

**ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ГАЗПРОМ ТЕХНИКУМ НОВЫЙ УРЕНГОЙ»**

**Сборник методических указаний**

для студентов

по выполнению практических работ

МДК 04.02 «Теоретические

основы разработки и моделирования отдельных несложных модулей и  
мехатронных систем»

ПМ.04 «Разработка и моделирование несложных систем  
автоматизации с учетом специфики технологических процессов»

программы подготовки специалистов среднего звена

15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств  
(по отраслям)

Методические указания для выполнения практических работ разработаны в соответствии рабочей программой профессионального модуля *ПМ.04* «Разработка и моделирование несложных систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов» на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям) и содержат требования по подготовке, выполнению и оформлению результатов практических работ.

Методические указания по выполнению практических работ адресованы студентам очной формы обучения.

**РАЗРАБОТЧИК:**

Светлана Петровна Ванислава, преподаватель

Данные методические указания  
являются собственностью  
© ЧПОУ «Газпром Техникум Новый Уренгой»

Рассмотрены на заседании кафедры  
электротехнических специальностей и  
рекомендованы к применению  
Протокол № 8 от « 04 » апреля 2017 г.

Заведующий кафедрой

*Геннадий*

Е. Г. Константинова

Зарегистрированы в реестре банка программной,  
оценочной и учебно-методической  
документации

Регистрационный номер *375.МЧ/пр) Ап. Null.04*  
*КЭП. 001-14*

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Порядок выполнения практических работ.....	9
2. Защита практической работы .....	9
3. Требования к оформлению отчетов по практическим работам .....	9
4. Критерии оценки практической работы .....	9
5. Практические работы.....	11
Практическая работа № 1 Определение влагосодержания сжатого воздуха.....	11
Практическая работа № 2 Расчет пневмоцилиндров .....	17
Практическая работа № 3 Расчет пневмораспределителей .....	24
Практическая работа № 3 Основы алгебры логики.....	33
Практическая работа № 4 Построение диаграмм функционирования пневмосистем .....	40
Практическая работа № 5 Управление положением выходного звена исполнительного механизма.....	44
Практическая работа № 6.... 49Основные гидравлические параметры: давление и расход. Гидравлические сопротивления. Потери давления в гидросистеме .....	49
Практическая работа № 7Вычерчивание принципиальных схем гидроприводов .....	58
Список использованных источников: .....	66
Лист согласования .....	67

## ВВЕДЕНИЕ

### **Уважаемый студент!**

Методические указания по МДК.04.02 «Теоретические основы разработки и моделирования отдельных несложных модулей и мехатронных систем» для выполнения практических работ созданы Вам в помощь для работы на занятиях, подготовки к практическим работам, правильного составления отчетов.

Приступая к выполнению практической работы, Вы должны внимательно прочитать цель занятия, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами третьего поколения (ФГОС-3), краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме практической работы, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Все задания к практической работе Вы должны выполнять в соответствии с инструкцией, анализировать полученные в ходе занятия результаты по приведенной методике.

Отчет о практической работе Вы должны выполнить по приведенному алгоритму, опираясь на образец.

Наличие положительной оценки по практическим работам необходимо для получения зачета по МДК, поэтому в случае отсутствия на уроке по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за практическую Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

Выполнение практических работ направлено на достижение следующих целей:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;
- формирование умений, получение первоначального практического опыта по выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями к результатам освоения дисциплины, профессионального модуля. Освоенные

на практических и лабораторных занятиях умения в совокупности с усвоенными знаниями и полученным практическим опытом при прохождении учебной и производственной практики формируют профессиональные компетенции;

- совершенствование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;

- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как творческая инициатива, самостоятельность, ответственность, способность работать в команде и брать на себя ответственность за работу всех членов команды, способность к саморазвитию и самореализации, которые соответствуют общим компетенциям, перечисленным в ФГОС СПО.

Предусмотрено проведение 8 практических работ для очной формы обучения.

**Образовательные результаты, подлежащие проверке в ходе выполнения практических работ -**

в ходе освоения МДК.04.02 «Теоретические основы разработки и моделирования отдельных несложных модулей и мехатронных систем» и выполнения практических работ у студента формируются практический опыт и компетенции:

**ПО**

ПО 1	разработки и моделирования несложных систем автоматизации и несложных функциональных блоков мехатронных устройств и систем
------	--

**ПК**

ПК 4.1	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
ПК 4.2.	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов.

ПК 4.3.	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления.
ПК 4.4.	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств.
ПК 4.5.	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации.

## ОК

ОК1.	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
ОК2	Организовать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
ОК.3	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
ОК.4	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
ОК.5	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
ОК 6	Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
ОК.7	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчинённых), результат выполнения заданий
ОК 8	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
ОК.9	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

умения:

У 1.	определять наиболее оптимальные формы и характеристики систем управления;
У 2.	составлять структурные и функциональные схемы различных систем автоматизации, компонентов мехатронных устройств и систем управления;
У 3.	применять средства разработки и отладки специализированного программного обеспечения для управления технологическим оборудованием, автоматизированными и мехатронными системами;
У 4.	составлять типовую модель автоматической системы регулирования (далее АСР) с использованием информационных технологий;
У 5.	рассчитывать основные технико-экономические показатели, проектировать мехатронные системы и системы автоматизации с использованием информационных технологий;

знания:

Зн. 1.	назначение элементов и блоков систем управления, особенности их работы, возможности практического применения, основные динамические характеристики элементов и систем элементов управления;
Зн. 2.	назначение функциональных блоков модулей мехатронных устройств и систем, определение исходных требований к мехатронным устройствам путем анализа выполнения технологических операций;
Зн. 3.	технические характеристики элементов систем автоматизации и мехатронных систем, принципиальные электрические схемы;
Зн. 4.	физическую сущность изучаемых процессов, объектов и явлений, качественные показатели реализации систем управления, алгоритмы управления и особенности управляемых вычислительных комплексов на базе микроконтроллеров и микроЭВМ;
Зн. 5.	основы организации деятельности промышленных организаций;
Зн. 6.	основы автоматизированного проектирования технических

	систем
--	--------

**Внимание!** Если в процессе подготовки к практическим работам или при решении задач у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удается, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий. Время проведения дополнительных занятий можно узнать в открытом информационном пространстве Техникума.

**Желаем Вам успехов!!!**

## **1. Порядок выполнения практических работ**

При выполнении практических работ необходимо воспользоваться:

- методическим указанием по выполнению практических работ

## **2. Защита практической работы**

Защита практической работы проводится в устной или письменной форме по контрольным вопросам, приведенным в методических указаниях

## **3. Требования к оформлению отчетов по практическим работам**

Отчет по практической работе должен быть оформлен на листах формата А4 с рамкой и должен содержать все, что указано в пункте «СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА» данных методических указаний по конкретной практической работе

## **4. Критерии оценки практической работы**

Оценка	Критерии
«Отлично»	1. Правильно выполнена работа в полном объеме с соблюдением технологической последовательности расчетов и черчения схем. 2. Проявляются организационно-трудовые умения, профессиональные и общие компетенции. 3. Верно определяются параметры и характеристики электрических машин и трансформаторов 5. Точно проведены технические расчёты, построены графики, схемы и сделаны выводы по результатам построений и расчётов.
«Хорошо»	1. В ходе выполнения работы допущено два-три недочета или не более одной ошибки и одного недочета. 2. В отчёте допущены неточности, выводы сделаны неполные.
«Удовлетворительно»	1. Работа выполняется правильно не менее, чем на половину, однако объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные

	<p>результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы.</p> <p>2. Работа поначалу проведена с помощью преподавателя; или в ходе проведения расчетов или в формулировании выводов допущены ошибки.</p> <p>3. Допускает грубую ошибку в расчете (в объяснении, в оформлении работ), которая исправляется по требованию преподавателя.</p>
«Неудовлетворительно»	<p>1. Выполнил работу не полностью и объем выполненной работы не позволяет сделать правильных выводов.</p> <p>2. Расчеты производились неправильно.</p> <p>3. В ходе работы и в отчете обнаружились в совокупности все недостатки, отмеченные в требованиях к оценке «3»</p> <p>4. Допускает две и более грубые ошибки в расчете, в объяснении, в оформлении, работы, которые не может исправить даже по требованию преподавателя.</p>

## 5. Практические работы

### Практическая работа № 1

#### Определение влагосодержания сжатого воздуха

**Учебная цель:** формирование умения расчетным путем подтверждать необходимость осушки сжатого воздуха перед подачей его потребителю.

#### Порядок выполнения работы:

**1** Получить у преподавателя номер варианта, условие задачи, текст которой дается в общем виде. Сформулировать в соответствии с данными варианта (по таблице 1) текст своего задания.

**2 Условие задачи:**

Компрессор с производительностью на всасывании  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$  подает воздух в систему под давлением 700 кПа (7 бар). Параметры всасываемого воздуха: температура  $20^\circ\text{C}$ , относительная влажность  $f_{\text{OTH}}=50\%$ . Температура воздуха после компрессора  $40^\circ\text{C}$ . Температура воздуха в трубопроводе  $15^\circ\text{C}$ .

**Задание:** определить количество влаги, выделяемое в виде конденсата за компрессором и в трубопроводе за 1 час работы компрессора.

Таблица 1 – Варианты заданий

Номер варианта	Производ. компрессора	Давл. воздуха в с-ме	Темп. всасыва-емого воздуха	Темп. воздуха после компрес-сора	Темп. воздуха в трубопрово-де	Относ. влаж.
1	1000	7	20	40	15	50
2	1500	5	18	60	10	50
3	600	3	19	30	11	50
4	900	4	20	50	12	50
5	1100	2	21	45	13	50

6	1150	1	22	35	14	50
7	2000	6	23	25	15	50
8	300	2,5	24	60	16	50
9	1600	3,5	25	30	17	50
10	1800	6,5	20	50	18	50
11	1200	5,5	18	45	19	50
12	1250	4,5	19	35	20	50
13	950	8	20	25	10	50
14	1000	9	21	60	11	50
15	700	10	22	30	12	50
16	1300	8,5	24	50	13	50
17	1350	9,5	25	45	14	50
18	1400	5	23	35	15	50
19	1450	3	10	25	16	50
20	1700	4	15	60	17	50
21	1850	2	16	30	18	50
22	1550	1	30	50	19	50
23	3000	6	28	45	20	50
24	2500	5,5	29	35	10	50
25	2600	4,5	26	25	11	50
26	905	8	23	60	12	50
27	100	9	20	30	13	50
28	150	10	15	50	14	50
29	1000	7	20	40	15	50
30	1500	5	18	60	10	50

### Пример решения задачи

1 Количество влаги, всасываемое компрессором за 1 час. По диаграмме «Кривая точки росы» определяем, что при  $20^{\circ}\text{C}$  и при  $f_{\text{OTH}}=100\%$  воздух может содержать  $17\text{ г}/\text{м}^3$  влаги. Фактически при  $f_{\text{OTH}}=50\%$  воздух содержит  $8,5 \text{ г}/\text{м}^3$ , следовательно, за час работы компрессор с всасываемым воздухом закачивает  $8500\text{ г}$  влаги.

$$1000 \text{ м}^3 \cdot 8,5 \text{ г}/\text{м}^3 = 8500 \text{ г}$$

**2** Расход компрессора на выходе. За час работы компрессор 1000 м<sup>3</sup> воздуха под атмосферным давлением сжимает до 7 бар. Используя известное соотношение  $P_1V_1 = P_2V_2$ , определяем:

$$V_2 = 1 \text{бар} \cdot 1000 \text{ м}^3 / 7 \text{бар} \approx 143 \text{ м}^3.$$

Производительность компрессора на выходе 143 м<sup>3</sup>/ч.

**3** Количество влаги, выделяемое после компрессора за 1 час. При 40°C воздух может содержать 51 г/м<sup>3</sup> влаги, т.е. на выходе компрессора может прокачиваться влаги:

$$143 \text{м}^3/\text{ч} \cdot 51 \text{ г/м}^3 = 7293 \text{ г/ч.}$$

Поскольку фактически компрессор за 1 час работы закачивает 8500 г влаги, то в виде конденсата из воздуха выделится:

$$8500 \text{г} - 7293 \text{г} = 1207 \text{г}$$

**4** Количество влаги, выделяемой в трубопроводе за 1 час.

При 15°C воздух может содержать 12 г/м<sup>3</sup> влаги, т.е. за час работы через трубопровод с сжатым воздухом может пройти:

$$143 \text{м}^3/\text{ч} \cdot 12 \text{г/м}^3 = 1716 \text{г/ч}$$

Фактически с воздухом прокачивается 7293 г/ч, следовательно, в трубопроводе за час выделится:

$$7293 \text{ г/ч} - 1716 \text{ г/ч} = 5577 \text{ г/ч}$$

**5 Вывод:** за час работы компрессора выделится более 6 литров конденсата, который необходимо принудительно отводить из системы.

**6** Ознакомиться с теоретическими положениями, приведенными в данной работе.

### **Краткие теоретические сведения:**

На производство сжатого воздуха расходуется около 20% от всей электроэнергии, потребляемой промышленностью. Поэтому он является одним из самых дорогих энергоносителей, используемых в современном производстве. На предприятиях, где широко применяются пневматические приводы

и системы, обычно существует центральная сеть питания сжатым воздухом. Диапазон давлений в ней, принятый как у нас в стране, так и за рубежом, составляет 0,4 — 1,0 МПа (4 — 10 бар).

Чтобы преобразовать воздух из окружающей среды в рабочее тело пневматического привода, над ним необходимо произвести ряд последовательных действий: сжать до требуемого значения давления, осушить и очистить. Для нормальной работы пневмоприводов необходимо, чтобы загрязненность сжатого воздуха не превышала допустимого уровня. Основные загрязнители воздуха — вода и компрессорное масло в жидком и парообразном состояниях, а также твердые и газообразные вещества.

Источником воды, содержащейся в сжатом воздухе, является водяной пар, засасываемый компрессором вместе с атмосферным воздухом. Для характеристики влагосодержания (влажности) воздуха используются понятия абсолютной и относительной влажности.

Абсолютная влажность  $f_{abc}$  ( $\text{г}/\text{м}^3$ ) — это масса паров воды, содержащихся в  $1 \text{ м}^3$  воздуха.

Влажность насыщенного пара  $f_{npp}$  — это наибольшая масса паров воды, которые могут содержаться в  $1 \text{ м}^3$  воздуха при данной температуре.

Относительная влажность  $\phi$ , измеряемая в процентах, определяется по формуле:

$$\phi = [ f_{abc} / f_{npp} ] \cdot 100\% \quad (1)$$

Способность некоторого постоянного объема сжатого воздуха удерживать пары воды зависит от температуры и не зависит от давления (рисунок 1).

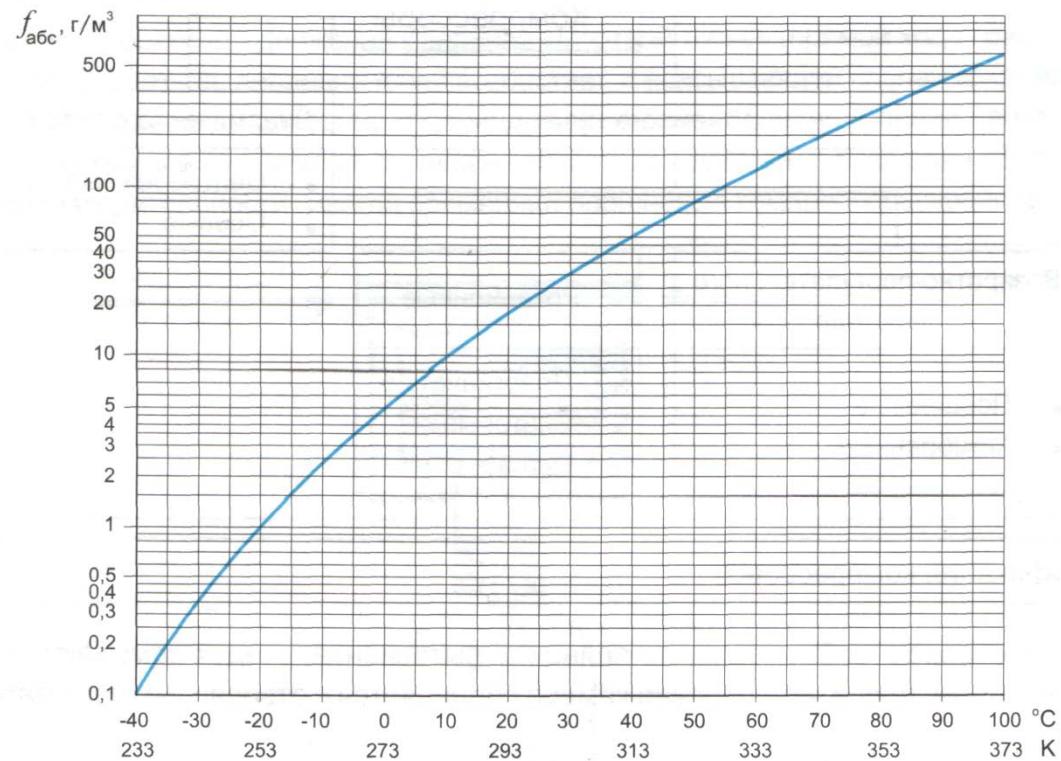


Рисунок 1 – Зависимость абсолютной влажности от температуры

При понижении температуры воздух насыщается водяными парами, его относительная влажность возрастает. В момент, когда относительная влажность достигает значения  $\varphi = 100\%$  (состояние насыщения), начинается конденсация избыточного количества водяных паров и появляется вода (конденсат). Температура, при которой имеет место данное явление, называется точкой росы. При более высокой температуре конденсация водяных паров не наблюдается. Поэтому точку росы часто указывают в качестве меры содержания в воздухе водяных паров.

Источниками загрязнения сжатого воздуха маслом могут быть смазочные материалы компрессоров и пневматических устройств, пары и распыленное в окружающем воздухе масло. В сжатом воздухе масло обычно находится в парообразном и жидком состояниях. Предельная концентрация паров масла в воздухе, как и паров воды, уменьшается с понижением температуры и повышением давления. Попадание в линию питания смазочных материалов

компрессоров обычно является основной причиной загрязнения сжатого воздуха.

Качественным считается такой сжатый воздух, в котором содержание паров воды и масла настолько мало, что исключается образование капель и льда в элементах и устройствах при любых возможных температурах окружающей среды, а уровень содержания пыли не приводит к закупорке их наиболее узких участков.

### **Содержание отчета:**

- тема
- учебная цель
- расчет в соответствии с пунктами 3.1 – 3.5
- вывод

### **Контрольные вопросы:**

**1** Объяснить, почему сжатый воздух является одним из самых дорогих энергоносителей.

**2** Перечислить ряд последовательных действий при преобразовании воздуха из окружающей среды в рабочее тело.

**3** Перечислить основные загрязнители воздуха

**4** Что такое абсолютная влажность?

**5** Что такое относительная влажность?

**6** Что такое влажность насыщенного пара?

**7** От чего зависит способность воздуха удерживать пары воды?

**8** Что называется температурой точкой росы?

**9** Какой сжатый воздух считается качественным?

## **Практическая работа № 2**

### **Расчет пневмоцилиндров**

**Учебная цель:** формировать умение на основе расчетов выбирать стандартные пневмоцилиндры по заданным параметрам

#### **Порядок выполнения работы:**

**1** Получить у преподавателя номер варианта, условие задачи, текст которой дается в общем виде. Сформулировать в соответствии с данными варианта (по таблице 1) текст своего задания.

Таблица 1 – Варианты заданий

номер варианта	Fпр, Н	Fобр, Н	P, бар	η	c, Н	Fпруж, Н
1	165	140	6	0,88	250	5
2	185	130	4	0,88	235	4
3	175	125	5	0,88	240	3
4	195	120	5,5	0,88	260	3
5	170	115	6,1	0,88	270	3,5
6	173	110	5,1	0,88	250	3,3
7	174	105	4,1	0,88	225	4,8
8	184	100	4,2	0,88	220	4,7
9	174	105	4,1	0,88	225	4,8
10	160	106	5,3	0,88	230	3,2
11	175	112	4,3	0,88	245	4,3
12	185	118	4,8	0,88	240	3,8
13	175	135	5	0,88	210	4
14	185	130	4	0,88	235	4
15	190	125	4,5	0,88	265	4,4
16	195	120	5,5	0,88	260	3
17	170	115	6,1	0,88	270	3,5
18	173	110	5,1	0,88	250	3,3

19	170	120	5	0,88	210	4,5
20	184	160	4,2	0,88	220	4,7
21	194	104	5,2	0,88	235	5,1
22	186	106	5,3	0,88	230	2,3
23	180	140	5	0,88	210	3,3
24	185	130	4	0,88	220	4,8
25	190	120	5	0,88	230	4,7
26	195	125	4	0,88	235	4,8
27	160	135	5	0,88	245	3,2
28	155	140	4	0,88	250	4,3
29	150	145	5	0,88	255	3,8
30	180	150	4	0,88	260	4

**2** Ознакомиться с теоретическими положениями

**3** Произвести расчет пневматических цилиндров

**4** Выбрать марку пневматического цилиндра по каталогам фирмы

Camozzi

### Краткие теоретические сведения:

Таблица 2 – Принятые обозначения:

D	диаметр поршня, м
d	диаметр штока, м
A <sub>п</sub>	площадь поршня в поршневой полости, м <sup>2</sup>
A <sub>ш</sub>	площадь поршня в штоковой полости, м <sup>2</sup>
h	рабочий ход штока цилиндра, м
η	КПД пневмоцилиндра
F <sub>пр</sub>	фактическое усилие, развиваемое пневмоцилиндром при прямом ходе, Н
F <sub>пртеор</sub>	теоретическое усилие, развивающее пневмоцилиндром при прямом ходе, Н

Fобр	фактическое усилие, развивающееся пневмоцилиндром при обратном ходе, Н
Fобр <sub>теор</sub>	теоретическое усилие, развивающееся пневмоцилиндром при обратном ходе, Н
F <sub>пруж</sub>	усилие предварительно поджатой пружины, Н
c	жесткость возвратной пружины, Н/м
P	давление питания, Па

Обозначение пневмоцилиндров фирмы Samozzi, элементной базой которой укомплектованы лабораторные тренажеры.

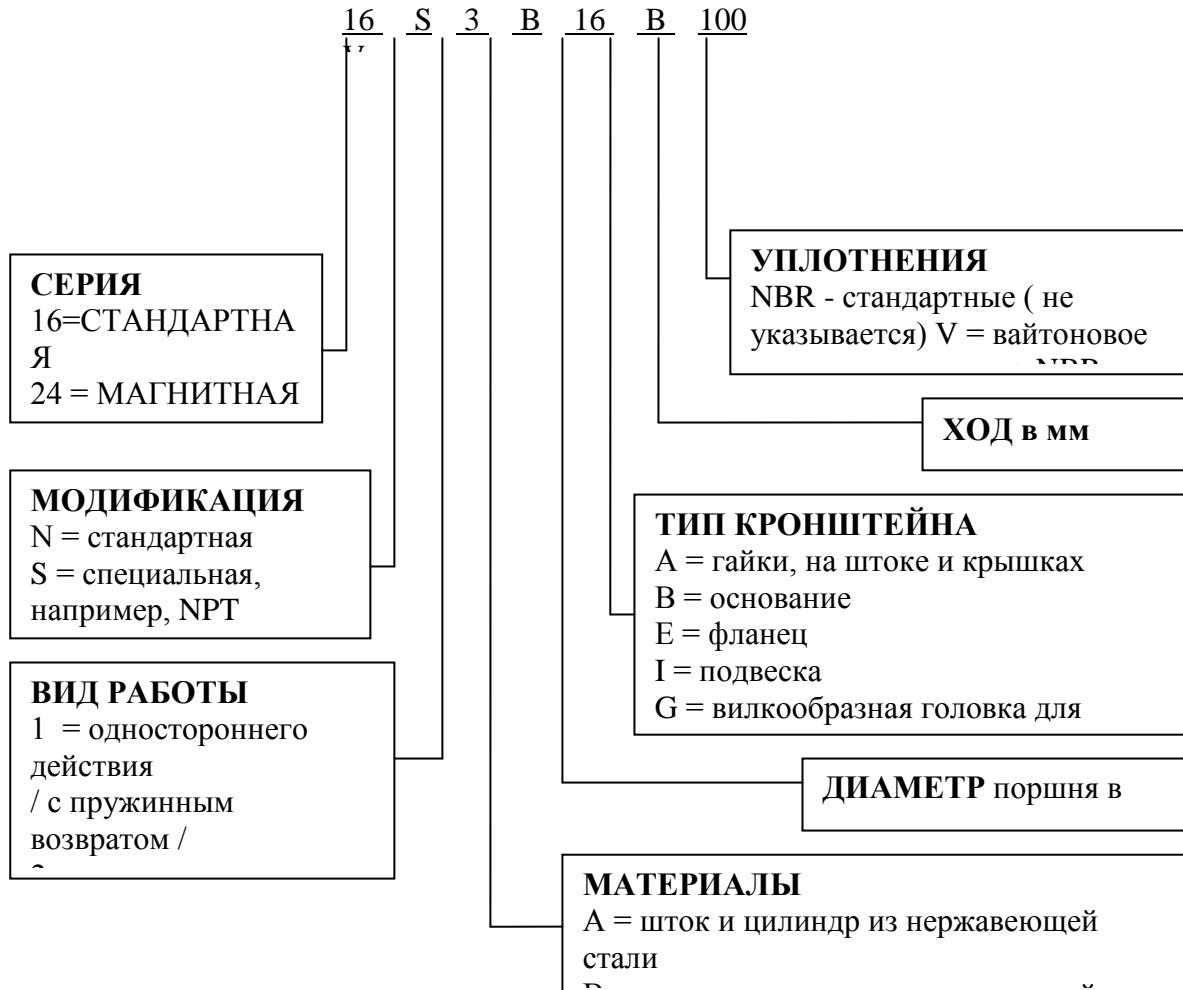


Рисунок 1

### Задача 1.

#### Постановка задачи.

Необходимо подобрать стандартный пневмоцилиндр двустороннего действия, который при прямом ходе развивает усилие в 165 Н, а при обратном ходе 140 Н.

Цилиндр должен быть с торможением в конце хода, иметь магнит на поршне и крепиться посредством гаек на крышках.

Давление питания в пневмосети 6 бар.

#### Задание.

Рассчитать диаметры поршня и штока пневмоцилиндра. Выбрать стандартный пневмоцилиндр на заданные параметры.

#### Примечание.

КПД пневмоцилиндра 0,88.

## **Решение.**

1. Расчет диаметра поршня.

Усилие, развиваемое пневмоцилиндром при прямом ходе

$$F_{\Pi P} = F_{\Pi P_{TEOP}} \cdot \eta;$$

$$F_{\Pi P_{TEOP}} = A_{\Pi} \cdot p;$$

$$A_{\Pi} = \pi \cdot D^2 / 4;$$

Диаметр поршня

---

$$D = \sqrt{4 \cdot F_{\Pi P} / (\pi \cdot p \cdot \eta)};$$

---

$$D = \sqrt{4 \cdot 165 / (3.14 \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0.88)} = 0.01995 \text{ м}$$

Стандартный диаметр поршня  $D = 20 \text{ мм.}$

2. Расчет диаметра штока.

Усилие, развиваемое пневмоцилиндром при обратном ходе

$$F_{OBP} = F_{OBP_{TEOP}} \cdot \eta;$$

$$F_{OBP_{TEOP}} = A_{ш} \cdot p;$$

$$A_{ш} = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4;$$

Диаметр штока

---

$$d = \sqrt{D^2 - 4 \cdot F_{OBP} / (\pi \cdot p \cdot \eta)};$$

---

$$d = \sqrt{0.0004 - 4 \cdot 140 / (3.14 \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0.88)} = 0.007893 \text{ м}$$

Стандартный диаметр штока  $d = 8 \text{ мм.}$

Выбираем пневмоцилиндр 25N2A20A100.

### Примечание.

Такими пневмоцилиндрами укомплектован лабораторный тренажер.

## **Задача 2.**

### **Постановка задачи.**

Имеется пневмоцилиндр одностороннего действия

24N1A20A50.

Жесткость возвратной пружины  $c = 250 \text{ Н.}$

Усилие предварительного поджатия пружины

$F_{\text{пруж}} = 5 \text{ Н.}$

Давление питания в пневмосети 6 бар.

### **Задание.**

Определить полезную нагрузку, разываемую пневмоцилиндром .

### **Примечание.**

КПД пневмоцилиндра 0,88.

Решение.

По обозначению цилиндра определяем, что  $D = 20 \text{ мм}$ , рабочий ход  $h = 50 \text{ мм.}$

Усилие, разываемое пневмоцилиндром одностороннего действия:

$$F_{np} = F_{nрteop} \cdot \eta - F_{\text{пруж}} - c \cdot h$$

$$F_{nрteop} = A_p \cdot p;$$

$$A_p = \pi \cdot D^2 / 4;$$

$$F_{np} = (3.14 \cdot 0.0004 / 4) \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0.88 - 5 - 0.05 \cdot 250 = 148.3 \text{ Н}$$

Пневмоцилиндр 24N1A20A50 развивает усилие в 148.3 Н

### **Содержание отчета:**

- тема
- учебная цель
- расчет двух задач в соответствии со своим вариантом (таблица 1)
- вывод

## **Контрольные вопросы:**

- 1 Конструкция пневмоцилиндров одностороннего и двустороннего действия
- 2 Основные параметры пневматических цилиндров
- 3 Область применения пневмоцилиндров пневматического действия
- 4 Преимущества пневмоцилиндров с проходным штоком

## **Практическая работа № 3**

### **Расчет пневмораспределителей**

**Учебная цель:** научиться на основе расчетов выбирать стандартные пневмораспределители на заданные параметры

#### **Порядок выполнения работы:**

Ознакомиться с теоретическими положениями

Получить у преподавателя номер варианта, условие задачи, текст которой дается в общем виде. Сформулировать в соответствии с данными варианта (по таблице 1) текст своего задания.

#### **Краткие теоретические сведения:**

##### **Выбор пневмораспределителей**

Выбор пневмораспределителя по промышленным каталогам осуществляют на основе предварительного расчета требуемого расхода воздуха  $Q_{тр}$  который должен обеспечить распределитель.

Методика выбора определяется формой представления в каталоге расходной характеристики пневмораспределителя.

**1 В промышленном каталоге в качестве расходной характеристики пневмораспределителя приведена величина номинального объемного расхода  $Q$  н.**

Если распределитель будет эксплуатироваться при манометрическом давлении на входе 6 бар (абсолютном 7 бар) и давлении на выходе 5 бар (абсолютном 6 бар), то по каталогу подбирают распределитель, у которого значение номинального расхода равно требуемому значению  $Q_{тр}$  либо незначительно превышает его.

Если предполагается работа с другими значениями давлений, то по каталогу подбирают распределитель, номинальный расход которого не меньше величины

$$Q_k = Q_m \frac{2.4 \cdot 5}{\sqrt{(p_{m1} - p_{m2})p_{m2}}}, \quad (1)$$

где  $Q_k$  - указанный в каталоге номинальный расход выбираемого распределителя ( $Q_k = Q_n$ ), л/мин;

$Q_{mp}$  - требуемый расход, л/мин;

$p_{mp1}$  - абсолютное значение требуемого давления на входе, бар;

$p_{mp2}$  - абсолютное значение требуемого давления на выходе, бар;

Число 2,45 в числителе представляет собой расчетный коэффициент [бар], полученный по формуле

$$\sqrt{p_{k1} - p_{k2})p_{k2}} = \sqrt{(7 - 6) * 6} = \sqrt{6} \approx 2,4 , \quad (2)$$

где  $p_{ki}$  - стандартные значения давлений, при которых продувают распределители.

## 2 В промышленном каталоге расходная характеристика пневмораспределителя задана пропускной способностью Kv или Cv

По известным значениям требуемого расхода  $Q_{tr}$  и давлений сжатого воздуха на входе  $p_{mp1}$  и выходе  $p_{mp2}$  определяем пропускную способность  $K_v$  [ $\text{м}^3/\text{ч}$ ], которую должен иметь распределитель, по формуле

$$K_v = \frac{Q_{m-p}}{C \sqrt{p_{m1-p} p_{m2})_p^* p_{m2-p}}}, \quad (2)$$

где С - коэффициент, значение которого (таблица П. 1) зависит от размерностей параметров, входящих в данную формулу  
(размерность С обратно пропорциональна размерности параметра  $p_{mp}$ ).

Таблица 1 – Значение коэффициента С

<b>Размерность</b> $Q_{mp}$	<b>Размерность</b> $p_{mp}$		
	<b>бар</b>	<b>МПа</b>	<b>Кгс/см<sup>2</sup></b>
м <sup>3</sup> /ч	28,9	289,0	28,3
м <sup>3</sup> /мин	0,481	4,810	0,472
л/мин	481	4810	472

Исходя из вычисленного значения  $K^v$  по каталогу подбирают распределитель, значение пропускной способности которого не меньше расчетного.

Пропускную способность  $K^v$  цепи, состоящей из n распределителей (проточных устройств), каждый из которых характеризуется пропускной способностью  $K^{vi}$  ( $i=1,2,3,\dots, n$ ), определяют по следующим формулам:

$$K^v = K_{v1} + K_{v2} + \dots + K_{vn}, \text{ - при параллельном соединении} \quad (3)$$

$$\frac{1}{K_v^2} = \frac{1}{K_{v1}^2} + \frac{1}{K_{v2}^2} + \dots + \frac{1}{K_{vn}^2} \text{ - при последовательном соединении} \quad (4)$$

Между параметрами пропускной способности  $K^v$  и  $C^v$  имеют место следующие соотношения:

$$C^v = 1,17 K^v , \quad (5)$$

где  $K^v$  — пропускная способность в  $m^3/\text{ч}$ ;

$C^v$  — пропускная способность в американских галлонах в минуту.

$$C_1 = 0,97 K^v , \quad (6)$$

где  $K^v$  — пропускная способность в  $m^3/\text{ч}$ :

$C^v$  — пропускная способность в английских галлонах в минуту.

Обычно пропускную способность пневмораспределителя выбирают с некоторым запасом, особенно для пневмоцилиндров с торможением в конце хода, которое необходимо при высоких скоростях движения поршня, а также при больших значениях длин соединительных трубопроводов между распределителем и цилиндром.

**З В промышленном каталоге расходная характеристика пневмораспределителя задана серией графиков отражающих зависимость расхода от перепада давления при различных значениях давления на входе (рис. VI).**

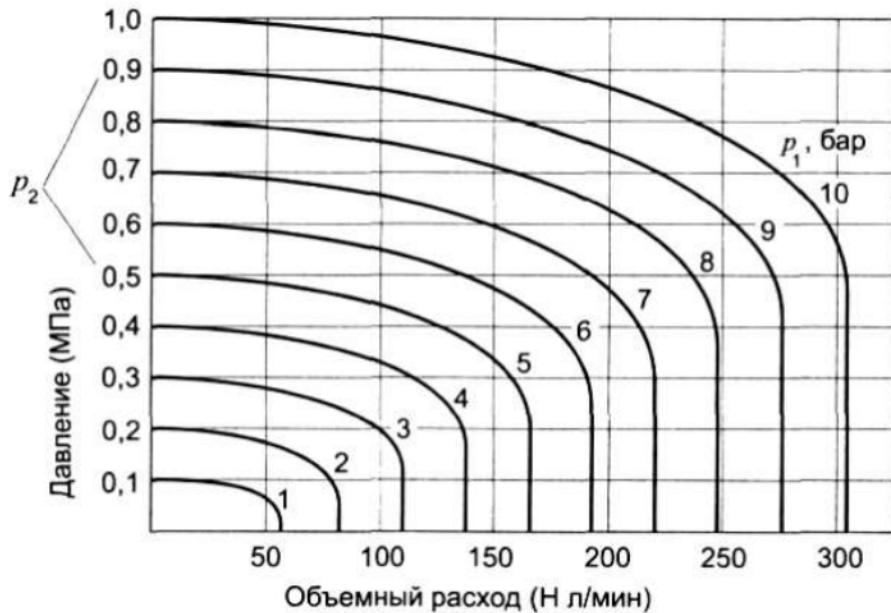


Рисунок 1

На горизонтальной оси графика отмечается точка, соответствующая значению расхода  $Q_{тр}$ . Из этой точки проводят вертикальную линию до пересечения с кривой, построенной для требуемого значения давления на входе распределителя  $p_1$ . Перпендикуляр, опущенный из полученной точки пересечения на вертикальную шкалу, определяет значение давления на выходе  $p_2$ .

### **Выбор пневматического распределителя для управления цилиндром**

**Пример.** Транспортный пневмоцилиндр с диаметром поршня  $D = 32$  мм должен совершать рабочий ход длиной  $L = 200$  мм за время  $t = 0,4$  с. Подобрать пневматический распределитель для управления цилиндром при условии, что манометрическое давление питания  $p = 6$  бар (рисунок 2).

Таблица 2

Номер варианта	Диаметр поршня, мм	Рабочий ход, мм	Время, с	Давление питания, бар
1	45	250	5	5
2	30	200	4	6
3	50	150	3	7
4	40	300	5	5
5	35	250	4	6
6	55	200	3	7
7	35	150	5	5
8	45	300	4	6
9	30	250	3	7
10	50	200	5	5
11	40	150	4	6
12	35	300	3	7
13	55	250	5	5
14	35	200	4	6
15	45	150	3	7
16	30	300	5	5
17	50	250	4	6
18	40	200	3	7
19	35	150	5	5
20	55	300	4	6
21	35	250	3	7
22	45	200	5	5
23	30	150	4	6
24	50	300	3	7
25	40	250	5	5
26	35	200	4	6

27	55	150	3	7
28	35	300	5	5
29	50	200	4	6
30	60	250	3	7

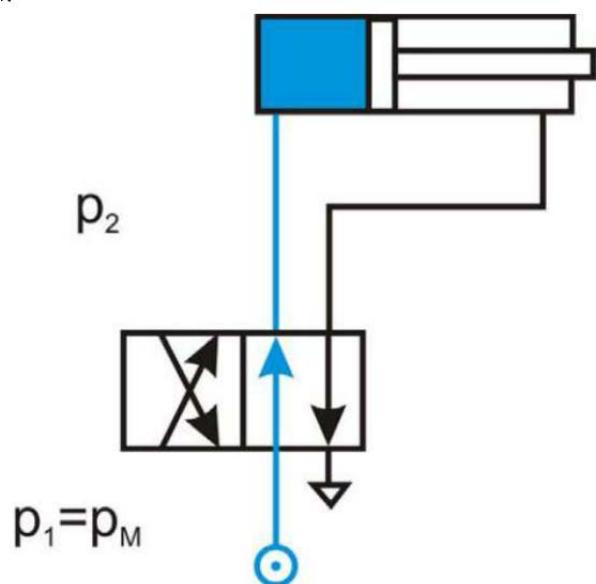


Рисунок 2

По известной формуле (см. приложение 11.3) определяем расход воздуха, потребляемого пневмоцилиндром при прямом ходе:

$$Q = \frac{\pi B^2}{4} v \frac{p_2}{p_{a m}} , \quad (7)$$

где  $v$  — скорость движения поршня.

В рассматриваемом примере  $v = L/t = 0,2 / 0,4 = 0,5 \text{ м/с}$ .

Поскольку потери давления в распределителях обычно составляют 0,2 - 0,8 бар, то примем значение абсолютного давления  $p_2 = 6,5$  бар.

$$Q = \frac{3,1 * 0,0}{4} 4^2 0,5 \frac{6,5}{1} = 2,6^2 * 1^{-3} \text{м}^3 / \text{с} = 1,6 \text{л} / \text{с}$$

Таким образом, требуется распределитель, обеспечивающий расход воздуха  $Q_{\text{тр}} = 160$  л/мин при значении абсолютного давления питания 7 бар и перепаде давления на нем в 0,5 бар.

Если используется каталог, в котором пропускная способность представлена значениями номинального расхода, то необходимо выбирать распределитель с расходом.

$$Q_k = Q_m \frac{2,4}{\sqrt{p_{T1} - p_{Tp2})p_{Tp}}} = 1 * \frac{2,4}{\sqrt{(7 - 6,5) * 6,5}} = 0,2^5,7 \approx 2 \text{ л/с}$$

Пропускная способность  $K_v$  распределителя не должна быть меньше значения

$$K_v = \frac{Q}{C \sqrt{p_{T1} - p_{T2})p_p}} = \frac{1}{4 \sqrt{0,5 * 6,5}} \approx 0,1 \text{ м}^3 / \text{с}$$

### **Контрольные вопросы:**

- 1 Назначение пневмораспределителей.
- 2 Как отображаются функциональные возможности пневмораспределителей в условном графическом распределении ?

3 Что обозначают цифры в названии пневмораспределителей 2/2, 3/2, 5/2, 4/2?

4 Какие существуют виды управления распределителем ?

5 В чем принципиальное отличие моностабильного распределителя от бистабильного ?

6 Перечислите устройства управления пневмоаппаратами

## **Практическая работа №3**

### **Основы алгебры логики.**

**Учебная цель:** Научиться составлять и минимизировать простые пневмосхемы, используя основы булевой алгебры.

#### **Порядок выполнения работы:**

Ознакомиться с теоретическими положениями

Оформить отчет. Отчет должен содержать:

- тему;
- цель;
- решение задач;
- вывод.

#### **Задача 1**

Шток цилиндра одностороннего действия должен выдвигаться, если нажаты две пусковые кнопки ( $x$  и  $y$ ), или если нажаты первая пусковая кнопка ( $x$ ) и педаль ( $z$ ).

Составить логическое уравнение, описывающее работу пневмоцилиндра.

По полученному уравнению разработать принципиальную пневматическую схему привода.

#### **Решение.**

Логическое уравнение, описывающее работу пневмопривода, выглядит следующим образом:

$$A = x \cdot y + x \cdot z \quad (1)$$

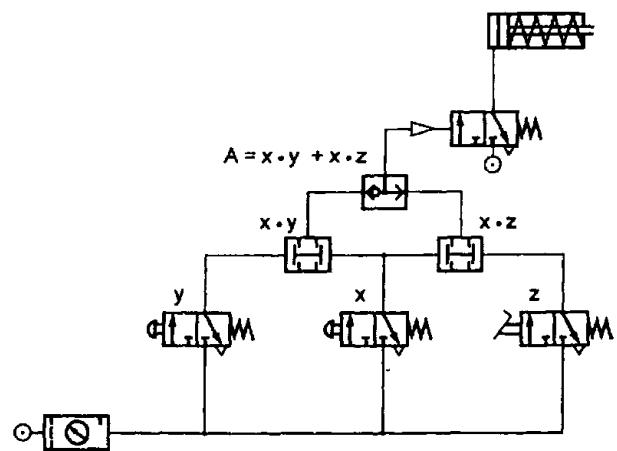


Рисунок 1 – Принципиальная пневматическая схема, составленная по логическому уравнению.

Логическое уравнение можно упростить:

$$A = x \cdot y + x \cdot z = x \cdot (y + z) \quad (2)$$

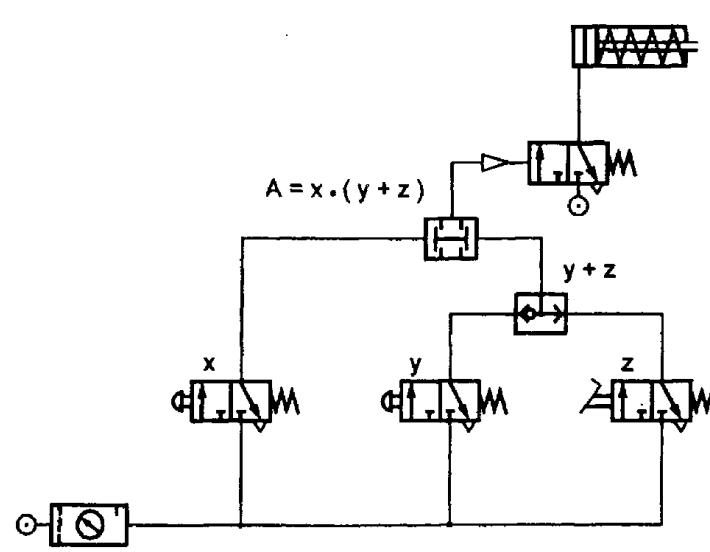


Рисунок 2 – Принципиальная пневматическая схема, составленная по упрощенному уравнению.

Рисунок 2 –Принципиальная пневматическая схема, составленная по упрощенному уравнению.

### Задача 2:

Шток цилиндра одностороннего действия должен выдвигаться, если нажата пусковая кнопка (x) и не нажата кнопка блокировки (y), или если нажаты пусковая кнопка (x) и педаль (z), или если нажата педаль (z).

Составить логическое уравнение, описывающее работу пневмоцилиндра.

По полученному уравнению разработать принципиальную пневматическую схему привода.

### Решение.

Логическое уравнение, описывающее работу пневмопривода, выглядит следующим образом:

$$A = x \cdot \bar{y} + x \cdot z + z \quad (3)$$

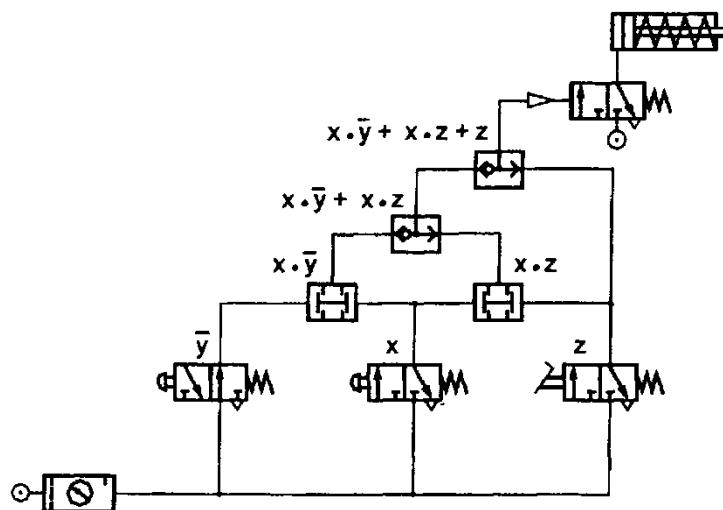


Рисунок 3 – Принципиальная пневматическая схема, составленная по логическому уравнению.

Логическое уравнение можно упростить:

Вариант 1

$$A = x \cdot y + x \cdot z + z = x \cdot (y + z) + z \quad (4)$$

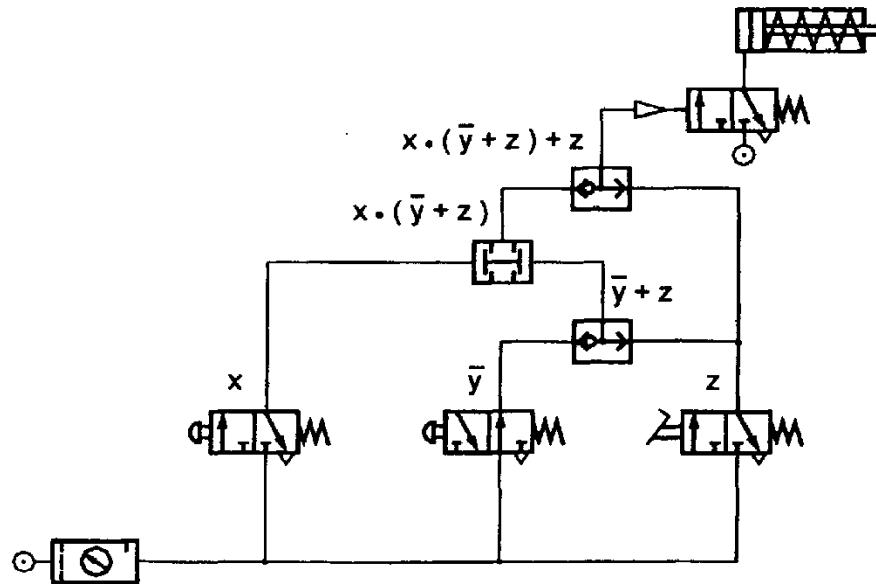


Рисунок 4 – Принципиальная пневматическая схема, составленная по упрощенному уравнению.

Вариант 2.

$$A = x \cdot y + x \cdot z + z = x \cdot y + z \cdot (x + 1) = x \cdot y + z \cdot 1 = x \cdot y + z \quad (5)$$

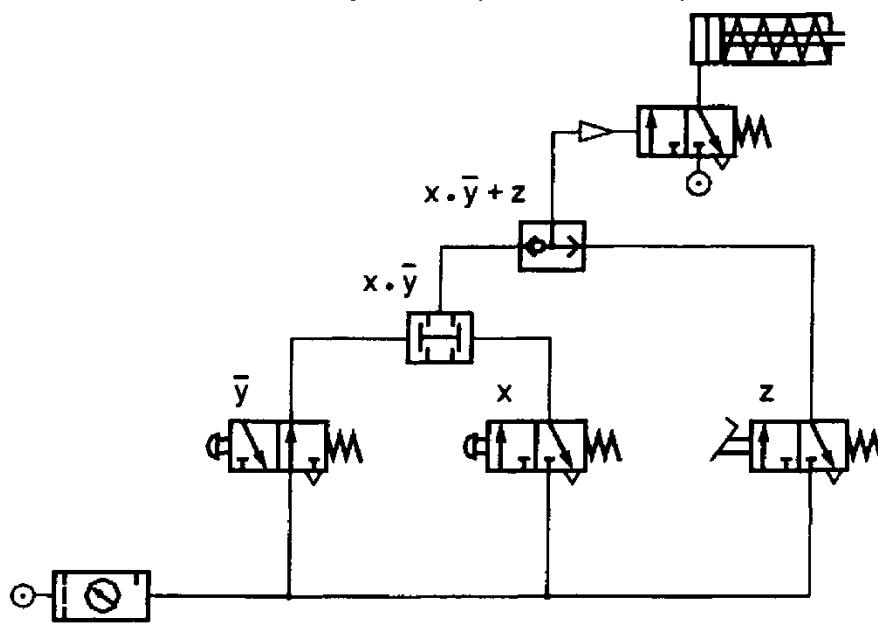


Рисунок 5 – Принципиальная пневматическая схема, составленная по упрощенному уравнению

### Краткие теоретические сведения:

Принятые обозначения:

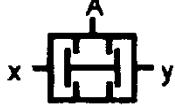
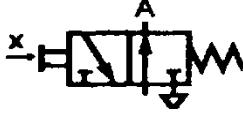
Таблица 1

Входы	Выход
$x, y, z$	A

### Основные логические функции:

Таблица 2

Название функции	Запись	Реализация на пневматической элементной базе
ИЛИ	$A = x + y$	

И	$A = x * y$	
НЕ	$-$ $A = x$	

### Основные соотношения между логическими выражениями:

$$x + y = y + x$$

$$x \cdot y = y \cdot x$$

$$x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z$$

$$x + (y + z) = (x + y) + z$$

$$x \cdot y + x \cdot z = (z + y) \cdot x$$

$$x + (y \cdot z) = (x + y) \cdot (x + z)$$

$$x \cdot (y + x) = x$$

$$x + (y \cdot x) = x$$

$$x \cdot 1 = x$$

$$x \cdot x = x$$

$$x \cdot x = 0$$

$$x + 1 = 1$$

$$x + x = x$$

$$x + x = 1$$

$$x \cdot (y+x) = x \cdot y$$

$$x + (y \cdot x) = x + y$$

$$(x + y) \cdot (x + y) = x$$

$$(x \cdot y) + (x \cdot y) = x$$

### **Контрольные вопросы:**

- 1** Какие функции выполняет логико-вычислительная подсистема пневмоприводов?
- 2** С помощью какого пневматического элемента может быть реализована логическая функция ДА?
- 3** С помощью какого пневматического элемента может быть реализована логическая функция НЕ?
- 4** С помощью какого пневматического элемента может быть реализована логическая функция ИЛИ?
- 5** С помощью какого пневматического элемента может быть реализована логическая функция И?

## **Практическая работа №4**

### **Построение диаграмм функционирования пневмосистем**

**Учебная цель:** научиться представлять ход технологического процесса в диаграммной форме

#### **Порядок выполнения работы:**

Ознакомиться с теоретическими положениями

Представить ход технологического процесса в диаграммной форме  
(технологический процесс выбрать самостоятельно)

Оформить отчет. Отчет должен содержать:

- тему;
- цель;
- описание выбранного технологического процесса
- функциональную диаграмму, включающую диаграмму «Перемещение – шаг» и диаграмму состояний; диаграмму «Перемещение – время».
- вывод.

#### **Краткие теоретические сведения:**

#### **Задача**

##### **Постановка задачи.**

Термопласт – автомат с поршневой подачей материала – снабжен пневмоприводом. При кратковременном нажатии на кнопку « Пуск » шток пневмоцилиндра А втягивается и после достижения крайнего положения вновь выдвигается, подавая гранулированный термопласт из бункера в литьевую полость. Затем выдвигается шток пневмоцилиндра В, подавая материал в пресс-форму. После достижения крайнего выдвинутого положения шток цилиндра В возвращается в исходное состояние. Рабочие ходы цилиндров 100 мм. Скорость выдвижения штока цилиндра А 0.1 м/с, скорость втягивания 0.05 м/с. Скорость выдвижения штока цилиндра В 0.02 м/с, скорость втягивания 0.05 м/с.

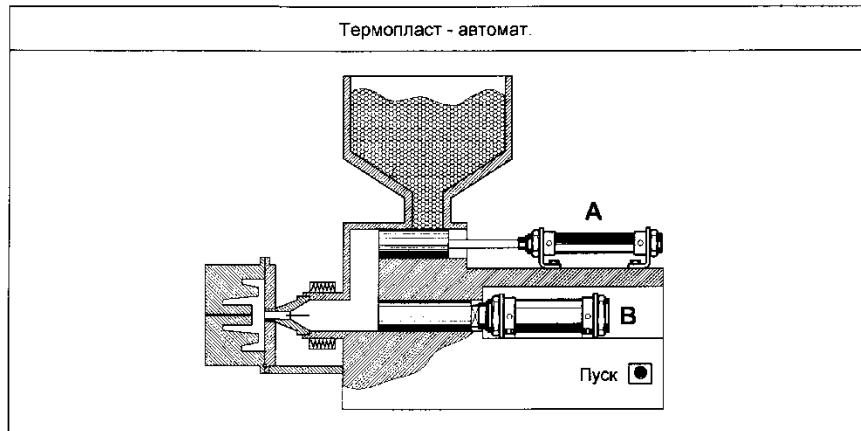


Рисунок 1

### Задание

Построить функциональную диаграмму, включающую диаграмму «Перемещение – шаг» и диаграмму состояний; диаграмму «Перемещение – время».

### Примечание.

Конечные положения штоков цилиндров А и В контролируются датчиками  $a_0$ ,  $a_1$ , и  $b_0$ ,  $b_1$  соответственно.

### Решение

Диаграмма «Перемещение - Шаг».

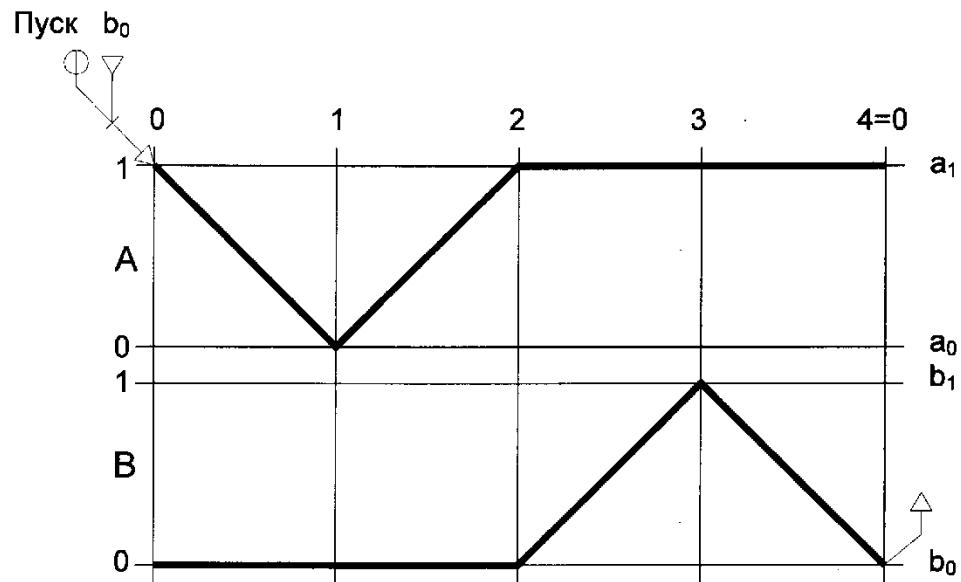


Диаграмма состояний

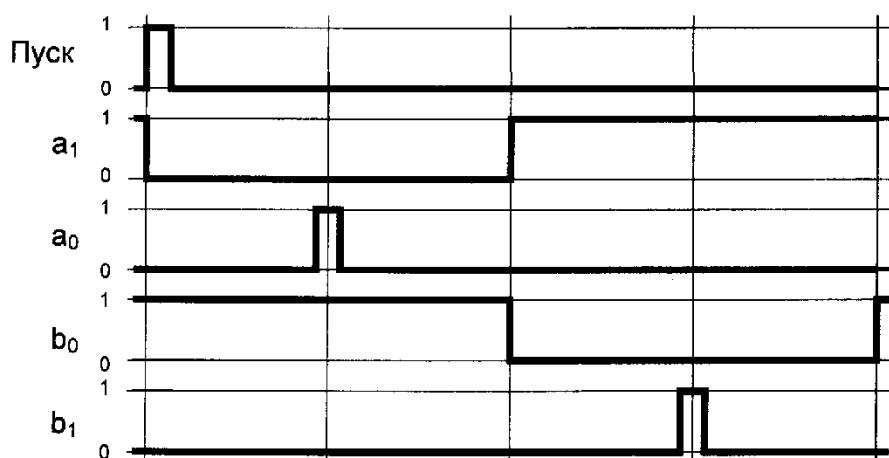


Рисунок 2 – Термопласт–автомат. Функциональная диаграмма

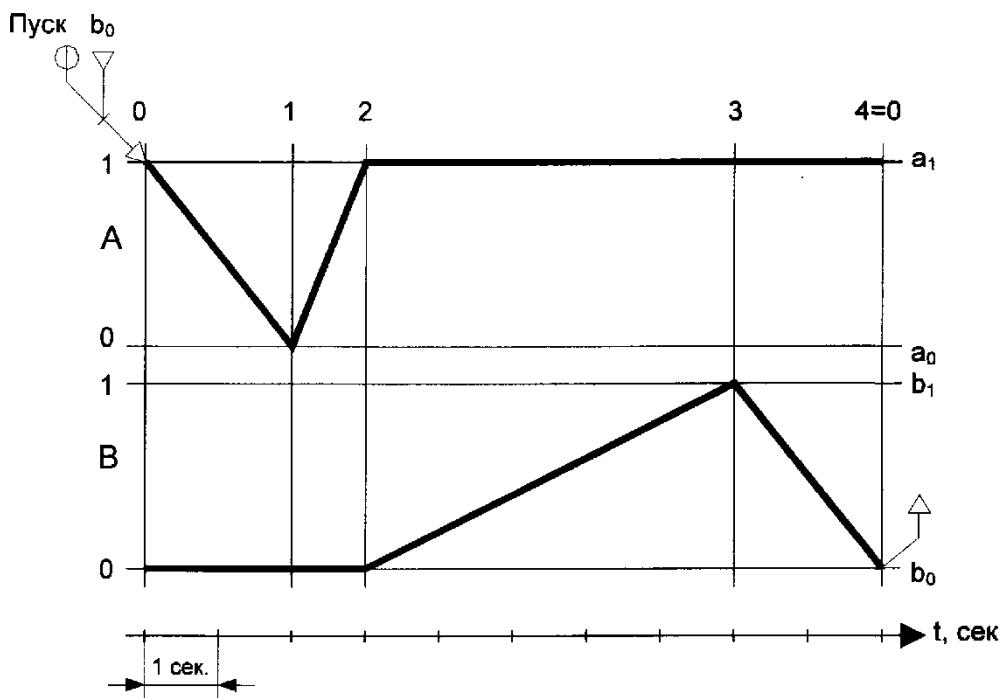


Рисунок 3 – Термопласт–автомат. Диаграмма «перемещение-время»

### **Контрольные вопросы:**

- 1 Формы представления хода технологического процесса
- 2 Метод составления логических уравнений
- 3 Метод отключения сигнала
- 4 Метод разбиения на группы

## **Практическая работа № 5**

### **Управление положением выходного звена исполнительного механизма**

**Учебная цель:** ознакомиться с управлением положением выходного звена исполнительных механизмов и особенностями использования в гидросистеме гидрозамков.

#### **Порядок выполнения работы:**

##### **Постановка задачи**

Вилочный автопогрузчик снабжен гидроприводом. Высота подъема определяется положением штока гидроцилиндра двухстороннего действия.

В схеме управления гидроприводом используется 4/3-распределитель, обеспечивающий фиксацию штока гидроцилиндра в любом промежуточном положении.

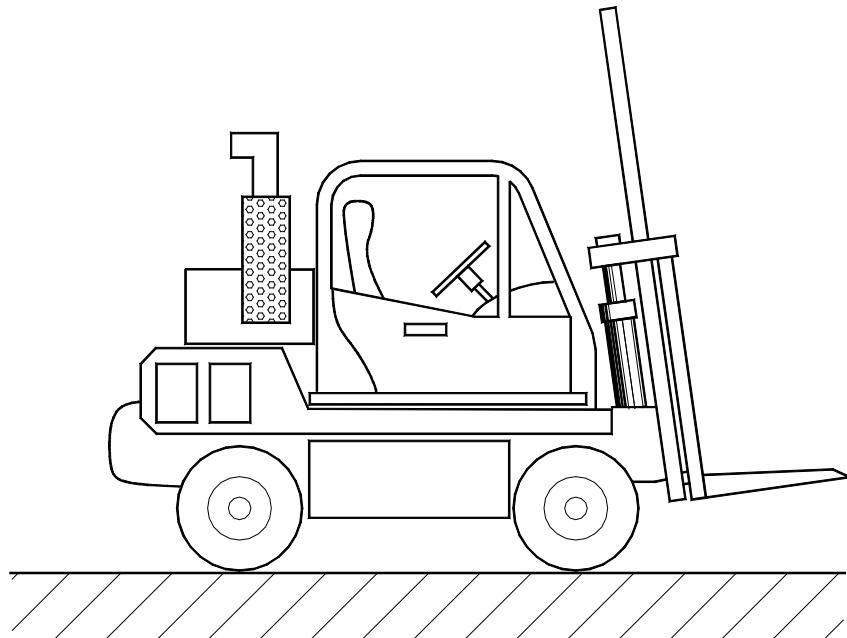


Рисунок 1 – Вилочный автопогрузчик

##### **Задание**

- 1) Разработать принципиальную гидравлическую схему системы управления высотой подъема вил автопогрузчика.
- 2) С целью обеспечения длительного удержания груза без «просадки» штока гидроцилиндра применить односторонний гидрозамок.
- 3) Смоделировать систему на тренажере, зафиксировав давления перед цилиндром в напорной и сливной магистралях, а также время прямого и обратного хода.

Рассчитать условия работы гидрозамка при опускании груза массой 2 т.

Давление в гидросистеме 150 бар. Диаметр поршня 56 мм.

### Решение

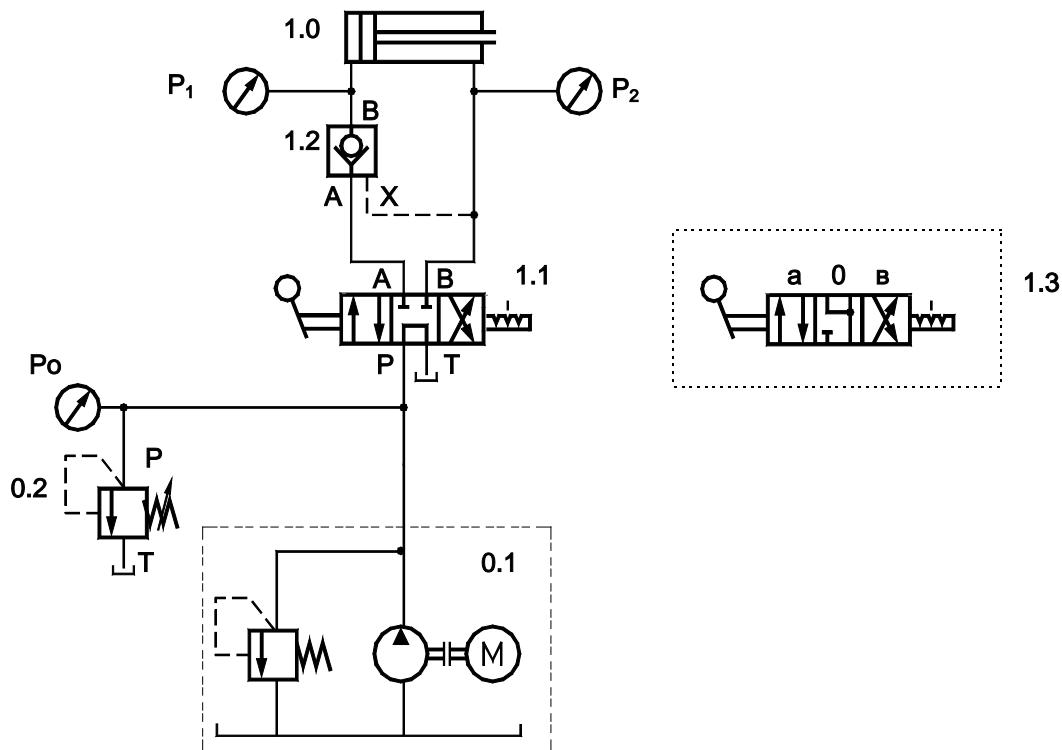


Рисунок 2 – Гидравлическая принципиальная схема автопогрузчика

После сборки и проверки гидравлической системы следует уменьшить до минимума поджатие регулировочной пружины переливного клапана (0.2).

Затем включить гидростанцию и, переключив распределитель (1.1) в позицию «В», настроить переливной клапан по манометру ( $P_o$ ) на давление 50 бар.

После переключения распределителя (1.1) в нейтральную позицию «0» показание манометра ( $P_o$ ) сразу же понижается примерно до 7 бар, так как 4/3-распределитель в средней позиции разгружает насос, отводя поток масла в бак. Путем воздействия на рычаг управления распределителя шток гидроцилиндра перемещается в любое желаемое положение. При возврате распределителя в среднюю позицию шток сразу же останавливается.

При переключении распределителя фиксируются значения  $P_o$ ,  $P_1$ , и  $P_2$  как при прямом, так и при обратном ходе поршня, а также время прямого и обратного хода. Для удобства анализа все значения заносятся в таблицу.

Таблица 1

Обозначения	$P_o$ ,бар	$P_1$ , бар	$P_2$ , бар	t, сек
Прямой ход	15	5	4	1,8
Обратный ход	44	15	39	1,2
Нейтральная позиция	7	0	0	–

Как было показано ранее, можно фиксировать положение штока гидроцилиндра и без гидрозамка, однако в этом случае будет наблюдаться «просадка» штока вследствие утечки между золотником и корпусом распределителя. Гидрозамок же предотвращает просадку штока под действием нагружающей силы сколь угодно долгое время.

### Замечание

При использовании гидрозамка следует применять 4/3-распределитель, у которого в средней позиции каналы А и В соединены с каналом Т, а канал Р закрыт (1.3). Это очень важно отметить, т.к. такая коммутация каналов обеспечивает «разгрузку от давления» как линии управления, так и напорной

линии гидрозамка, а значит надежное закрытие гидрозамка давлением от внешней нагрузки.

### Пример.

Погрузчик держит на вилах груз массой 2 т.

Гидроцилиндр имеет диаметр 56 мм, а площадь штока вдвое меньше площади поршня.

Переливной клапан настроен на 150 бар

Определить давление, которым будет открыт гидрозамок для опускания груза.

Площадь поршня  $A_p = 24,6 \text{ см}^2$

Площадь поршня со стороны штока  $A_{ш} = 12,3 \text{ см}^2$ .

В напорной линии, где установлен гидрозамок, давление от веса груза

$$p = F/A_p = 2000 / 24,6 = 81,3 \text{ бар}$$

Для опускания груза водитель переключает распределитель в позицию «в». Давление на штоковую полость поршня 150 бар. После преобразования на поршне в напорную линию передается 75 бар. Таким образом на запорный орган гидрозамка с учетом веса груза действует давление 156,3 бар ( $81,3 + 75$ )

**Вывод:** гидрозамок откроется (даже если давление управления, открывающее гидрозамок, равное давлению на переливном клапане, всего 150 бар), т.к. давление управления действует на управляющий поршенек гидрозамка, площадь которого в 3 раза превосходит площадь его запорного органа. А значит, усилие открытия также в 3 раза превосходит усилие, препятствующее открытию гидрозамка.

Оформить отчет. Отчет должен содержать:

- тему;
- цель;
- расчеты;
- вывод.

## **Контрольные вопросы:**

- 1**    Можно ли фиксировать положение штока гидроцилиндра и без гидрозамка?
- 2**    Почему при использовании гидрозамка следует применять 4/3-распределитель?
- 3**    Объяснить назначение каждого элемента гидравлической принципиальной схемы автопогрузчика

## **Практическая работа № 6**

### **Основные гидравлические параметры: давление и расход.**

#### **Гидравлические сопротивления. Потери давления в гидросистеме**

**Учебная цель:** произвести оценку потерь давления по длине трубопровода; произвести расчет гидравлической мощности; подобрать гидроаппараты на заданные гидравлические параметры по их гидравлическим характеристикам.

#### **Порядок выполнения работы:**

##### **Постановка задачи.**

По плану реконструкции цеха тяжелых прессов протяженность гидравлической магистрали, ведущей от насосного агрегата к прессам, должна быть 50 метров.

Кроме того, необходимо заменить изношенные и снятые с производства гидроаппараты новыми.

Предполагаемый диаметр трубопровода - 25 мм,

Расход масла в трубопроводе - 200 л/мин,

Вязкость масла - 40 мм<sup>2</sup>/сек (сантиСтокс) (сСт),

Плотность масла - 890 кг / м<sup>3</sup>

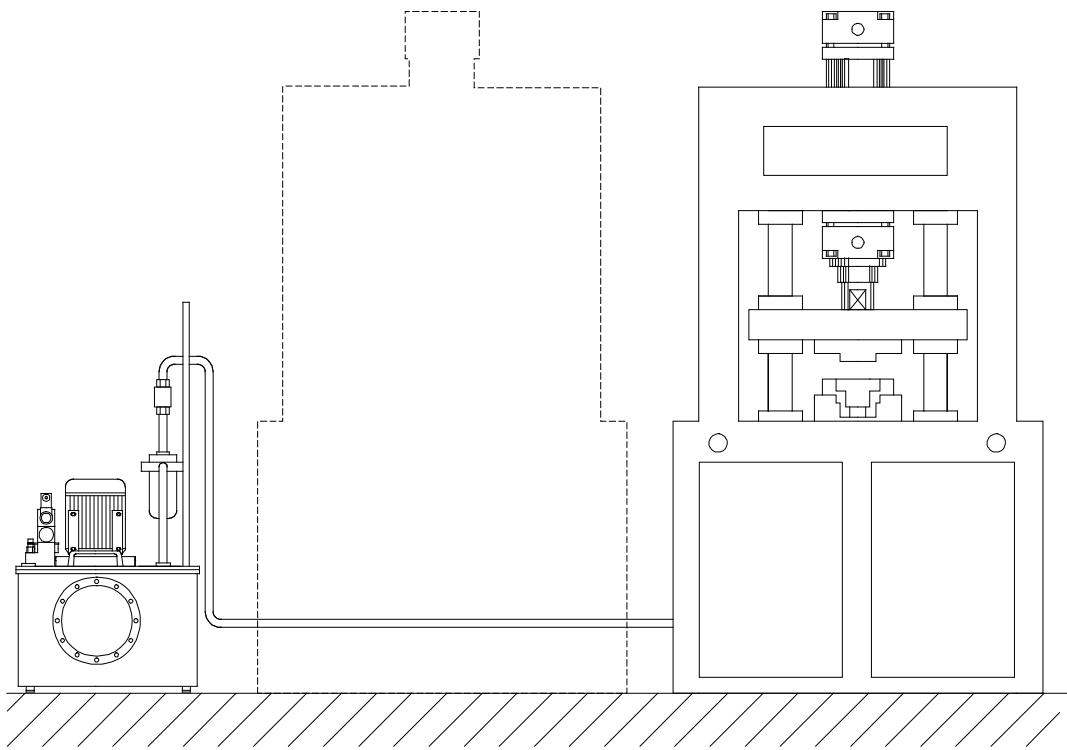


Рисунок 1

### **Задание**

- 1) Определить ожидаемые потери давления в магистрали. Оценить правильность выбора диаметра трубопровода.
- 2) Определить необходимую мощность электродвигателя, приводящего в действие насос.
- 3) По гидравлическим характеристикам подобрать подходящие гидроаппараты (фильтр и обратный клапан) и определить общие потери давления в данной магистрали.

### **Решение.**

#### **Данные для расчета**

Предполагаемый диаметр трубопровода - 25 мм,

Расход масла в трубопроводе - 200 л/мин,

Вязкость масла - 40  $\text{мм}^2/\text{сек}$  (cСт),

Плотность масла

- 890 кг/м<sup>3</sup>

### Гидравлическая характеристика фильтров

для dy = 32мм, dy = 50мм, dy = 63мм

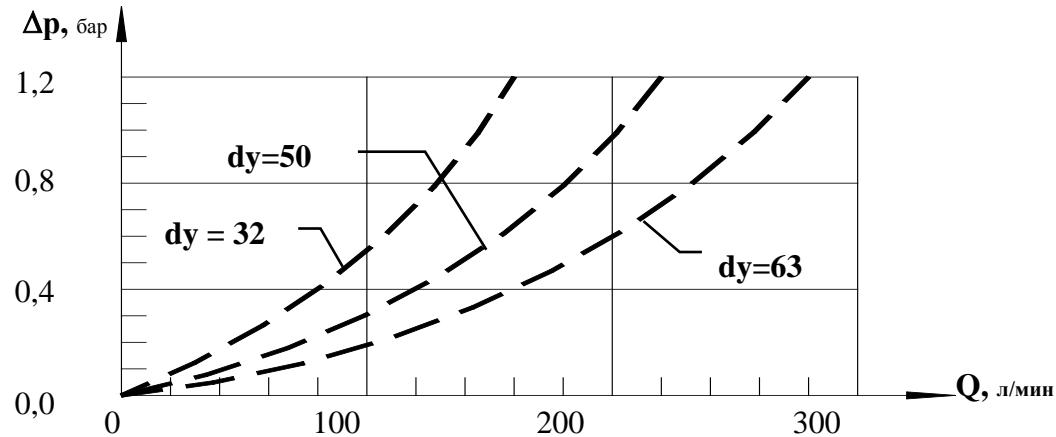


Рисунок 2

### Гидравлическая характеристика обратных клапанов

для dy = 32мм, dy = 50мм, dy = 63мм

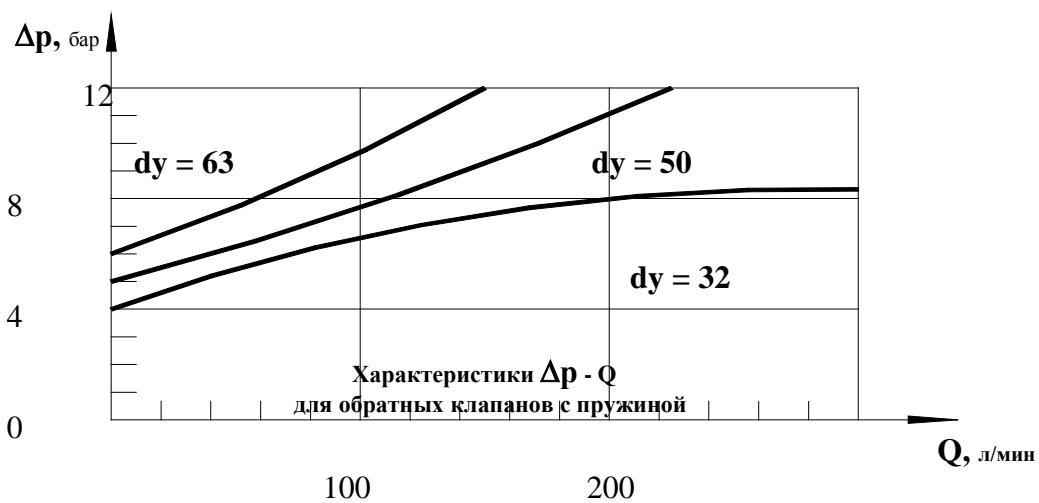


Рисунок 3

1. Потери давления в трубопроводе зависят от режима течения жидкости - ламинарный или турбулентный. Для гидравлических приводов рекомендуется ламинарный режим течения.

Режим течения определим по числу Рейнольдса

$$Re = V D / \nu = 21200 Q / (D \nu),$$

1)

где  $Q$  - расход масла л/мин,

$D$  - диаметр трубы мм,

$\nu$  - кинематическая вязкость  $\text{мм}^2/\text{сек.}$

$$Re = \frac{21200 \cdot 200}{25 * 40} = 4240 > Re_{kp}$$

Напомним, что для гидравлически гладких труб  $Re_{kp} \cong 2300$

Т.к. режим течения получается турбулентным, то можно признать выбор диаметра трубопровода неверным.

Чтобы убедиться в этом, определим потери давления по длине трубопровода в этом случае:

$$\Delta p = \lambda L / D \rho V^2 / 2,$$

2)

где  $\Delta p$  - падение давления по длине трубы, Па

$L$  - длина трубы, м

$V$  - скорость потока в трубе, м / с

$\rho$  - плотность масла - 890 кг / м<sup>3</sup>,

$\lambda$  - коэффициент трения жидкости о стенки трубы.

Для турбулентного режима  $\lambda = 0,316 / Re^{0,25}$ ,

т.е. в нашем случае  $\lambda = 0,316 / 8,07 = 0,039$

Скорость потока определим по формуле  $v = 4Q/\pi D^2$

или, с учетом размерностей,

$$V = 100 Q/(6 D^2 \pi/4) = 100 \cdot 200/(6 \cdot 1600 \cdot 3,14/4) = 6,76 \text{ м/с.}$$

Таким образом, потери давления в трубе длиной 50 метров и диаметром 25мм при турбулентном режиме составят

$$\Delta p = 0,039 \cdot 50 / 0,025 \cdot 890 \cdot 45,7/2 = 1 \cdot 586 \cdot 247 \text{ Па} = 15,9 \text{ бар}$$

2. Такая потеря давления потребует мощности приводного электродвигателя

$$W = \Delta p \cdot Q = 1 \cdot 586 \cdot 247 \cdot 200 / 1000/60 = 5 \cdot 287 \text{ Вт} = \underline{\underline{5,3 \text{ кВт}}}$$

Таким образом, мы убедились, что диаметр трубопровода  $D = 25\text{мм}$  был предложен неверно.

Для сравнения выберем диаметр трубопровода исходя из  $Re_{kp}$  и повторим расчет.

Число Рейнольдса

$$Re_{kp} \cong 2300 = 21200 Q/(Dv),$$

$$\text{Отсюда } D = 21 \cdot 200 \cdot 200/2300/40 = 46 \text{ мм}$$

Выбираем  $D = 50 \text{ мм}$ , ближайший по ГОСТу к расчетному в сторону увеличения.

$$\text{Теперь } Re = 21200 Q/(D v) = 2120 < Re_{kp} \cong 2300$$

Т.к. режим течения получается ламинарным, то можно остановиться на данной величине диаметра трубопровода.

Потери давления по длине трубопровода в этом случае составят:

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{D} \rho V^2 / 2 , \quad (3)$$

где  $\Delta p$  - падение давления по длине трубы, Па

$L$  - длина трубы, м

$V$  - скорость потока в трубе, м / с

$\rho$  - плотность масла - 890 кг / м<sup>3</sup>,

$\lambda$  - коэффициент трения жидкости о стенки трубы.

Для ламинарного режима  $\lambda = 75 / Re$ ,

т.е. в нашем случае  $\lambda = 75 / 2120 = 0,035$

Скорость потока определим по формуле

$$V = 4Q/\pi D^2$$

или, с учетом размерностей,

$$V = 100 \cdot 4Q/(6 D^2 \pi) = 100 \cdot 800/(6 \cdot 2500 \cdot 3,14) = 1,7 \text{ м/с.}$$

Таким образом, потери давления в трубе длиной 50 метров при ламинарном режиме составят

$$\Delta p_{\lambda} = 0,035 \cdot 50 / 0,05 \cdot 890 \cdot 2,89 / 2 = 45012 \text{ Па} = 0,45 \text{ бар}$$

Такая потеря давления потребует увеличения мощности приводного электродвигателя

$$\Delta W = \Delta p \cdot Q = 45012 \cdot 200 / 1000 / 60 = 150 \text{ Вт} = \underline{0,15 \text{ кВт}}$$

Вывод: при ламинарном течении жидкости в трубопроводах потери энергии значительно меньше.

Для замены изношенных гидроаппаратов (фильтра и обратного клапана), следует

- \* ознакомиться с гидравлическими характеристиками новых гидроаппаратов;

- \* определить потери давления на каждом из них;

#### a) Выбор фильтра

Согласно приведенным гидравлическим характеристикам фильтров выбираем кривую для фильтра с  $d_y = 50$  мм.

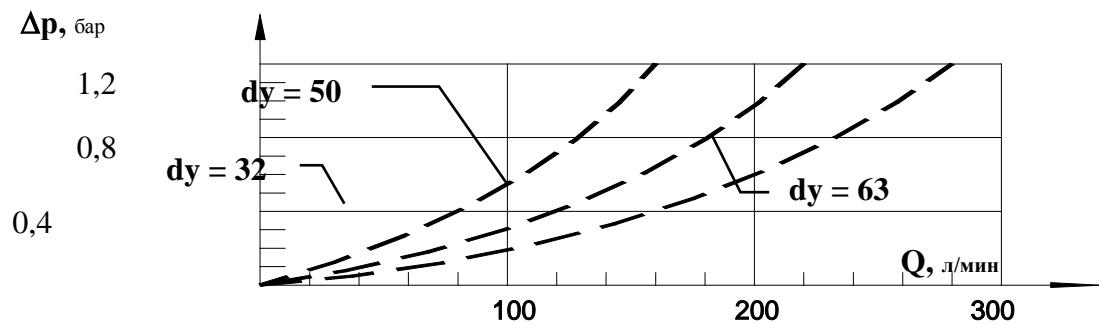


Рисунок 4

По ней находим, что для расхода  $Q = 200$  л/мин потери давления на фильтре составят  $\Delta p_\phi = 1$  бар.

#### б) Выбор обратного клапана

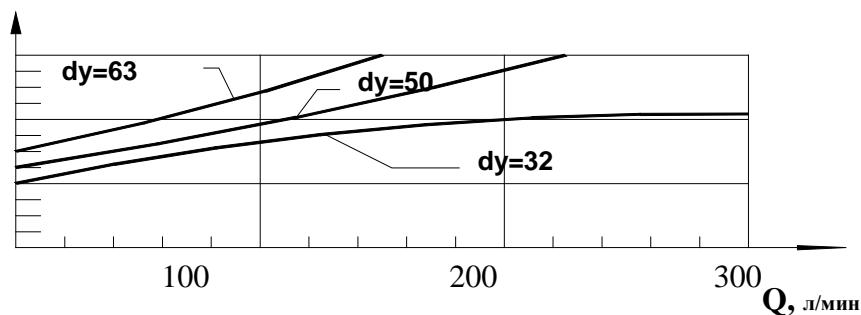


Рисунок 5

Согласно приведенным гидравлическим характеристикам обратных клапанов выбираем кривую для клапана с  $dy = 50$  мм.

По ней находим, что для расхода  $Q = 200$  л/мин потери давления на обратном клапане составят  $\Delta p_{ок} = 11$  бар.

Теперь рассчитаем общие потери давления в новой магистрали при расходе рабочей жидкости  $Q = 200$  л/мин

$$\begin{array}{ll} \Delta p, \text{ бар} & \\ 12 & \\ \Delta P_{общ} = \Delta p_l + \Delta p_\phi + \Delta p_{ок} & \\ 8 & \\ \Delta P_{общ} = 0,45 + 1 + 11 = \underline{12,45} \text{ бар} & 4 \end{array}$$

**Вывод:** Т.к. потери давления на фильтре и обратном клапане были в гидросистеме и до реконструкции (на старых гидроаппаратах), то, ясно, что их замена на новые гидроаппараты не приведет к необходимости повышения мощности приводного электродвигателя насоса.

Оформить отчет. Отчет должен содержать:

- тему;
- цель;
- расчеты;
- вывод.

### Контрольные вопросы:

1 При каком режиме течения жидкости в трубопроводе потери энергии меньше?

- 2**      Дать определение ламинарному течению жидкости.
- 3**      Дать определение турбулентному течению жидкости.
- 4**      Какой режим течения жидкоти рекомендуется для гидроприводов?

Ответ обосновать.

## Практическая работа № 7

### Вычерчивание принципиальных схем гидроприводов

**Учебная цель:** научиться анализировать структуру гидропривода, ознакомиться с международными стандартами выполнения принципиальных схем гидроприводов, научиться составлять спецификацию, понимать обозначения гидроаппаратов.

**Порядок выполнения работы:**

Ознакомиться с теоретическими положениями

**Краткие теоретические сведения:**

#### Задача 1

Постановка задачи

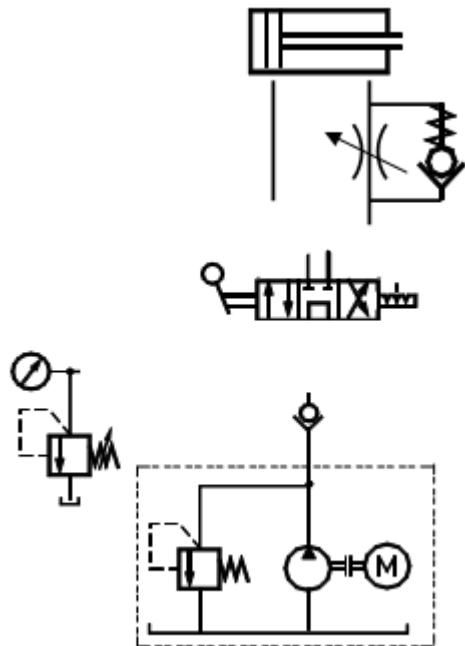


Рисунок 1

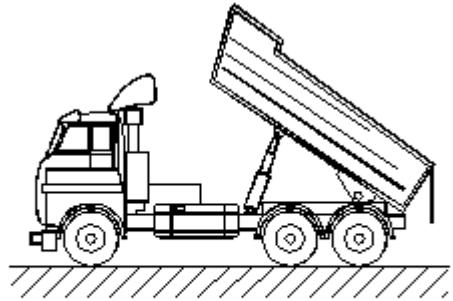


Рисунок 2

### **Задание**

Перерисовать схему в рабочую тетрадь, соединив ее элементы недостающими линиями.

Выделить горизонтальными линиями основные подсистемы гидропривода.

Нанести на схему обозначения элементов каждой из подсистем. Заполнить спецификацию элементов гидропривода.

Нанести на схему обозначения рабочих линий каждого гидравлического элемента.

Обсудить особенности обозначений элементов при наличии в гидроприводе двух контуров управления.

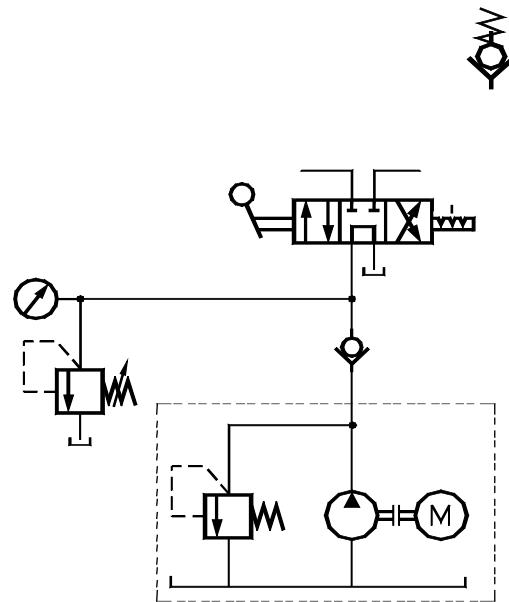


Рисунок 2

№ позиции	Наименование	
0.1		
0.2		
0.3		
0.4		
0.5		
0.6		
0.7		
0.8		
1.0		
1.1		
1.2		
1.3		

## **Решение 1**

### **1 Перерисовать схему в рабочую тетрадь.**

- a) На выполнение задания дается 5 минут, обратив внимание на аккуратность выполнения рисунка.
- б) Один из учащихся с помощью магнитных аппликационных моделей проводит «сборку» схемы на аудиторной доске, комментируя свои действия вслух.

### **2 Выделить горизонтальными линиями основные подсистемы гидропривода.**

Энергетическая подсистема («сердце» гидропривода) - преобразует механическую энергию вращения вала насоса в гидравлическую энергию рабочей жидкости;

*Основные элементы* - гидробак (хранение запаса жидкости), двигатель с муфтой (привод насоса), объемный насос (преобразование энергии), предохранительный клапан (защита насоса от разрушения), переливной клапан (задает максимальное давление в гидросистеме), обратный клапан (защищает насос от пиковых давлений в системе, а также предотвращает утечки через насос при отключенном электродвигателе).

Распределительная подсистема («голова» гидропривода) - задает величину расхода и давления в линиях гидросистемы, а также определяет направление движения жидкости в них;

*Основные элементы* - распределительная и запорная арматура (направление движения жидкости), клапаны давления (величина давления в определенном месте в нужное время), аппараты регулирования расхода.

Исполнительная подсистема («мышцы» гидропривода) - реализует заданные расход и давление в виде скорости и направления движения

выходного звена (штока гидроцилиндра или вала гидромотора), а также усилия на нем.

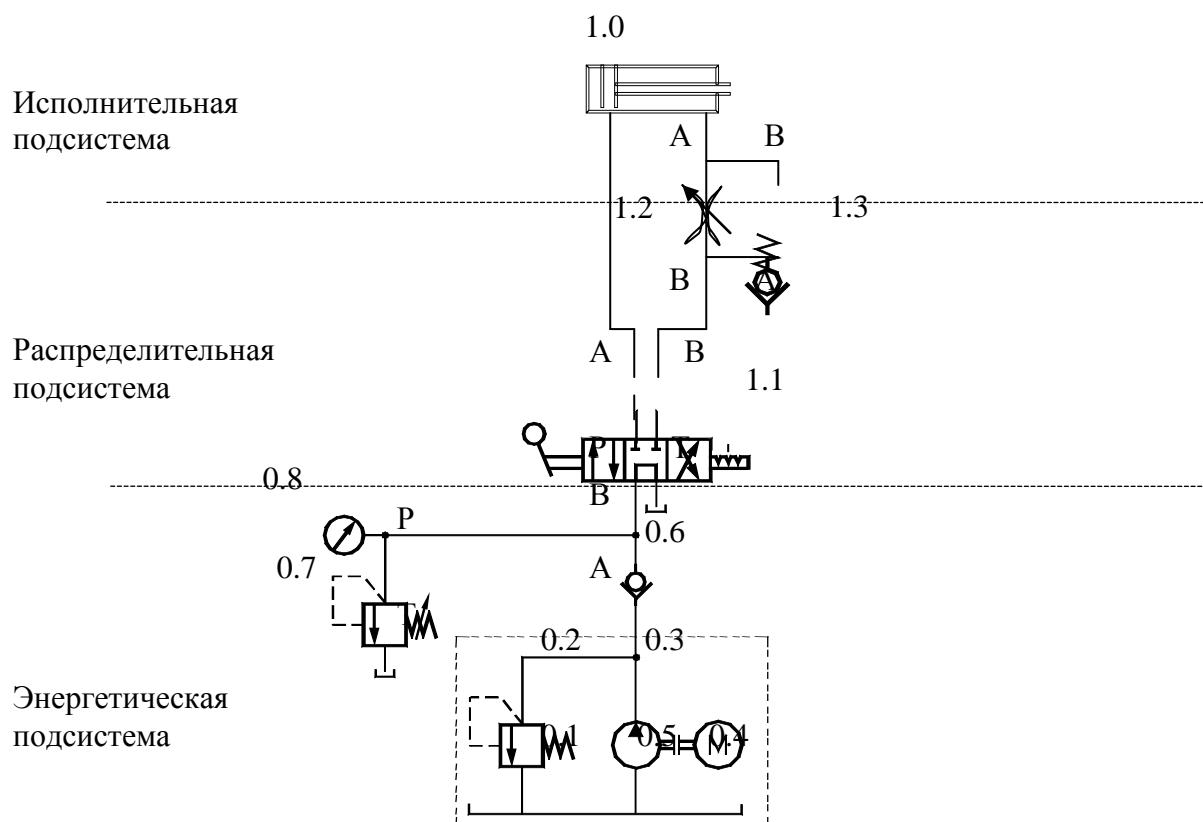
*Основные элементы* - гидроцилиндры и гидромоторы.

3 Нанести на схему обозначения элементов каждой из подсистем и заполнить спецификацию.

(см. схему решения)

4 Нанести на схему обозначения рабочих линий каждого гидравлического элемента (A,B,P,T...).

(см. схему решения)



Спецификация гидроаппаратов

№ позиции	Наименование	
0.1	Гидравлический бак	50 л
0.2	Предохранительный клапан (60 бар)	
0.3	Насос БГ12-41	3,3 л
0.4	Двигатель самосвала	
0.5	Муфта	
0.6	Обратный клапан КО	0,2 бар
0.7	Переливной клапан (50 бар)	
0.8	Манометр	
1.0	Гидроцилиндр двухстороннего действия	100/70x500
1.1	Гидрораспределитель 4/3 с ручным управлением	BMM6-64 УХЛ
1.2	Дроссель	
1.3	Обратный клапан КОМ6	

Решение 1\*

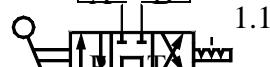
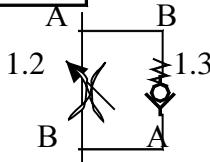
\*) Вариант с двумя цепями (контурами) управления

Исполнительная  
подсистема

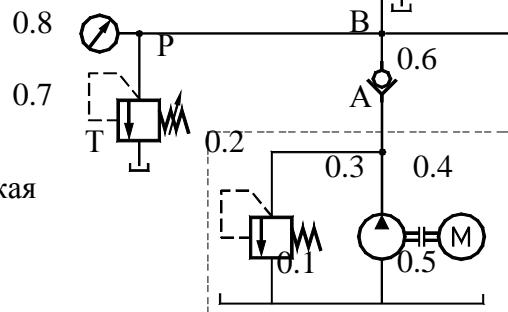
1.0

2.0

Распределительная  
подсистема



Энергетическая  
подсистема



### Спецификация гидроаппаратов

№ позици и	Наименование	Примеч.
0.1	Гидравлический бак	50 л
0.2	Предохранительный клапан (60 бар)	
0.3	Насос БГ12-41	3,3 л
0.4	Двигатель самосвала	
0.5	Муфта	
0.6	Обратный клапан КО	0,2 бар
0.7	Переливной клапан (50 бар)	
0.8	Манометр	
1.0	Гидроцилиндр двухстороннего действия	100/70x500

1.1	Гидрораспределитель 4/3 с ручным управлением	BMM6-64 ухл
1.2	Дроссель	
1.3	Обратный клапан КОМ6	
2.0	Гидроцилиндр одностороннего действия с пружиной	32/18-100
2.1	Гидрораспределитель 3/2 с ручным управлением	BMM6- 573А

В случае, если от одной насосной установки приводится в действие второй контур управления, то его исполнительному механизму присваивается следующий порядковый номер – «2.0», а все гидроаппараты, обслуживающие его, имеют первую цифру, обозначающую номер этого исполнительного механизма, а затем через точку нумеруются последовательно по возрастающей по аналогии с первым контуром.

### **Контрольные вопросы**

- 1** Какие функции реализует исполнительная подсистема гидросистемы?
- 2** Какие функции реализует распределительная подсистема гидросистемы?
- 3** Какие функции реализует энергетическая подсистема гидросистемы?
- 4** Перечислить основные элементы гидропривода.

### **Список использованных источников:**

- 1** Наземцев А.С. Гидравлические и пневматические системы. В 2 ч. Ч. 1 Пневматические приводы и средства автоматизации: учеб. пособие. М.: ФОРУМ, 2004. 240 с.
- 2** Наземцев А.С., Рыбальченко Д.Е. Гидравлические и пневматические системы. В 2 ч. Ч. 2 Гидравлические приводы и системы. Основы: учеб. пособие. М.: ФОРУМ, 2007. 304 с.
- 3** Встраиваемые системы. Всё необходимое для промышленной автоматизации. URL: <http://www.prosoft.ru> (дата обращения: 12.04.2017).

## **ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

**СОГЛАСОВАНО**

Старший методист

*Лоне*

М.В. Отс

Методист по ИТ

*Сергеев -*

Т.А. Сергеева