08	0,11
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l_1 , м	0,8	1,0	1,2	1,4	0,6	0,4	0,3	1,5	1,8	2,0
l_2 , м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,4	0,3	0,7	0,6	1,0

Задача № 6



Какое разрежение p_x необходимо создать во всасывающей трубке в момент пуска насоса, чтобы всасывающий клапан открылся, если диаметр клапана d_2 , диаметр прохода всасывающей линии d_1 ,

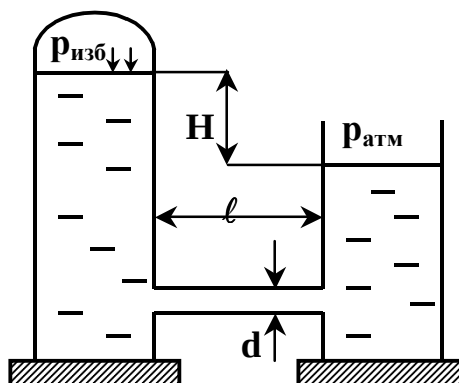
положение уровней воды h_1 и h_2 , атмосферное давление $p_{\text{атм}}$.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d_1 , мм	100	90	80	70	60	50	50	65	75	85
d_2 , мм	125	100	110	110	90	75	80	95	120	120
$p_{\text{атм}}$, мм рт. ст.	730	740	750	760	765	750	740	730	745	755
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h_1 , м	1,0	0,5	0,7	1,2	1,1	1,0	0,8	0,9	0,7	0,6
h_2 , м	2,0	3,0	4,5	4,0	4,5	5,0	3,0	4,0	4,5	3,7

Задача № 7

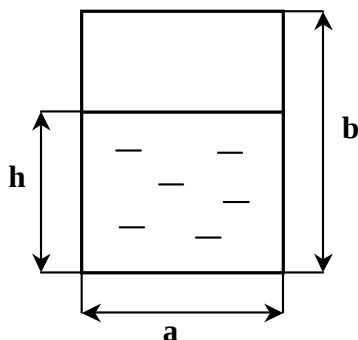
В трубопроводе диаметром d и длиной ℓ движется жидкость A .

Учитывая только путевые потери, определить значение критического напора H , при котором происходит смена ламинарного режима на турбулентный.



Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p_{\text{изб}}$, кгс/см ²	0,05	0,06	0,07	0,10	0,02	0,02	0,03	0,05	0,03	0,06
$p_{\text{атм}}$, мм рт.ст.	730	735	740	745	750	755	760	766	747	752
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\rho_A \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,30
ℓ , м	10	10	15	10	8	6	7	8	9	10
d , мм	25	20	15	30	40	50	15	20	25	30

Задача № 8



Определить режим течения жидкости **A** в трубе прямоугольного сечения со сторонами **a·b**, если расход жидкости **M**, а заполнение трубы жидкостью **h**.

Построить график изменения гидравлического радиуса в зависимости от высоты уровня жидкости в пределах $0,01 \cdot b \leq h \leq b$.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M , кг/с	0,8	1,3	2,0	0,8	0,4	0,5	1,0	1,2	0,3	0,8
a , м	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,4
b , м	0,3	0,4	0,6	0,5	0,3	0,3	0,4	0,8	0,3	0,6
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h , м	0,15	0,20	0,30	0,15	0,20	0,18	0,20	0,40	0,15	0,35
$\rho_A \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9

Задача № 9

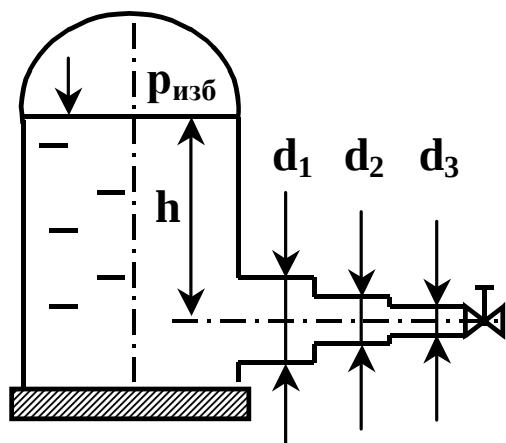
Теплообменник состоит из кожуха (внутренний диаметр **D**), в котором установлены **n** трубок с наружным диаметром **d**. Определить режим течения жидкости **A** в межтрубном пространстве теплообменника при продольном обтекании трубок жидкостью в количестве **Q**.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D , м	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,7	1,0	1,2
n , шт	100	200	200	200	200	200	250	210	300	350
d , мм	10	12	15	18	20	20	25	25	25	35
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q , м ³ /ч	40	90	150	250	100	150	250	600	2000	1500
$V_A \cdot 10^6$, м ² /с	0,35	1,01	8,70	97,00	25,07	1,26	1,01	1,01	8,70	4,62

Задача № 10

Вода вытекает из закрытого сосуда с избыточным давлением $p_{изб}$ под напором h по трубе переменного сечения, оканчивающейся нормальным вентилям.

Определить расход воды Q , построить линии пьезометрического, скоростного и полного напоров. При расчете учесть потери напора только на местные сопротивления.

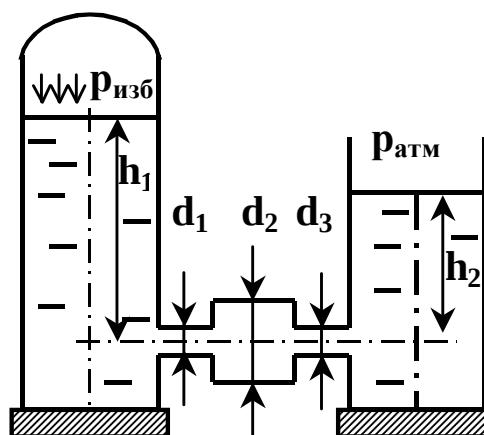


Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p_{изб},$ кгс/см ²	0,5	0,8	0,7	1,5	2,0	1,8	2,3	2,8	2,0	1,1
$h,$ м	0,8	0,9	1,0	1,5	1,6	1,7	1,8	0,9	1,2	1,3
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_1,$ мм	100	50	100	75	50	200	200	150	150	50
$d_2,$ мм	75	40	75	50	40	150	100	100	75	40
$d_3,$ мм	50	25	50	25	25	100	50	50	40	25

Задача № 11

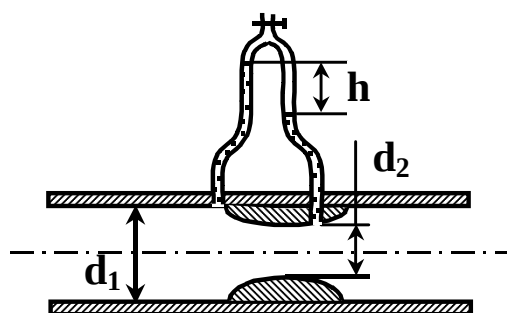
Вода перетекает из закрытого напорного бака, где избыточное давление воздуха поддерживается равным $p_{изб}$, в открытый резервуар по короткому трубопроводу, составленному из трех участков различного диаметра.

Определить расход воды Q , если высота уровней в резервуарах h_1 и h_2 , диаметры труб d_1 и d_2 и d_3 , атмосферное давление $p_{атм}$. При расчете учесть потери напора только на местные сопротивления.



Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p_{изб}, \text{ кгс/см}^2$	0,4	0,2	1,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,4
$h_1, \text{ м}$	2,0	1,5	1,5	0,5	0,6	1,7	0,8	0,5	0,5	0,6
$h_2, \text{ м}$	3,0	2,0	3,0	3,0	2,5	3,5	2,2	4,0	3,2	2,8
$p_{атм}, \text{ мм рт. ст}$	765	760	755	750	745	740	735	730	762	747
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_1, \text{ м}$	50	50	60	50	50	75	75	60	65	50
$d_2, \text{ м}$	75	75	100	100	100	150	150	120	130	10
$d_3, \text{ м}$	50	50	60	50	50	75	75	70	75	75

Задача № 12



Для измерения расхода серной кислоты, протекающей по трубопроводу диаметром d_1 , установлено сопло диаметром d_2 . Разность уровней кислоты в пьезометрах h .

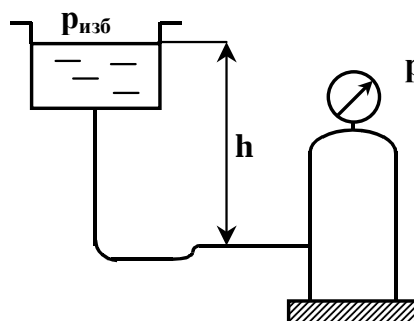
Определить расход кислоты. Изменится ли перепад h , если вместо кислоты в трубе будет протекать другая жидкость при том же расходе? Потерей напора между сечениями, в которых присоединены пьезометрические трубки, пренебречь.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_1, \text{ мм}$	50	60	70	80	90	100	60	80	50	60
$d_2, \text{ мм}$	25	20	30	35	40	70	30	45	20	25
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h, \text{ м}$	0,4	0,2	0,6	0,7	0,7	0,3	0,6	0,5	0,4	0,3

Задача № 13

Жидкость **A** поступает самотеком из открытого напорного бака в ректификационную колонну, где абсолютное давление **p**.

На какой высоте **h** должен находиться уровень жидкости в напорном баке над местом ввода в колонну, чтобы скорость жидкости в трубе была **W**? Напор, теряемый по длине трубопровода и на местных сопротивлениях, Δh_n



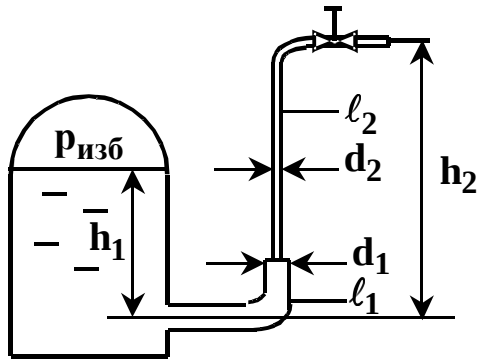
Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p , кгс/см ²	1,4	1,5	1,6	1,7	1,3	1,2	1,4	1,5	1,3	1,2
W , м/с	2,0	1,8	1,6	2,2	2,4	2,6	3,0	3,4	4,0	1,5
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Δh_n , м	3,0	2,5	2,0	3,6	3,8	4,0	4,0	4,5	2,7	2,9
p_{атм} , мм рт ст	730	740	750	760	770	765	755	750	730	760

Задача № 14

Как изменятся путевые потери напора, если при неизменном расходе жидкости диаметр трубопровода уменьшить в **n** раз?

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	1,2	1,4	1,5	1,6	1,3	1,7	2	1,6	1,8	2
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Область сопротивления	Оба режима (старый и новый) находятся в области ламинарного течения					Оба режима (старый и новый) находятся в области шероховатых труб.				

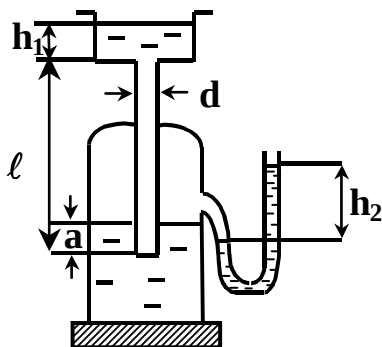
Задача № 15



Какое избыточное давление необходимо поддерживать в резервуаре, чтобы через пробочный кран, расположенный на высоте h_2 , проходило Q воды при температуре 20°C ? Труба диаметром d_1 имеет длину l_1 , $d_2 - l_2$, повороты $R/d=2$, трубопровод стальной.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18
$d_1, \text{ мм}$	40	50	50	60	60	80	70	60	90	40
$d_2, \text{ мм}$	20	30	30	40	30	50	40	40	50	20
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$l_1, \text{ м}$	15	10	15	6	7	8	9	10	11	12
$l_2, \text{ м}$	15	18	20	12	17	14	16	22	30	18
$h_1, \text{ м}$	2	3	4	5	6	4	5	4	6	7
$h_2, \text{ м}$	20	17	19	15	16	20	13	27	30	22

Задача № 16



Определить скорость и расход керосина в вертикальной латунной трубе, имеющей длину l и диаметр d , если наполнение верхнего бачка h_1 , погружение нижнего конца трубы под уровень жидкости в нижнем бачке a , показание ртутного манометра h_2 .

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ℓ , м	2,0	1,8	2,2	2,3	2,5	3,0	2,1	2,7	2,0	3,2
d , мм	20	12	18	22	25	100	40	30	28	16
h , м	0,5	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	0,9	1,1
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a , мм	100	100	120	120	140	80	160	130	120	80
h_2 , мм рт ст	30	20	25	7	8	10	12	10	14	16

Задача № 17

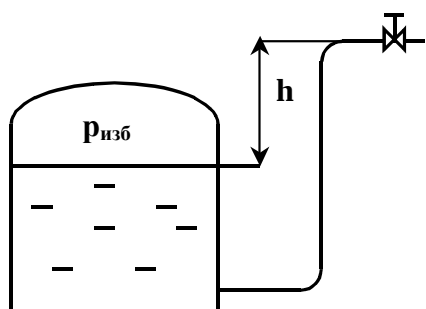
Водопровод с внутренним диаметром d , длиной ℓ проложен так, что его конечная точка расположена на высоте h выше начальной.

Определить необходимое давление насоса, установленного в начальной точке водопровода, чтобы при расходе воды Q было обеспечено избыточное давление в конце трубопровода $p_{изб}$.

Местные сопротивления оценить надбавкой 2 % на длину трубопровода. Трубопровод чугунный. Температура воды 20° С.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d , мм	20	30	32	34	36	18	20	22	24	36
ℓ , м	3,6	1,0	4,0	2,0	1,8	4,0	2,6	4,0	5,0	1,0
h , м	32	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q , м ³ /мин	2,5	3,0	3,5	4,0	9,0	10	18	20	30	40
$p_{изб} \cdot 10^{-5}$, Па	2,5	2,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8

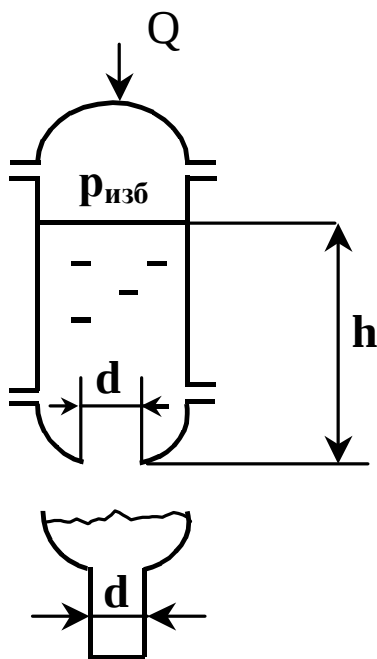
Задача № 18



Цех химического завода потребляет Q воды, поступающей из подземного резервуара по чугунной трубе диаметром d , длиной ℓ . Определить избыточное давление, которое должно поддерживаться в резервуаре, если средний уровень жидкости в нем на h ниже положения разборной задвижки в цехе. Местные сопротивления оценить надбавкой 3% на длину трубопровода. Температура воды 15°C .

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q , $\text{м}^3/\text{ч}$	100	40	50	60	70	80	90	120	140	200
d , мм	150	80	80	90	90	100	100	140	120	200
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ℓ , км	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,6	1,0	0,7
h , м	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6

Задача № 19



В реактор непрерывного действия, имеющий в днище отверстие диаметром d и избыточное давление $p_{\text{изб}}$, поступают сверху Q исходных продуктов.

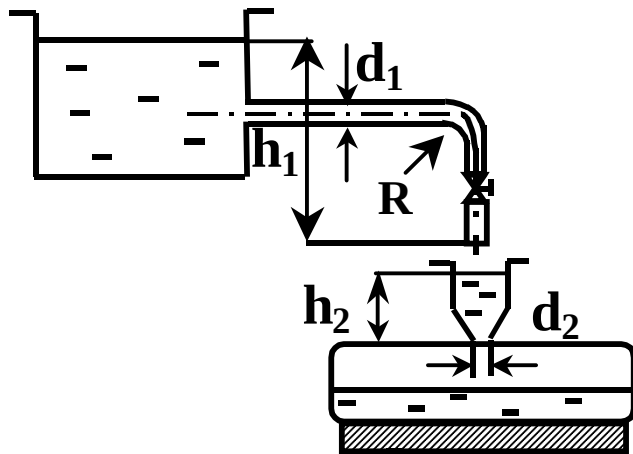
Определить высоту реакционной смеси h в реакторе для установившегося режима работы. Как изменится высота при использовании цилиндрической насадки такого же диаметра d ?

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	50	40	35	40	45	50	45	40	35	25
$d, \text{ мм}$	100	90	80	30	60	50	40	60	100	40
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p_{\text{изб}}, \text{ мм рт. ст.}$	140	150	200	300	300	200	100	80	250	200

Задача №20

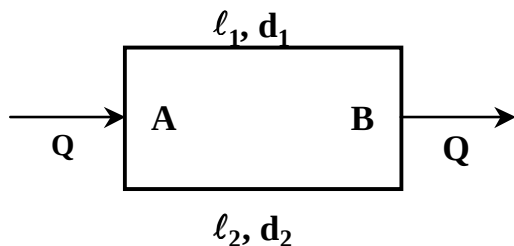
Бензин наливают в бочки по стальной трубе диаметром d_1 длиной ℓ под напором h_1 через воронку высотой h_2 с диаметром трубки d_2 .

Определить, не будет ли бензин при полном открытии нормального вентиля переливаться через края воронки. Поворот трубы имеет $R/d_1=2$.



Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, \text{ мм}$	20	30	35	40	15	20	25	30	35	40
$\ell, \text{ м}$	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7
$h, \text{ м}$	1,5	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h_2, \text{ м}$	0,10	0,12	0,14	0,16	0,10	0,06	0,04	0,10	0,12	0,20
$d_2, \text{ мм}$	30	40	45	35	25	30	35	25	40	45

Задача №21



На стальном трубопроводе с общим расходом Q имеется участок с двумя параллельно включенными ветвями.

Определить распределение расхода жидкости по отдельным ветвям и потери напора Δh_{AB} . Местными сопротивлениями пренебречь. Трубопровод работает в квадратичной зоне.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q \cdot 10^3, \text{м}^3/\text{с}$	25	10	15	20	30	35	40	18	23	28
$l_1, \text{км}$	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$l_2, \text{км}$	0,9	0,7	0,6	0,3	0,8	1,0	1,5	0,6	0,3	0,5
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_1, \text{мм}$	100	80	100	100	120	140	150	75	100	150
$d_2, \text{мм}$	150	100	120	80	120	160	250	75	100	200

Задача № 22

По прямому горизонтальному трубопроводу длиной ℓ необходимо подавать жидкость **A** в количестве Q . Допускаемая потеря давления Δp .

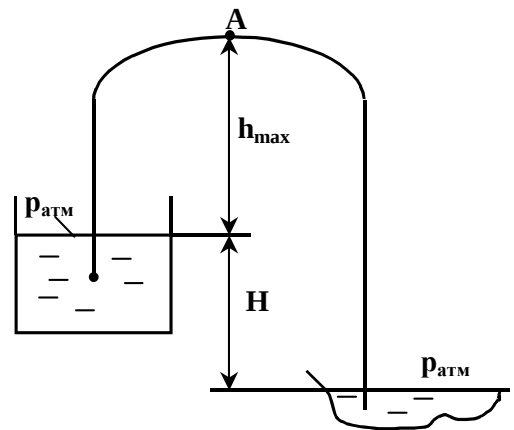
Определить требуемый диаметр трубопровода d , принимая коэффициент путевых потерь $\lambda = 0,03$.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\ell, \text{м}$	150	200	250	300	250	200	150	100	50	80
$Q, \text{м}^3/\text{ч}$	10	15	20	25	30	25	20	25	15	18
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta p, \text{кгс/см}^2$	1,0	1,5	2,0	3,0	3,0	3,0	20	10	15	18
$\rho_A \cdot 10^{-3}, \text{кг/м}^3$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,3	1,2	1,1	0,9	0,8

Задача № 23

Из сливного колодца вода, имеющая температуру $T=30^{\circ}\text{C}$, сбрасывается по сифонному чугунному трубопроводу в реку, уровень воды в которой на H ниже уровня жидкости в колодце.

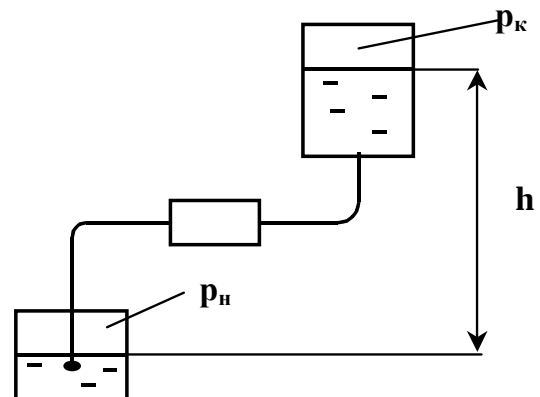
Определить пропускную способность трубы Q диаметром d , длиной ℓ , если труба работает в квадратичной области сопротивления. Найти максимально допустимую высоту поднятия верхней точки A сифона $h_{\max}$, если длина участка трубы от колодца до сечения A составляет ℓ_2 .



Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d , мм	200	200	100	150	100	120	150	250	200	125
ℓ_1 , м	100	80	50	150	80	40	25	110	70	40
ℓ_2 , м	15	6	8	13	7	16	15	32	9	13
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H , м	3	2	3	5	5	4	4	6	5	3
$p_{\text{атм}}$, мм рт. ст.	750	740	760	740	730	755	765	737	742	757

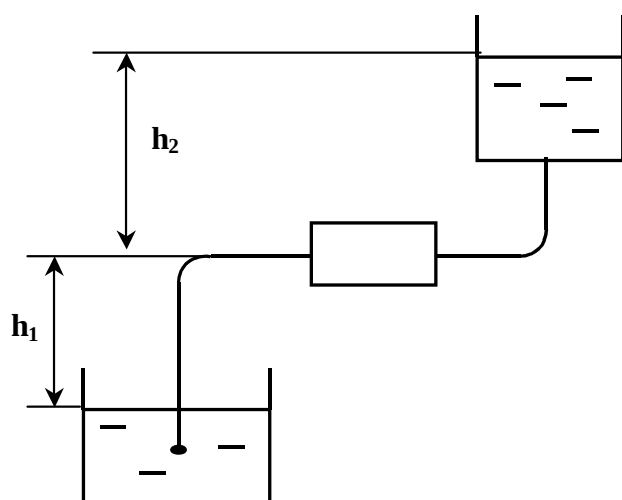
Задача № 24

Определить полный напор, который должен развивать насос при питании горячей водой парового котла с избыточным давлением p_k , если уровень воды в барабане котла на h метров выше уровня воды в закрытом питательном баке с избыточным давлением p_n . Полную потерю напора в трубопроводах принять равной Δh .



Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ρ_k , кгс/см ²	2,0	2,5	2,8	3,0	2,4	3,0	4,0	5,0	4,5	6,0
ρ_n , мм рт. ст.	15	25	30	25	30	37	35	20	15	15
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h , м	12	10	8	14	16	8	15	13	11	10
Δh , м	1,8	2,0	2,2	2,5	2,3	1,9	5,2	3,2	2,7	2,6

Задача № 25



Насос тройного действия подает воду в количестве Q из колодца глубиной h_1 в водопроводный бак, расположенный на высоте h_2 .

Определить необходимую мощность на валу насоса, если полный КПД насоса $\eta = 0,70$, а гидравлическое сопротивление трубопровода характеризуется Δh .

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q , м ³ /ч	30	32	36	40	50	55	25	60	48	35
Δh , м	5,5	8,0	7,0	6,0	7,5	6,4	7,2	6,2	5,8	8,2
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h_1 , м	4,0	4,5	3,8	5,0	4,2	5,2	5,5	3,7	4,8	4,3
h_2 , м	25	20	24	26	32	30	35	38	40	29

Задача № 26

Насос перекачивает жидкость плотностью ρ из резервуара с атмосферным давлением в аппарат, абсолютное давление в котором составляет p_k . Высота подъема жидкости h . Общее сопротивление всасывающей и нагнетательной линии равно Δh . Определить полный напор, развиваемый насосом. Пусть $p_{атм} = 752$ мм рт. ст.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ρ , кг/м ³	850	950	1000	1200	1100	870	1000	1200	1500	950
$p_k \cdot 10^{-5}$, Па	10	12	14	16	20	30	24	15	8	6
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h , м	12	20	14	18	22	30	26	18	15	40
Δh , м	10,2	9,6	13,6	18,8	9,2	15,0	12,2	14,0	17,0	11,0

Задача № 27

Определить среднюю и максимальную скорость движения поршня насоса простого действия, диаметр которого D , ход поршня S , число оборотов n .

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D , мм	140	130	150	120	110	120	125	130	135	145
S , мм	150	170	180	140	120	130	145	155	165	175
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n , об/мин	55	60	45	70	85	65	75	70	4	70

Задача № 28

Работающий без воздушного колпака поршневой насос простого действия, диаметр цилиндра которого D , ход поршня S , забирает воду температурой $T=20^\circ \text{C}$ по трубе диаметром $d = 100 \text{ мм}$ и общей длиной ℓ из колодца глубиной h при атмосферном давлении $p_{\text{атм}}$.

Определить предельное число оборотов вала насоса, если сопротивление всасывающего клапана $\Delta h_{\text{кл}} = 0,6 \text{ м вод. ст.}$

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D , мм	150	150	200	180	160	220	240	260	300	320
S , мм	200	180	240	220	200	250	300	300	300	360
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ℓ , м	8	10	12	9,6	15	12	16	20	18	14
h , м	4	3,6	4,2	4,8	4,4	3,5	4,5	5,5	5,0	4,2
$p_{\text{атм}}$, мм рт. ст.	750	760	750	770	740	720	760	780	750	736

Задача № 29

Определить предельную высоту всасывания центробежного насоса производительностью Q без учета запаса на кавитацию при температуре воды 30 и 80°C и атмосферном давлении $p_{\text{атм}}$. Диаметр всасывающей трубы $d = 100 \text{ мм}$, а суммарный коэффициент сопротивления ξ .

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q , м ³ /ч	60	64	56	50	45	48	40	54	30	36
$p_{\text{атм}}$, мм рт. ст.	760	760	750	740	740	740	720	720	730	735
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ξ	8,4	9,2	7,2	11,2	8,8	9,8	10,5	12,0	11,7	13,2

Задача № 30

Центробежный насос, работающий с производительностью Q , установлен на высоте h над уровнем моря.

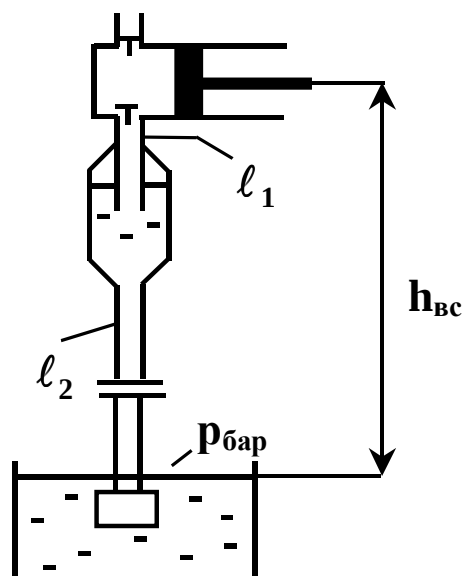
Определить предельную высоту всасывания при температуре воды T , если диаметр всасывающей трубы d , расчетная длина ее с учетом местных сопротивлений $\ell_{\text{расч}}$. Коэффициент путевых потерь принять равным $\lambda = 0,03$.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	100	90	100	80	70	60	50	40	45	50
$d, \text{ мм}$	100	120	130	80	90	100	75	85	120	125
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T, ^\circ\text{C}$	50	40	40	30	30	20	20	60	60	80
$\ell_{\text{расч}}, \text{ м}$	23,5	24,0	20	18	16	12	14	10	15	10
$h, \text{ м}$	100	400	500	600	700	800	900	1000	1500	400

Задача № 31

Высота всасывания поршневого насоса с воздушным колпаком, имеющего диаметр цилиндра $D = 250$ мм, ход поршня $S = 300$ мм, составляет $h_{\text{вс}}$. Воздушный колпак делит всасывающую трубу диаметром $d = 100$ мм, общей длиной ℓ на две части длиной ℓ_1 и ℓ_2 . Сопротивление всасывающего клапана насоса равно $\Delta h_{\text{кл}}$. На длине трубы ℓ_2 потери напора составляют $\Delta h_{\text{вс}2}$.

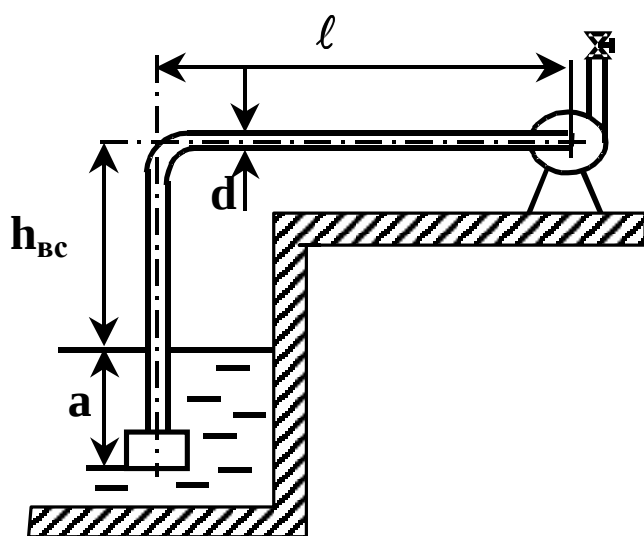
Определить предельное число оборотов $n_{\text{кр}}$ вала насоса при T воды, равной 10°C , и барометрическом давлении $p_{\text{бар}} = 724$ мм рт. ст. Как из-



меняется это число оборотов, если насос будет работать без воздушного колпака?

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h_{BC}, \text{ м}$	4,8	4,0	4,2	5,0	3,6	3,6	5,0	4,0	4,5	3,8
$\ell, \text{ м}$	12	14	12	16	18	15	10	10	14	20
$\ell_1, \text{ м}$	1,0	1,1	1,0	1,2	1,25	1,2	1,0	1,0	1,1	1,3
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta h_{KL}, \text{ м}$	1,3	2,0	1,8	1,6	2,0	2,2	1,5	2,1	1,7	2,0
$\Delta h_{BC2}, \text{ м}$	0,8	0,9	1,6	0,6	0,7	0,8	1,1	0,8	0,7	0,9

Задача № 32



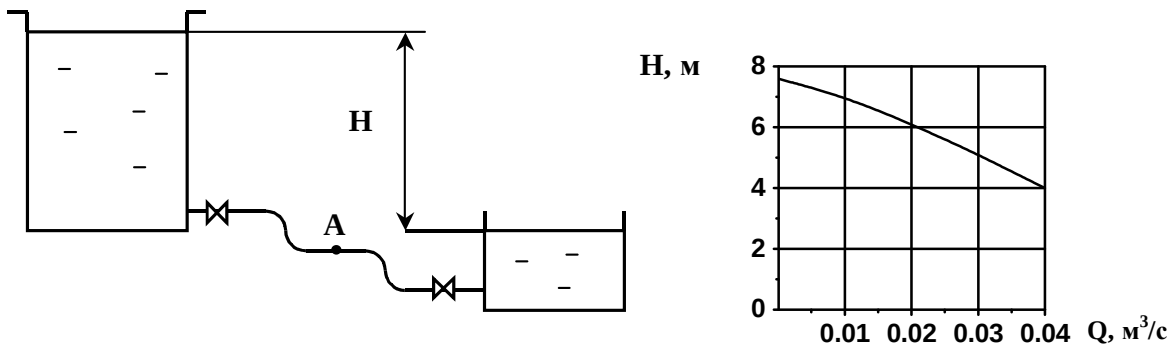
Определить предельное расстояние ℓ от колодца до центробежного насоса, перекачивающего воду температурой T , если высота всасывания равна h_{BC} , погружение приемного клапана под уровень воды в колодце $a = 1\text{ м}$, диаметр всасывающей трубы d . Коэффициент сопротивления по длине λ принять равным 0,03, а $\sum \xi_n = 6,7$.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T, ^\circ\text{C}$	50	70	60	60	50	40	40	25	20	20
$h, \text{ м}$	2,0	1,8	1,6	1,7	2,0	1,5	2,2	2,1	1,8	1,9
$d, \text{ м}$	75	80	75	60	75	75	50	60	100	75
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	12	11	8	7	7	6	8	10	15	8

Задача № 33

По трубе диаметром d общей длиной ℓ с коэффициентом сопротивления $\lambda = 0,025$ под действием разности уровней H из верхнего резервуара в нижний перетекает вода.

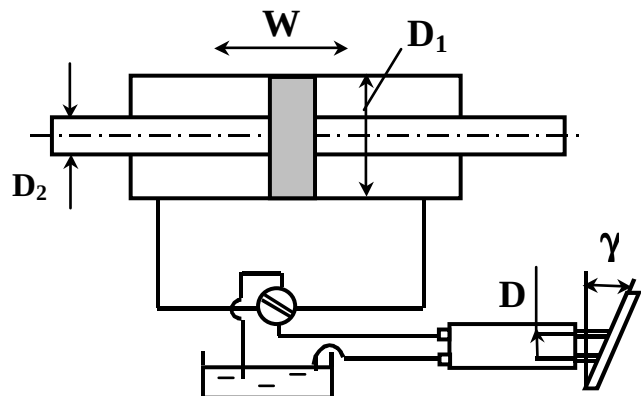
Во сколько раз увеличится расход воды в трубе при установке в точке **A** насоса (характеристика насоса приведена)? Местные потери напора принять равными 15% от линейных.



Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ℓ , м	80	40	60	80	70	50	65	100	90	90
H , м	1,2	1,2	1,5	2,0	1,4	1,3	2,0	2,5	1,5	2,5
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d , м	100	50	75	60	50	50	60	70	80	90

Задача № 34

Построить график изменения скорости перемещения поршня силового гидроцилиндра W в зависимости от угла γ наклона шайбы регулируемого аксиально-поршневого насоса. Пределы изменения угла



$\gamma = 0 \div 30^0$. Параметры гидроцилиндра: диаметр поршня D_1 , диаметр штока $D_2 = 0,6 D_1$. Параметры насоса: $z=7$ (количество цилиндров), число оборотов шайбы n , диаметр цилиндра d , диаметр окружности центров цилиндра $D = 2,7 d$. Объемные потери не учитывать.

Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D_1 , мм	235	95	135	175	225	275	112	210	255	325
d , мм	36	20	25	30	35	40	22	34	38	45
Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n , об/мин	8	10	7	6	4	5	6	7	8	9

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы/ Т.М Башта. и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 423с.
2. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика – М.: Машиностроение, 1987. – 460с.
3. Угинчус А.А. Гидравлика и гидравлические машины – Харьков, 1970. – 420с.
4. Сборник задач по машиностроительной гидравлике/ Под ред. И.И. Куколевского. – М.: Машиностроение. 1972. – 472с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Повх И.Л. Техническая гидромеханика – Л.: Машиностроение, 1976. – 502с.
6. Штеренлихт Ю.В. Гидравлика: (В 2 кн.). – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 718с.
7. Маковозов М.М. Гидравлика и гидравлические машины – М.: Машиностроение, 1978. – 292с.
8. Некрасов Б.Б. Гидравлика и ее применение на летательных аппаратах – М.: Машиностроение, 1967. – 317с.

9. Лабораторный практикум по гидравлике, насосам и гидроприводам./ С.М. Казарян и др. – Ереван: Луйс, 1984. – 320с.
10. Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидropередач./ С.В. Байбаков и др. – М.: Машиностроение. 1974. – 416с.
11. Герц Е.В., Крейнин Г.В. Расчет пневмоприводов. М.: Машиностроение, 1975. – 272с.
12. Гликман Б.Е. Математические модели пневмогидравлических систем. – М.: Наука, 1986. – 336с.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

13. Гидравлика и гидравлические машины/ Сост. Н.Х. Зиннатуллин, А.А. Тарзиманов, В.В. Антонов и др.; КГТУ. Казань, 1994. – 64с.
14. Гидромеханические процессы химической технологии./ Сост. Н.Х. Зиннатуллин, В.В. Антонов и др.; КГТУ. Казань, 2002. – 74с.
15. Контрольные задания и методические указания к расчету основных рабочих параметров насосной установки./ Сост. Н.Х. Зиннатуллин, Б.Ф. Степочкин; КГТУ. Казань, 1987. – 16с.
16. Контрольные задания и методические указания к расчету основных рабочих параметров насосной установки./ Сост. Н.Х. Зиннатуллин, Б.Ф. Степочкин, В.Е. Маширов; КГТУ. Казань, 1988. – 24с.
17. Трубопроводы в химической промышленности./ Сост. Ф.М. Гимранов; КГТУ. Казань, 1973. – 36с.
18. Маркировка и условные обозначения насосов и элементов гидравлических сетей./ Сост. Б.Ф. Степочкин, Н.Ф. Бобров, В.А. Арсланов; КГТУ. 1986. –16с.

Приложение 1

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ИНСТИТУТОВ (ФАКУЛЬТЕТОВ), СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ, ДИСЦИПЛИН И СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ГОС ПО НИМ

1	2	3	4	5
Се- местр	Институт, факультет, специальность	Номер ра групп	Номера задач	Наименования дисциплины и их основные разделы
6	Институт химического и нефтяного машиностроения (ИХНМ), механический факультет <u>Специальность 070200</u> – «Техника и физика низких температур» <u>Специализация 070203</u> – «Холодильные машины и установки»	2...-008	3,10,18, 24, 28, 34	<u>Гидравлика</u> Основные физические свойства жидкостей и газов; основы кинематики; общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов. Одномерные потоки жидкостей и газов. Подобие гидромеханических процессов.
	<u>Специальность 260200</u> – «Технология деревообработки»	2...-006	1, 8, 14, 25, 32, 34	Турбулентность и ее основные статистические характеристики. Гидро – и пневмопривод машин.
6	ИХНМ, механический факультет <u>Специальность 170600</u> – «Машины и аппараты пищевых производств»	2...-004	2, 5, 7, 12, 16, 20	<u>Гидравлика</u> Модели сплошной среды; методы описания и виды движения; гидростатика, уравнения неразрывности потока жидкостей и газов; уравнение Бернулли для моделей невязкой, вязкой, несжимаемой и сжимае-

1	2	3	4	5
				мой жидкостей при установившемся движении, явление гидравлического удара; силовое воздействие потока на неподвижную и движущуюся преграду.
6	ИХНМ, механический факультет <u>Специальность 101500</u> – «Вакуумная и компрессорная техника физических установок»	2...-005	4, 9, 13, 22, 26, 33	<u>Механика жидкости</u> Физические свойства жидкости, гидростатика, основы кинематики, струйчатая модель потока; общие уравнения и законы динамики жидкости; подобие гидродинамических процессов; одномерная модель потока; потери напора; течения в трубах; истечение жидкости через отверстия и насадки; расчет трубопроводных систем; гидравлический удар. Насосы: классификация, основные параметры; лопастные насосы; поршневые насосы.
6	ИХНМ, механический факультет <u>Специальность 171700</u> – «Оборудование нефтегазопереработки»	2...-002	2, 6, 11, 15, 17, 21	<u>Гидравлика</u> Основные физические свойства жидкостей и газов; общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов; подобие гидромеханических процес-

1	2	3	4	5
				сов; турбулентность и ее основные статистические характеристики; одномерные потоки жидкости и газа; силовое воздействие потока на неподвижную и движущуюся преграды, явления гидравлического удара
3,4	Факультет управления и автоматизации <u>Специальность 210200</u> – «Автоматизация производственных процессов и производств»	8...-001	3, 6, 9, 19, 23	<u>Механика жидкости и газа</u> Физические свойства жидкости и газа, ньютоновские и реологические жидкости; гидростатика; основы кинематики, струйчатая модель потока; динамика сплошной среды; общие уравнения динамики жидкости; подобие гидродинамических процессов; одномерная модель потока; потеря напора; течение в трубах; истечение жидкости и газа через отверстия и насадки, расчет трубопроводных систем; гидравлический удар
7	ИХНМ, механический факультет <u>Специальность 170600</u> – «Машины и аппараты пищевых производств»	2...-004	24, 26, 27, 29, 31, 34	<u>Гидравлические машины</u> Классификация; основные параметры. Лопастные насосы. Поршневые насосы.

1	2	3	4	5
				Гидродвигатели. Основы гидро – и пневмопривода.
7	ИХНМ, механический факультет <u>Специальность 171700</u> – «Оборудование нефтегазопереработки»	2... - 002	25, 28, 30, 32, 33, 34	<u>Гидравлические машины</u> Основные параметры насосов. Объемные насосы. Объемный гидропривод. Компрессорные машины.
6	Институт легкой промышленности <u>Специальность 170700</u> - «Машины и аппараты текстильной и легкой промышленности»	7... - 001	1, 6, 8, 11, 15, 20	<u>Гидравлика</u> Основные физические свойства жидкостей и газов; основы кинематики; общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов. Подобие гидромеханических процессов. Общее уравнение энергии в интегральной и дифференциальной формах. Турбулентность и ее основные статистические характеристики. Одномерные потоки жидкостей и газов.

Приложение 2

Таблица 1. Величина абсолютной шероховатости стенок трубопроводов

Материал труб	Δ , мм
Сталь	0,2-0,4
Латунь	0,1-0,15
Чугун	0,6-0,9
Алюминиевый сплав	0,1-0,12
Сталь нержавеющая	0,75

Таблица 2. Зависимость атмосферного давления от высоты над уровнем моря

Высота над уровнем моря, м	$p_{\text{бар}}$, м вод. ст.	Высота над уровнем моря, м	$p_{\text{бар}}$, м вод. ст.
0	10,3	700	9,5
100	10,2	800	9,4
200	10,1	900	9,3
400	9,8	1000	9,2
500	9,7	1500	8,6
600	9,6		

Таблица 3. Зависимость вязкости воды от температуры

T , °C	$\nu \cdot 10^6$, $\text{м}^2/\text{с}$		T , °C	$\nu \cdot 10^6$, $\text{м}^2/\text{с}$		T , °C	$\nu \cdot 10^6$, $\text{м}^2/\text{с}$
0	1,792		20	1,010		48	0,568
6	1,473		30	0,800		54	0,515
12	1,236		36	0,707		60	0,469
18	1,056		42	0,832		80	0,360

Таблица 4. Коэффициенты местных сопротивлений

Вид сопротивления	Значение коэффициента местного сопротивления					
Вход в трубу	0,5					
Выход из трубы	1,0					
Вентиль нормальный	5					
Кран пробочный	3,5					
Поворот на 90° R/d=2	0,15					
Всасывающая коробка с сеткой	5					
Внезапное расширение	$\xi = \left(1 - \frac{S_1}{S_2}\right)^2$					
Внезапное сужение	S₂/S₁	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
	ξ	0.43	0.33	0.25	0.15	0

Таблица 5. Зависимость давления парообразования воды от температуры

Температура, °C	Давление насыщенного пара p_t , м вод. ст.	Температура, °C	Давление насыщенного пара p_t , м вод. ст.
5	0,09	10	0,12
20	0,24	70	3,17
30	0,43	80	4,82
40	0,75	90	7,14
60	2,02	100	10,3