

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ  
АКАДЕМИЯ

---

---

Кафедра «Гидропневмоавтоматика и гидропневмопривод»

## ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к контрольным работам по гидравлике, пневматике,  
гидропневмоприводам и гидропневмоавтоматике  
для студентов заочной формы обучения  
автотракторного факультета

Минск 2000

УДК 62.525

Контрольные работы по гидравлике, пневматике, гидропневмоприводам и гидропневмоавтоматике содержат 400 вариантов заданий, каждое из которых является самостоятельным и охватывает основные разделы изучаемых дисциплин.

Контрольные работы предназначены для студентов заочной формы обучения автотракторного факультета.

Составители:

Н.В.Богдан, А.В.Королькевич, В.А.Королькевич

Рецензент Б.В.Сабадах

© Богдан Н.В., Королькевич В.А.,  
Королькевич А.В., составление, 2000

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая контрольная работа предназначена для студентов заочной формы обучения, изучающих гидравлику, пневматику, гидропневмопривод и гидропневмоавтоматику, специальностей:

Т. 04.02 - «Эксплуатация транспортных средств», дисциплина «Гидравлика и пневматика»;

Т.04.03 - «Организация движения и управления на транспорте», дисциплина «Прикладная гидравлика и пневматика»;

Т.15.06 - «Колесные машины», дисциплина «Гидравлика, гидропривод и гидропневмоавтоматика».

Контрольные работы составлены на основе рабочих программ дисциплин. Рабочие программы перечисленных дисциплин объединены в общую программу.

## 2. ОБЩАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

### 2.1. Вводные сведения, основные физические свойства жидкостей и газов

Предмет механики жидких сред. Примеры гидромеханических задач из отраслей техники. Краткие исторические сведения о развитии науки.

Объект изучения, физическое строение жидкостей и газов. Гипотеза сплошности. Основные физические свойства: сжимаемость, текучесть, вязкость. Два режима движения жидкостей и газов. Ньютоновские жидкости. Растворимость газов в жидкостях, кипение, кавитация. Требования к жидкостям.

### 2.2. Основы кинематики

Два метода описания движения жидкостей и газов. Понятие о линиях и трубках тока. Расход элементарного потока и расход через поверхность. Уравнение неразрывности (сплошности).

## 2.3. Общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов

2.3.1. Силы, действующие в жидкостях; напряжения поверхностных сил.

2.3.2. Абсолютный и относительный покой жидких сред. Уравнения Эйлера и их интегралы. Основная формула гидростатики. Определение сил давления покоящейся среды на плоские и криволинейные стенки. Относительное равновесие жидкости.

2.3.3. Модель идеальной (невязкой) жидкости. Уравнение Бернулли. Напряжения сил вязкости, обобщенная гипотеза Ньютона. Уравнение Бернулли для вязкой жидкости. Уравнение Бернулли для относительного движения.

2.3.4. Подобие гидромеханических процессов. Числа и критерии подобия. Методы моделирования. Понятие о методе размерностей.

2.3.5. Основные гипотезы о турбулентных напряжениях.

## 2.4. Одномерные потоки жидкостей и газов

2.4.1. Одномерная модель и приведение к ней плавноизменяющихся течений. Обобщение уравнения Бернулли. Гидравлические сопротивления, их физическая природа и классификация. Структура формул для вычисления потерь энергии (напора). Основная формула равномерного движения.

2.4.2. Сопротивления по длине, основная формула потерь. Данные о гидравлическом коэффициенте трения. Зоны сопротивления. Ламинарный поток в трубе и приведение его к одномерной модели. Турбулентное течение в трубах, физическая природа турбулентных напряжений и их представление на основе полуэмпирических теорий. Законы распределения скоростей и сопротивлений при турбулентных течениях в трубах. Наиболее употребительные формулы для гидравлического коэффициента трения.

2.4.3. 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.

2.4.4. Истечение жидкости через отверстия и насадки. Расчет трубопроводных систем: простые трубопроводы, сложные трубо-

проводы. Силовое воздействие потока на ограничивающие его стенки.

2.4.5. Гидравлический удар в трубах, формулы Жуковского.

2.4.6. Изотермическое и адиабатное движение газа в трубах. Основы расчета газопроводов при малых и больших перепадах давлений.

2.4.7. Течение двухфазных сред.

### **3. СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **3.1. Гидравлические машины**

Общие сведения о гидромашинах. Классификация насосов и гидродвигателей. Принцип действия динамических и объемных машин. Основные параметры: подача (расход), давление (напор), мощность, КПД. Баланс мощности в гидромашинах.

#### **3.2. Лопастные насосы**

3.2.1. Основы теории лопастных насосов. Центробежные насосы. Характеристики центробежных насосов. Основы теории подобия и формулы пересчета. Коэффициент быстроходности и типы лопастных насосов.

3.2.2. Насосные установки. Последовательное и параллельное соединение насосов.

#### **3.3. Гидродинамические передачи**

3.3.1. Назначение и области применения гидродинамических передач. Принцип действия и классификация. Рабочие жидкости. Гидродинамические муфты, устройство и рабочий процесс гидромуфты. Основные параметры, уравнения, характеристики.

3.3.2. Совместная работа гидромуфты с двигателем. Регулирование гидромуфт.

3.3.3. Гидродинамические трансформаторы, устройство, классификация, рабочий процесс и уравнения. Внешние характеристики гидротрансформаторов различных типов. Формулы подобия для гидротрансформаторов и их применение.

### 3.4. Объемные насосы

Общие сведения, принцип действия, основные свойства и классификация, области применения. Насосы возвратно-поступательного действия. Устройство и области применения поршневых, плунжерных и диафрагменных насосов. Графики подачи и способы ее выравнивания.

Общие свойства, классификация и области применения роторных насосов. Подача роторных насосов и ее равномерность, регулирование подачи. Устройство и особенности роторных насосов различных типов: шестеренных, пластинчатых, роторно-поршневых, винтовых, коловратных.

### 3.5. Объемный гидропривод и средства гидроавтоматики

3.5.1. Принцип действия объемного гидропривода. Классификация объемных гидроприводов по характеру движения выходного звена и другим признакам; элементы гидропривода (гидродвигатели, гидроаппаратура, фильтры, гидроаккумуляторы, гидролинии).

3.5.2. Гидродвигатели. Силовые гидроцилиндры, их назначение и устройство. Расчет цилиндров. Поворотные гидродвигатели.

3.5.3. Роторные гидродвигатели - гидромоторы. Обратимость роторных насосов и гидромоторов. Гидромоторы роторно-поршневых, пластинчатых, шестеренных и винтовых типов. Расчет крутящего момента и мощности на валу гидромотора. Регулирование рабочего объема. Высокомоментные гидромоторы.

3.5.4. Гидроаппаратура и элементы гидроавтоматики. Распределительные устройства: назначение, принцип действия и основные типы. Клапаны: принцип действия, устройство и характеристики. Дроссельные устройства, назначение, принцип действия и характеристики. Фильтры, гидроаккумуляторы. Обозначение гидроаппаратов и элементов гидроавтоматики по ЕСКД.

3.5.5. Схемы гидропривода и системы гидроавтоматики. Схемы гидропривода с замкнутой циркуляцией, с дроссельным и объемным регулированием скорости. Сравнение различных способов регулирования скорости гидропривода. Стабилизация скорости. Синхронизация движения нескольких гидродвигателей.

3.5.6. Следящий гидропривод. Назначение, принцип действия, схема и области применения следящего гидропривода в системах автоматического управления. Чувствительность, точность и устойчивость гидроусилителей.

### 3.6. Пневмопривод и средства пневмоавтоматики

3.6.1. Основные элементы и схемы пневмоприводов. Пневматические распределительные устройства. Пневматические двигатели. Источники сжатого газа. Пневматический привод с поршневым двигателем и дроссельным регулированием. Пневматические приводы с роторными и турбинными пневмодвигателями.

3.6.2. Универсальная система элементов промышленной пневмоавтоматики. Струйные системы пневмоавтоматики. Пневматические элементы вычислительных устройств. Системы струйных элементов.

## 4. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

4.1. Студенты, изучающие дисциплину «Гидравлика и пневматика», выполняют контрольную работу, в состав которой входят задачи из разделов 1, 2 и 4, дисциплину «Прикладная гидравлика и пневматика» - задачи из разделов 1, 2 и 4, дисциплину «Гидравлика, гидропривод и гидропневмоавтоматика» - задачи из разделов 1, 2 и 3.

4.2. Вариант контрольной определяется по двум последним цифрам шифра зачетной книжки студента. По таблице заданий определяются номера и варианты задач, подлежащих выполнению. Полная нумерация задач включает в себя номер раздела (X...), номер задачи (...XX...) и вариант задачи (...X).

Например, при шифре зачетной книжки 301425/362 и наименовании дисциплины «Гидравлика и пневматика» студент должен выполнить контрольную работу по варианту 62, состоящую из задач 1.01.3, 2.18.4 и 4.05.4.

4.3. Замена варианта задания или отдельных задач не допускается.

4.4. Контрольная работа должна содержать полные номера и условия задач и их подробные решения. Оформление должно быть

четким и аккуратным, кратким и разборчивым. Работа может быть оформлена на бумаге формата А4 или в тетради.

4.5. Все контрольные работы подлежат рецензированию преподавателями кафедры «Гидропневмоавтоматика и гидропневмопривод». Рецензирование контрольных работ проводится в пятидневный срок с момента их поступления на кафедру из деканата.

Контрольная работа считается выполненной при правильном решении всех входящих в нее задач и качественном ее оформлении. Контрольные работы, выполненные с несущественными замечаниями, подлежат личной защите студентами до дня сдачи экзамена или зачета.

Работы, по которым имеются существенные замечания, связанные с неправильностью решения задач (задачи), возвращаются студентам для доработки, при этом необходимы повторное рецензирование и защита. Работы, выполненные небрежно, с нарушениями вариантов, возвращаются студентам без рецензирования.

4.6. Защита контрольных работ во время сдачи учебной группой экзамена или зачета не допускается.

4.7. Справки о результатах рецензирования контрольных работ студенты могут получить по телефону 2-32-84-37 или непосредственно на кафедре «Гидропневмоавтоматика и гидропневмопривод» БГПА (учебный корпус № 8, а. 703).

#### Задания к контрольным работам

Варианты	Задачи				Варианты	Задачи			
	1...	2...	3...	4...		1...	2...	3...	4...
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
01	05.1	02.1	02.5	01.1	10	03.1	11.2	15.5	04.2
02	01.1	07.4	19.5	01.5	11	10.1	15.1	03.1	05.1
03	08.4	06.2	11.1	01.3	12	14.5	13.4	07.2	05.3
04	06.5	16.1	20.1	02.2	13	19.1	08.1	12.3	05.5
05	18.4	10.1	06.3	02.4	14	04.1	18.3	14.1	06.2
06	09.3	17.2	17.1	03.1	15	15.1	02.2	04.5	06.4
07	12.2	12.4	18.2	03.3	16	11.3	19.2	11.3	07.1
08	17.1	09.5	12.1	03.5	17	18.5	20.4	09.1	07.3
09	20.4	07.5	13.2	04.4	18	01.2	11.1	18.1	07.5



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	20.5	19.3	06.4	08.2	53	03.3	12.1	12.2	02.1
20	13.1	08.5	19.5	08.4	54	17.3	17.3	13.4	02.3
21	19.2	19.1	20.5	09.1	55	06.4	04.4	04.4	02.5
22	05.3	14.1	11.4	09.3	56	12.1	10.2	11.2	03.2
23	16.1	10.3	06.5	09.5	57	18.3	05.5	18.3	03.4
24	17.2	18.5	15.3	10.2	58	05.2	08.2	02.4	04.1
25	02.5	02.4	03.4	10.4	59	07.2	14.2	17.2	09.3
26	15.4	15.3	10.3	11.1	60	15.4	11.3	10.1	04.5
27	14.1	12.3	09.3	11.3	61	11.4	02.3	15.4	05.2
28	10.3	08.3	01.1	11.5	62	01.3	18.4	10.2	05.4
29	18.1	17.1	07.4	12.2	63	16.4	12.2	06.1	06.1
30	15.5	16.5	05.3	12.4	64	03.2	01.4	20.3	06.3
31	08.1	06.1	13.1	13.1	65	10.2	15.2	01.2	06.5
32	20.3	14.5	10.4	13.3	66	19.3	03.5	13.3	07.2
33	12.3	04.1	16.5	13.5	67	02.4	14.3	07.3	07.4
34	03.5	07.3	17.3	14.2	68	15.3	17.4	03.2	08.1
35	13.5	05.1	18.4	14.4	69	07.1	04.5	05.1	08.3
36	07.5	09.1	02.1	15.4	70	08.5	16.2	09.2	08.5
37	17.4	06.3	12.5	15.3	71	11.2	11.4	11.5	09.2
38	09.1	13.3	10.5	15.5	72	13.2	13.5	03.5	09.4
39	16.3	03.4	16.3	16.2	73	05.4	05.4	14.2	10.1
40	09.1	18.2	08.4	16.4	74	12.3	09.4	20.4	10.3
41	02.1	15.5	05.4	17.1	75	16.2	17.5	06.2	10.5
42	14.3	07.1	01.4	17.3	76	01.4	12.5	15.2	11.2
43	06.1	10.5	19.1	1.75	77	18.2	08.4	01.3	11.4
44	11.5	04.3	04.2	18.2	78	09.4	19.4	13.5	12.1
45	09.5	06.5	18.5	18.4	79	19.4	10.4	08.1	12.3
46	13.4	09.2	14.4	19.1	80	07.3	16.4	05.2	12.5
47	04.3	01.1	16.1	19.3	81	06.3	01.3	17.5	13.2
48	20.2	14.4	08.2	19.5	82	19.5	20.1	03.3	13.4
49	02.3	03.1	09.4	20.2	83	10.5	20.2	09.2	14.1
50	06.2	13.1	17.4	20.4	84	04.2	05.2	02.3	14.3
51	16.5	01.5	20.2	01.4	85	07.4	20.3	19.4	14.5
52	08.3	20.5	07.1	01.2	86	14.1	03.2	04.3	15.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
87	01.5	13.2	01.5	15.4	94	09.2	16.3	15.1	18.3
88	20.1	07.2	16.4	16.1	95	12.4	05.3	16.2	18.5
89	05.5	06.4	08.3	16.3	96	02.2	11.5	02.2	19.2
90	17.5	18.1	07.5	16.5	97	11.1	02.5	09.5	19.4
91	03.4	03.3	04.1	17.2	98	08.2	15.4	19.2	20.1
92	10.4	04.2	14.2	17.4	99	14.2	09.3	08.5	20.3
93	04.4	01.2	14.3	18.1	100	18.1	19.5	19.3	20.5

## Раздел 1. ЗАДАЧИ ПО ГИДРОСТАТИКЕ

1.01. В цилиндрическом отстойнике положение поверхности раздела между маслом и осевшей водой определяется по уровню воды в трубке А, а уровень масла - по уровню в трубке В.

1. Определить плотность масла, если даны величины  $h_1$  и  $h_2$ , а уровень воды в дополнительной трубке С установился на высоте  $h_3$ .

2. Найти высоту уровней  $h_1$ ,  $h_2$  и  $h_3$  в трубках, если при тех же объемах воды и масла в отстойнике над маслом создано избыточное давление  $p$ .

1.02. Покоящийся на неподвижном поршне и открытый сверху и снизу сосуд массой  $m$  состоит из двух цилиндрических частей, внутренние диаметры которых  $D$  и  $d$ .

Определить, какой минимальный объем воды должен содержаться в верхней части сосуда, чтобы сосуд всплыл над поршнем.

1.03. Определить диаметр  $D_1$  гидравлического цилиндра, необходимый для подъема задвижки при избыточном давлении жидкости  $p$ , если диаметр штока цилиндра  $d$ , диаметр трубопровода  $D_2$  и масса подвижных частей устройства  $m$ . Коэффициент трения задвижки в направляющих поверхностях  $f = 0,3$ , механический КПД гидроцилиндра  $\eta_{\text{мех}} = 0,9$ . Давление за задвижкой равно атмосферному  $p_a$ .

1.04. К отверстию в дне открытого резервуара А, частично заполненного водой, присоединена вертикальная труба, нижним концом опущенная под уровень воды в резервуаре Б.

При закрытой задвижке труба заполнена водой; расстояние между уровнями воды в резервуарах Н; избыточное давление воздуха  $P$  в резервуаре Б; толщина воздушной подушки  $h$ .

Определить, какой объем воды переместится из одного резервуара в другой после открытия задвижки на трубе.

Процесс расширения воздуха в резервуаре Б считать изотермическим. Диаметры резервуаров одинаковы:  $D = 1\text{ м}$ , диаметр трубы  $d = 0,2\text{ м}$ .

1.05. Определить силу, прижимающую стальной ( $\rho = 7800\text{ кг/м}^3$ ) шаровой всасывающий клапан радиусом  $R$  к седлу, имеющему диаметр  $d = 140\text{ мм}$ , если диаметр насосного цилиндра  $D$ , а усилие, действующее на шток поршня,  $F$ . Седло клапана расположено ниже оси цилиндра на  $h_1$  и выше свободной поверхности в резервуаре с атмосферным давлением на  $h_2$ , причем труба под клапаном заполнена водой.

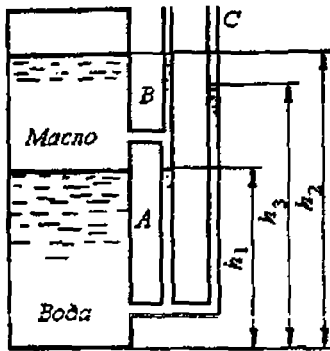
1.06. Круглое отверстие между двумя резервуарами закрыто сферической крышкой диаметром  $D$ . Закрытый резервуар заполнен бензином ( $\rho = 800\text{ кг/м}^3$ ), а открытый - водой. К закрытому резервуару сверху присоединен мановакуумметр, показывающий манометрическое давление  $P_m$  или величину вакуума  $p_v$ . Температура жидкостей  $20^\circ\text{C}$ , глубины  $H$  и  $h$ . Определить силу, срезающую болты крышки, и горизонтальную силу, действующую на крышку.

1.07. Вертикальная цилиндрическая цистерна с полусферической крышкой до самого верха заполнена глицерином ( $\rho = 1200\text{ кг/м}^3$ ) и водой ( $\rho = 1000\text{ кг/м}^3$ ). Диаметр цистерны  $D$ , высота ее цилиндрической части  $H$ . Глубина глицерина равна  $H/2$ . Манометр показывает давление  $p$ . Определить силу, растягивающую болты крышки, силу давления на дно цистерны и горизонтальную силу, разрывающую цистерну по сечению  $1 - 1$ .

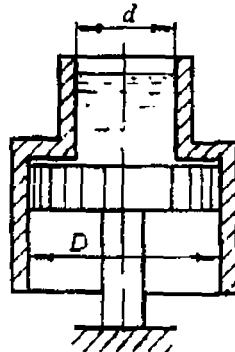
1.08. Определить суммарную силу давления воды на цилиндрический затвор диаметром  $D$ , шириной  $b$ , если  $H = 1,5D$ , давление на свободной поверхности  $p$ .

1.09. Насос под давлением  $p$  подает рабочую жидкость во входную камеру гидравлического дозатора, диаметр цилиндров которого  $D_1$  и  $D_2 = 0,4D_1$ . Гидроцилиндр с диаметром поршня  $D_3$  реализует нагрузку  $F_1$ , с диаметром  $D_4 = 0,4D_3$  - нагрузку  $F_2$ . Определить неизвестную величину.

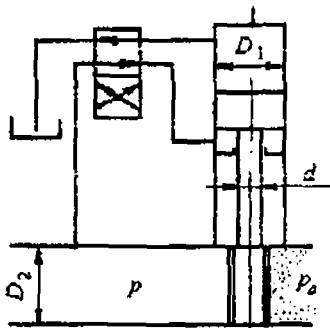
1.10. Ручной гидропресс содержит поршни диаметрами  $D$  и  $d$ . Усилие на рукоятке  $F_1$ , усилие, развиваемое гидропрессом,  $F_2$ , соотношение размеров рычага рукоятки  $b/a = 5$ . Определить неизвестную величину.



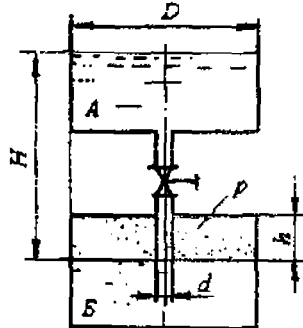
К задаче 1.01



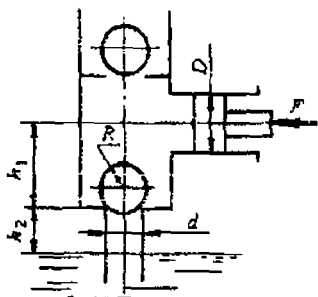
К задаче 1.02



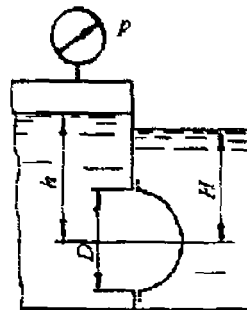
К задаче 1.03



К задаче 1.04



К задаче 1.05



К задаче 1.06

1.11. Испытуемая жидкость заливается между двумя цилиндрическими поверхностями диаметрами  $D$  и  $d = D - 2\text{мм}$ . Определить кинематический коэффициент вязкости жидкости, плотность которой  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ , если для вращения внутреннего цилиндра с частотой  $n$  необходим крутящий момент  $M$ . Высота цилиндров  $h = 150 \text{ мм}$ .

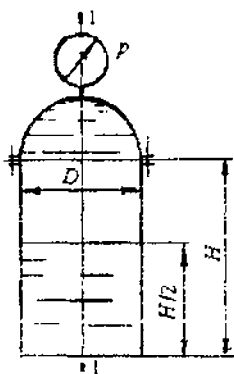
1.12. Определить усилие, развиваемое телескопическим гидроцилиндром в начале и в конце рабочего хода. Диаметры поршней гидроцилиндра  $D_1$  и  $D_2$ . К гидроцилиндру присоединен предохранительный клапан с диаметром подводящего отверстия  $d = 10 \text{ мм}$  и усилием пружины  $F_{\text{пр}}$ .

1.13. Штоковая полость гидроцилиндра с диаметром поршня  $D$  постоянно соединена с напорной гидролинией насоса, а поршневая в зависимости от направления движения поршня соединяется распределителем либо с напорной, либо со сливной гидролиниями. Давление  $p$  в напорной гидролинии поддерживается предохранительным клапаном. Определить диаметр штока  $d$  и силу  $F$  при условии равенства сил  $F$  по величине при движении поршня в обоих направлениях.

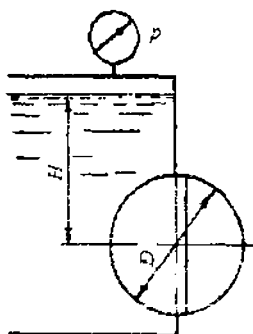
1.14. Напорный клапан непрямого действия состоит из двух клапанов: шарикового и конического. Диаметр входного отверстия шарикового клапана  $d$ , расчетные размеры конического клапана  $D_1$  и  $D_2$ . Шариковый клапан открывается при давлении  $p_1$ , конический - при давлении  $p_2 = p_1 + 0,5 \text{ МПа}$ . Определить рабочее усилие пружин обоих клапанов. Описать работу клапана непрямого действия.

1.15. Поршень гидроцилиндра диаметром  $D$  нагружен силой  $F$ . Определить давление  $p$  перед дросселем, если диаметр золотника редукционного клапана  $d$ , а усилие его пружины  $F_{\text{пр}}$ . Дать описание работы регулятора расхода.

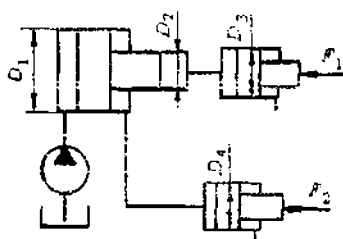
1.16. В поршневую полость гидроцилиндра диаметром  $D$  (диаметр штока  $d$ ) подается давление  $p$ . На сливе из штоковой полости установлен дроссель, имеющий гидравлическое сопротивление  $\Delta p$ . Шток поршня нагружен усилием  $F$ . Механический КПД гидроцилиндра  $\eta_{\text{м}} = 0,9$ . Определить неизвестный параметр.



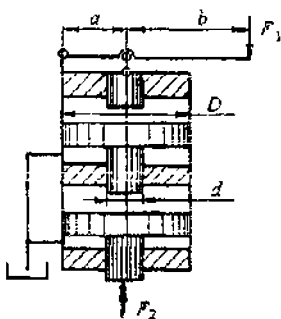
К задаче 1.07



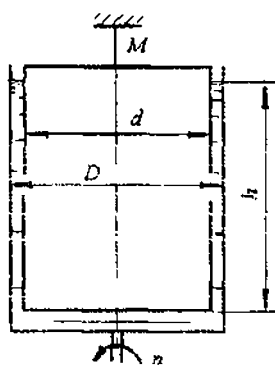
К задаче 1.08



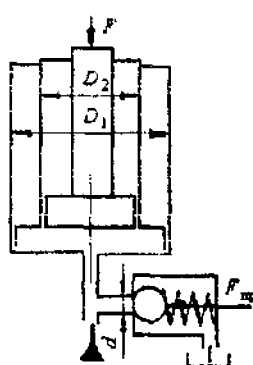
К задаче 1.09



К задаче 1.10



К задаче 1.11



К задаче 1.12

1.17. К поворотному гидродвигателю рабочим объемом  $V_0$  с углом поворота вала  $\varphi = 270^\circ$  подведено давление  $p$ . В сливной гидролинии установлен дроссель с гидравлическим сопротивлением  $\Delta p$ . Момент на валу гидродвигателя  $M$ , механический КПД  $\eta_M = 0,9$ . Определить неизвестный параметр.

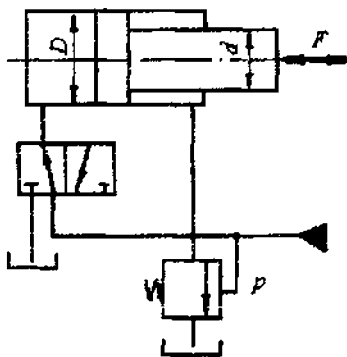
1.18. В поворотный гидродвигатель рабочим объемом  $V_0$  с углом поворота вала  $\varphi = 270^\circ$  подается поток жидкости под давлением  $p$ . Гидродвигатель соединен последовательно с гидроцилиндром, диаметры поршня  $D$  и штока  $d = 40$  мм. Вал двигателя нагружен моментом  $M$ , шток поршня - усилием  $F$ . Определить неизвестный параметр.

1.19. Цилиндрический резервуар заполнен жидкостью до высоты  $3/4 H$ . Диаметр резервуара  $D$ , плотность жидкости  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

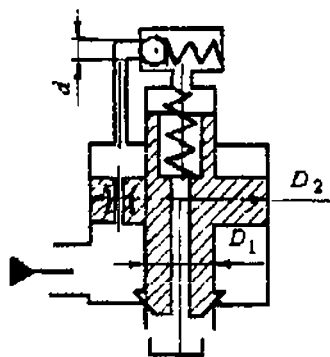
*Определить:* объем жидкости, сливающейся из резервуара при его вращении с частотой  $n$  об/мин вокруг его вертикальной оси; силу давления на дно резервуара;

горизонтальную силу, разрывающую резервуар по сечению 1-1 при его вращении.

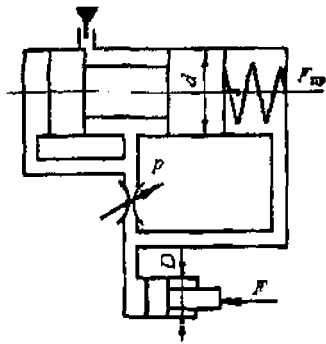
1.20. Определить диаметр  $D$  поршня гидроцилиндра домкрата, предназначенного для подъема груза массой  $m$  при диаметре  $d$  поршня насоса и усилии  $F$  на рукоятке, соотношение  $b/a = 4$ .



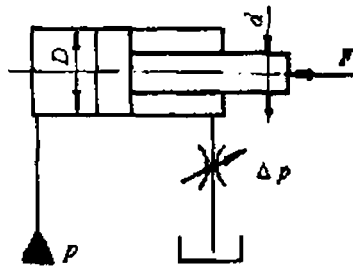
К задаче 1.13



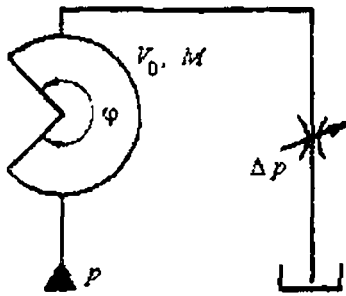
К задаче 1.14



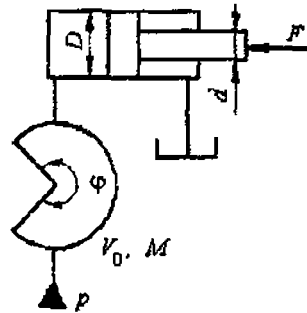
К задаче 1.15



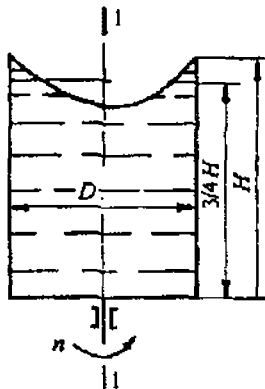
К задаче 1.16



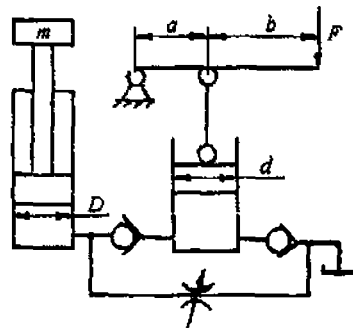
К задаче 1.17



К задаче 1.18



К задаче 1.19



К задаче 1.20



Исходные данные к задачам 1.01.1 - 1.20.5

Задача	Параметры	Варианты задач				
		...1	...2	...3	...4	...5
1	2	3	4	5	6	7
1.01	$h_1, \text{ м}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
	$h_2, \text{ м}$	1,4	2,4	1,2	1,8	2,0
	$h_3, \text{ м}$	1,2	2,2	0,9	1,5	1,8
	$p, \text{ кПа}$	0	0,01	0,001	0,005	0,002
1.02	$m, \text{ кг}$	16	10	20	50	100
	$D, \text{ м}$	0,5	0,3	0,4	0,6	0,8
	$d, \text{ м}$	0,3	0,1	0,2	0,3	0,4
1.03	$m, \text{ кг}$	200	100	150	300	400
	$D_2, \text{ м}$	1	0,5	1	0,8	1,5
	$p, \text{ МПа}$	1	2	0,5	1,5	5
1.04	$p, \text{ кПа}$	0,06	0,1	0,02	1	0,08
	$H, \text{ м}$	2	3	1	10	4
	$h, \text{ м}$	0,5	0,2	0,1	0,3	0,8
1.05	$F, \text{ Н}$	4000	5000	2000	10000	8000
	$R, \text{ мм}$	100	80	90	120	110
	$D, \text{ мм}$	350	300	200	400	500
	$h_1, \text{ м}$	0,5	1	0,6	0,2	1,5
	$h_2, \text{ м}$	6,5	7	5	4	8
1.06	$D, \text{ мм}$	200	400	600	800	1500
	$H, \text{ м}$	0	0,200	0,250	0,5	80
	$h, \text{ м}$	1	1,5	2	0,5	3
	$p_m, \text{ МПа}$	0,045	1	0,05	5	0,1
	$p_B, \text{ кПа}$					
1.07	$D, \text{ м}$	1,5	2	2,5	3,2	3,8
	$H, \text{ м}$	2	2,5	3	4,8	6,5
	$p_m, \text{ МПа}$	0,1	0,08	0,06	0,04	0,01
1.08	$D, \text{ м}$	3	2,5	2	4,5	3,5
	$b, \text{ м}$	4	3	3,5	4,5	5
	$p_m, \text{ МПа}$	0,02	0,01	0,005	0,03	0,05

1	2	3	4	5	6	7
1.09	D <sub>1</sub> , мм	100	120	150	80	100
	D <sub>3</sub> , мм	60	100	80	?	120
	F <sub>1</sub> , кН	10	?	30	50	100
	F <sub>2</sub> , кН	1,6	2	50	10	?
	p, МПа	?	6	?	16	20
1.10	D, мм	100	80	60	?	50
	d, мм	50	30	?	50	20
	F <sub>1</sub> , кН	?	0,1	0,2	0,2	0,15
	F <sub>2</sub> , кН	10	?	10	5	?
1.11	D, мм	200	180	150	220	250
	n, об/мин	180	200	250	300	400
	M, Нм	5	10	8	6	15
1.12	D <sub>1</sub> , мм	150	200	100	120	180
	D <sub>2</sub> , мм	100	160	60	90	150
	F <sub>пр</sub> , Н	1000	500	600	700	800
1.13	D, мм	100	80	60	120	150
	p, МПа	10	8	6	12	15
1.14	d, мм	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8
	D <sub>1</sub> , мм	25	30	32	35	40
	D <sub>2</sub> , мм	10	12	14	16	18
	p <sub>1</sub> , МПа	20	18	16	25	30
1.15	D, мм	80	90	100	110	120
	d, мм	25	28	30	35	40
	F, кН	5	6	8	10	12
	F <sub>пр</sub> , Н	300	250	200	350	450
1.16	D, мм	?	100	120	150	180
	d, мм	20	?	30	30	40
	p, МПа	10	20	?	16	32
	Δp, МПа	5	10	15	?	20
	F, кН	1,0	10	20	15	?
1.17	V <sub>0</sub> , см <sup>3</sup>	500	?	800	1000	1200
	p, МПа	16	10	20	?	10
	Δp, МПа	?	5	10	12	6
	M, Нм	600	200	?	1000	?

1	2	3	4	5	6	7
1.18	$V_0, \text{см}^3$	?	500	800	1000	1200
	$D, \text{мм}$	50	?	80	100	120
	$p, \text{МПа}$	20	30	?	30	40
	$M, \text{Нм}$	200	600	800	?	1000
	$F, \text{кН}$	1	2	3	5	?
1.19	$D, \text{мм}$	200	300	500	800	1200
	$H, \text{мм}$	400	500	800	1200	1500
	$\nu, \text{об/мин}$	200	180	150	120	100
1.20	$m, \text{кг}$	500	800	1000	3000	1500
	$d, \text{мм}$	15	10	12	30	18
	$F, \text{Н}$	100	120	150	200	180

## Раздел 2. ЗАДАЧИ ПО ГИДРОДИНАМИКЕ

2.01. Сопротивление участка водопроводной трубы с арматурой необходимо перед установкой проверить в лаборатории путем испытаний на воздухе.

1. Определить, с какой скоростью  $v_H$  следует вести продувку, сохраняя вязкостное подобие, если скорость воды в трубе  $v$ .

2. Какова будет потеря напора  $h_n$  при работе трубы на воде с указанной скоростью, если при испытании на воздухе потеря давления  $\Delta p$ ?

Вязкость воздуха  $\mu_{\text{воз.}} = 0,186 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$ , воды  $\nu_{\text{вод.}} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ , плотность воздуха  $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$ .

2.02. Определить, до какого наибольшего избыточного давления  $p_{\text{и}}$  сжатого воздуха над поверхностью бензина в баке истечение через цилиндрический насадок будет происходить с заполнением его выходного сечения. Каков при этом будет массовый расход бензина, если диаметр насадка  $d$ ? Уровень бензина в баке  $h$ .

Плотность бензина  $\rho = 750 \text{ кг/см}^3$ , давление насыщенных паров  $p_{\text{н.п.}} = 26,5 \text{ кПа}$ . Атмосферное давление равно  $97 \text{ кПа}$ . Принять коэффициент расхода насадка  $\mu = 0,81$ , коэффициент сжатия струи при входе в насадок  $\xi = 0,62$ .

2.03. Вода из верхней секции замкнутого бака перетекает в нижнюю через отверстие диаметром  $d_1$ , а затем через цилиндрический насадок диаметром  $d_2$  вытекает в атмосферу, под уровень.

Определить расходы  $Q$  через насадок для обоих случаев, если при установившемся режиме показание манометра  $p_m$ , а уровни в водомерных стеклах  $h_1 = 2$  м и  $h_2 = 3$  м.

Найти при этом избыточное давление  $p_x$  над уровнем воды в нижней секции бака.

2.04. Определить скорость  $v$  перемещения поршня гидротормоза диаметром  $D$ , нагруженного силой  $F$ , если перетекание жидкости из нижней полости в верхнюю происходит через два отверстия в поршне, диаметр которых  $d$ , высота поршня  $a = 35$  мм.

2.05. Вода перетекает из левого бака в правый по трубопроводу, диаметры которого  $d_1 = 100$  мм и  $d_2 = 60$  мм. Определить, пренебрегая потерями по длине, расход  $Q$  в трубопроводе при располагаемом напоре  $H$  и коэффициенте сопротивления вентиля  $\xi^*$ . При каком значении  $\xi$  расход уменьшится в два раза?

2.06. Труба диаметром  $D$  имеет на конце сходящийся насадок с горловиной диаметром  $d$  (коэффициент сопротивления  $\xi = 0,08$ ), переходящий в диффузор (коэффициент потерь  $\varphi_d = 0,3$ ), из которого вода вытекает в атмосферу.

Какой расход  $Q$  надо пропустить по трубе и какое при этом будет избыточное давление  $p$  перед насадком, чтобы в горловину начала поступать вода, подсасываемая на высоту  $h$  из открытого сосуда?

2.07. Гидравлический демпфер (гаситель колебаний) представляет цилиндр, в котором под действием внешней силы перемещается поршень, перегоняя масло плотностью  $\rho = 900$  кг/м<sup>3</sup> из одной полости цилиндра в другую через обводную трубку с дросселем. Диаметры поршня  $D$ , штока  $d_{шт} = 20$  мм и обводной трубки  $d$ .

Получить уравнение статической характеристики демпфера, представляющей зависимость скорости равномерного движения поршня  $v$  от приложенной к нему постоянной нагрузки  $R$ . Каков должен быть коэффициент сопротивления  $\xi$  дросселя, чтобы при нагрузке  $R = 6500$  Н скорость поршня была  $v = 0,2$  м/с?

2.08. В трубопроводе диаметром  $D$  для ограничения расхода установлена дроссельная шайба, имеющая центральное отверстие с острой входной кромкой; диаметр отверстия  $d$ . Определить потерю давления  $\Delta p$ , вызываемую шайбой в трубопроводе при расходе  $Q$  жидкости (керосин плотностью  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ ). Для заданного расхода найти критическое абсолютное давление  $p_0$  перед шайбой, при котором в трубопроводе за шайбой возникнет кавитация, если давление насыщенных паров керосина  $p_{н.п.} = 16 \text{ кПа}$ .

Отверстие шайбы имеет коэффициент сопротивления  $\xi = 0,63$ .

2.09. Найти, как распределяется расход воды  $Q$  между двумя параллельными трубами, одна из которых имеет длину  $l_1 = 30 \text{ м}$  и диаметр  $d_1$ , а другая (с задвижкой, коэффициент сопротивления которой  $\xi$ ) имеет длину  $l_2 = 50 \text{ м}$  и диаметр  $d_2$ .

Какова будет потеря давления в разветвленном участке? Значения коэффициента сопротивления трения труб принять соответственно  $\lambda_1 = 0,04$  и  $\lambda_2 = 0,03$ .

2.10. В первоначально пустой бак квадратного сечения со стороной  $a = 800 \text{ мм}$  подается постоянный расход воды  $Q$ . Одновременно поступающая вода вытекает через донное отверстие диаметром  $d$  (коэффициент расхода отверстия  $\mu = 0,6$ ).

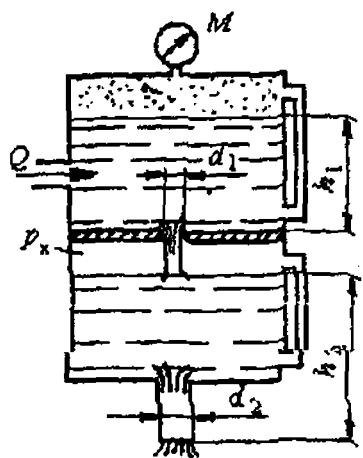
Каков предельный уровень  $Z_{\max}$ , соответствующий установившейся работе системы?

Какое время требуется, для того чтобы разность между  $Z_{\max}$  и текущим уровнем  $Z$  стала  $\Delta Z = 0,1 \text{ м}$ ?

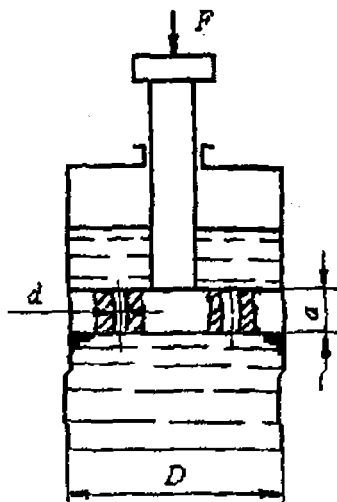
2.11. Смазочное масло (плотность  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ , вязкость  $\nu = 6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ) подводится к подшипникам коленчатого вала по системе трубок, состоящей из пяти одинаковых участков, каждый длиной  $l = 500 \text{ мм}$  и диаметром  $d$ .

Сколько смазки нужно подать к узлу А системы, чтобы каждый подшипник получил ее не менее  $Q_1$ ?

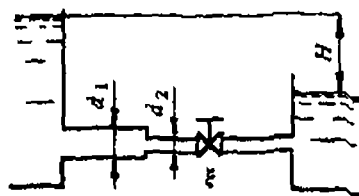
Как изменится количество смазки, если участок АВ заменить трубой диаметром  $D$ ? Давление на выходе из трубок в подшипники считать одинаковым, местными потерями и скоростными напорами пренебречь.



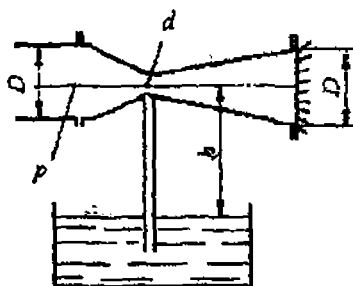
К задаче 2.03



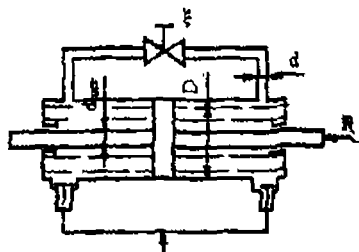
К задаче 2.04



К задаче 2.05



К задаче 2.06



К задаче 2.07



К задаче 2.08

2.12. Перемещение поршней гидроцилиндров диаметром  $D$ , нагруженных внешними силами  $F_1$  и  $F_2$ , осуществляется подачей спирто-глицериновой смеси ( $\nu = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $\rho = 1245 \text{ кг/м}^3$ ) по трубкам одинаковой приведенной длины  $l = 10 \text{ м}$  и диаметром  $d$  в гидроцилиндры 1 и 2.

Определить скорости перемещения поршней при расходе  $Q = 7 \text{ л/с}$  в магистрали.

Какое дополнительное сопротивление, выражаемое эквивалентной длиной, и в какой трубе нужно создать, чтобы при том же расходе в магистрали скорости поршней стали одинаковыми?

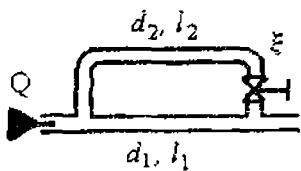
2.13. В межтрубном кольцевом пространстве движется жидкость ( $\mu = 0,01 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ) в количестве  $Q$ . Определить потери давления  $p$  на длине  $l = 3 \text{ м}$ , если диаметр трубки  $D$ , диаметр стержня  $d$ . Сравнить ее с потерей в трубе, имеющей равновеликую площадь сечения.

2.14. Для определения вязкости масла измеряется потеря напора при его прокачке через калиброванную трубку диаметром  $d$ . Каково значение динамического коэффициента вязкости  $\mu$ , если при расходе  $Q$  показание ртутного дифманометра, подключенного к участку трубки длиной  $l = 2 \text{ м}$ , равно величине  $h$ ? Плотность масла  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ .

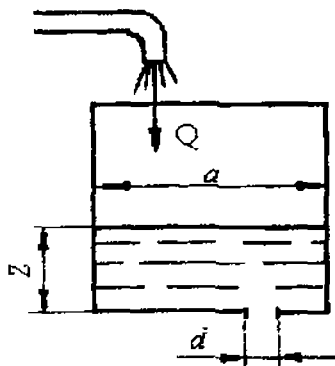
2.15. При истечении воды из большого резервуара в атмосферу по горизонтальной трубе, диаметр которой  $d$  и длина  $l = 10 \text{ м}$ , при статическом напоре  $H$  получено, что уровень в пьезометре, установленном в середине трубы,  $h$ .

Определить расход  $Q$  и коэффициент  $\lambda$  сопротивления трения трубы.

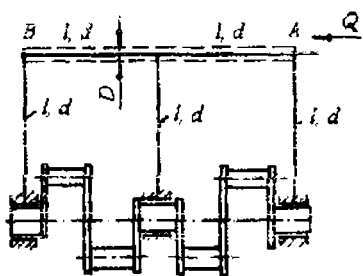
2.16. Вода подается в открытый верхний бак по вертикальной трубе диаметром  $d$ , длиной  $l$  за счет избыточного давления  $p$  в нижнем замкнутом баке. Высота уровней в баках  $h$ , расход в трубе  $Q$ , коэффициент сопротивления открытого вентиля  $\xi = 9,3$ , шероховатость стенок трубы  $\Delta = 0,2 \text{ мм}$ . Определить неизвестную величину.



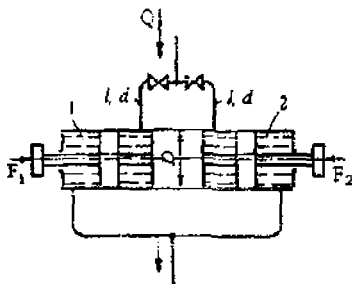
К задаче 2.09



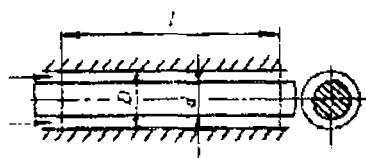
К задаче 2.10



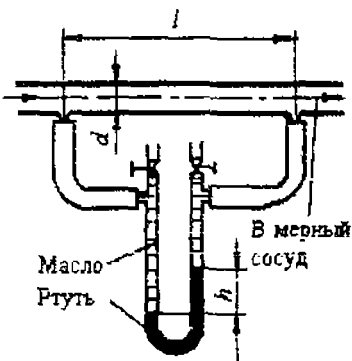
К задаче 2.11



К задаче 2.12



К задаче 2.13



К задаче 2.14



2.17. Определить абсолютное давление на входе в шестеренный насос системы смазки, имеющий подачу  $Q$  масла при температуре  $t = 20^\circ\text{C}$  ( $\nu = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $\rho = 920 \text{ кг/м}^3$ ). Длина стального всасывающего трубопровода  $l = 1 \text{ м}$ , диаметр  $d$ , шероховатость  $\Delta = 0,1 \text{ мм}$ . Входное сечение насоса расположено ниже свободной поверхности в баке на величину  $h$ . Как изменится давление перед насосом, если масло нагреется до температуры  $t = 80^\circ\text{C}$  ( $\nu = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $\rho = 870 \text{ кг/м}^3$ )?

Местные потери в трубопроводе принимать равными 10% потерь по длине.

2.18. Сравнить расходы воды ( $\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ), турбинного масла ( $\nu = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ ) и цилиндрического масла ( $\nu = 10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ ) при температуре  $t = 20^\circ\text{C}$  по стальному трубопроводу длиной  $l$ , диаметром  $d$  (шероховатость  $\Delta = 0,1 \text{ мм}$ ) при одинаковом напоре  $H$ .

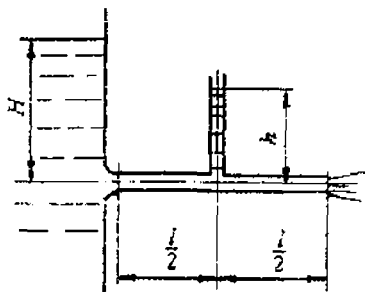
2.19. Определить силу  $F$ , которую нужно приложить к поршню насоса диаметром  $D$ , чтобы подавать в напорный бак жидкость с постоянным расходом  $Q$ .

Высота подъема жидкости в установке  $H_0 = 10 \text{ м}$ , избыточное давление в напорном баке  $p_0$ . Размеры трубопровода: длина  $l = 60 \text{ м}$ , диаметр  $d$ , шероховатость  $\Delta = 0,003 \text{ мм}$ , коэффициент сопротивления вентиля на трубопроводе  $\xi = 5,5$ .

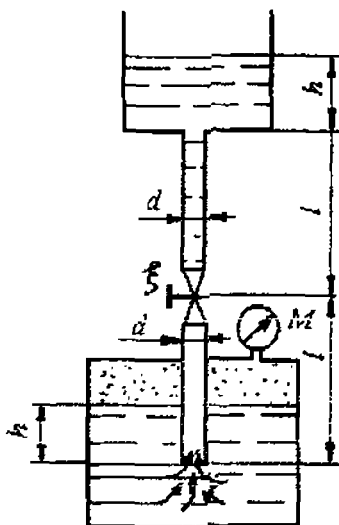
Задачу решить для случаев подачи в бак бензина ( $\rho = 765 \text{ кг/м}^3$ ,  $\nu = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ ), машинного масла ( $\rho = 930 \text{ кг/м}^3$ ,  $\nu = 20 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ).

2.20. На поршень гидроцилиндра диаметром  $D$  действует сила  $F$ , вызывающая истечение масла из цилиндра через торцовое отверстие с острой кромкой, диаметр которого  $d$ . Определить силу, действующую на цилиндр.

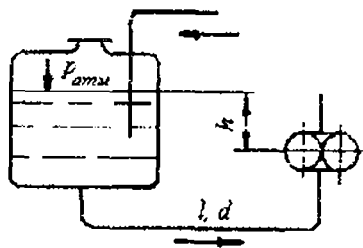
Коэффициенты истечения для отверстия принять  $\varphi = 0,97$ ,  $\mu = 0,63$ , плотность масла  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ .



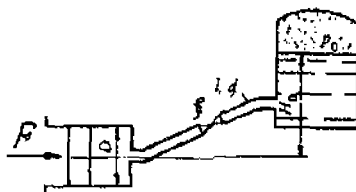
К задаче 2.15



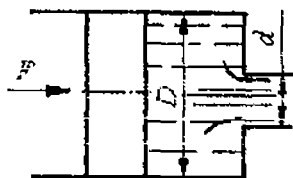
К задаче 2.16



К задаче 2.17



К задаче 2.19



К задаче 2.20

Исходные данные к задачам 2.01.1 - 2.20.5

Задача	Параметры	Варианты задач				
		...1	...2	...3	...4	...5
1	2	3	4	5	6	7
2.01	$v$ , м/с	2	3	4	5	7
	$\Delta p$ , кПа	3	5	7	10	13
2.02	$d$ , мм	20	30	50	70	110
	$h$ , м	2	3	5	7	10
2.03	$d_1$ , мм	20	30	35	40	50
	$d_2$ , мм	15	20	25	30	40
	$p_m$ , кПа	40	50	30	70	90
2.04	$D$ , мм	50	70	100	150	200
	$F$ , кН	20	50	90	120	150
	$d$ , мм	6	5	7	9	12
2.05	$H$ , м	1	2	3	5	7
	$\xi$	10	8	5	4	3
2.06	$D$ , мм	20	30	40	50	70
	$d$ , мм	10	15	20	25	30
	$h$ , м	5	3	2	7	4,5
2.07	$D$ , мм	40	50	60	90	120
	$d$ , мм	3	4	5	7	9
2.08	$D$ , мм	20	25	30	40	50
	$d$ , мм	5	7	10	13	17
	$Q$ , л/с	0,5	1	2	3	5
2.09	$Q$ , л/с	15	25	45	60	100
	$d_1$ , мм	30	50	70	90	110
	$d_2$ , мм	50	100	110	130	150
	$\xi$	5	3	7	6	8
2.10	$Q$ , л/с	1	2	3	5	7
	$d$ , мм	20	30	40	45	70
2.11	$d$ , мм	3,5	4	5	6	10
	$D$ , мм	5	8	8	10	15
	$Q_1$ , см <sup>3</sup> /с	6	8	10	15	50

1	2	3	4	5	6	7
2.12	D, мм	60	80	150	100	200
	d, мм	12	18	40	20	50
	F <sub>1</sub> , кН	0,6	0,8	1	1,5	2
	F <sub>2</sub> , кН	1	1,5	2	2	3
2.13	Q, л/с	0,1	0,15	0,25	0,5	1
	D, мм	15	18	20	16	20
	d, мм	6	10	12	6	10
2.14	d, мм	3	4	6	8	10
	Q, см <sup>3</sup> /с	2	5	7,3	15	25
	h, см	6	10	12	20	50
2.15	d, мм	20	30	40	50	100
	H, м	5	8	10	3	7
	h, м	2,3	3,8	4,5	1,2	3,3
2.16	d, мм	?	10	18	25	40
	l, м	2	?	1,0	3	5
	p, МПа	0,2	0,1	0,5	?	0,3
	h, м	1	1,5	?	0,5	0,8
	Q, л/с	2	1	0,5	1,5	?
2.17	Q, л/мин	8	20	60	75	100
	d, мм	12	20	30	32	40
	h, м	1	3	2	0,5	1,5
2.18	l, м	1	2	200	10	100
	d, мм	10	15	100	20	50
	H, м	1	5	10	2	8
2.19	D, мм	10	20	65	100	150
	Q, л/с	0,1	0,5	2,5	3	5
	p <sub>0</sub> , МПа	0,01	0,05	0,15	0,03	0,1
2.20	D, мм	20	40	60	100	150
	F, кН	0,1	1	3	5	10
	d, мм	5	10	20	25	40

### Раздел 3. ЗАДАЧИ ПО ГИДРОПРИВОДАМ

3.01. Для колесного трактора 4x2 общей массой  $m$  подобрать две одинаковые регулируемые гидромашины (насос и гидромотор). Развесовка трактора по осям: передний мост  $m/3$ , задний -  $2m/3$ . Передаточное число заднего моста  $i = 18,3$ , передаточные числа входного и выходного редукторов гидропередачи подобрать самостоятельно. Коэффициент сцепления шин с почвой  $f_{сц} = 0,9$ , динамический радиус качения задних ведущих колес  $r$ . Мощность двигателя  $N_d$  при частоте вращения его вала  $n_d$ .

3.02. Для колесного трактора 4x2 с тяговым усилием  $F$  подобрать насос и колесные гидромоторы. Развесовка трактора по осям: передний мост  $1/3$ , задний -  $2/3$  общего веса трактора. Коэффициенты сцепления шин с почвой  $f_{сц} = 0,9$ , трения качения  $f_{пер.} = 0,1$ . Динамический радиус качения ведущих колес  $r$ . Мощность двигателя  $N_d$  при частоте вращения его вала  $n_d = 2500$  об/мин.

3.03. Подобрать гидромашины системы навески сельхозмашин трактора. Масса навесной машины  $m$ , высота подъема  $H$ , время полного подъема  $t$ . Передаточное отношение рычажного механизма навески выбрать самостоятельно. Гидравлические потери в каналах принять 30% от рабочего давления.

3.04. Рассчитать параметры регулируемых насоса и гидромотора объемного гидропривода автомобиля массой  $m$ , если время разгона  $t$ , средний КПД  $\eta = 0,8$ . Кинематические параметры автомобиля ( $n_{дв.}$ ,  $n_{кол.}$ ,  $r_{дн.кол.}$ ,  $r_{з.м.}$  и др.) принять самостоятельно.

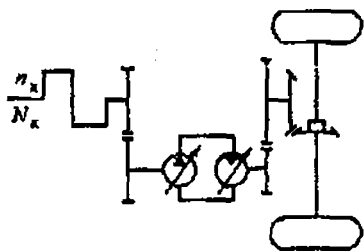
3.05. Рассчитать параметры гидроцилиндра и насоса, если внешняя нагрузка на шток гидроцилиндра  $F$ , скорость его перемещения  $v$ , длина и диаметр трубопровода  $l = 2$  м и  $d$ , коэффициент сопротивления дросселя  $\xi = 20$ .

3.06. Перемещение поршня гидроцилиндра диаметром  $D$  (диаметр штока  $d_{шт} = 30$  мм), нагруженного внешним усилием  $F$ , осуществляется подачей спирто-глицериновой смеси (вязкость  $\nu = 1 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с, плотность  $\rho = 1200$  кг/м<sup>3</sup>) насосом в рабочую полость гидроцилиндра. Для регулирования скорости перемещения поршня при постоянной подаче насоса служит дроссель на сливной трубе, присоединенной к узлу А системы.

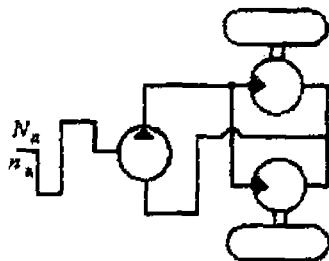
Какова скорость перемещения поршня, если подача насоса  $Q$ , приведенные длины труб  $l_1 = 5$  м,  $l_2 = 10$  м, диаметр трубы  $d$ ?

Какова максимальная скорость перемещения поршня при той же подаче насоса?

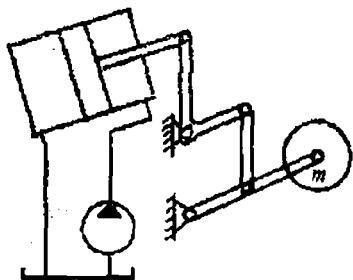
При какой наименьшей приведенной длине сбросной трубы, отвечающей наибольшему открытию дросселя, перемещение поршня прекратится?



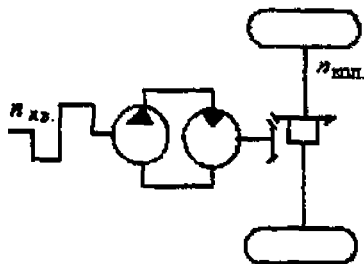
К задаче 3.01



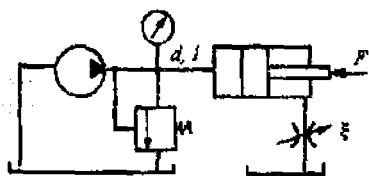
К задаче 3.02



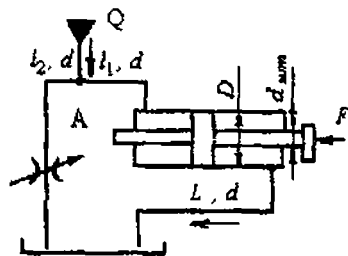
К задаче 3.03



К задаче 3.04



К задаче 3.05



К задаче 3.06

3.07. Определить мощность шестеренного насоса, используемого в объемной гидропередаче для перемещения поршня гидроцилиндра, если внешняя нагрузка поршня при рабочем ходе  $F$ , скорость рабочего хода  $v$ , диаметры поршня  $D$ , штока  $d_{шт} = 30$  мм. Рабочая жидкость в системе – спирто-глицериновая смесь плотностью  $\rho = 1235$  кг/м<sup>3</sup>, вязкостью  $\nu = 1,2 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с. Общая длина трубопровода системы  $l = 11$  м, диаметр  $d$ .

3.08. Шестеренный насос подает масло (вязкость  $\nu = 1 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с, плотность  $\rho = 900$  кг/м<sup>3</sup>) в гидроцилиндр (диаметры поршня  $D$ , штока  $d_{шт} = 50$  мм), нагруженный внешним усилием  $F$ , при этом часть подачи насоса возвращается в приемный бак по сливной трубе  $l_2$ , минуя гидроцилиндр.

1. Определить скорость перемещения поршня гидроцилиндра  $v_{п}$  и давление насоса  $p_n$ , если его подача  $Q$ , диаметры всех труб  $d$ , а их приведенные длины  $l_1 = 10$  м,  $l_2 = 70$  м,  $l_3 = 5$  м и  $l_4 = 10$  м.

2. Как изменяется  $v_{п}$  и  $p_n$ , если сбросная труба будет выключена?

3. При какой наименьшей приведенной длине сбросной трубы  $l_{2min}$ , отвечающей наибольшему открытию дросселя, перемещение поршня прекратится?

3.09. Объемный насос, подача которого  $Q_n$ , питает рабочей жидкостью ( $\rho = 870$  кг/м<sup>3</sup>) два параллельных гидроцилиндра с одинаковым диаметром  $D$ .

Для синхронизации работы гидроцилиндров использован делитель расхода, в котором две ветви потока проходят через дроссельные шайбы диаметром  $d_1$  и цилиндрические золотниковые окна высотой  $S$ , перекрываемые плавающим поршеньком диаметром  $d_2 = 30$  мм. При неодинаковых нагрузках гидроцилиндров поршеньок смещается в сторону менее нагруженной ветви, изменяя сопротивления ветвей (за счет неодинаковых открытий золотниковых окон) и поддерживая равенство расходов, поступающих в гидроцилиндры.

Определить скорость  $v_{п}$  установившегося движения поршней гидроцилиндров, давление  $p_n$  насоса на входе в делитель и смещение  $X$  поршенька из крайнего левого положения при нагрузках гидроцилиндров  $F_1 = 10$  кН и  $F_2 = 20$  кН.

Коэффициент расхода дроссельных шайб принять  $\mu_1 = 0,6$  и золотниковых окон  $\mu_2 = 0,5$ .

3.10. На исполнительный цилиндр гидроусилителя (диаметр поршня  $D$ , штока  $d_{шт} = 30$  мм) действует сила  $F$ . Рабочая жидкость ( $\rho = 850$  кг/м<sup>3</sup>) подается в нижнюю полость цилиндра насосом под давлением  $p_n = 5$  МПа.

Однокромочный золотник с диаметром плунжера  $d_2 = 25$  мм управляет перемещениями штока цилиндра путем изменения открытости цилиндрического окна, через которое жидкость поступает из верхней полости цилиндра на слив.

В поршне цилиндра имеется дросселирующее отверстие диаметром  $d_1$ , благодаря которому можно при определенных открытиях золотника реверсировать движение поршня.

Построить график зависимости скорости  $v_{п}$  установившегося движения поршня от открытия  $X$  золотника. Указать, при каком открытии золотника  $v_{п} = 0$ . Какова будет  $v_{п}$  при закрытии распределителя?

Коэффициент расхода отверстия и окна  $\mu = 0,6$ .

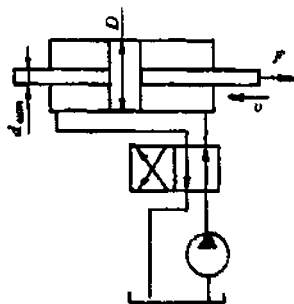
3.11. Для понижения давления на некотором участке гидросистемы применяют редуциционный клапан, в котором требуемая разница давлений создается за счет потерь энергии в клапанной щели. В показанной на рисунке конструкции задано давление на входе  $p_1 = 20$  МПа и давление на выходе  $p_2$ .

Пренебрегая трением, определить диаметр клапана  $d_1$  и его подъем  $y$ , если диаметр дифференциального поршня  $d_2$  и расход жидкости через клапан  $Q$ . Жесткость пружины  $c = 20$  Н/мм и ее натяг при  $L_0 = 5$  мм  $y = 0$ . Коэффициент расхода клапана  $\mu = 0,6$ . Плотность жидкости  $\rho = 900$  кг/м<sup>3</sup>.

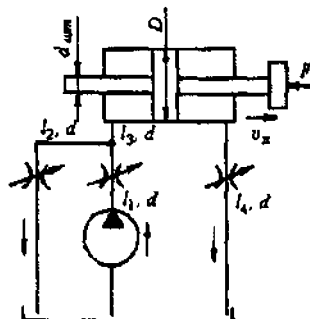
3.12. Для понижения давления на некотором участке гидросистемы применен редуциционный клапан, схема которого показана на рисунке. Пренебрегая трением, определить редуцированное давление  $p_2$  при расходе через клапан  $Q$ , если давление на входе в клапан  $p_1$ .

Вычислить подъем  $y$  клапана, приняв коэффициент расхода  $\mu = 0,6$ . Жесткость пружины клапана  $c = 235$  Н/мм, ход сжатия  $l$ , диаметр клапана  $d$ , плотность жидкости  $\rho = 900$  кг/м<sup>3</sup>.

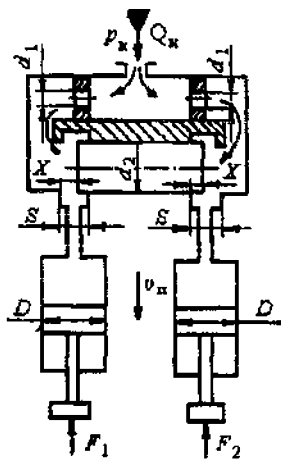




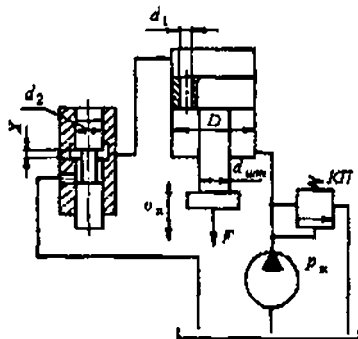
К задаче 3.07



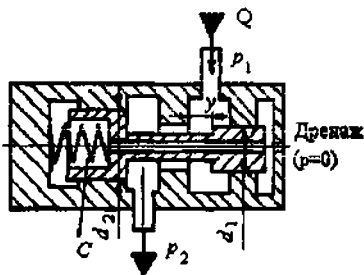
К задаче 3.08



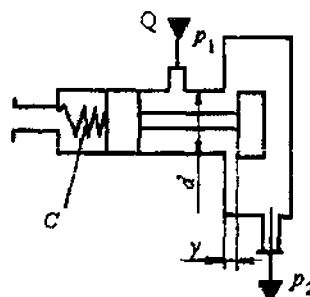
К задаче 3.09



К задаче 3.10



К задаче 3.11



К задаче 3.12

3.13. Объемный насос, характеристика которого приведена на рисунке, подает масло (плотность  $\rho = 865 \text{ кг/м}^3$ , вязкость  $\nu = 0,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ ) по горизонтальной трубе длиной  $l = 20 \text{ м}$  и диаметром  $d$  в цилиндр с дифференциальным поршнем, диаметры которого  $D_1$  и  $D_2$ . Предохранительный клапан отрегулирован на давление 20 МПа.

Определить скорость поршня и развиваемое насосом давление в двух случаях: при нагрузке на поршень  $F$  и при  $F = 0$ .

3.14. Определить полезную мощность насоса объемного гидропривода, если внешняя нагрузка на поршень гидроцилиндра  $F$ , скорость рабочего хода  $v$ , диаметры поршня  $D$ , штока  $d_{\text{шт}} = 30 \text{ мм}$ . Механический КПД гидроцилиндра  $\eta_{\text{мех}} = 0,96$ , объемный КПД гидроцилиндра  $\eta_{\text{об}} = 0,97$ . Общая длина трубопровода системы  $l = 5 \text{ м}$ , диаметр трубопроводов  $d$ , суммарный коэффициент местных сопротивлений  $\xi_c = 20$ . Рабочая жидкость в системе – спирто-глицериновая смесь ( $\rho = 1210 \text{ кг/м}^3$ ,  $\nu = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ ).

3.15. Определить рабочее давление и подачу насоса объемного гидропривода, если усилие на штоке гидроцилиндра  $F$ , ход поршня  $L$ , число двойных ходов в минуту  $n$ , диаметры поршня  $D$ , штока  $d_{\text{шт}} = 30 \text{ мм}$ , механический КПД  $\eta_{\text{м}} = 0,95$ , объемный КПД  $\eta_{\text{об}} = 0,98$ . Расчетные длины напорного и сливного трубопроводов  $l = 6 \text{ м}$ , диаметр  $d = 10 \text{ мм}$ . Рабочая жидкость – масло трансформаторное ( $\rho = 890 \text{ кг/м}^3$ ,  $\nu = 90 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ).

3.16. Построить график изменения скорости перемещения поршня гидроцилиндра в зависимости от угла  $\alpha$  наклона шайбы регулируемого аксиально-поршневого насоса. Пределы изменения угла  $\alpha = 0 \dots 30^\circ$ . Параметры гидроцилиндра: диаметры поршня  $D_1$ , штока  $d_{\text{шт}} = 0,6 D_1$ . Параметры насоса  $Z = 7$ ,  $n = 1200 \text{ об/мин}$ , диаметр цилиндров  $d$ , диаметр окружности центров цилиндров  $D = 2,7d$ .

3.17. В объемном гидроприводе насос соединен с гидромотором двумя трубами с эквивалентной длиной  $l$  и диаметром  $d$ . Определить мощность, теряемую в трубопроводе, и перепад давления на гидромоторе, если полезная мощность насоса  $N_{\text{п}}$ , а расход жидкости  $Q$ . Рабочая жидкость – трансформаторное масло.

3.18. Пользуясь характеристикой гидромолфты, определить расчетный и максимальный моменты, передаваемые ею, а также передаточное отношение, КПД и скольжение  $S$  при этих режимах, если активный диаметр гидромолфты  $D_a$ , частота вращения ведомого вала  $n_2$ , рабочая жидкость - трансформаторное масло. Как изменятся передаваемые крутящий момент и мощность, если частоту вращения ведущего вала увеличить в полтора раза?

Характеристика гидромолфты

$i = n_2/n_1$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0
$\lambda_1 \cdot 10^{-7}$ , мин <sup>2</sup> /м	60	56,5	51	43	32	24	0

3.19. Пользуясь характеристикой, приведенной в задаче 3.18, определить активный диаметр и построить внешнюю (моментную) характеристику гидромолфты, предназначенной для работы с асинхронным электродвигателем, развивающим максимальный крутящий момент  $M_{дmax}$  при частоте вращения  $n_d$ . Рабочая жидкость - минеральное масло.

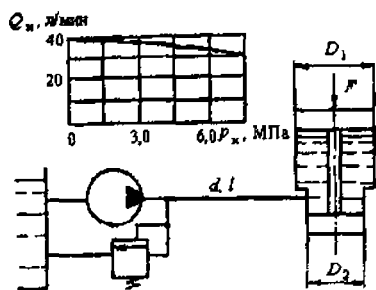
Указание. Активный диаметр  $D_a$  может быть определен по уравнению моментов совмещением режимов гидромолфты при  $i = 0$  и электродвигателя при  $M_{дmax}$ .

3.20. В системе объемного гидропривода пневматический аккумулятор с избыточным давлением газа  $p$  питает маслом гидроцилиндр диаметром  $D$ . Плотность масла  $\rho = 910$  кг/м<sup>3</sup>, вязкость  $\nu = 0,2 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с. Соединительная латунная трубка (шероховатость  $\Delta = 0,001$  мм) имеет размеры  $l = 12$  м и  $d = 15$  мм.

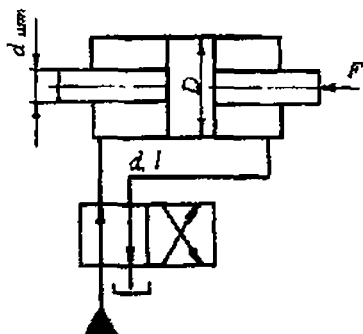
Определить скорость  $v_{ц}$  установившегося движения поршня гидроцилиндра, когда к нему приложена полезная нагрузка  $F$ .

Какой станет установившаяся скорость поршня при сбросе полезной нагрузки ( $F = 0$ )?

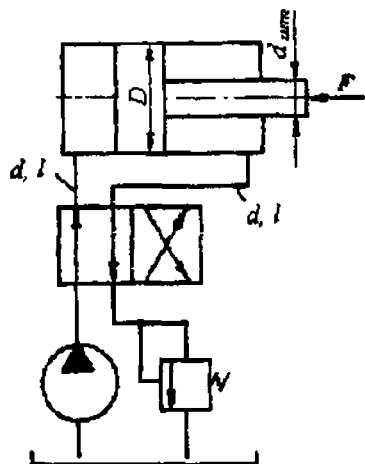
Местные сопротивления трубки принять равными 30% от сопротивления по длине.



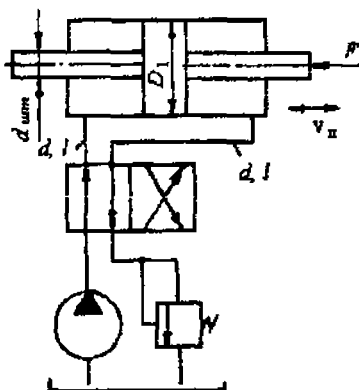
К задаче 3.13



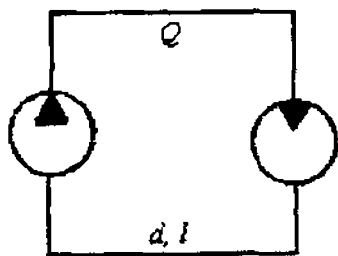
К задаче 3.14



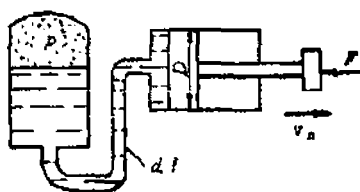
К задаче 3.15



К задаче 3.16



К задаче 3.17



К задаче 3.20

Исходные данные к задачам

Задача	Параметры	Варианты задач				
		...1	...2	...3	...4	...5
1	2	3	4	5	6	7
3.01	m, кг	500	800	1500	2000	3000
	R, м	0,3	0,5	0,75	0,8	1
	N <sub>д</sub> , кВт	15	30	60	80	100
	n <sub>д</sub> , об/мин	3000	2500	2200	2000	2000
3.02	F, кН	10	20	30	45	70
	R, м	0,25	0,3	0,4	0,6	0,75
	N <sub>д</sub> , кВт	10	15	20	30	60
3.03	m, кг	120	150	250	350	500
	H, м	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5
	t, с	3	4	5	6	7
3.04	m, кг	900	1000	1200	1250	1500
	t, с	4	6	5	10	8
3.05	F, кН	18	3	10	15	25
	v, м/с	0,05	0,25	0,2	0,1	0,08
	d, мм	6	8	10	12	10
3.06	D, мм	60	80	100	120	150
	F, кН	0,1	0,5	1,0	1,5	2
	Q, л/с	1	2	3	5	7,85
	d, мм	10	20	30	40	50
3.07	F, кН	1	3	5	10	15
	v, м/с	0,2	0,1	0,15	0,1	0,05
	D, мм	50	60	50	80	100
	d, мм	8	8	10	12	10
3.08	D, мм	100	120	200	150	180
	d, мм	14	14	50	20	30
	F, кН	1	1	2	8	10
	Q, л/с	2	2	6	4	5
3.09	Q <sub>н</sub> , л/с	0,24	0,4	0,8	1	1,5
	D, мм	50	60	80	100	120
	d <sub>1</sub> , мм	2	2,1	2,4	2,8	3
	S, мм	0,8	0,9	1	1,2	1,5

1	2	3	4	5	6	7
3.10	D, мм	60	80	100	120	150
	F, кН	3,5	4	5	6	8
	d <sub>1</sub> , мм	4	2	3	5	6
3.11	p <sub>2</sub> , МПа	10	8	5	12	2
	d <sub>2</sub> , мм	8	12	15	10	20
	Q, л/с	0,5	1	6,3	2	3
3.12	p <sub>1</sub> , МПа	6,3	10	16	20	30
	l, мм	1	2	1,5	2,2	2,8
	d, мм	8	10	12	15	18
	Q, л/с	0,5	0,6	1	1,2	2
3.13	d, мм	6	8	10	12	14
	D <sub>1</sub> , мм	60	80	150	200	250
	D <sub>2</sub> , мм	50	60	120	180	220
	F, кН	2	5	12,7	15	20
3.14	F, кН	50	60	70	80	100
	v, см/с	4	9,5	12,5	8,6	5,6
	D, мм	110	120	130	140	150
	d, мм	15	20	25	22	20
3.15	F, кН	60	70	80	90	100
	L, мм	150	120	220	100	112
	n, 1/мин	10,6	-20	10	10	15
	D, мм	120	130	138	145	155
3.16	D <sub>1</sub> , мм	95	135	175	225	275
	d, мм	20	25	30	35	40
3.17	N <sub>n</sub> , кВт	5	6	7,5	10	12
	Q, л/с	0,5	0,62	0,75	0,98	1,24
	l, м	36	40	44	50	56
	d, мм	18	20	22	25	28
3.18	D <sub>a</sub> , мм	440	420	500	450	440
	n <sub>1</sub> , об/мин	1500	2000	1500	1200	2200
3.19	M <sub>двух</sub> , Н·м	300	350	250	400	300
	n <sub>д</sub> , об/мин	2200	1100	1100	2200	1100
3.20	p, МПа	5	6	7	10	12
	D, мм	60	80	90	100	150
	F, кН	12	15	20	30	50

## Раздел 4. ЗАДАЧИ ПО ПНЕВМАТИКЕ

4.01. Рассчитать давление в междроссельной камере усилителя типа «сопло-заслонка» с точностью не менее 5% методом последовательных приближений с учетом изменения коэффициента расхода при следующих условиях: диаметр постоянного дросселя (жиклера)  $d_{ж}$ ; диаметр переменного дросселя (сопла)  $d_c$ ; давление питания абсолютное  $p_0$ ; давление атмосферное  $p_a = 0,1$  МПа; температура воздуха  $T = 293$  К; расстояние «сопло – заслонка»  $h = 0,03$  мм; коэффициент расхода жиклера  $\mu_{ж} = 0,8$  [4, с. 43, 71...76].

4.02. Рассчитать распределитель золотникового типа для управления пневмоцилиндром при следующих условиях работы: диаметр поршня цилиндра  $D$ ; суммарная нагрузка на поршень  $N$ ; максимальная скорость движения поршня  $v$ ; температура воздуха  $T = 20^\circ\text{C}$ ; давление перед распределителем  $p_0 = 0,6$  МПа, атмосферное давление  $p_a = 0,1$  МПа.

Определить массовый расход воздуха в пневмоцилиндр  $G$ . Влиянием соединительных трубопроводов пренебречь. Коэффициент расхода дросселирующих окон принять  $\mu = 0,8$  [4, с. 59...63, 319].

4.03. Построить статическую характеристику струйной трубки (зависимости давлений  $p_1$  и  $p'_1$ , а также  $p_1 - p'_1$  от смещения трубки относительно центра между приемными отверстиями  $X$ ) при заданных параметрах: диаметр отверстий сопла и приемной пластины  $d$ ; абсолютное давление перед трубкой  $p_0$ ; атмосферное давление  $p_a = 1 \cdot 10^5$  Па; расстояние между кромками отверстий приемной пластины  $b = 0,2$  мм [4, с. 64...69, 72].

Утечками газа через уплотнения поршня пренебречь.

4.04. Дан пневматический дроссель, состоящий из трех одинаковых последовательно установленных шайб с отверстиями. Шайбы установлены на некотором расстоянии друг от друга. Определить давления между шайбами при следующих условиях: абсолютное давление питания  $p_0$ ; атмосферное давление  $p_a = 1 \cdot 10^5$  Па [4, с. 81...84].

4.05. Построить график нарастания давления в глухой камере, соединенной с источником давления через капилляр, при следующих условиях: начальное давление в камере  $p_a = 1 \cdot 10^5$  Па; давление источника  $p_0$ ; динамический коэффициент вязкости воздуха

$\mu = 1,8 \cdot 10^{-6}$  Па · с; температура воздуха  $T = 20^\circ\text{C}$ ; объем камеры  $V$ ; длина капилляра  $l = 10$  мм; диаметр капилляра  $d$ ; универсальная газовая постоянная  $R = 287$  Дж/кг · К.

График построить до давления в камере  $p_1 = 0,95 \cdot p_0$ . Определить постоянную времени  $\tau_{II}$  графически и аналитически [4, с. 100...103].

4.06. Построить графики зависимости массового расхода воздуха от давления на входе в капилляр при истечении в атмосферу при следующих условиях: минимальное давление на входе в капилляр  $p_{\text{min}}$ ; максимальное давление на входе в капилляр  $p_{\text{max}}$ ; температура воздуха  $T_1 = -30^\circ\text{C}$ ;  $T_2 = 0^\circ\text{C}$ ;  $T_3 = 30^\circ\text{C}$ ; длина капилляра  $l = 10$  мм; диаметр капилляра  $d$  [4, с. 37].

4.07. Рассчитать параметры кольцевого дросселя «цилиндр-цилиндр» при выходе воздуха из ресивера в атмосферу при следующих условиях: массовый расход  $G$ ; давление в ресивере  $p_0$ ; температура воздуха  $T = 293$  К; отношение «длина/диаметр» щели  $n = 10$ ; ширина щели  $a$ .

Определить массовый расход воздуха и воды через дроссель при прочих равных условиях [4, с. 41].

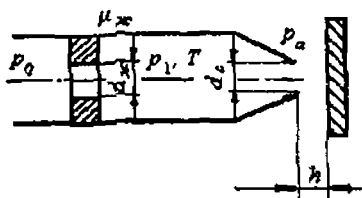
4.08. Определить время переходного процесса для наполнения и опорожнения пневматической камеры через дроссель при следующих условиях: емкость камеры  $V$ ; площадь жиклера  $S$ ; коэффициент расхода жиклера  $\mu = 0,6$ ; температура воздуха  $T$ ; давление питания  $p_0$ ; атмосферное давление  $p_a = 0,1$  МПа; показатель адиабаты  $K = 1,4$  [5, с. 231].

4.09. Построить характеристику развиваемого плоской мембраной усилия в зависимости от хода при следующих условиях: давление воздуха  $p_0$ ; диаметр мембраны  $D_1$ ; диаметр жесткого центра  $D_2 = 30$  мм; максимальный прогиб мембраны  $X_{\text{max}}$ .

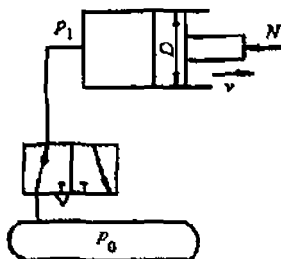
Влиянием физических свойств мембраны пренебречь [4, с. 52].

4.10. Рассчитать ход сварного стального сильфона, поднимающего груз, при следующих условиях: наружный диаметр гофров  $D_n$ ; внутренний диаметр гофров  $D_v = 30$  мм; масса груза  $m$ ; давление в сильфоне  $p$ ; число гофров  $n = 5$ ; толщина стенок  $\sigma = 0,2$  мм; модуль упругости материала стенок  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па; коэффициент Пуассона материала  $\mu_{II} = 0,26$  [4, с. 56...59].

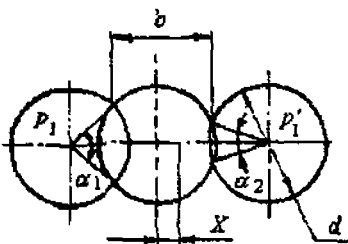




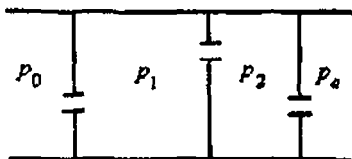
К задаче 4.01



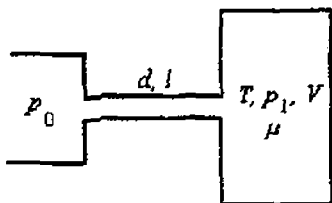
К задаче 4.02



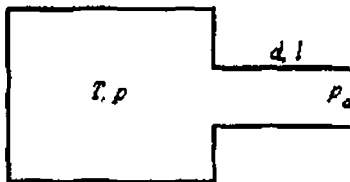
К задаче 4.03



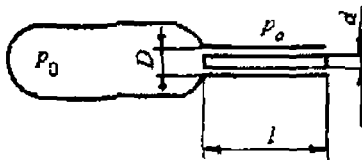
К задаче 4.04



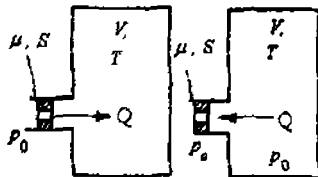
К задаче 4.05



К задаче 4.06



К задаче 4.07



К задаче 4.08

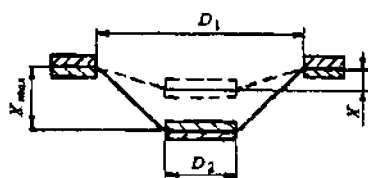
4.11. Определить давление в приемной трубке элемента «трубка-трубка» с ламинарным питающим каналом и нагрузкой в виде жиклера при следующих условиях: длина ламинарного канала  $l_0 = 30$  мм; диаметр питающей трубы  $d = 1$  мм; диаметр приемной трубы  $D = 1$  мм; расстояние между срезами трубок  $X_T$ ; диаметр жиклера  $d_{ж} = 0,3$  мм; давление питания  $p_0$ ; плотность воздуха  $\rho = 1,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ; коэффициент сопротивления жиклера  $\xi$ ; динамический коэффициент вязкости воздуха  $\mu = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$  [4, с. 145...151].

4.12. Определить давление в приемной трубке элемента «трубка-трубка» с ламинарным питающим каналом и нагрузкой в виде капилляра при следующих условиях: длина ламинарного канала  $l_0 = 30$  мм; диаметр питающей трубы  $2a = 0,7$  мм; диаметр приемной трубы  $2r$ ; диаметр капилляра  $2r_k$ ; длина капилляра  $l_k$ ; расстояние между срезами трубок  $X_T = 8$  мм; избыточное давление питания  $p_0$ ; плотность воздуха  $\rho = 1,16 \text{ кг/м}^3$ ; динамический коэффициент вязкости воздуха  $\mu = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$  [4, с. 145...151].

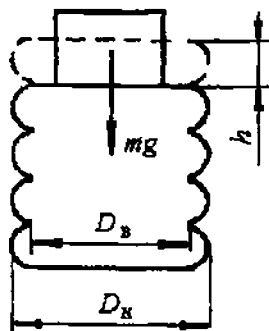
4.13. Определить расстояние от торца питающего капилляра до места турбулизации струи при истечении воздуха в атмосферу при следующих условиях: диаметр капилляра  $d$ ; длина капилляра  $l_0$ ; абсолютное давление питания  $p_0$ ; температура воздуха  $T = 293 \text{ К}$ ; атмосферное давление  $p_a = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$  [4, с. 151...156].

4.14. Определить давление питания элемента «трубка-трубка», соответствующее максимуму выходного давления при следующих условиях: диаметр питающего капилляра  $d$ ; длина питающего капилляра  $l_0$ ; расстояние между трубками  $X_T$ ; коэффициент запаса по положению турбулентного конуса  $n = X_T/X_{ТК} = 1,5$ ; температура воздуха  $T = 293 \text{ К}$ ; атмосферное давление  $p_a = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$  [4, с. 151...157].

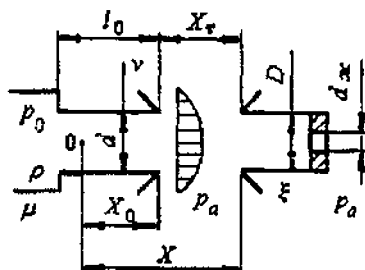
4.15. Построить характеристику пневматического датчика температуры, состоящего из последовательно включенных турбулентного и ламинарного дросселей, при следующих условиях: площадь жиклера  $S$ ; площадь капилляра  $S_k$ ; длина капилляра  $l$ ; коэффициент расхода жиклера  $\mu = 0,8$ ; давление питания  $p_0 = 0,14 \text{ МПа}$ ; диапазон температур  $T_{\text{мин}}, T_{\text{max}} = 303 \text{ К}$  [4, с. 276...281].



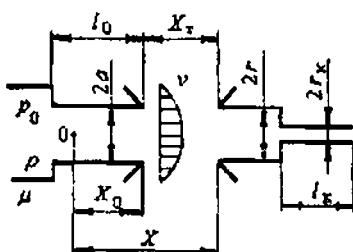
К задаче 4.09



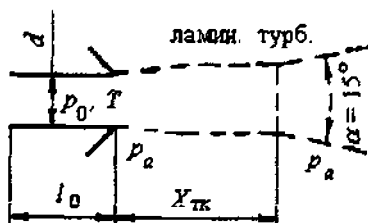
К задаче 4.10



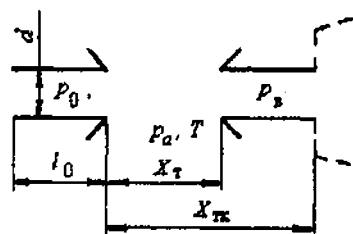
К задаче 4.11



К задаче 4.12



К задаче 4.13



К задаче 4.14

4.16. Построить диаграмму  $P = f(x)$  для движения поршня в обе стороны в пневмоприводе одностороннего действия при следующих условиях: диаметр поршня  $D$ ; ход поршня  $l$ ; начальное сжатие пружины  $X_0 = 40$  мм при нахождении поршня в крайнем левом положении; сила, приложенная к штоку,  $N = 1$  кН; постоянная сила трения  $N_{тр} = 0,2$  кН; жесткость пружины  $C$  [4, с. 295...299].

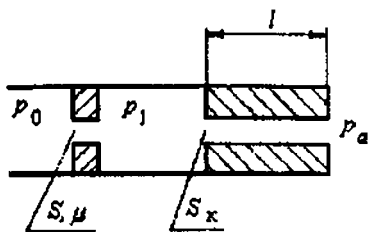
4.17. Рассчитать параметры винтового пневматического дросселя, обеспечивающего истечение воздуха с дозвуковой скоростью при следующих условиях: давление питания  $p_0$ ; атмосферное давление  $p_a = 1 \cdot 10^5$  Па; температура воздуха  $T_0 = 293$  К; вид резьбы - прямоугольная; массовый расход воздуха  $G$  [6, с. 107, 108].

4.18. Определить скорость установившегося движения одностороннего пневмопривода при следующих условиях: давление в ресивере  $p_0$ ; суммарная сила, приложенная к поршню  $F$ ; внутренний диаметр труб  $d = 10$  мм; длина труб: ресивер-распределитель  $l_1 = 5$  м; распределитель-цилиндр  $l_2 = 3$  м; эквивалентная шероховатость труб  $\Delta = 0,01$  мм; диаметр поршня цилиндра  $D$ ; коэффициент сопротивления распределителя  $\varepsilon$ , температура воздуха  $T = 293$  К; атмосферное давление  $p_a = 1 \cdot 10^5$  Па [6, с. 134...144].

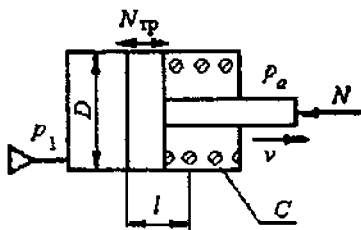
4.19. Определить скорость движения двухстороннего пневмопривода, управляемого золотником с одинаковыми дросселирующими отверстиями при следующих условиях: давление питания  $p_0$ ; атмосферное давление  $p_a = 1 \cdot 10^5$  Па; температура воздуха  $T = 293$  К; диаметры поршня и штоков пневмоцилиндра  $D_p, D_{ш} = 20$  мм; диаметр золотника пневмораспределителя  $d$ ; ширина дросселирующей щели распределителя  $h = 2$  мм; коэффициент расхода кромок распределителя  $\mu = 0,8$ , нагрузка и трение отсутствуют [4, с. 314...316].

4.20. Определить объем и давление зарядки азотом мембранного пневмогидроаккумулятора тормозной системы, если вытесняемой под рабочим давлением жидкости должно быть достаточно для  $n = 9$  торможений.

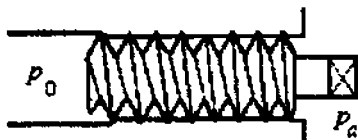
Расчет выполнить для изотермического и изэнтропийного процессов расширения газа при следующих условиях: максимальное рабочее давление  $p_{max}$ ; минимальное рабочее давление  $p_{min}$ ; диаметр колесного тормозного цилиндра  $D$ ; число поршней в цилиндрах  $i = 8$ ; ход поршня при торможении  $h = 5$  мм.



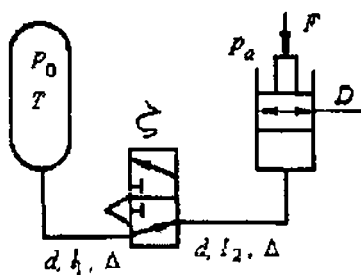
К задаче 4.15



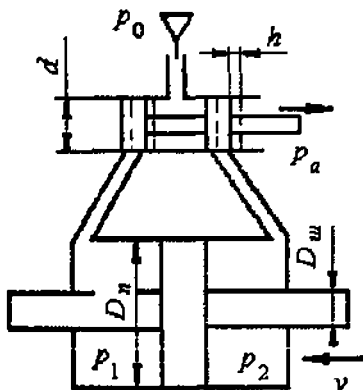
К задаче 4.16



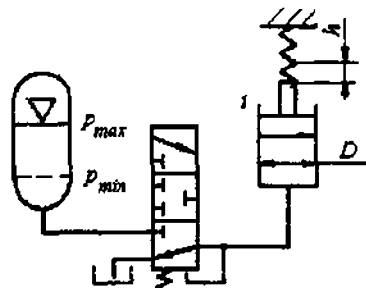
К задаче 4.17



К задаче 4.18



К задаче 4.19



К задаче 4.20

Исходные данные к задачам 4.01.1 - 4.20.5

Задача	Параметры	Варианты задач				
		...1	...2	...3	...4	...5
1	2	3	4	5	6	7
4.01	$d_{ж}$ , мм	0,2	0,25	0,4	0,3	0,5
	$d_c$ , мм	1,0	1,5	2,5	2,0	3,0
	$p_o$ , МПа	0,4	0,3	0,2	0,35	0,15
4.02	$D$ , мм	20	30	50	70	100
	$N$ , кН	0,1	0,3	0,7	1,5	3
	$v$ , мм/с	10	12	15	25	35
4.03	$d$ , мм	1,5	2	2,2	2,5	1,8
	$p_o$ , МПа	0,7	0,5	0,6	0,4	0,5
4.04	$p_o$ , МПа	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9
4.05	$p_o$ , МПа	0,2	0,25	0,15	0,3	0,4
	$V_o$ , дм <sup>3</sup>	0,1	0,2	0,5	1	2
	$d$ , мм	0,3	0,35	0,4	0,2	0,5
4.06	$p_{min}$ , МПа	0,01	0,03	0,05	0,1	0,2
	$p_{max}$ , МПа	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5
	$d$ , мм	0,3	0,35	0,5	0,4	0,8
4.07	$G$ , кг/с	0,001	0,0001	0,002	0,01	0,02
	$p_o$ , МПа	0,1	0,3	0,5	0,7	0,6
	$a$ , мм	0,5	0,2	0,4	1	2
4.08	$V$ , л	0,5	1	2	3	5
	$S$ , мм <sup>2</sup>	1	5	30	10	20
	$p_o$ , МПа	0,14	0,05	0,3	0,1	0,6
4.09	$p_o$ , МПа	0,01	0,015	0,04	0,02	0,1
	$D_1$ , мм	50	60	70	65	75
	$X_{max}$ , мм	2	3	5	4	6
4.10	$D_n$ , мм	60	50	40	45	55
	$m$ , кг	1	0,5	4	10	15
	$p$ , МПа	0,01	0,01	0,05	0,2	0,1
4.11	$X_T$ , мм	5	6	8	10	12
	$p_o$ , кПа	2	1,5	1	2,8	6
	$\xi$	1	1,5	0,5	0,6	2

1	2	3	4	5	6	7
4.12	2r, мм	0,3	0,4	0,52	0,6	0,5
	l <sub>к</sub> , мм	8	12	16	20	30
	p <sub>о</sub> , кПа	10	5	1,5	1	2,5
4.13	d, мм	0,2	0,25	0,32	0,35	0,4
	l <sub>о</sub> , мм	20	30	60	80	50
	p <sub>о</sub> , МПа	0,5	0,3	0,2	0,15	0,4
4.14	d, мм	0,3	0,4	0,5	0,6	1
	l <sub>о</sub> , мм	10	20	75	50	100
	X <sub>т</sub> , мм	6	8	10	20	50
4.15	S, мм <sup>2</sup>	1	0,8	0,6	0,7	1,2
	S <sub>к</sub> , мм <sup>2</sup>	0,5	0,4	0,6	0,3	0,6
	l, мм	100	50	60	10	30
	T <sub>мин</sub> , К	273	280	290	293	300
4.16	D, мм	80	100	120	150	200
	l, мм	50	60	100	120	150
	C, Н/мм	5	7	10	12	15
4.17	p <sub>о</sub> , МПа	0,4	0,5	0,6	0,7	1
	G, кг/с	3 · 10 <sup>-4</sup>	4 · 10 <sup>-4</sup>	6 · 10 <sup>-4</sup>	8 · 10 <sup>-4</sup>	10 · 10 <sup>-4</sup>
4.18	p <sub>о</sub> , МПа	0,2	0,3	0,5	0,6	1
	F, кН	0,1	0,5	0,8	1	2
	D, мм	40	50	60	60	80
	ξ <sub>д</sub>	25	20	15	10	5
4.19	p <sub>о</sub> , МПа	0,12	0,15	0,18	0,2	0,25
	D <sub>н</sub> , мм	40	50	60	80	100
	d, мм	10	12	15	18	20
4.20	p <sub>max</sub> , МПа	20	18	15	12	10
	p <sub>min</sub> , МПа	12	10	8	7	5
	D, мм	40	25	30	35	20

## Л и т е р а т у р а

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов / Т.М.Башта и др. - М.: Машиностроение, 1982.
2. Чупраков Ю.И. Гидропривод и средства гидроавтоматики. - М.: Машиностроение, 1979.
3. Сборник задач по машиностроительной гидравлике: Учебное пособие для машиностроительных вузов / Д.А.Бутаев и др. - М.: Машиностроение, 1981.
4. Дмитриев В.Н., Градецкий В.Г. Основы пневмоавтоматики. - М.: Машиностроение, 1973.
5. Метлюк Н.Ф., Автушко В.П. Динамика пневматических и гидравлических приводов автомобилей. - М.: Машиностроение, 1980.
6. Погорелов В.И. Гидродинамические расчеты пневматических приводов. - Л.: Машиностроение, 1971.



## Содержание

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	3
2. ОБЩАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА .....	3
2.1. Вводные сведения, основные физические свойства жидкостей и газов .....	3
2.2. Основы кинематики .....	3
2.3. Общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов .....	4
2.4. Одномерные потоки жидкостей и газов .....	4
3. СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
3.1. Гидравлические машины .....	5
3.2. Лопастные насосы .....	5
3.3. Гидродинамические передачи .....	5
3.4. Объемные насосы .....	6
3.5. Объемный гидропривод и средства гидроавтоматики .....	6
3.6. Пневмопривод и средства пневмоавтоматики .....	7
4. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ .....	7
Раздел 1. ЗАДАЧИ ПО ГИДРОСТАТИКЕ .....	10
Раздел 2. ЗАДАЧИ ПО ГИДРОДИНАМИКЕ .....	19
Раздел 3. ЗАДАЧИ ПО ГИДРОПРИВОДАМ .....	29
Раздел 4. ЗАДАЧИ ПО ПНЕВМАТИКЕ .....	39
Литература .....	48

**Учебное издание**

**ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к контрольным работам по гидравлике, пневматике,  
гидропневмоприводам и гидропневмоавтоматике  
для студентов заочной формы обучения  
автотракторного факультета**

**Составители: БОГДАН Николай Владимирович  
КОРОЛЬКЕВИЧ Александр Викторович  
КОРОЛЬКЕВИЧ Виктор Александрович**

---

**Редактор И.Ф. Антаневич. Корректор М.П. Антонова**

**Подписано в печать 29.09.2000.**

**Формат 60x84 1/16. Бумага тип. № 2. Офсет. печать.**

**Усл. печ. л. 3,0. Уч.-изд. л. 2,3. Тираж 200. Заказ 1.**

---

**Издатель и полиграфическое исполнение:**

**Белорусская государственная политехническая академия.**

**Лицензия ЛВ № 155 от 30.01.98. 220027, Минск, пр. Ф.Скорины, 65.**