

621.7  
к 89

4352



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный  
технический университет**

---

**Кафедра «Машины и технология литейного производства»**

**Д. М. Кукуй  
В. Ф. Одиночко**

# **ПРИВОДЫ ЛИТЕЙНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

**Учебно-методическое пособие**

**Минск  
БНТУ  
2013**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Машины и технология литейного производства»

Д. М. Кукуй  
В. Ф. Одиночко

## ПРИВОДЫ ЛИТЕЙНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Учебно-методическое пособие  
для студентов заочной формы обучения  
специальности 1-36 02 01 «Машины и технология  
литейного производства»

Рекомендовано учебно-методическим объединением  
высших учебных заведений Республики Беларусь  
по образованию в области металлургического оборудования и технологий

Минск  
БНТУ  
2013

УДК 621.74.06-8 (076.4)

ББК 34.61я7

К89

**Рецензенты:**

*А. П. Бежок* – канд. техн. наук, доцент кафедры «Металлургия литейных сплавов» БНТУ;

*С. Л. Ровин* – канд. техн. наук, директор УП «Технолит»

**Кукуй, Д. М.**

**К89** Приводы литейных машин и оборудования : учебно-методическое пособие для студентов заочной формы обучения специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» / Д. М. Кукуй, В. Ф. Одиночко. – Минск : БНТУ, 2013. – 96 с.  
ISBN 978-985-525-897-2.

Учебно-методическое пособие содержит методические указания к самостоятельным занятиям по дисциплине «Приводы литейных машин и оборудования». В приложениях представлены краткая программа курса, а также примеры расчетов силовых устройств приводов литейных машин и варианты заданий к контрольным работам для студентов заочной формы обучения.

Пособие предназначено для студентов высших технических учебных заведений.

УДК 621.74.06-8 (076.4)

ББК 34.61я7

**ISBN 978-985-525-897-2**

© Кукуй Д. М., Одиночко В. Ф., 2013

© Белорусский национальный  
технический университет, 2013

## Оглавление

Введение .....	4
1 Пневмопривод .....	6
1.1 Пневматические двигатели .....	7
1.2 Распределительная пневматическая аппаратура.....	15
1.3 Контрольно-регулирующая пневматическая аппаратура.....	20
1.4 Аппаратура для подготовки сжатого воздуха, трубопроводы .....	27
2 Гидропривод.....	31
2.1 Гидравлические насосы.....	33
2.2 Гидравлические двигатели.....	37
2.3 Аппаратура управления в гидроприводах .....	42
2.4 Контрольно-регулирующая аппаратура в гидроприводах .....	48
3 Электропривод .....	53
3.1 Исполнительные механизмы в электроприводах .....	56
3.2 Аппараты ручного и дистанционного управления электроприводами.....	65
Литература .....	74
Приложения .....	75
Приложение 1 Краткая программа курса «Приводы литейных машин и оборудования».....	75
Приложение 2 Вопросы к контрольным работам .....	77
Приложение 3 Примеры расчетов исполнительных механизмов приводов....	80
Приложение 4 Методические указания к контрольным работам .....	94

## Введение

Курс «Приводы литейных машин и оборудования» дополняет две специальные дисциплины: «Автоматизация литейного производства» и «Оборудование литейных цехов». Объем данного курса и его содержание определяются базовой программой курса «Приводы литейных машин и оборудования» для специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства», утвержденной Учебно-методическим управлением Белорусского национального технического университета.

Основным направлением развития народного хозяйства страны является повышение эффективности производства и улучшение качества выпускаемой продукции. В сфере литейного производства решение этих задач заключается главным образом в использовании эффективных форм организации производства, внедрении новых прогрессивных технологических процессов, в создании и освоении высокопроизводительного автоматизированного оборудования, призванного обеспечить получение отливок высокого качества.

Производство отливок – сложный многостадийный процесс. В литейных цехах машиностроительных заводов используется большое количество различных типов машин и оборудования общего и специализированного назначения. Машины и оборудование общего назначения включают транспортные устройства периодического и непрерывного действия, дробильно-размольные установки, окрасочно-сушильные камеры, вентиляционное и другое оборудование. К специальному литейному оборудованию относятся различные модели машин и устройств, собранные в определенные технологические группы, обеспечивающие осуществление главных технологических циклов литейного производства: подготовку формовочных материалов и приготовление смесей; изготовление форм и стержней; подготовку шихтовых материалов; получение расплавленного металла и его заливку в формы; выбивку, очистку и окончательную обработку отливок.

Все это оборудование представляет собой сложные высокомеханизированные и автоматизированные машины и устройства, в том числе программные манипуляторы и роботы, для управления которыми используются микропроцессоры и электронные вычислительные машины. Поэтому без глубокой теоретической и практической

подготовки невозможно эффективно решать непростые инженерные задачи, связанные с развитием и совершенствованием нового литейного оборудования.

В курсе «Приводы литейных машин и оборудования» излагаются сведения о принципах конструирования и методиках расчетов приводов рабочих органов литейных машин, методах и средствах их автоматизации. Изучение курса предполагает знание студентами основных положений таких общеобразовательных курсов, как физика, математика, теоретическая механика, электротехника и электропривод, гидравлика, детали машин и теория машин и механизмов.

Цель преподавания дисциплины заключается в подготовке будущего инженера по специальности «Машины и технология литейного производства» к практической деятельности в конструкторских бюро и литейных цехах, связанной с проектированием нового автоматизированного оборудования, модернизацией старого и грамотной эксплуатацией существующего.

## 1 Пневмопривод

Пневмоприводом называют совокупность устройств, в число которых входит один или несколько объемных пневмодвигателей, предназначенных для приведения в движение механизмов и машин с помощью сжатого воздуха.

Область применения пневмоприводов определяется принципом действия и конструкциями исполнительных устройств, свойствами и параметрами сжатого воздуха.

Пневмоприводы широко применяются для приведения в действие рабочих органов машин, совершающих возвратно-поступательное движение с ходом в пределах 3 м работающих при сравнительно небольших усилиях – до 30000 Н (3000 кгс). В этих условиях не требуется соблюдения особого закона движения, необходимо только перемещать органы машины на определенную величину хода за заданное время.

Пневмоприводы используются в универсальных формовочных машинах, формовочных автоматах и автоматических формовочных линиях, в автоматах и автоматических линиях литья в оболочковые формы, в кокильных машинах и машинах литья под давлением с запирающим усилием до 0,5 МН (50 т), в оборудовании для приготовления модельных составов, дозаторах сыпучих, кусковых и жидких материалов, заливочных установках, машинах литья под низким давлением и т. д. Пневмоприводами оснащаются также различное транспортное оборудование литейных цехов, осуществляющее транспортные и вспомогательные операции.

Для работы пневмоприводов необходим сжатый воздух, который, как правило, готовится на централизованных компрессорных станциях и по трубопроводам подводится к оборудованию. В отдельных случаях компрессор может входить в состав оборудования. В пневмоприводах отсутствуют сливные и дренажные линии, так как отработанный воздух выпускают в атмосферу.

На рис. 1.1 показана упрощенная схема пневмопривода кокильной однопозиционной машины.

Сжатый воздух по трубопроводу через распределитель 1 передается в пневмодвигатель 2, который предназначен для перемещения полуформы 3. Система управления 4 служит для переключения

распределителя 1 и изменения направления движения поршня пневмодвигателя 2.

К достоинствам пневмопривода можно отнести быстродействие, пожаробезопасность, простоту автоматизации управления и отсутствие возвратных трубопроводов.

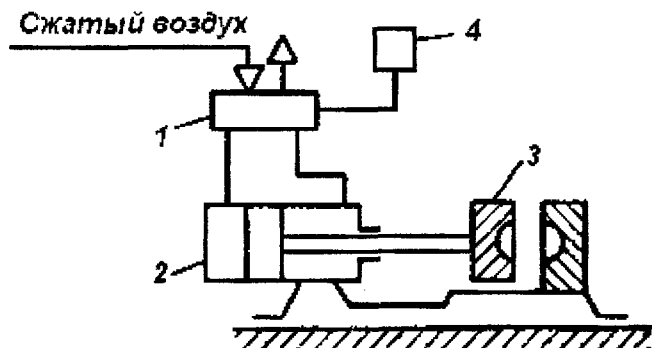


Рисунок 1.1. Упрощенная схема пневмопривода кокильной однопозиционной машины: 1 – распределитель, 2 – пневмодвигатель, 3 – полуформа, 4 – система управления

К основным недостаткам пневмопривода относятся:

- 1) отсутствие плавности движения выходных звеньев при переменных нагрузках;
- 2) отсутствие возможности фиксации перемещающихся частей пневмоустройств в заданных промежуточных положениях;
- 3) большая шумность из-за выброса отработанного воздуха в атмосферу.

### 1.1 Пневматические двигатели

Пневматические двигатели (пневмодвигатели) обеспечивают преобразование энергии сжатого воздуха в механическую энергию движения рабочих органов машин. В приводах литейных машин пневмодвигатели используются в качестве силовых исполнительных устройств.



Пневмодвигатели подразделяют на пневмодвигатели с возвратно-поступательным движением штока (пневмоцилиндры и диафрагменные камеры) и вращательным движением ротора (моментные цилиндры и пневмомоторы).

Пневмоцилиндры и диафрагменные камеры выполняются одностороннего или двухстороннего действия.

Пневмоцилиндры одностороннего действия применяются в случае, если обратное движение рабочего органа машины совершается без нагрузки.

Пневмоцилиндры двухстороннего действия применяются в тех случаях, когда необходимо преодолевать усилия при перемещении рабочего органа литейной машины в прямом и обратном направлениях.

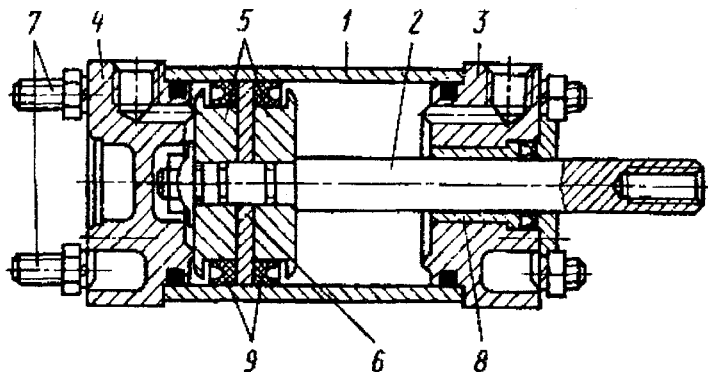


Рисунок 1.2. Схема пневмоцилиндра двухстороннего действия: 1 – гильза, 2 – шток, 3 – крышка передняя, 4 – крышка задняя, 5 – диск, 6 – кольцо, 7 – стяжка, 8 – втулка, 9 – манжета уплотнительная

Пример конструкции нормализованного пневмоцилиндра двухстороннего действия представлен на рис. 1.2. Пневмоцилиндр имеет стальные гильзу 1 и шток 2, переднюю 3 и заднюю 4 чугунные крышки, стальные стяжки 7, бронзовую направляющую втулку 8. Поршень состоит из чугунных дисков 5, кольца 6 и уплотнительных манжет 9. Гильзу и шток хромируют и полируют, а чугунные дета-

ли пневмоцилиндра фосфатируют. Шток может иметь внутреннюю или наружную резьбу на конце.

Условные обозначения пневмоцилиндров одностороннего и двухстороннего действия на принципиальных схемах пневматических приводов машин показано на рис. 1.3,а и 1.3,б соответственно.

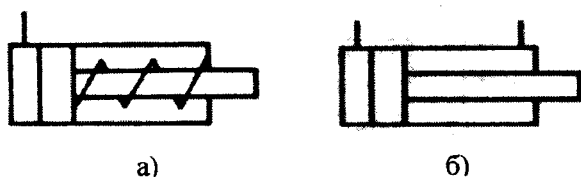


Рисунок 1.3. Условные обозначения пневмоцилиндров на принципиальных схемах: а – пневмоцилиндр одностороннего действия, б – пневмоцилиндр двухстороннего действия

Для предотвращения утечек воздуха из пневмоцилиндров через зазоры в сопрягаемых деталях служат уплотнения.

Для уплотнения неподвижных соединений деталей пневмоцилиндров (гильз цилиндров и крышек) используют краски, замазки, прокладки из деформируемого материала и кольца из маслостойкой резины. На рис. 1.4 показаны три варианта уплотнения неподвижных соединений резиновыми кольцами.

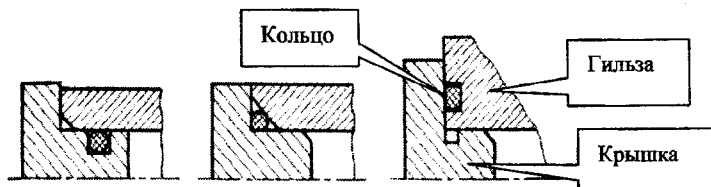


Рисунок 1.4. Варианты уплотнения неподвижных соединений крышки и гильзы пневмоцилиндра резиновыми кольцами

Для уплотнения подвижных соединений гильз цилиндров и поршней применяют резиновые манжеты (угловые и U-образные) и резиновые кольца (рис. 1.5). Стойкость резиновых манжет составляет 400000 двойных ходов поршня при длине хода, равной двум диаметрам цилиндра. Стойкость резиновых колец не превышает 150000 двойных ходов поршня.

Для уплотнения подвижных соединений (крышек и штоков) применяют резиновые манжеты и резиновые кольца.

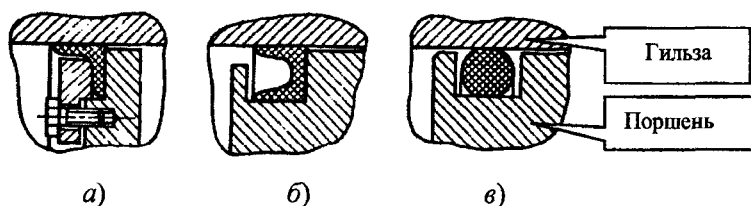


Рисунок 1.5. Варианты уплотнения подвижных соединений поршня и гильзы пневмоцилиндра манжетами (а, б) и резиновыми кольцами (в)

Усилие, развиваемое пневмоцилиндром, зависит от площади поршня и давления сжатого воздуха в сети. Поэтому при расчёте пневмоцилиндров определяют внутренний диаметр цилиндра  $D$  и диаметр штока  $D_{ш}$ . При этом исходными данными являются:

$P_p$  – полезная нагрузка (Н);

$P_T$  – вес поднимаемых (опускаемых) частей (Н);

$p_m$  – избыточное давление в сети сжатого воздуха (Н/м<sup>2</sup>).

Эффективную площадь поршня  $F_э$  при упрощённых расчётах определяют по формуле:

$$F_э = \frac{P_p \pm P_T}{0,65 P_m}$$

Диаметр цилиндра  $D$  при подаче воздуха в нештоковую полость определяют по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\text{э}}}{\pi}}$$

Диаметр цилиндра  $D$  при подаче воздуха в штоковую полость определяют по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\text{э}} - \pi D_{\text{ш}}^2}{\pi}}$$

Диаметр штока в расчетах выбирают из соотношения:  $D_{\text{ш}}/D = 0,2 \div 0,25$ .

В пневмоприводах большинства автоматизированных литейных машин применяют нормализованные пневмоцилиндры (см. рис. 1.2). Их подбирают в справочниках по расчетному значению диаметра цилиндра  $D$  и величине хода штока  $S$ .

Диаметр пропускного сечения подводящих труб  $d_B$  определяют из соотношения:  $d_B/D = 0,005 \div 0,01$ .

Диафрагменные или мембранные пневматические двигатели также, как и поршневые, выполняются одностороннего и двухстороннего действия.

Схема мембранного пневмодвигателя одностороннего действия показана на рис. 1.6. Сжатый воздух под давлением  $p$  подается через отверстие в корпусе и давит на диафрагму из прорезиненной ткани, которая перемещает шток. При этом развивается усилие  $F$  и преодолевается суммарное сопротивление полезной нагрузки и пружины. После снятия давления сжатого воздуха диафрагма возвращается в исходное положение под действием пружины.

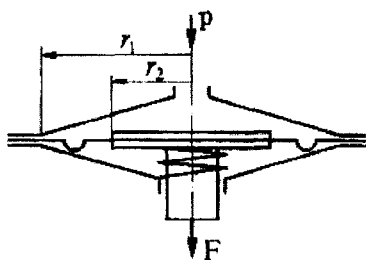


Рисунок 1.6

Усилие  $F$ , развиваемое мембранным пневмодвигателем (рис. 1.6) рассчитывают по формуле:

$$F = \frac{\pi}{3} p (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2),$$

где  $r_1$  – радиус диафрагмы;

$r_2$  – радиус жёсткой шайбы;

$p$  – давление в сети сжатого воздуха.

Отношение  $r/R$  выбирают в пределах 0,6–0,8. При расчёте необходимо учитывать, что по мере выдвигания штока усилие на нём уменьшается на 15–20 % вследствие упругости пружины и диафрагмы.

Мембранные пневмодвигатели просты по конструкции. В эксплуатации они более надёжны, чем поршневые двигатели, так как не имеют утечек воздуха. Мембрана выдерживает свыше 1000000 включений. Недостатком является сравнительно малый рабочий ход штока:  $S = (0,4–0,5) R$ .

Условные обозначения мембранных пневмодвигателей одностороннего и двухстороннего действия на принципиальных схемах пневматических приводов машин показано на рис. 1.7.

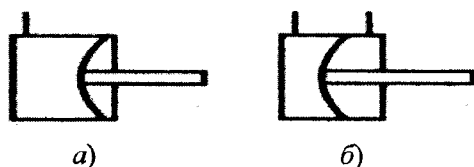


Рисунок 1.7. Условные обозначения пневмокамер на принципиальных схемах: *а* – пневмокамера одностороннего действия, *б* – пневмокамера двухстороннего действия

В пневмомоторе (рис. 1.8, а) сжатый воздух поступает через отверстие А в корпусе 1, действует на выступающую часть лопатки 3 и заставляет вращаться ротор 2 эксцентрично установленный в корпусе 1. Для выхода воздуха из пневмомотора предназначено отвер-

ствие В в корпусе 1. Для выдвижения лопаток 3 из ротора 2 под лопатку через специальные отверстия подается сжатый воздух.

Лопастные пневмомоторы не боятся перегрузок, быстро разгоняются и тормозятся. При полной остановке ротора они развивают крутящий момент, равный пусковому моменту, но по мере увеличения скорости вращения вала момент, развиваемый пневмомотором, снижается. Число оборотов ротора регулируют дросселем, а величину крутящего момента – изменением давления сжатого воздуха.

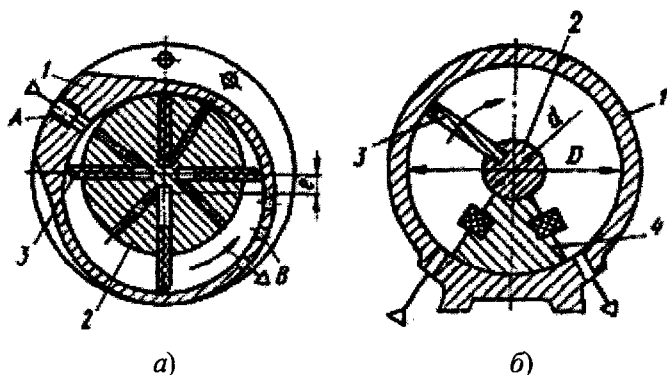


Рисунок 1.8 Схемы пневмодвигателей вращения: а – пневмомотор лопастной, б – пневмоцилиндр моментный. 1 – корпус, 2 – ротор, 3 – лопасть, 4 – упор

Пневмомоторы широко применяют в ручном инструменте для зачистки отливок, в приводах самоходных тележек, в механизмах высверливания литниковой системы при автоматической формовке.

Моментные пневмоцилиндры (рис. 1.8,б) предназначены для осуществления поворота рабочих органов машин в пределах  $300^\circ$ . Расположенный внутри цилиндра 1 вал 2 с лопастью 3 поворачивается при подаче воздуха в одну из полостей между лопастью и неподвижной перегородкой 4. В этот момент противоположная полость соединяется с атмосферой.

Без учета сил трения момент на валу рассчитывают по формуле:

$$M = \frac{B(D^2 - d^2)p_M}{8},$$

где  $B$  – ширина лопасти;

$D$  – диаметр цилиндра;

$d$  – диаметр вала внутри цилиндра;

$p_M$  – давление в сети сжатого воздуха.

Моментные пневмоцилиндры применяют для поворота на  $180^\circ$  формовочных столов, барабанов кантователей в автоматических формовочных линиях. Недостатком моментных пневмодвигателей является трудность получения хорошего уплотнения лопасти.

Условные обозначения пневмомоторов и моментных пневмоцилиндров представлены на рис. 1.9.

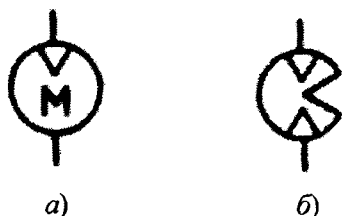


Рисунок 1.9. Условные обозначения пневмодвигателей вращения:  
а – пневмомотор лопастной, б – пневмоцилиндр моментный

### Контрольные вопросы:

1. Какими достоинствами обладают пневмоцилиндры по сравнению с мембранными пневмодвигателями?
2. Чем обусловлено применение различных типов крепления пневмодвигателей?
3. Для чего служат уплотнения в пневмоцилиндрах?
4. В чём отличие пневмодвигателей двухстороннего действия от пневмодвигателей одностороннего действия?

## 1.2 Распределительная пневматическая аппаратура

Распределительная аппаратура (распределители) обеспечивает подачу сжатого воздуха в пневмодвигатель и выпуск воздуха из пневмодвигателя в атмосферу. При переключении распределителей изменяется направление движения поршня (мембраны, ротора) пневмодвигателя на противоположное.

По способу управления рабочим органом, т.е. по типу привода, перемещающего рабочий орган распределителя, различают распределители с ручным, механическим, пневматическим и электромагнитным управлением.

В пневмоприводах литейных машин применяются распределители, в качестве рабочих органов которых используются плоские и цилиндрические золотники, мягкие и твердые клапана, диафрагмы.

Для управления пневмодвигателями одностороннего и двухстороннего действия применяют соответственно трехканальные и четырехканальные распределители.

Трехканальные распределители бывают с жесткими и мягкими клапанами.

Схема распределителя клапанного типа с мягким клапаном представлена на (рис. 1.10). Пружиной 3 и сжатым воздухом, поступившим из сети через отверстие П, клапан 2 с мягкой прокладкой плотно прижимается к седлу корпуса 1 и не пропускает сжатый воздух к пневмодвигателю через канал К. В тоже время, сжатый воздух от пневмодвигателя может через канал в штоке 4 свободно выходить в атмосферу, поскольку шток 4 отодвинут от клапана 2 пружиной 5. При нажатии на шток 4, он перемещается вниз, прижимается к мягкой прокладке клапана и перекрывает сообщение канала К с отверстием А (с атмосферой). Затем, при дальнейшем движении вниз, шток 4 отодвигает клапан 2 от седла, и сжатый воз-

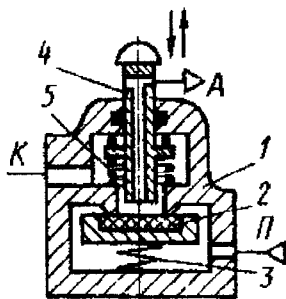


Рисунок 1.10. Схема трехканального клапанного распределителя: 1 - корпус, 2 - клапан мягкий, 3 - пружина, 4 - шток, 5 - пружина



дух проходит через кольцевой зазор между клапаном и седлом и через отверстие К подается в пневмодвигатель.

Схема трехканального распределителя с ручным управлением (кнопкой) представлена на рис. 1.11. В исходном положении отверстие К, соединенное с пневмодвигателем, сообщается с атмосферой А через внутренний канал толкателя 2. Доступ сжатого воздуха из отверстия П перекрыт клапаном 3. При нажатии на кнопку 1 рычаг 4 действует на толкатель 2, который перемещается, упирается в клапан 3, отодвигая его от его седла. При этом перекрывается канал А и пропускается сжатый воздух от отверстия П к отверстию К. При освобождении кнопки клапан возвращается в исходное положение под действием пружины.

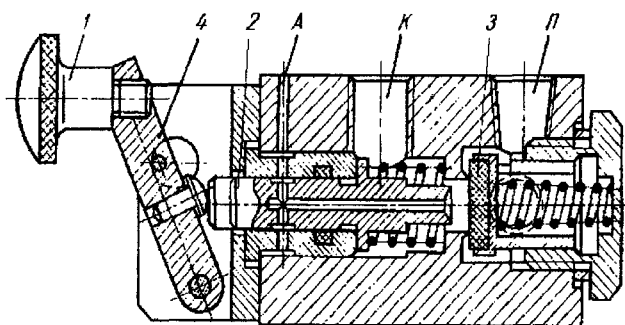


Рисунок 1.11. Трехканальный клапанный распределитель:  
1 – кнопка, 2 – толкатель, 3 – клапан мягкий, 4 – рычаг

Недостатком распределителей клапанного типа является необходимость приложения большого усилия для открытия клапана чтобы, преодолеть давление сжатого воздуха на клапан.

Распределители клапанного типа с ручным управлением широко применяют для управления встряхивающими и прессовыми цилиндрами одностороннего действия формовочных машин и пескодувными механизмами.

Принципиальная схема ручного управления пневмодвигателем одностороннего действия с помощью трёхканального распределителя показана на рис. 1.12.

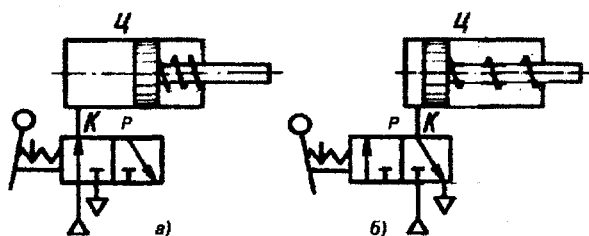


Рисунок 1.12. Схема включения трехканального распределителя для управления пневмоцилиндром одностороннего действия: а — исходное положение, б — второе положение

В исходном положении (рис. 1.12,а) сжатый воздух подается через отверстия П и К<sub>2</sub> по трубопроводу в пневмоцилиндр Ц. Поршень перемещается в крайнее правое положение, вытесняя воздух из цилиндра по трубопроводу через отверстия К<sub>1</sub> и А в атмосферу.

При перемещении золотника распределителя Р во второе положение (рис. 1.12,б) направление движения воздуха в трубопроводах, присоединенных к пневмоцилиндру Ц изменится на противоположное. Сжатый воздух подается по трубопроводу через отверстия П и К<sub>1</sub> в пневмоцилиндр Ц. Поршень перемещается в крайнее левое положение, вытесняя воздух из цилиндра по трубопроводу через отверстия К<sub>2</sub> и А в атмосферу.

В качестве четырехканальных распределителей используют золотниковые распределители с плоскими или цилиндрическими золотниками.

Схема распределителя с плоским золотником представлена на рис. 1.13. Внутри корпуса 1 находится плоский золотник 2, прижатый к плите 4 пружиной 3 и сжатым воздухом. В положении золотника, показанном на рис. 2.2, сжатый воздух, подаваемый в отверстие П, через отверстие К<sub>2</sub> поступает в пневмодвигатель. Воздух из пневмодвигателя свободно выходит в атмосферу через отверстие К<sub>1</sub>, внутреннюю полость В и отверстие А в корпусе 1 распределителя.

Для переключения распределителя достаточно штоком 5 передвинуть золотник 2 вправо. В этом случае отверстие К<sub>1</sub> будет соединено с отверстием П, а отверстие К<sub>2</sub> с атмосферой. В любом поло-

жении золотника 2 полость В распределителя постоянно соединена с атмосферой посредством отверстия А.

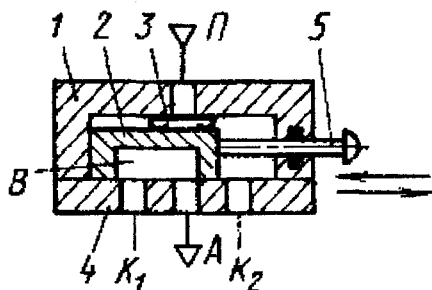


Рисунок 1.13. Схема распределителя с плоским золотником: 1 – корпус, 2 – золотник плоский, 3 – пружина, 4 – плита, 5 – шток

Распределитель с плоским золотником с пневматическим управлением представлен на рис. 1.14. В таком распределителе перемещение золотника осуществляется под действием сжатого воздуха. Это позволяет преодолевать значительные по величине силы трения между золотником и корпусом аппарата при переключении.

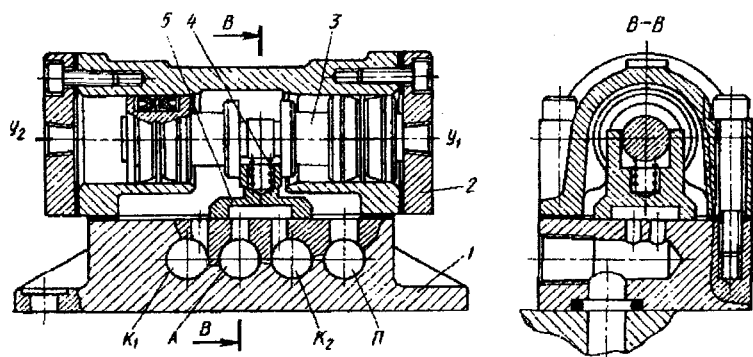


Рисунок 1.14. Четырехканальный распределитель с плоским золотником и пневматическим управлением: 1 – корпус, 2 – крышка, 3 – поршень, 4 – пружина, 5 – золотник плоский

Плоский золотник 5 прижат к основанию корпуса пружиной 4 и давлением воздуха. Для переключения золотника сжатый воздух подаётся через канал  $V_1$  в крышке 2, а канала  $V_2$  соединяется с атмосферой. При этом шток 3 перемещается влево перемещая золотник 5. В результате отверстие  $\Pi$  соединяется с каналом  $K_2$ , а канал  $K_1$  – через внутреннюю полость золотника с атмосферой (канал  $A$ ).

Преимущества распределителей с плоским золотником – простота конструкции, большие пропускные сечения; золотник при снятии внешнего воздействия остается неподвижным. К недостаткам этих распределителей следует отнести достаточно большие усилия, необходимые для перемещения золотника.

Принципиальная схема ручного управления пневмодвигателем двухстороннего действия с помощью четырёхканального распределителя показана на рис. 1.15.

В исходном положении поршень пневмоцилиндра удерживается в крайнем правом положении давлением сжатого воздуха. При перемещении вручную золотника распределителя  $P$ , его каналы изменяют положение относительно отверстий  $K_1$  и  $K_2$ . Направление движения воздуха в трубопроводах, присоединенных к пневмоцилиндру изменится. Поршень переместится в левое крайнее положение, а воздух из штоковой полости пневмоцилиндра выйдет в атмосферу.

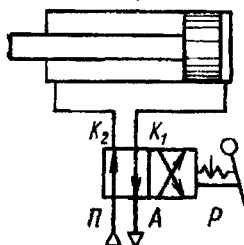


Рисунок 1.15. Схема включения четырехканального распределителя для управления пневмоцилиндром двухстороннего действия

#### Контрольные вопросы:

1. Какими достоинствами обладают золотниковые пневмораспределители по сравнению с клапанными?
2. Чем обусловлено применение различных типов пневмораспределителей?
3. В чем отличие трехканальных пневмораспределителей от четырехканальных?
4. Чем отличаются пневмораспределители с ручным управлением от пневмораспределителей с пневматическим управлением?
5. Для чего служат уплотнения в пневмораспределителях?

### 1.3 Контрольно-регулирующая пневматическая аппаратура

Контрольно-регулирующая аппаратура предназначена для регулирования расхода и давления сжатого воздуха в пневмоприводах, а также защиты пневмоприводов от падения давления. К такой аппаратуре относятся регуляторы давления, обратные клапаны, дроссели и реле давления.

Регуляторы давления (рис. 1.16) служат для регулирования и поддержания постоянного давления сжатого воздуха, подаваемого в пневмодвигатели.

Сжатый воздух подводится к отверстию *П*. Пружина *6* через диафрагму *4* и толкатель *5* отжимает клапан *3* от седла *2*, образуя кольцевую щель для прохода воздуха в отверстие *О*. Усилие пружины *6* уравнивается давлением воздуха, поступающего в полость *В* через небольшое отверстие в корпусе. Если давление в сети, присоединенной к отверстию *О* понизится, то уменьшается давление и в полости *В* под диафрагмой. При этом нарушается равновесие, пружина прогибает диафрагму и через толкатель *5* отжимает клапан от седла *2*, в результате чего зазор для прохода воздуха увеличивается, и давление на выходе регулятора повышается до заданного. Регулятор настраивают на необходимое давление затяжкой пружины *6* винтом *1*.

Условное обозначение регулятора давления сжатого воздуха на принципиальных схемах пневматических приводов машин показано на рис. 1.17.

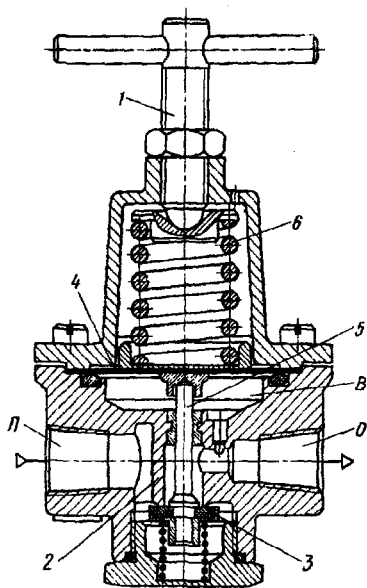


Рисунок 1.16. Регулятор давления сжатого воздуха:

- 1 – пружина, 2 – седло клапана,
- 3 – клапан, 4 – диафрагма,
- 5 – толкатель, 6 – пружина

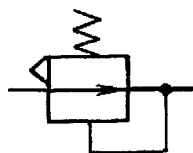


Рисунок 1.17

Обратные клапаны (рис. 1.18) относятся к запорным устройствам. Они обеспечивают свободный проход воздуха только в одном направлении. В противоположном направлении проход воздуха полностью перекрывается. Запорным элементом клапана является поршень 3 с уплотнением 2, подпружиненный в осевом направлении. При подаче воздуха на вход клапана (рис. 1.18,а), поршень отжимается от седла на корпусе 1 и смещается в направлении потока, сжимая пружину, до упора в крышку 5. Прохождение воздуха к выходному отверстию обеспечивают радиальные отверстия 4 в поршне.

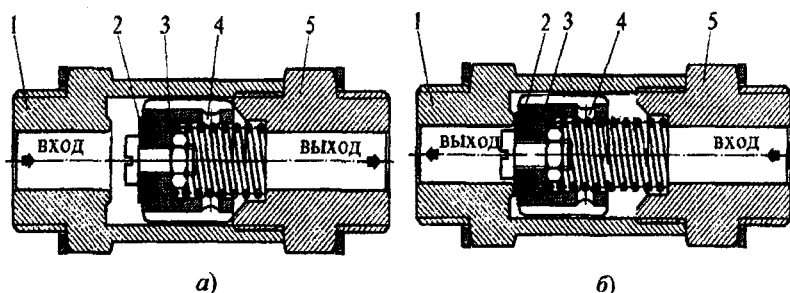


Рисунок 1.18 Обратный клапан, *а* – открыто, *б* – закрыто. 1 – корпус, 2 – кольцо уплотнительное, 3 – поршень, 4 – отверстие радиальное, 5 – крышка

При снятии давления пружина возвращает поршень в исходное положение, при котором перекрывается входное отверстие.

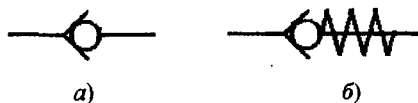


Рисунок 1.19 Условные обозначения обратных клапанов:  
*а* – общее, *б* – клапан с возвратной пружиной

Условные обозначения обратных клапанов (общее обозначение) и обратных клапанов с возвратной пружиной на принципиальных схемах пневматических приводов машин показано на рис. 1.19.

Обратные клапаны устанавливают в пневмосистемах для защиты их от падения давления на подводящих трубопроводах.

Дроссели применяются для изменения площади поперечного сечения трубопроводов. Простейший нерегулируемый дроссель – шайба с отверстием, установленная в трубопроводе.

Регулируемые дроссели бывают игольчатые и щелевые. В игольчатом дросселе сжатый воздух от отверстия *A* (рис. 1.20,а) проходит через кольцевой зазор между конической иглой *1* и седлом корпуса *2* к отверстию *B*. Сечение кольцевого зазора изменяют опусканием или подъемом иглы *1* при ее вращении в винтовой паре.

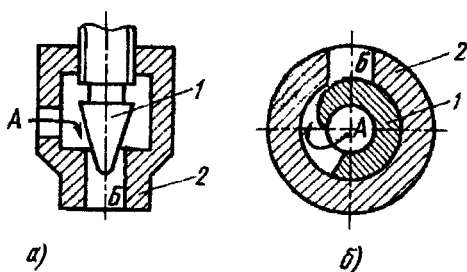


Рисунок 1.20. Схемы дросселей:  
а – игольчатый, б – щелевой

Щелевой дроссель (рис. 1.20,б) состоит из втулки *1* и обоймы *2*. Сжатый воздух подается в осевое отверстие *A* втулки *1* и через профильную проточку (щель) проходит к отверстию *B* обоймы. При повороте втулки *1* относительно обоймы *2* изменяется зазор между ними и, соответственно, площадь сечения щели, соединяющей полости *A* и *B*.

На рис. 1.21 представлена схема игольчатого дросселя с гибким обратным клапаном. Обратный клапан *3* (рис. 1.21,а) под давлением сжатого воздуха прижимается к седлу и закрывает свободный проход воздуха в направлении, показанном стрелкой. В этом направлении воздух может проходить только через регулируемое винтом *1* кольцевое сечение во втулке *2* и отверстия *4* в ней. В обратном направлении воздух свободно проходит через открывающийся под давлением сжатого воздуха обратный клапан *3* (рис. 1.21,б).

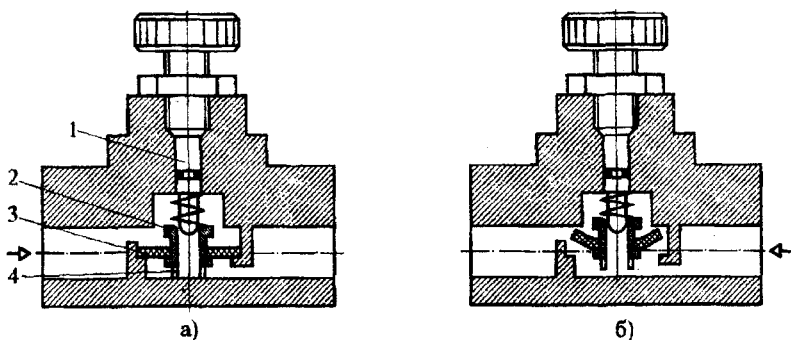


Рисунок 1.21. Схема игольчатого дросселя с обратным клапаном:  
*а* – режим дросселирования, *б* – режим свободного прохода воздуха

В схемах дроссельного регулирования скорости движения поршней пневмодвигателей применяют щелевые дроссели с обратным клапаном, объединенные в одну конструкцию (рис. 1.22). Втулка 3 дросселя, состоящая из двух деталей, соединенных друг с другом резьбой установлена в обойме 4. Внутри втулки 3 находится клапан 1, прижатый к коническому седлу пружиной 2.

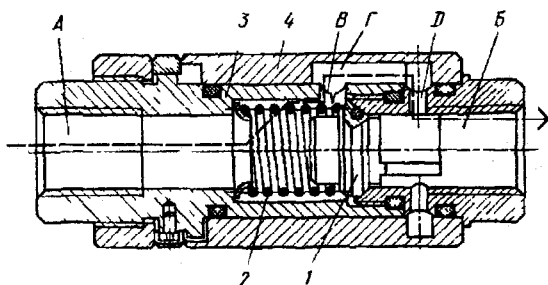


Рисунок 1.22. Щелевой дроссель с обратным клапаном:  
 1 – клапан обратный, 2 – пружина, 3 – втулка, 4 – обойма

При подводе сжатого воздуха в отверстие *Б* клапан 1 отодвигается от седла, преодолевая небольшое сопротивление пружины 2. Через



образовавшуюся кольцевую щель воздух практически свободно проходит внутри втулки к отверстию *A*.

При изменении направления потока воздуха, т. е. когда он поступает в отверстие *A*, клапан 1 плотно прижимается к седлу. Поэтому воздух проходит через отверстие *B* втулки 3 в эксцентричную проточку *Г* обоймы 4 и, далее, через отверстие *D* во втулке 3 к отверстию *B* (путь показан штриховой линией). Расход воздуха регулируют поворотом обоймы 4 относительно втулки 3.

Условные обозначения регулируемого дросселя и регулируемого дросселя с обратным клапаном на принципиальных схемах пневматических приводов машин показаны на рис. 1.23.

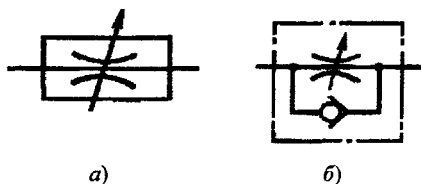


Рисунок 1.23 Условные обозначения дросселей: *a* – дроссель регулируемый, *б* – дроссель с обратным клапаном

Для сигнализации об изменении давления в пневмосистеме используют реле давления (рис. 1.24).

Сжатый воздух из системы подается через отверстие *П* в полость *В*. При этом диафрагма 5 прогибается, сжимая пружину 2, и посредством штока 4 размыкает контакты микропереключателя 1, которые включены в цепь питания сигнальной лампы. В случае падения контролируемого давления ниже допустимого диафрагма под действием сжатой пружины выпрямляется. Шток опускается, контакты микропереключателя 1 замыкаются и сигнальная лампа включается. Величину давления срабатывания реле регулируют гайкой 3.

В качестве примера использования всех ранее рассмотренных приборов на рис. 1.25 представлена принципиальная схема регулирования скорости перемещения поршня пневмодвигателя из верхнего положения в нижнее.

На схеме: *P* – регулятор давления, *РД* – реле давления, *ОК1* – обратный клапан, *Р1* – распределитель с ручным управлением, *ОК2* – обратный клапан, *D1* – дроссель регулируемый, *Ц1* – пневмоцилиндр одностороннего действия.

В исходном положении поршень пневмоцилиндра *Ц1* находится в нижнем положении под давлением груза, который он должен поднимать. При этом, поршневая полость цилиндра *Ц1* соединена с атмосферой через регулируемый дроссель *D1* и распределитель *Р1* (рис. 1.25, б).

Для подъема груза распределитель *Р1* должен быть переключают в положение, показанное на рис. 1.25, а. Сжатый воздух поступает в *Ц1* через регулятор давления *P*, обратный клапан *ОК1*, распределитель и обратный клапан *ОК2*. При этом скорость движения поршня не регулируется.

Переключение *Р1* в положение, показанное на рис. 1.25, б приводит к опусканию поршня в исходное нижнее положение под давлением поднятого груза. При этом, поршневая полость цилиндра соединяется с атмосферой через регулируемый дроссель *D1* и распределитель *Р1*. Регулирование дросселем *D1* количества выходящего из пневмоцилиндра *Ц1* воздуха при опускании поршня под воздействием массы поднятого груза позволяет изменять скорость его движения из верхнего положения в нижнее.

Такой способ регулирования скорости движения поршня называется дроссельным регулированием с установкой дросселя на выходе воздуха из пневмодвигателя.

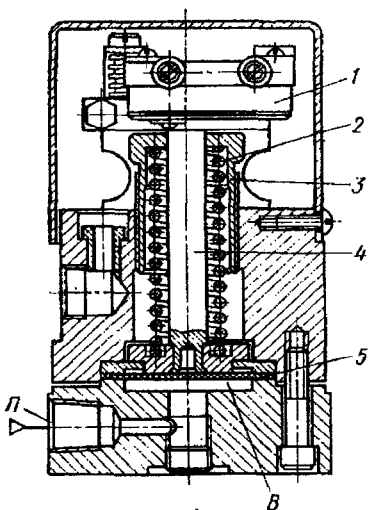


Рисунок 1.24. Реле давления:

- 1 – микропереключатель,
- 2 – пружина, 3 – гайка,
- 4 – шток, 5 – диафрагма

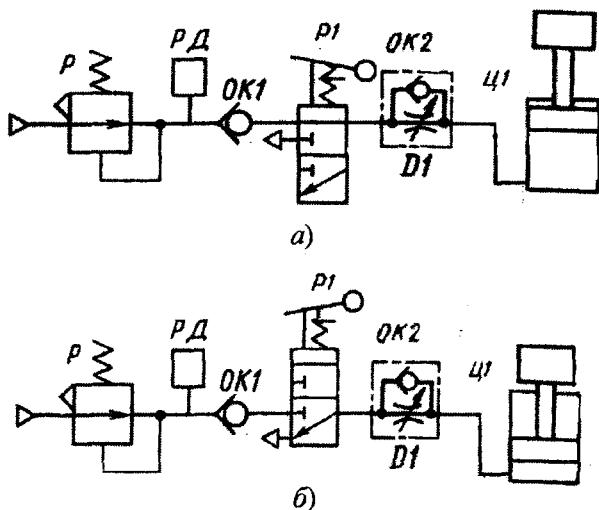


Рисунок 1.25 Принципиальная схема регулирования скорости перемещения поршня пневмодвигателя из верхнего положения в нижнее:  
*а* – движение поршня вверх, *б* – движение поршня вниз

### Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены регуляторы давления воздуха?
2. Для чего предназначены дроссели?
3. Для чего предназначены обратные клапаны?
4. Для чего предназначены обратные клапаны в сочетании с дросселями?
5. Для чего предназначены реле давления?

## 1.4 Аппаратура для подготовки сжатого воздуха, трубопроводы

В состав каждого пневматического привода входит вспомогательное оборудование и аппаратура, необходимая для качественной подготовки сжатого воздуха. К этому оборудованию относятся фильтры-влагоотделители и маслораспылители.

Фильтры-влагоотделители (рис. 1.26) предназначены для тщательной очистки сжатого воздуха от содержащейся в нём механических включений и влаги.

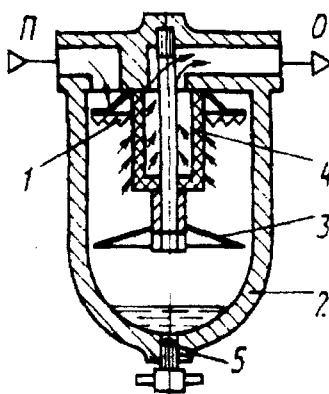


Рисунок 1.26. Фильтр-влагоотделитель:  
1 – лопасти, 2 – корпус,  
3 – перегородка, 4 – фильтр  
керамический, 5 – пробка

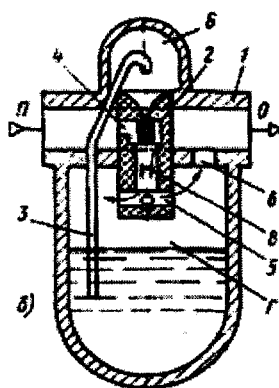


Рисунок 1.27. Маслораспылитель: 1 – корпус, 2 – устройство распылительное, 3 – трубка

Сжатый воздух подается через отверстие *П* корпуса 2 на наклонно расположенные неподвижные лопасти 1, которые приводят поток воздуха во вращение. Под действием центробежных сил во вращающемся потоке воздуха крупные твёрдые частицы и влага отбрасываются к стенкам корпуса 2 и стекают вниз (в сборник). Воздух проходит через керамический фильтр 4, который задерживает мелкие твёрдые частицы и выходит в отверстие *О*. Сборник

влаги отделён от остальной части фильтра-влажготделителя перегородкой 3. Воду периодически сливают через пробку 5.

Маслораспылители предназначены для распыления масла в потоке воздуха. Распыленное масло предназначено для смазки пневматической аппаратуры.

В распылителе (рис. 1.27) воздушный поток, поступающий в отверстие *П* раздваивается. Основная часть потока направляется к выходному отверстию *О* через боковые каналы в корпусе 1 вокруг распылительного устройства 2 и небольшая часть — через каналы 4, 5 и 6. Так как, при этом в полостях *Б* и *В* создаётся местное понижение давления масло по трубке 3 поднимается в полость *Б*, из которой по узкому каналу распылительного устройства 2 поступает в поток и распыляется в нём. Затем масло вторично распыляется при соединении двух потоков.

Условное обозначение фильтра-влажготделителя и маслораспылителя на принципиальных схемах пневматических приводов машин показано на рис. 1.28 и 1.29.

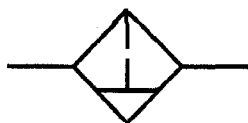


Рисунок 1.28

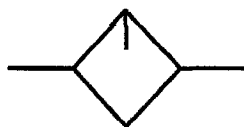


Рисунок 1.29

Неподвижные элементы пневмопривода соединяют оцинкованными стальными газовыми трубами. При небольших сечениях трубопровода употребляют медные и латунные трубки. Стальные трубы соединяют при помощи газовой арматуры или сваркой.

Для соединения подвижных элементов пневмопривода используются резиновые шланги с многослойным кордовым плетением.

Вариант оформления конца гибкого шланга для присоединения к подвижному элементу (например, к пневмоцилиндру с шарнирным креплением к станине литейной машины) показан на рис. 1.30.

Шланг 6 одет на ниппель 4 и закреплён хомутиком 5. Ниппель 4 с помощью гайки 2 через прокладку 3 присоединяется к штуцеру 1, который является деталью пневмоцилиндра.

В современных системах управления пневмоприводами нашли применение быстроразъёмные цанговые соединения и ниппельно-резьбовые соединения для полимерных пневмошлангов.

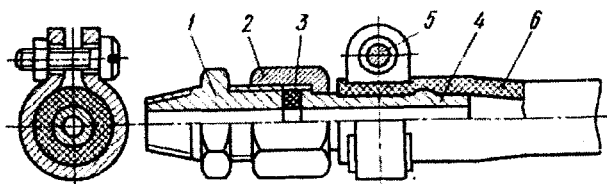


Рисунок 1.30. Вариант оформления конца гибкого шланга: 1 – штуцер, 2 – гайка, 3 – кольцо уплотнительное, 4 – ниппель, 5 – хомутик, 6 – шланг

Быстроразъёмные цанговые соединения характеризуются простотой, высокой надёжностью и не нуждаются в уплотнениях присоединительной резьбы. Быстроразъёмные соединения рассчитаны на рабочее давление в пневмосистеме 0,085...1,0 МПа.

В ниппельно-резьбовых соединениях для полимерных пневмошлангов в отличие от цанговых быстроразъёмных соединений надёжное удержание обеспечивается с помощью накладных гаек 4 (рис. 1.31), с конической внутренней торцевой поверхностью. Гайка 4 наворачивается на резьбовую часть 3 штуцера 1 после одевания на ниппель 5 шланга соответствующего размера. Уплотнение присоединительной резьбы штуцеров осуществляется с помощью прокладок 2 из поливинилхлорида, выдерживающих температуру от  $-10$  до  $+100$  °С и давление до 1,0 МПа. Для давлений до 3,0 МПа применяются комбинированные уплотнительные кольца из алюминия, выдерживающие температуру от  $-30$  до  $+100$  °С.

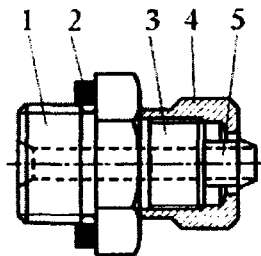


Рисунок 1.31. Устройство для ниппельного-резьбового соединения шланга:

1 – штуцер, 2 – прокладка, 3 – резьбовая часть, 4 – гайка накладная, 5 – ниппель

Надежная герметизация резьбового соединения штуцера с корпусом пневмоэлемента без использования уплотнительного кольца (прокладки) обеспечивается слоем тефлона, нанесенного на резьбу. Монтаж соединения производится путем завинчивания рукой с последующей затяжкой ключом около двух оборотов. Подобные резьбовые соединения можно повторно монтировать до пяти раз. Таким образом обеспечивается облегчение (гибкость) монтажа в стесненных условиях.

Условные обозначение жестких и гибких трубопроводов на принципиальных схемах пневматических приводов машин показано на рис. 1.32.



Рисунок 1.32. Условные обозначения трубопроводов на принципиальных схемах: *а* – трубопровод жесткий, *б* – трубопровод гибкий

Основной характеристикой трубопровода является его условный проход  $D_Y$ , т.е. номинальный внутренний диаметр, который определяется оптимальной скоростью движения воздуха в трубопроводах – 17 м/сек, т.к. при такой скорости не возникает значительных потерь давления.

Для отработанного воздуха используется специальная система трубопроводов, по которой воздух отводится за пределы цеха и выпускается в атмосферу через глушители.

#### Контрольные вопросы:

1. Для чего применяют маслораспылители?
2. С какой целью применяют ниппели в гибких шлангах?
3. Для чего применяют влагоотделители?
4. В чём заключается принцип действия влагоотделителя?
5. В каких случаях применяются быстроразъёмные цанговые и ниппельно-резьбовые соединения?

## 2 Гидропривод

Гидроприводом называют совокупность устройств, в число которых входит один или несколько объемных гидродвигателей, предназначенных для приведения в движение механизмов и машин. Основными устройствами гидропривода являются гидронасосы, гидродвигатели, распределительные и управляющие устройства.

Особенностью гидропривода является возможность создания больших усилий сравнительно небольшими по габаритным размерам силовыми устройствами. Гидропривод характеризуется возможностью бесступенчатого регулирования скорости в широком диапазоне, возможностью управления режимами работы привода во время их движения, простотой автоматизации, плавным ходом механизмов и бесшумностью работы.

Отмеченные положительные характеристики гидропривода, обусловленные принципом его действия, устройством основных его элементов и, самое главное, свойствами жидкости как рабочего тела определяют область его применения.

Упрощенная схема гидропривода приведена на рис. 2.1. Насос 2, приводимый в действие электродвигателем 1, засасывает жидкость из резервуара 9 и нагнетает ее в систему. По напорному трубопроводу 8 жидкость под давлением через распределитель 6 поступает в гидроцилиндр 7, поршень которого перемещается, приводя в движение связанные с ним рабочие органы машины. Жидкость из гидроцилиндра 7 сливается через распределитель 6 по трубопроводу 3 в резервуар 9.

Управление распределителем 6 осуществляется системой управления 10. Манометр 4 и предохранительный клапан 5 предназначены для контроля давления жидкости гидравлической системы и защиты от разрушения.

Рабочая жидкость – практически не сжимается. Поэтому скорость перемещение поршня под давлением жидкости зависит от ее количества, поступившего в рабочую полость цилиндра. Следовательно, управляя расходом жидкости, можно обеспечить практически любой закон движения рабочего органа машины.

В гидроприводах литейных машин используют жидкость под давлением от 2,5 до 20 Мн/м<sup>2</sup> (25-200 кгс/см<sup>2</sup>). Это позволяет при



сравнительно небольших габаритных размерах исполнительных устройств развивать высокие усилия.

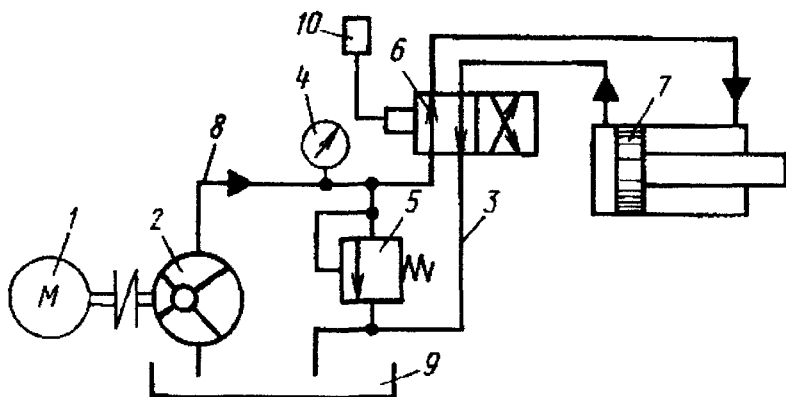


Рисунок 2.1 Упрощенная схема гидропривода: 1 – электродвигатель, 2 – насос, 3 – трубопровод сливной, 4 – манометр, 5 – предохранительный клапан, 6 – распределитель, 7 – гидроцилиндр, 8 – трубопровод напорный, 9 – резервуар, 10 – система управления

Вследствие применения высоких давлений в гидросистеме необходимо тщательно герметизировать разъемные и особенно подвижные соединения, что требует высокого качества изготовления элементов гидравлических устройств. Поэтому стоимость элементов гидропривода намного выше стоимости соответствующих элементов пневмопривода.

Гидропривод применяют для создания высоких статических усилий, для осуществления возвратно-поступательных движений при больших нагрузках и в случаях обязательного выполнения требуемого закона движения или плавного движения приводимого механизма в машинах: литья под давлением, кокильных, прессовых формовочных, в оборудовании для специальных видов литья, в автоматических формовочных линиях и линиях кокильного литья.

## 2.1 Гидравлические насосы

Насос – это устройство для перемещения жидкости под повышенным давлением в гидравлической системе.

В гидроприводах литейных машин применяют разные типы гидронасосов, отличающиеся принципом действия, конструкцией и характеристиками (производительностью и давлением). Наиболее распространены насосы объемного действия, которые перемещают жидкость, вытесняя ее из замкнутого объема при помощи вытеснителей, в частности.

Лопастные насосы могут быть с постоянной или регулируемой производительностью.

Насосы с регулируемой производительностью позволяют осуществлять плавное изменение скорости гидродвигателя, причем производительность может изменяться и автоматически, что способствует наиболее полному использованию мощности приводного электродвигателя и выполнению оптимального режима работы исполнительных органов.

Основные характеристики насосов – это рабочее давление развиваемое насосом  $p$ , в  $\text{МН/м}^2$  ( $\text{кгс/см}^2$ ) и производительность насоса  $Q$  в  $\text{дм}^3/\text{сек}$  ( $\text{л/мин}$ ) при рабочем давлении  $p$ .

Эффективная (полезная) мощность, отдаваемая насосом в гидравлическую систему:

$$N_{\text{эф}} = pQ.$$

Мощность электродвигателя, приводящего в действие насос:

$$N_{\text{прив}} = \frac{pQ}{\eta_n},$$

где  $\eta_n = \eta_o \eta_m$  – полный к. п. д. насоса;

$\eta_o$  – объемный к. п. д. насоса, учитывающий утечки жидкости в полостях насоса;

$\eta_m$  – механический к. п. д. насоса, учитывающий потери на трение в подвижных соединениях и потери на трение в жидкости, обусловленные ее вязкостью.

Значения коэффициентов  $\eta_o$  и  $\eta_m$  приведены в каталогах для конкретных насосов.

Схема лопастного насоса представлена на рис. 2.2.

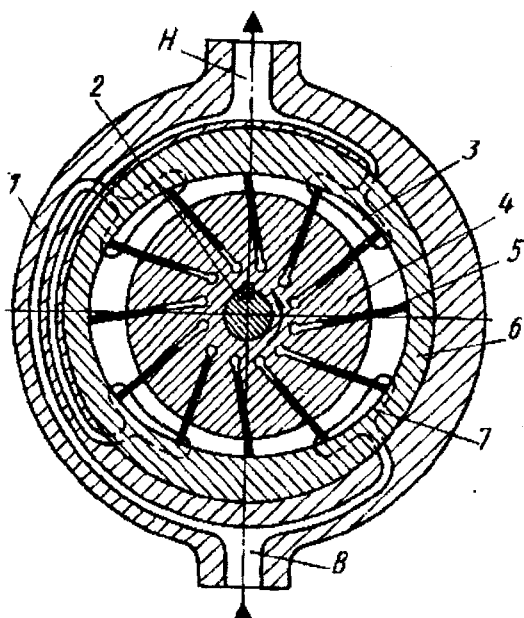


Рисунок 2.2. Схема лопастного насоса: 1 – корпус, 2 – вал, 3 – окно нагнетания жидкости, 4 – ротор, 5 – лопасть, 6 – статор, 7 – окно всасывания

Лопастные насосы состоят из литого корпуса 1 с каналами, статора 6, имеющего внутри криволинейную профильную поверхность в виде эллипса, по которой скользят лопасти 5, вставленные с небольшими зазорами в пазы ротора 4. Ротор с валом 2 вращаются от электродвигателя. При вращении ротора лопасти под давлением жидкости и центробежных сил выдвигаются из пазов и всегда прижаты к внутренней поверхности статора. Вращаясь вместе с рото-

ром, каждая лопасть перемещается в пазах в радиальном направлении в соответствии с профилем статора.

Объем камеры, заключенный между двумя соседними лопастями, при вращении ротора непрерывно изменяется. При прохождении камеры мимо окон всасывания  $\Gamma$ , расположенных в торце статора, объем ее увеличивается, и через отверстие  $B$  в камеру засасывается жидкость. Во время прохождения каждой отдельной камеры мимо окна нагнетания  $З$  ее объем уменьшается, и жидкость под давлением вытесняется через каналы к выходному отверстию  $H$ . Окна всасывания и окна нагнетания расположены диаметрально противоположно друг другу. За один оборот ротора каждая отдельная камера осуществляет два полных цикла всасывания и нагнетания.

Производительность лопастного насоса двойного действия можно рассчитать по формуле:

$$Q = \frac{b\omega(R-r)}{\pi} \left[ \pi(R+r) - \frac{sz}{\cos\alpha} \right] \cdot 10^3 \text{ дм}^3/\text{сек},$$

где  $R$ ,  $r$  – соответственно наибольший и наименьший радиусы профиля статора в м;

$s$ ,  $b$  – длина и ширина лопасти (м);

$\alpha$  – угол наклона лопастей к радиусу;

$z$  – число лопастей;

$\omega$  – скорость вращения ротора (рад/сек, об/мин).

Лопастные насосы выпускают производительностью от 0,08 до 3,3 дм<sup>3</sup>/сек (5–200 л/мин) при давлении до 6,5 МН/м<sup>2</sup> (65 кгс/см<sup>2</sup>) с  $\eta_0 = 0,88 - 0,93$  и  $\eta_m = 0,7 - 0,85$ .

Во многих гидроприводах литейных машин используется несколько насосов, большинстве два насоса: насос высокой производительности с низким давлением и насос высокого давления с низкой производительностью.

Для компактности эти насосы выпускают в сдвоенном исполнении с одним общим электродвигателем.

Например, сдвоенный лопастной насос (рис. 2.3) состоит из насосов 1 и 2, смонтированных на общем приводном валу 3 и соединенных один с другим специальными переходными фланцами 4.

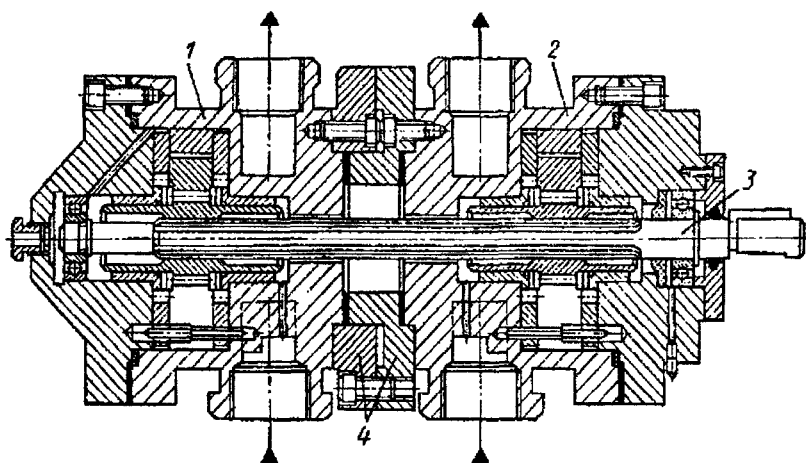


Рисунок 2.3. Схема двояного лопастного насоса:  
1 и 2 – насос лопастной, 3 – вал, 4 – фланец переходной

Подавать жидкость в систему можно одним общим потоком или двумя раздельными.

Сдвоенные насосы могут иметь одинаковую производительность или различную.

Условное общее обозначения гидронасоса постоянной производительности на принципиальных схемах гидравлических приводов машин показано на рис. 2.4,а. На рис. 2.4,б в показаны условные обозначения лопастного насоса.

Для компоновки насосных станций имеет значение конструктивное исполнение насосов. Гидронасосы изготавливают с креплением на фланце и на лапках. При фланцевом креплении насос может быть установлен непосредственно в ванне гидробака или на его верхней или боковой поверхностях, при креплении на лапках – на верхней крышке бака.

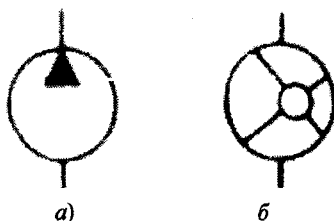


Рисунок 2.4. Условные обозначения насосов:  
*a* – общее обозначение, *б* – лопастной насос

### Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены насосы в гидроприводах машин?
2. Какие характеристики имеют лопастные насосы?
3. С какой целью насосы делают сдвоенными?

## 2.2 Гидравлические двигатели

Гидравлические двигатели (гидродвигатели) преобразуют механическую энергию потока рабочей жидкости в механическую энергию движения механизмов машины. Гидродвигатели бывают с возвратно–поступательным движением штока (гидроцилиндры) и двигатели с вращательным движением вала (моментные и лопастные гидродвигатели).

Гидроцилиндры по конструкции подобны пневмоцилиндрам. Как и пневмоцилиндры, гидроцилиндры бывают одностороннего и двухстороннего действия.

Для плавной остановки поршня гидроцилиндра, перемещающегося с большими скоростями, применяют специальные демпфирующие устройства. Хвостовик 1 поршня гидроцилиндра (рис. 2.5) в конце хода входит в полость крышки 2, оставляя для выхода жидкости из штоковой полости небольшой зазор. Давление в полости противодействия резко возрастает, скорость движения поршня интенсивно снижается. При движении в противоположном направлении хвостовик поршня 3 входит в полость крышки 4, затрудняя вы-

ход жидкости из штоковой полости и обеспечивая тем самым плавное торможение.

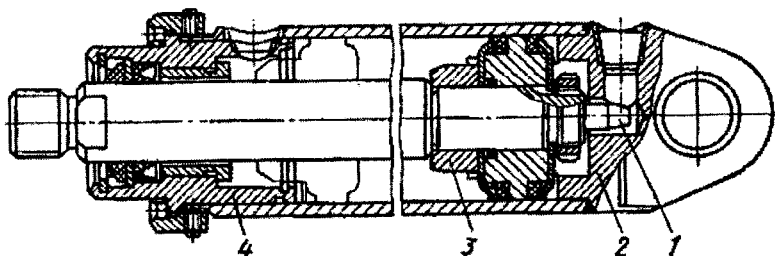


Рисунок 2.5. Гидроцилиндр двухстороннего действия:  
1 – хвостовик, 2 – крышка, 3 – втулка, 4 – крышка

Гильзы гидроцилиндров изготавливают из горячекатаных бесшовных стальных труб и подвергают термообработке до твердости НВ 241–285. Внутреннюю поверхность гильз шлифуют и хромируют.

Штоки изготавливают из сталей 35, 45, 40Х, подвергают термообработке (улучшению), шлифуют и хромируют. Крышки цилиндров получают из поковок (сталь 35 и 45) или отливок (сталь 35Л и 45Л, чугун СЧ 20). В стальные крышки вставляют бронзовые или капроновые втулки (направляющие для штока).

Поршни гидроцилиндров изготавливают из антифрикционного серого чугуна или из стали с последующим покрытием бронзой, латуной или капроном.

Для предотвращения утечек жидкости из гидроцилиндров используют уплотнения. От эффективности работы уплотнений также зависят: сила трения, износ и экономичность гидропривода.

К уплотнениям подвижных соединений относятся уплотнения поршня с гильзой и штока с крышкой. К уплотнениям неподвижных соединений – уплотнения поршня со штоком, гильзы с крышками и т.п.

В гидроцилиндрах широко применяют манжетные, чашечные и шевронные уплотнения, а также уплотнения резиновыми и капроновыми кольцами.

Манжеты изготовляют из маслостойкой резины, капрона, фторопласта и других синтетических материалов (рис. 2.6).

В поршне, приведенном на рис. 2.6,а, манжеты устанавливают при его сборке свободно и, кроме того, между манжетами устанавливают кольцо из антифрикционного материала, например, чугуна, бронзы, капрона.

Манжеты предназначены для работы в гидроприводах при давлении до  $30 \text{ МН/м}^2$  ( $300 \text{ кгс/см}^2$ ) и температурах от  $+80$  до  $-35$  °С.

Чашечные уплотнения, изготовленные из пластмасс, обычно устанавливают в сборных поршнях (рис. 2.6,б).

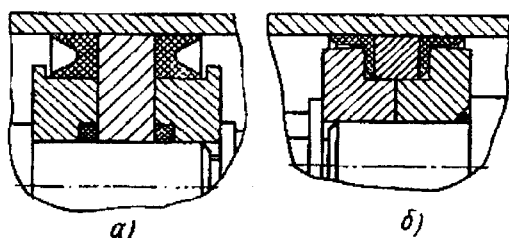


Рисунок 2.6. Уплотнения поршня с гильзой: а – манжетное, б – чашечное

Уплотнения круглыми кольцами просты по конструкции, но менее надежны в работе по сравнению с манжетными и чашечными.

Шевронные уплотнения поршня с гильзой (рис. 2.7, а) состоят из набора шевронных манжет 2, опорного кольца 3 и нажимного кольца 1. Манжеты изготовляют из специальной ткани, пропитанной граффито-резиновой смесью. Количество манжет в уплотнении зависит от давления жидкости в системе и может быть от 3 до 8. При давлениях до  $10 \text{ МН/м}^2$  ( $100 \text{ кгс/см}^2$ ) количество манжет не превышает 3. Такой тип уплотнения выдерживает давление до  $50 \text{ МН/м}^2$  ( $500 \text{ кгс/см}^2$ ). В некоторых случаях опорное кольцо выполняют из металла заодно с поршнем или отдельно в виде кольца-поршня из антифрикционного материала (рис. 2.7,б). Шевронные уплотнения обеспечивают герметичность за счет создания предварительного натяга, что вызывает их быстрый износ. Чтобы сохранить герметичность уплотнения, необходимо периодически производить его поджим.



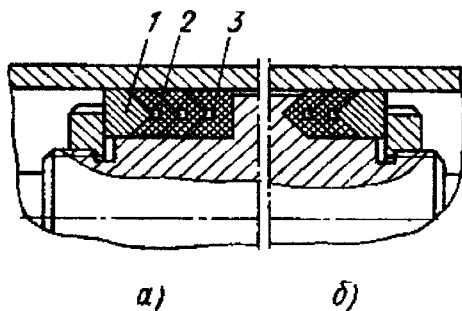


Рисунок 2.7. Уплотнения поршня с гильзой шевронное: 1 – кольцо нажимное, 2 – манжета, 3 – кольцо опорное

Поршневые чугунные кольца могут работать в широком диапазоне температур и скоростей при давлениях до  $30 \text{ МН/м}^2$  ( $300 \text{ кгс/см}^2$ ). Стойкость уплотнения поршневыми кольцами в 2 раза больше стойкости манжетного уплотнения. Кольца изготовляют из перлитного серого чугуна с последующей закалкой. При давлениях до  $10 \text{ МН/м}^2$  ( $100 \text{ кгс/см}^2$ ) устанавливают два – три кольца, а при более высоких давлениях – до восьми колец.

На нормальную работу гидропривода сильно влияет уплотнение штока. Масло, просочившееся через уплотнение штока, соединяясь с пылью, образует трудноудаляемую и легковоспламеняющуюся грязь.

Для уплотнения подвижных соединений штока и крышки широко применяют уплотнения: резиновые манжеты (рис. 2.8,а), резиновые кольца (рис. 2.8,б) и при высоких давлениях – шевронные уплотнения (рис. 2.8,в).

Для предотвращения затягивания грязи под уплотнение при движении штока устанавливают специальные грязесъемные кольца ГС (рис. 2.8,а) из маслостойкой резины.

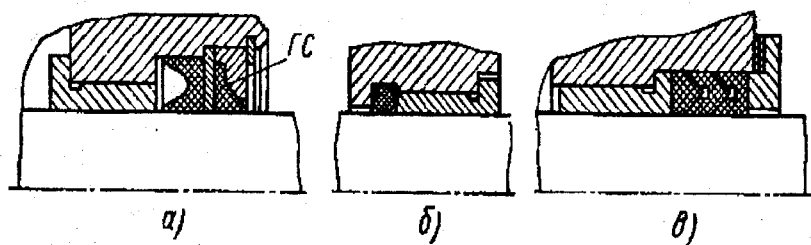


Рисунок 2.8. Уплотнение штока и крышки: а – манжетное, б – резиновыми кольцами, в – шевронное

Для уплотнения неподвижных разъемных соединений в основном применяют резиновые кольца круглого сечения, для уплотнения соединений по плоскости – легко деформируемые материалы: паронит, мягкую медь и т.д.

Основные конструктивные параметры гидроцилиндра – это внутренний диаметр цилиндра  $D$ , диаметр штока  $D_{ш}$  и ход поршня  $S$ . По диаметру цилиндра устанавливают другие параметры, он определяет основные показатели работы привода: развиваемое усилие  $P$  и скорость движения поршня  $V$ .

Максимальное усилие, развиваемое гидроцилиндром, можно определить по формуле:

$$P = pF - p_с F_с - P_{тн} - P_{тш},$$

где  $p$  и  $p_с$  – соответственно давление в рабочей полости и полости противодействия ( $\text{МН/м}^2$ );

$F$  и  $F_с$  – эффективная площадь поршня в рабочей полости и полости противодействия ( $\text{м}^2$ );

$P_{тн}$  и  $P_{тш}$  – сила трения в уплотнениях поршня и штока (Н).

Усилие, развиваемое гидроцилиндром, при подаче жидкости в полость нештоковую определяется по формуле:

$$F = \frac{\pi D^2}{4}.$$

Усилие, развиваемое гидроцилиндром, при подаче жидкости в полость штоковую определяется по формуле:

$$F_s = \frac{\pi(D^2 - D_{ш}^2)}{4} \cdot p$$

Силы трения зависят от вида уплотнений поршня и штока. Их можно рассчитать. Например, при уплотнении манжетами:

$$P = \mu_1 \cdot \pi \cdot D \cdot l \cdot p,$$

где  $D$  – диаметр поршня или штока (м);

$p$  – рабочее давление (МН/м<sup>2</sup>);

$l$  – длина уплотнения (м);

$\mu_1$  – коэффициент трения манжеты о поверхность – 0,05–0,1.

При отсутствии дополнительных сопротивлений в магистрали слива противодействие  $p$ , как правило, не превышает 0,25 МН/м<sup>2</sup>.

Гидроцилиндры широко используют в прессовых формовочных машинах, механизмах запираания машин литья под давлением и в подъемных механизмах печей отжига.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие материалы используются для изготовления гидродвигателей?
2. Какие детали служат для уплотнения подвижных соединений в гидроцилиндрах и из каких материалов их изготавливают?
3. Как устроены тормозные встроенные устройства в гидроцилиндрах?

### **2.3 Аппаратура управления в гидроприводах**

Для управления гидродвигателями служат краны и золотниковые распределители. При помощи кранов и распределителей можно реверсировать (изменять на противоположное) направление движения рабочих органов машин и механизмов путём изменения (переключения) направления потока жидкости, поступающей в гидродвигатель.

Схема двухпозиционного крана с ручным управлением при помощи рукоятки представлена на рис. 2.9. Корпус 4 имеет четыре радиально расположенных отверстия. Через отверстие 5 масло поступает от насоса, а через отверстие 12 уходит на слив. Отверстия 6 и 8 связаны с соответствующими полостями ей (гидроцилиндров). В положении, показанном на рис. 2.9, масло, поступающее через отверстие 5, попадает в канавку 13 пробки 3. Канавка 13 связана сквозным отверстием (показано пунктирной линией) с канавкой 9, откуда масло попадает к отверстию 8 и направляется по трубопроводу к гидродвигателю. Масло, вытекающее из гидродвигателя по трубопроводу, присоединенному к отверстию 6, попадает в канавку 7 и далее через отверстие 10 в канавку 11, связанную со сливным отверстием 12. При повороте пробки канавка 7 непосредственно соединяет отверстия 5 и 5, а масло, поступающее к отверстию 8, проходит через канавку 9, сквозное отверстие пробки в канавку 13, которая при этом соединяется с отверстием 12.

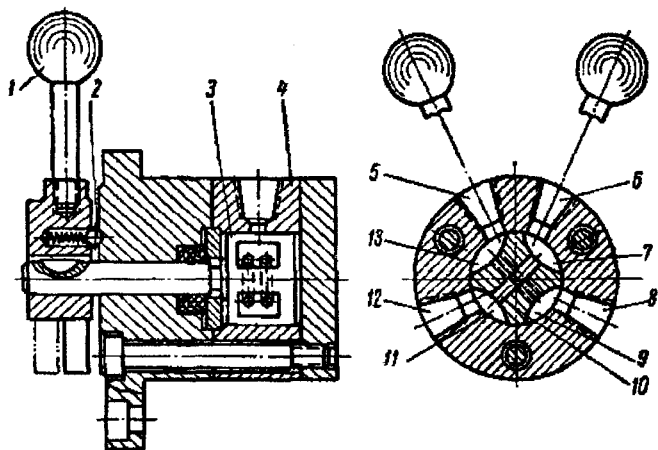


Рисунок 2.9. Схема двухпозиционного крана с ручным управлением:  
 1 – рукоятка, 2 – шарик, 3 – пробка, 4 – корпус, 5, 6, 8, 12 – отверстие,  
 7, 9, 11, 13 – канавка в пробке, 10 – отверстие в пробке

Поворот крана осуществляется рукояткой 1, положение которой фиксируется шариком 2.

Условное обозначение крана на принципиальных схемах гидравлических приводов представлено на рис. 2.10.



Рисунок 2.10

Принцип действия золотниковых распределителей рассмотрим на примере 3-х позиционного распределителя (рис. 2.11). Золотник 11 представляет собой плунжер с кольцевыми проточками. Корпус распределителя 1 также имеет ряд кольцевых канавок, связанных радиальными отверстиями с трубопроводами гидросистемы. При осевом перемещении золотника его проточки соединяют канавки корпуса, а соответственно и трубопроводы, постоянно связанные с этими канавками, между собой. Масло поступает к распределителю через отверстие 5, отверстия 4 и 7 служат для подачи масла в систему, а отверстия 10 и 12 – для слива масла из системы.

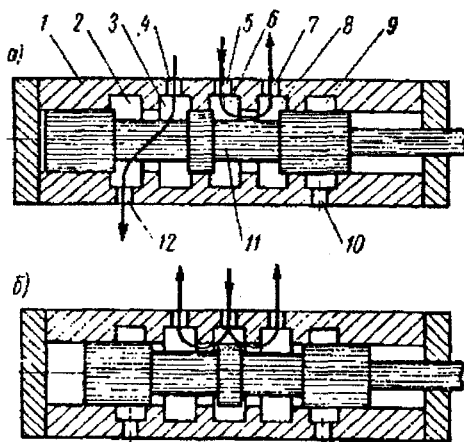


Рисунок 2.11. Схема трехпозиционного распределителя: 1 – корпус, 2, 3, 6, 8, 9 – канавка, 4, 5, 7, 10, 12 – отверстие, 11 – золотник

В крайнем левом положении золотника, показанном на рис. 2.11, а, канавки 6 и 8 в корпусе 1 связаны между собой правой проточкой золотника и масло, поступающее в отверстие 5 распределителя из насоса, направляется через отверстие 7 в гидродвигатель.

Масло, вытекающее из гидродвигателя, поступает по трубопроводу в отверстие 4 и затем по канавкам 3 и 2 уходит на слив через отверстие 12.

В крайнем правом положении золотника (положение на рис. 2.11 не показано) его левая проточка соединит канавки 3 и 6, масло из насоса, поступающее в отверстие 5 будет подаваться к отверстию 4, а масло, уходящее из системы через отверстие 7, пройдет через связанные между собой правой проточкой золотника 11 канавки 8 и 9 к сливному отверстию 10.

При среднем положении плунжера 11, показанном на рис. 2.11, б, его выточки свяжут между собой канавки 3, 6 и 8 и масло, поступающее из насоса через отверстие 5, будет одновременно подаваться к отверстиям 4 и 7. Такое включение используется, например, в схемах гидроприводов с одним насосом и дифференциальным цилиндром для осуществления быстрых ходов поршня.

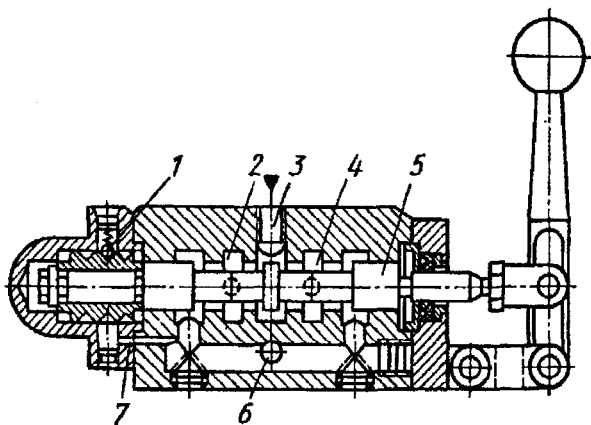


Рисунок 2.12. Трехпозиционный распределитель: 1 – шарик-фиксатор, 2, 4 – канавка, 3, 6, 7 – отверстие, 5 – золотник

Золотниковые распределители бывают с ручным и гидравлическим управлением, с управлением от электромагнитов, с управлением от кулачка с пружинным возвратом золотника и др.

Устройство трехпозиционного распределителя с ручным управлением показано на рис. 2.12.

Жидкость от насоса подаётся к отверстию 3 и сливается в бак через отверстие 6 в среднем положении золотника 5. При перемещении с помощью рукоятки золотника 5 влево или вправо от среднего положения, жидкость из отверстия 3 подаётся в гидродвигатель через соответственно правое и левое отверстия в нижней части корпуса распределителя. В крайних и нейтральном положении золотник 5 фиксируется шариковым фиксатором 1. Жидкость, попавшая в камеру фиксатора, отводится через отверстие 7 в сливную линию.

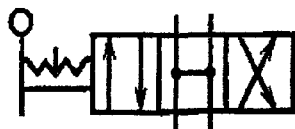


Рисунок 2.13

Условное обозначение золотникового распределителя с ручным управлением и фиксированным положением рукоятки на принципиальных схемах гидравлических приводов представлено на рис. 2.13.

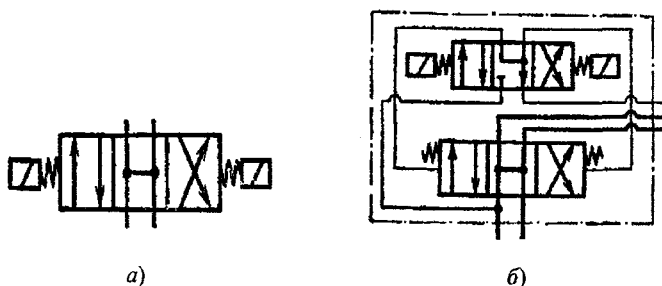


Рисунок 2.14. Условные обозначения распределителей:  
*а* – с электромагнитным управлением,  
*б* – с электрогидравлическим управлением

Для переключения потоков жидкости с большими расходами применяют распределители с электрогидравлическим управлением. Такой распределитель представляет собой комбинацию из двух распределителей: главного распределителя с гидравлическим управлением и вспомогательного распределителя с электромагнитным управлением.

Условное обозначение золотниковых распределителей с электромагнитным и электрогидравлическим управлением на принци-

пиальных схемах гидравлических приводов представлено на рис. 2.14, б.

Трехпозиционные распределители нашли применение в схемах гидроприводов с разгрузкой гидросистемы без сохранения высокого давления в системе. Под разгрузкой понимается снижение до минимального значения давления жидкости в системе или уменьшение ее расхода в те интервалы времени работы гидропривода, в течение которого поршни цилиндров не должны перемещаться и находятся в любом одном из двух крайних положений поршня цилиндра.

На схеме (рис. 2.15) показано положение золотника распределителя 2 с электромагнитным управлением в режиме разгрузки. В крайнем положении поршня цилиндра 3 насос 1 перекачивает жидкость из бака через распределитель 2 и дроссель 4 в бак с минимальными затратами энергии (режим разгрузки). Для предотвращения самопроизвольного движения поршня 3 служит нерегулируемый дроссель 4 выполненный в виде диафрагмы. Дроссель 4 позволяет поддерживать давление в системе до  $0,25 \text{ МН/м}^2$  ( $2,5 \text{ кгс/см}^2$ ). Этого давления достаточно для предотвращения самопроизвольного перемещения поршня.

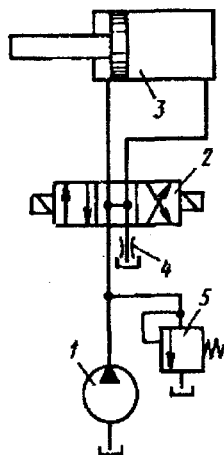


Рисунок 2.15

Для предохранения системы от перегрузок предназначен предохранительный клапан 5.

Для совершения прямого хода толкателя необходимо включить правый электромагнит распределителя, а для совершения обратного хода – левый.

#### Контрольные вопросы:

1. Какими достоинствами обладают золотниковые гидрораспределители по сравнению с кранами?
2. Чем обусловлено применение различных типов гидрораспределителей?
3. В чем отличие двухпозиционных пневмораспределителей от трёхпозиционных?



4. Чем отличаются гидрораспределители с ручным управлением от гидрораспределителей с гидравлическим управлением?
5. Для чего служат уплотнения в гидрораспределителях?

## 2.4 Контрольно-регулирующая аппаратура в гидроприводах

К регулирующей аппаратуре относятся: клапаны обратные, клапаны предохранительные, клапаны редукционные, реле давления, дроссели.

Обратные клапаны (рис. 2.16) свободно пропускают жидкость только в одном направлении. При этом жидкость, поступающая под давлением в корпус 4, сжимает пружину 1, поднимает клапан 2, и свободно выходит из корпуса 4 в присоединённый к нему трубопровод.

При изменении направления потока жидкости, клапан 2 прижимается седлу под давлением жидкости.

Клапаны предохранительные (напорные золотники) (рис. 2.17) предназначены для предохранения системы от перегрузок и поддержания определённого постоянного давления в гидросистеме.

Отверстие 8 подключают к напорной магистрали, а отверстие 4 к трубопроводу, по которому жидкость сливается в бак.

Золотник 2 находится под давлением жидкости, поступающей в отверстие 9 со стороны полости 10 и под воздействием пружины 7 с другой стороны. Если усилие, создаваемое давлением жидкости, меньше усилия, на которое отрегулирована пружина, то золотник 2 прижмется к крышке 1 и полость 4 разъединится с полостью 8. С увеличением давления в системе усилие, действующее со стороны полости 10, возрастает и, превысив усилие пружины, переместит золотник 2 вверх. Полость 8 соединится с полостью 4, и жидкость из напорной магистрали будет отводиться в бак. При этом в гидросистеме сохраняется давление, установленное натяжением пружины 7.

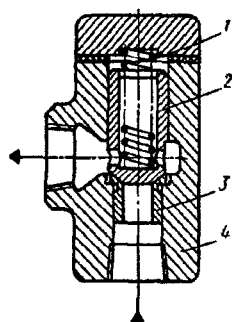


Рисунок 2.16. Обратный клапан:  
1 – пружина,  
2 – клапан, 3 – седло клапана, 4 – корпус

Для настройки золотника используют винтовое устройство (на рис. 2.17 не обозначено). Отверстие 5 предназначено для слива утечек жидкости из полости 6 в бак.

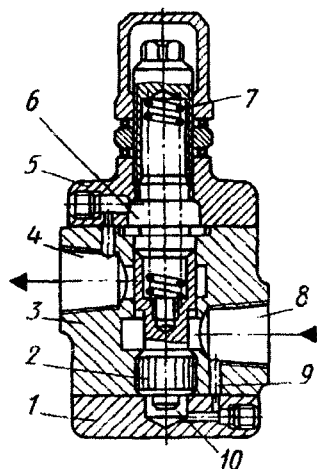


Рисунок 2.17. Напорный золотник: 1 – крышка, 2 – золотник, 3 – корпус, 4, 5, 8, 9 – отверстие, 6 – полость, 7 – пружина

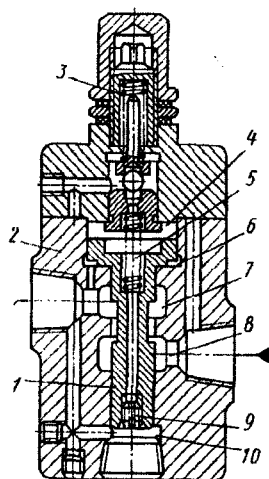


Рисунок 2.18. Редукционный клапан: 1 – золотник, 2 – корпус, 3, 5 – пружина, 4, 6, 7, 8, 10 – полость, 9 – пробка

Редукционные клапаны (рис. 2.18) предназначены для понижения давления на отдельных участках гидросистемы, в которой используется высокое давление. В исходном положении давление жидкости на золотник клапана уравнивается слабой пружиной 5 и золотник 1 прижимается к корпусу 2. При повышении давления в полости 7 равновесие нарушается, так как увеличивается давление со стороны полостей 10 и 6 на золотник, который приподнимается, уменьшая кольцевую щель для прохода жидкости из полости 8 в полость 7. Благодаря этому давление в полости 7 будет снижаться до тех пор, пока давление в полости 4 (перед шариковым клапаном) не достигнет величины настройки пружины 3. Снижение давления происходит без сброса жидкости в бак.

Если давление жидкости в полости 7 окажется несколько ниже давления настройки пружины 3, то золотник под действием пружины 5 опустится. Кольцевая щель между полостями 8 и 7 увеличится, и давление в полости 7 возрастет до давления настройки пружины шарикового клапана. Таким образом, в полости 7, а, следовательно, и в сети, с которой она соединена, поддерживается постоянное давление, соответствующее настройке пружины 3 шарикового клапана. Редукционный клапан работает без шума и вибраций, так как демпфирующее отверстие в пробке 9 тормозит движение золотника 1.

Реле давления (рис. 2.19) предназначено для сигнализации о падении давления в гидросистеме.

Реле давления присоединяют к гидравлической системе с помощью отверстия 6. Пружина 3 предназначена для настройки реле на нужное давление (в обычном исполнении реле — 0,5–6,4 Мн/м<sup>2</sup>). Под воздействием давления в гидросистеме диафрагма 1, деформируясь, сообщает движение рычагу 2. При повороте рычага укрепленный на нем винт 5 нажимает на штифт электрического микровыключателя 4. Срабатывая, микровыключатель замыкает или размыкает электрическую цепь сигнальной лампы в схеме управления.

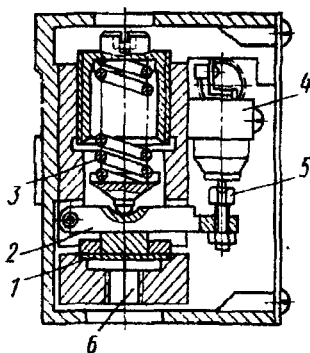


Рисунок 2.19. Реле давления:

- 1 — диафрагма, 2 — рычаг,
- 3 — пружина,
- 4 — микровыключатель,
- 5 — винт регулировочный

Дроссели применяются в основном для регулирования скорости движения поршня в гидроцилиндре. Изменение скорости поршня достигается путём изменения площади поперечного сечения канала, по которому протекает масло. Расход масла через дроссель и скорость движения поршня зависят от давления в системе.

Схема щелевого дросселя представлена на (рис. 2.20). Расход жидкости регулируется и устанавливается при помощи рукоятки в соответствии с делениями лимба 3. В дросселе поворотом трубки изменяют площадь щели 5, сообщающейся с отверстием 7. Трубка 6 соединена с рукояткой 1. При настройке дросселя гайка 2 отжимается, поворотом рукоятки изменяется положение трубки 6 и уста-

навливается необходимая площадь сечения щели, обеспечивающая нужную скорость движения. Заданное положение дросселя фиксируется гайкой 2, путем поджима последней к лимбу 3. Крайнее положение дросселя фиксируется упором 4, входящим в дуговую канавку лимба.

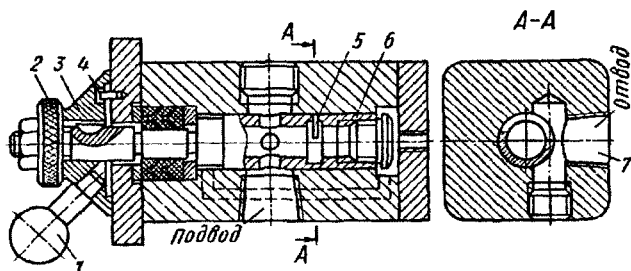


Рисунок 2.20. Щелевой дроссель: 1 – рукоятка, 2 – гайка, 3 – лимб, 4 – упор, 5 – щель, 6 – трубка, 7 – отверстие

Условные обозначения обратного клапана, напорного золотника, редукционного клапана и регулируемого дросселя на принципиальных схемах гидравлических приводов представлены на рис. 2.21–2.24 соответственно.



Рисунок 2.21

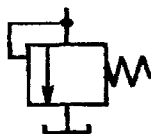


Рисунок 2.22

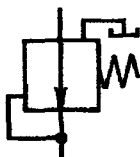


Рисунок 2.23

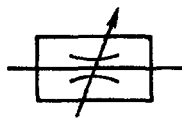


Рисунок 2.24

В крупных машинах литья под давлением иногда применяют игольчатые дроссели, площадь пропускного сечения которых изменяется при подъеме и опускании иглы. Дроссели устанавливаются обычно на выходе масла из гидродвигателя для регулирования скорости движения поршня.

В качестве примера использования контрольно-регулирующей аппаратуры может служить схема разгрузки гидропривода с сохранением высокого давления (рис. 2.25). Если в аккумуляторе 4 при работе насоса устанавливается заданное давление, на которое настроено реле 5 давления, то последнее включает электромагнит вспомогательного распределителя 6. Весь поток жидкости от насоса направляется свободно на слив. Проходу жидкости под высоким давлением от аккумулятора на слив препятствует обратный клапан 7. Клапан 8 предохраняет систему от чрезмерных перегрузок.

Если в аккумуляторе 4 давление вследствие расхода жидкости или утечек понизится, то реле давления 5 отключит электромагнит распределителя 6, и насос начнет нагнетать жидкость в аккумулятор, повышая в нем давление до заданного.

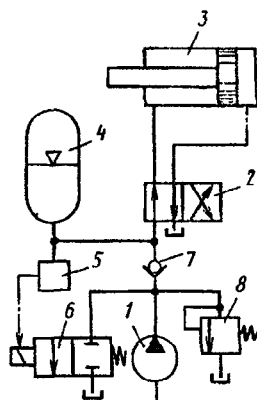


Рисунок 2.25. Схема разгрузки гидропривода с сохранением высокого давления: 1 – насос, 2 – распределитель, 3 – гидроцилиндр, 4 – гидроаккумулятор, 5 – реле давления, 6 – распределитель, 7 – клапан обратный, 8 – клапан предохранительный

### Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены регуляторы давления в гидроприводах?
2. Для чего предназначены дроссели?
3. Для чего предназначены обратные клапаны?
4. Для чего предназначены реле давления?
5. Для чего предназначены редуccionные клапаны?

### 3 Электропривод

В современном машиностроении индивидуальный электропривод является основным видом привода производственных машин. По простоте, надежности и экономичности при непрерывных перемещениях или больших периодических ходах рабочих органов машин электропривод превосходит все другие типы приводов. Электрическая энергия, потребляемая из сети, в электроприводе непосредственно преобразуется в механическую энергию. Легкость управления и гибкость электропривода позволяют решать самые разнообразные технологические задачи.

При относительно небольших возвратно-поступательных перемещениях рабочих органов, что характерно для значительной группы литейных машин, электропривод теряет свои преимущества, так как в этом случае требуются сложные, дорогие и малонадежные промежуточные механизмы.

По структуре электропривод можно разделить на силовые элементы и устройства (систему) управления. Основными силовыми элементами электропривода являются электродвигатели, тяговые электромагниты и устройства с непосредственным воздействием электромагнитным полем на перемещаемый объект.

В соответствии с заданными скоростным и силовым режимами работы машины, система управления электроприводом осуществляет управление двигателем или промежуточным механизмом, обеспечивает необходимую последовательность работы приводов отдельных механизмов, защиту двигателей, различные блокировки и выполняет другие вспомогательные функции, например, сигнализирует о ходе технологического процесса. Аппаратура управления двигателем включает, отключает и реверсирует двигатель и формирует его характеристики, максимально приближая их к технологически необходимым.

В литейных машинах электропривод используется для выполнения основных технологических, транспортных и вспомогательных операций. Например, метательная головка пескомета, выполняющая основные технологические операции: заполнение и уплотнение формовочной смеси в опоке, имеет электропривод. Формовочные смеси обычно транспортируются ленточными конвейерами с электроприводом. Все основные механизмы крупных

машин литья под давлением имеют гидропривод, а вспомогательные механизмы регулирования расстояния между плитами машины – электропривод. В очистных барабанах непрерывного действия электроприводы имеют почти все механизмы: дробеметные головки, вращающиеся барабаны и подвижные поды, сита и сепараторы для очистки дробы, механизмы регулирования угла наклона барабанов и т. д.

По характеру выполняемых технологических операций, отличающихся скоростными и силовыми режимами работы литейные машины и их механизмы можно разделить на несколько групп. Большую группу составляют машины и механизмы с непрерывным или периодическим перемещением рабочих органов, скорость движения которых не регулируется. Это смесители, полигональные сита, станки для зачистки отливок, очистные барабаны, столы и камеры, вентиляторы и дымососы, элеваторы и транспортеры для сыпучих и кусковых материалов, выбивные решетки, вертикальные и горизонтальные конвейерные сушильные установки и т. д. Электроприводы таких машин состоят из электродвигателей, простейших промежуточных механизмов (обычно редукторов) и аппаратуры для включения, отключения и защиты электродвигателей. Лишь иногда в них требуются специальные устройства для торможения.

К другой группе относятся машины и механизмы с возвратно-поступательными перемещениями рабочих органов, к стабильности скоростных параметров движения которых также не предъявляется жестких требований, но могут быть специальные требования по разгону, торможению и точной остановке. Это – транспортные (транспортерные) тележки поточных линий пескочетной формовки крупных отливок, кантователи крупных форм и стержней, весовые тележки для набора шихты, скиповые подъемники, тележки желобов центробежных машин для отливки труб и т. д. Электропривод этих машин уже сложнее.

Можно выделить группу машин, для которых необходимо ступенчатое регулирование скоростного или силового режимов работы с относительно невысокой точностью. Это регулирование может проводиться как при переналадке, так и в течение цикла работы машины. Изменять скорость движения рабочих органов необходимо, например, в пескочетных головках, центробежных машинах,

устройствах для транспортировки заливочных ковшей с жидким металлом и т. д. Электроприводы этого оборудования требуют устройств, предназначенных для формирования искусственных характеристик двигателя с целью получения необходимой скорости вращения, они могут содержать все элементы приводов машин первых двух групп.

Существуют также литейные машины с непрерывным регулированием скорости или силового режима работы по ходу процесса, например, машины для непрерывного литья, «жидкой» прокатки и других современных технологических процессов. Такие машины имеют сложные электроприводы с автоматическими системами регулирования. В качестве силовых элементов в таких электроприводах применяются асинхронные двигатели и двигатели постоянного тока с параллельным возбуждением. Двигатели постоянного тока способны обеспечить все необходимые технологические характеристики. Однако они имеют коммутационные ограничения по скорости, относительно дороги и требуют квалифицированного обслуживания.

Асинхронные двигатели, кроме простоты, обладают существенными экономическими преимуществами: они дешевы, надежны и не требуют дорогих преобразовательных установок. Поэтому в машинах первых трех групп используются почти исключительно асинхронные двигатели. Управление электродвигателями литейных машин осуществляется с помощью релейно-контакторной аппаратуры. В системах регулируемого привода используются электромашинные преобразователи и усилители. В настоящее время успешно внедряются тиристорные преобразователи для управления двигателями постоянного тока. Ведутся разработки преобразователей для частотного регулирования асинхронных двигателей. В литейном производстве тиристорные преобразователи уже успешно заменяют электромашинные преобразователи и ламповые генераторы высокочастотных индукционных плавильных печей.

При автоматизации литейных машин особое значение имеет внедрение бесконтактных систем управления, так как в условиях повышенной запыленности в литейных цехах релейно-контакторная аппаратура недостаточно надежна. Однако бесконтактная аппаратура, в том числе и тиристорная, дороже релейно-контакторной и требует высококвалифицированного обслуживания.



Характерным для развития электропривода литейных машин является совершенствование систем управления и двигателей, что упрощает или вообще исключает механические передачи. Разнообразные фланцевые, встроенные, многоскоростные двигатели позволяют создавать компактные высокопроизводительные машины. Разработка силовых устройств с непосредственным электромагнитным воздействием на перемещаемый объект вообще изменяет машину, исключая подвижные элементы в ней.

Основными энергетическими показателями работы электропривода являются цикловой к. п. д. и коэффициент использования установленных мощностей. Для повышения показателей работы электроприводов литейных машин необходим тщательный выбор мощности электродвигателей с учетом их фактической загрузки. Недогрузка асинхронных двигателей, кроме плохого использования установленных мощностей (капитальных вложений) и понижения к. п. д., приводит к уменьшению коэффициента мощности  $\cos\varphi$ , т. е. неполному использованию трансформаторов и генераторов, увеличению потерь электроэнергии, а также к повышению стоимости единицы электроэнергии.

### 3.1 Исполнительные механизмы в электроприводах

В качестве исполнительных механизмов в электроприводах широко применяются электродвигатели и тяговые электромагниты.

Возможность использования электродвигателя в приводе машины с заданными скоростным и силовым режимами работы определяется его механическими характеристиками. Механической характеристикой двигателя называется зависимость скорости вращения его вала  $n$  от вращающего момента  $M$ :

$$n = f(M).$$

Степень изменения скорости вращения двигателя с изменением момента на его валу определяется жесткостью механической характеристики. Различают три вида механических характеристик: абсолютно жесткую, жесткую и мягкую. Жесткость механической характеристики характеризуется скольжением:

$$s = -\frac{n_o - n}{n_o},$$

где  $n_o$  – скорость вращения магнитного поля двигателя (синхронная скорость вращения двигателя) в *об/мин*,

$n$  – скорость вращения ротора двигателя соответственно в *об/мин*.

При абсолютно жесткой механической характеристике скорость вращения двигателя постоянна и не зависит от момента на валу ( $S = 0$ ). При жесткой механической характеристике скорость вращения двигателя с изменением момента изменяется незначительно. Жесткой можно считать и рабочую часть механической характеристики асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Момент асинхронного двигателя приближенно можно определить по формуле:

$$M = \frac{2M_k}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}},$$

где  $s$  – скольжение, соответствующее моменту  $M$ ,

$M_k$  и  $s_k$  – критический момент и критическое скольжение.

Механические характеристики определяют возможности пуска, торможения и регулирования скорости двигателя.

На рис. 3.1 показана механическая характеристика асинхронного двигателя, построенная с использованием ранее упомянутых формул при номинальном напряжении питания.

В точке  $A$  механической характеристики скорость вращения ротора двигателя равна скорости вращения магнитного поля ( $n = n_o$ ,  $s = 0$ ), а момент, развиваемый двигателем, равен нулю. Этот случай синхронного вращения называют идеальным холостым ходом машины. В точке  $B$  двигатель развивает максимальный (критический) момент  $M_k$ , которому соответствует критическое скольжение  $s_k$ .

Точкой  $B$  механическая характеристика двигателя в первой четверти делится на две части. Участок  $AB$  является зоной устойчивой работы электродвигателя. Режим работы двигателя на участке  $BC$  неустойчив. Момент, развиваемый двигателем на этом участке, возрастает с увеличением скорости вращения, что в зависимости от величины момента сопротивления неизбежно приводит к разгону двигателя и переходу на устойчивую часть механической характеристики или к его остановке.

Точка  $C$  соответствует началу пуска двигателя ( $n = 0, s = 1$ ) и определяет пусковой момент двигателя  $M_n$ .

В связи с тем, что напряжение цеховой сети подвержено колебаниям, а критический момент двигателя пропорционален квадрату напряжения, максимальный момент  $M_{max}$ , с которым двигатель может еще работать на устойчивой части механической характеристики при колебаниях напряжения сети, выбирают меньше критического  $M_k$  при нормальном напряжении питания, т. е. рабочую часть механической характеристики ограничивают точкой  $D$  (участок  $AD$ ). Максимальный момент асинхронного двигателя принимают равным  $0,85 M_k$ .

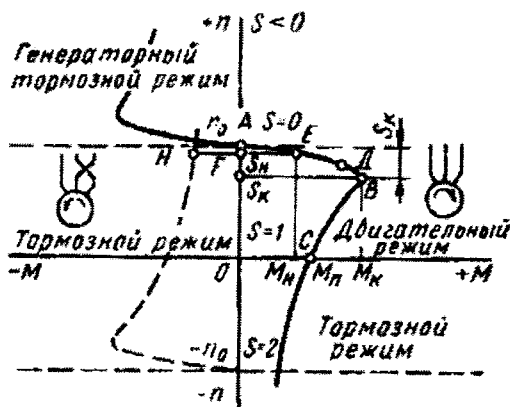


Рисунок 3.1. Механическая характеристика асинхронного двигателя

Точка  $E$  на рабочей части характеристики соответствует номинальному режиму работы асинхронного двигателя. В этом режиме

двигатель развивает номинальный момент  $M_n$  при номинальной скорости  $n_n$  (и номинальную мощность  $N_H$ ) и не перегревается выше допустимых пределов при длительной работе.

Зная номинальную мощность и номинальную скорость вращения, номинальный момент двигателя можно определить из соотношения:

$$M = 9550 \frac{N}{n} \approx 10^4 \frac{N}{n}.$$

Часть характеристики, расположенная в четвертой четверти системы координат  $M, n$ , соответствует тормозному режиму работы асинхронного двигателя. В этом случае ротор принудительно вращается против направления вращения магнитного поля. Аналогичный тормозной режим противовключения можно получить переключением (например, в точке  $E$ , рис. 3.1) двух фаз обмотки статора работающего двигателя (характеристика для данного случая на рис. 3.1 изображена штриховой линией). При таком переключении возникает тормозной момент, величина которого в первый момент определяется отрезком  $FH$ .

Часть механической характеристики двигателя, лежащая во второй четверти (при  $s < 0$ ), соответствует работе асинхронной машины в режиме генератора. Этот режим можно получить принудительным вращением ротора двигателя в направлении, совпадающем с направлением вращения магнитного поля, со скоростью выше синхронной. Режим также является тормозным. При генераторном торможении двигатель отдает энергию в сеть (рекуперативное торможение). В литейных машинах такой режим работы двигателей возникает, например, в скиповых подъемниках при ходе вниз, если передаточный механизм (от двигателя к канатному барабану) выполнен не самотормозящим.

В приводах литейных машин нашли применение электродвигатели переменного и постоянного тока, а также тяговые электромагниты.

В большинстве случаев применяют асинхронные двигатели переменного тока с короткозамкнутым ротором нормального исполнения как наиболее дешевые и надежные. Жесткая механическая характеристика таких двигателей обеспечивает достаточную стабильность работы большинства литейных машин. В случае работы с

резко выраженной переменной нагрузкой и при частых пусках (например, в дробилках, скиповых подъемниках, бегунах периодического действия, пульсирующих конвейерах и т. д.) могут быть использованы двигатели с повышенными скольжением и пусковым моментом или двигатели с фазовым ротором.

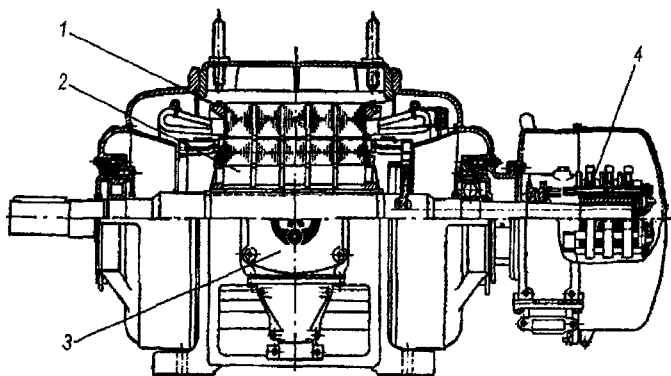


Рисунок 3.2. Электродвигатель асинхронный с фазовым ротором:  
1 – статор, 2 – ротор, 3 – коробка клеммная, 4 – кольца контактные

Асинхронные двигатели дешевы, просты, надежны и удобны в эксплуатации. Принцип действия асинхронных двигателей переменного тока основан на использовании взаимодействия вращающегося электромагнитного поля, создаваемого в обмотках статора, с токами, наводимыми в обмотке ротора.

Различают асинхронные двигатели с фазовым ротором (рис. 3.2) и с короткозамкнутым ротором (рис. 3.3).

Статор трёхфазного асинхронного двигателя 1 состоит из сердечника с уложенными в его пазах обмотками из медного изолированного провода. Обмотки на статоре соединяют в звезду или треугольник, а свободные концы выводят наружу в клеммную коробку 3. Ротор 2 асинхронного двигателя с фазовым ротором имеет обмотки, выполненные по типу трёхфазных обмоток на статоре. Обмотки на роторе обычно соединяют в звезду, а свободные концы выводят наружу и подключают к контактным кольцам 4, к которым подают напряжение с помощью щеток.

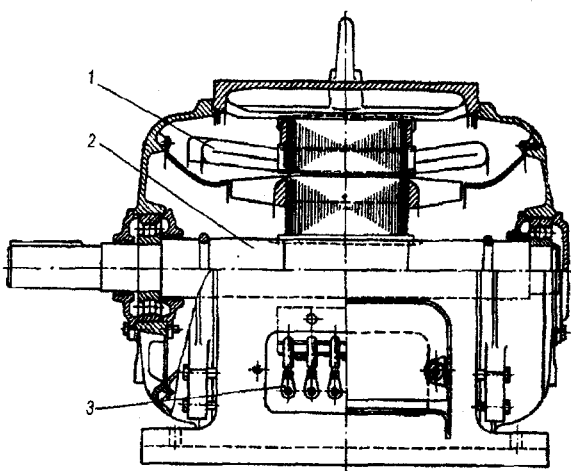


Рисунок 3.3. Электродвигатель асинхронный с короткозамкнутым ротором: 1 – статор, 2 – ротор, 3 – коробка клемная

Ротор короткозамкнутого асинхронного двигателя обмоток не имеет. Роль обмоток выполняют алюминиевые или медные неизолированные стержни, уложенные в пазах стального ротора в виде беличьего колеса. Концы стержней соединены (короткозамкнуты) между собой соответственно алюминиевыми или медными кольцами (рис. 3.4). На практике алюминиевые стержни беличьего колеса выполняют заливкой алюминиевого сплава в пазы стального ротора.

В зависимости от вида защиты от воздействия окружающей среды различают защищенные, закрытые, закрытые обдуваемые и взрывобезопасные двигатели. Наибольшее применение в литейных машинах находят закрытые обдуваемые двигатели.

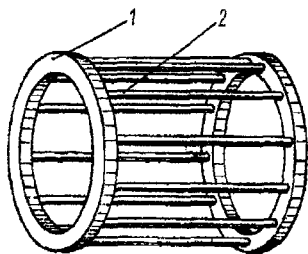


Рисунок 3.4. Беличье колесо:  
1 – кольцо, 2 – стержень

Двигатели рассчитаны на стандартные напряжения 127, 220, 380, 500 В. Единой серией асинхронных двигателей А2, АО2 предусмотрены двигатели с короткозамкнутым ротором девяти габаритов мощностью 0,6-100 кВт на синхронные скорости вращения 600, 750, 1000, 1500 и 3000 об/мин. При одинаковой мощности тихоходные двигатели имеют большие размеры и соответственно большую стоимость.

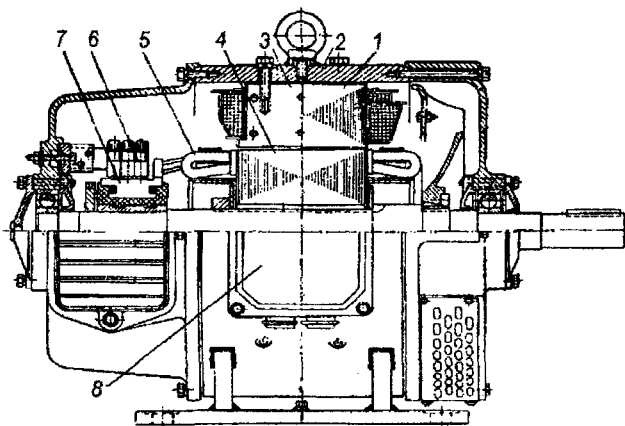


Рисунок 3.5. Электродвигатель постоянного тока: 1 – полюс главный, 2 – станина, 3 – полюс добавочный, 4 – сердечник, 5 – обмотка, 6 – щетка, 7 – коллектор, 8 – коробка клеммная

При пуске асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором пусковой ток превышает номинальный в 4-8 раз.

Для уменьшения пусковых токов асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором обмотку статора на время пуска подключают к сети через добавочное сопротивление, дроссели или пусковой автотрансформатор, отключаемые после пуска. Можно также на время пуска обмотку статора двигателя включить на звезду, а по окончании пуска переключить на треугольник.

Электродвигатель постоянного тока (рис. 3.5) состоит из индуктора, обеспечивающего создание магнитного потока и якоря, в котором наводится э. д. с. В машинах постоянного тока якорь враща-

ется, а индуктор, имеющий явно выраженные полюсы чередующейся полярности, неподвижен.

Индуктор состоит из главных полюсов 1, станины 2 и добавочных полюсов 3. Якорь состоит из зубчатого сердечника 4 и обмотки 5. На одном валу с сердечником якоря размещается также коллектор 7. Необходимыми элементами современной машины постоянного тока являются также щетки 6 и клеммная коробка 8.

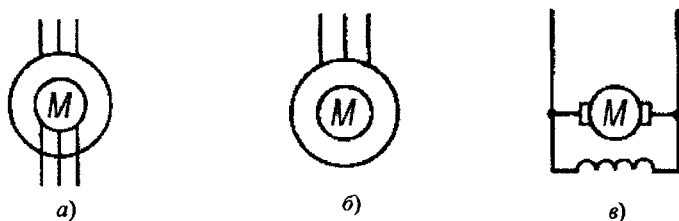


Рисунок 3.6. Условные обозначения электродвигателей: *а* – асинхронный переменного тока с фазовым ротором, *б* – асинхронный переменного тока с короткозамкнутым ротором, *в* – постоянного тока параллельным возбуждением

Условные обозначения электродвигателей на принципиальных схемах электрических приводов представлены на рис. 3.6.

Тяговые электромагниты широко применяют для дистанционного управления вентилями, кранами и задвижками в пневмо- и гидроприводах, в зажимных и тормозных устройствах и в других случаях, когда требуется быстрое перемещение рабочих органов машин на небольшое, строго определенное расстояние.

Промышленность выпускает тяговые электромагниты постоянного и переменного тока. В литейном производстве применяются преимущественно однофазные электромагниты переменного тока с тяговым усилием 15–250 Н (1,5–25 кгс) с максимальным ходом якоря 25–50 мм.

При протекании тока по катушке 1 (рис. 3.7, а) возникает магнитный поток, замыкающийся через сердечник 2 и якорь 3, набранные из листовой электротехнической стали. Якорь при этом втягивается в катушку. При изменении воздушного зазора  $X$  меняется магнитное сопротивление магнитопровода. Это ведет к изменению индуктивности катушки и уменьшению тока в ней (рис. 3.7, б). Тяговое усилие  $P$  электромагнита по мере уменьшения зазора  $X$  увеличивается.



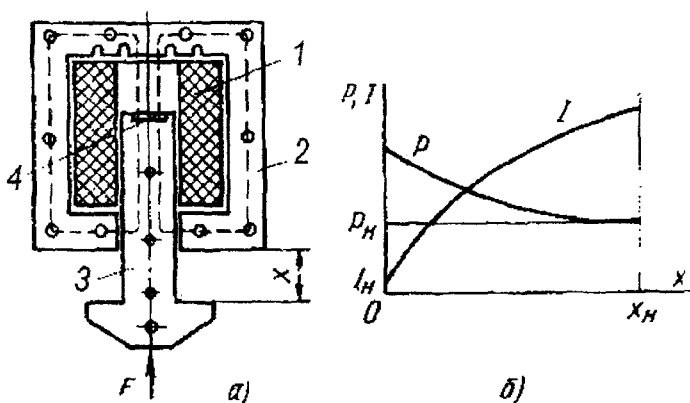


Рисунок 3.7. Тяговый электромагнит (а) и его характеристики (б):  
 1 – катушка, 2 – сердечник, 3 – якорь, 4 – виток короткозамкнутый

Для устранения вибрации и гудения якоря в электромагнитах переменного тока на торце якоря устанавливают демпферный короткозамкнутый виток 4. Магнитный поток электромагнита наводит в демпферном витке э.д.с., под действием которой в нем, как во вторичной обмотке трансформатора, возникает ток и магнитный поток, который не совпадает по фазе с основным. Суммирование этих магнитных потоков исключает вибрацию якоря.

Однофазные тяговые электромагниты допускают 1000–4000 включений в час. Время срабатывания около 0,01 с. В каталогах приводятся номинальный ход  $X$  и номинальное усилие  $P$ , соответствующее моменту трогания (рис. 3.7, б), по которым подбирается электромагнит для конкретного механизма.

Недостатком тяговых электромагнитов является непостоянство тягового усилия при перемещении якоря (рис. 3.7, б). Возрастание тягового усилия  $P$  в конце хода якоря приводит к увеличению скорости движения якоря и сильному удару, что ограничивает их применение в ряде машин.

Примером применения тяговых электромагнитов могут служить электромеханические тормозные устройства (рис. 3.8). Обмотка электромагнита Эм включается параллельно цепи питания двигателя. Когда двигатель подсоединяется к сети, якорь втягивается в обмотку электромагнита, растягивает пружину 1 и отводит колодку 2 от тормозного шкива 3 закреплённого к валу электродвигателя. При выключении двигателя электромагнит отключается и пружина 1 прижимает колодку 2 к тормозному шкиву, обеспечивая механическое торможение электродвигателя.

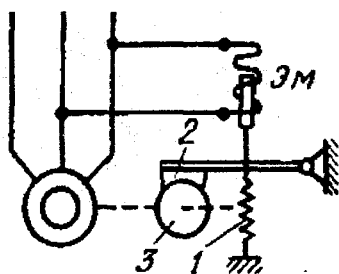


Рисунок 3.8. Схема электромагнитного тормоза: 1 – пружина, 2 – колодка тормозная, 3 – шкив тормозной

#### Контрольные вопросы:

1. Какими достоинствами обладают электродвигатели по сравнению с пневмодвигателями и гидродвигателями?
2. В чём отличие электродвигателей с фазовым ротором от электродвигателей с короткозамкнутым ротором?
3. Для чего служат тяговые электромагниты?
4. Какие достоинства и недостатки у тяговых электромагнитов?
5. Для чего предназначен тяговый электромагнит в конструкции электромагнитного тормоза?

### 3.2 Аппараты ручного и дистанционного управления электроприводами

Электрическими аппаратами называются электротехнические устройства, предназначенные для коммутации электрических цепей, контроля и защиты электротехнических систем. Это автоматические выключатели, контакторы, реле, рубильники, пакетные выключатели, кнопки управления, тумблеры и другие аппараты.

Кнопки предназначены для коммутации электрических цепей управления.

На рис. 3.9 показан кнопочный элемент, который состоит из штока 1, головки 2, пружин 5 и 6, а также контактов 3 и 4, замыкаемых и размыкаемых при перемещении штока вниз. Головки штифтов (кнопок) для удобства обслуживания снабжаются надписями: «ПУСК», «СТОП» и окрашиваются в различные цвета (кнопка «СТОП» — обычно в красный).

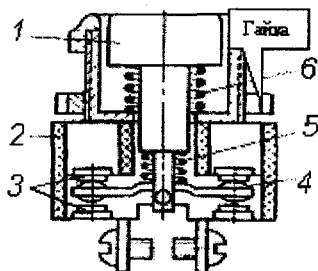


Рисунок 3.9. Кнопочный элемент: 1 — шток, 2 — корпус, 3 — контакты неподвижные, 4 — контакты подвижные, 5, 6 — пружина

На рис. 3.10 показаны условные обозначения одноцепных кнопок на принципиальных схемах электроприводов. Контакты кнопок и других электрических аппаратов на принципиальных схемах изображаются в состоянии, когда на них не оказывается механического, электрического, магнитного или какого-либо другого воздействия.

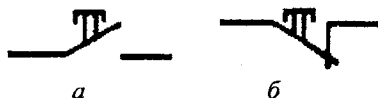


Рисунок 3.10. Условные обозначения кнопок управления: а — с замыкающим контактом, б — с размыкающим контактом

Две, три или более кнопок, смонтированных в одном корпусе, образуют кнопочную станцию.

К силовым коммутационным аппаратам с ручным управлением относят рубильники и пакетные выключатели.

Рубильники представляют собой простые коммутационные аппараты, предназначенные для замыкания и размыкания силовых электрических цепей постоянного и переменного тока напряжением до 500 В и током до 5000 А. Они различаются по величине комму-

тируемого тока, количеству полюсов (коммутируемых цепей), виду привода рукоятки и числу ее положений (два или три).

Пакетные выключатели (рис. 3.11) служат для одновременных ручных переключений нескольких независимых электрических цепей. Пакетный переключатель состоит из групп (пакетов) 2 подвижных 3 и неподвижных 4 контактов изолированных перегородками 5. Пакеты закреплены в корпусе 1. Подвижные контакты находятся на общей оси, для поворота которой служит рукоятка 6. Подвижные контакты при этом фиксируются в определенном коммутационном положении относительно корпуса 1. Пакетные переключатели выдерживают до  $10^5$  переключений. Выпускаются на номинальную силу тока до 400 А при напряжении до 660 В.

Условное обозначение трехполюсного рубильника или пакетного выключателя представлено на рис. 3.12.

К силовым аппаратам дистанционного управления относятся контакторы.

Контактор представляет собой электромагнитный аппарат с дистанционным управлением, предназначенный для частых коммутаций силовых цепей под нагрузкой.

Основными частями контактора (рис. 3.13) являются: главные контакты 1, блок-контакты 3, втягивающая катушка 4 и якорь 2. При протекании электрического тока в катушке 4 контактора, якорь 3 втягивается в катушку и замыкает контакты 1 и 3. Контакты 1 служат для подключения потребителя электрического тока к сети. Нормально-разомкнутый блок-контакт служит для шунтирования (параллельного включения) кнопки «Пуск». Во время работы контактора, ток питания катушки 4, протекает через этот контакт. При уменьшении

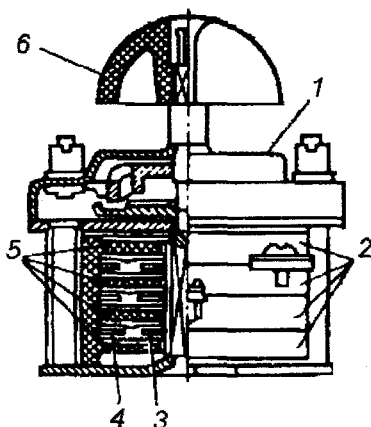


Рисунок 3.11. Пакетный выключатель: 1 – корпус; 2 – пакеты; 3 – подвижные контакты; 4 – неподвижные контакты; 5 – изоляционные перегородки; 6 – рукоятка

напряжения в сети ниже 35-40% нормального, контактор автоматически отключается, так как вес его подвижных частей превышает силу взаимодействия электромагнитного поля катушки с якорем. Поэтому, когда напряжение будет вновь подано (после остановки двигателя), самопроизвольного включения контактора не произойдет (цепь питания катушки 4 будет разомкнута). Этим обеспечивается минимальная (нулевая) защита электродвигателя.

Контакторы постоянного тока изготавливаются с одним или двумя полюсами на номинальные токи главных контактов от 4 до 2500 А. Главные контакты способны отключать токи перегрузки до 7-10 кратных от номинального тока. Катушки контакторов постоянного тока имеют большое количество витков и обладают значительной индуктивностью, что затрудняет размыкание цепей этих катушек.

Контакторы переменного тока по принципу своего действия и основным элементам конструкции не отличаются от контакторов постоянного тока. Особенности их работы связаны с питанием катушек переменным током, что приводит к повышенному току в катушке при срабатывании, в несколько раз превышающему ток при втянутом якорь.

По этой причине для контакторов переменного тока ограничивается число их включений в час (обычно не более 600). Кроме того, пульсирующий магнитный поток, создаваемый переменным током катушки, вызывает вибрацию и гудение магнитопровода, а также его повышенный нагрев. Для уменьшения этих нежелательных факторов магнитопровод набирается из тонколистовой трансформаторной стали, а на сердечник или якорь помещают короткозамкнутый виток.

В отличие от контакторов постоянного тока у контакторов переменного тока условия гашения дуги более легкие, так как дуга на



Рисунок 3.12

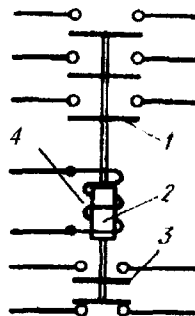


Рисунок 3.13. Схема электромагнитного контактора: 1 – контакт главный, 2 – якорь, 3 – контакт блокировочный, 4 – катушка электромагнита

Контакты переменного тока имеют на электрических схемах те же обозначения, что и контакты постоянного тока. В схемах управления ЭП применяются и универсальные контакты, позволяющие коммутировать силовые цепи как постоянного, так и переменного тока.

На рис. 3.14 показаны условные обозначения замыкающего и размыкающего контактов контакторов.

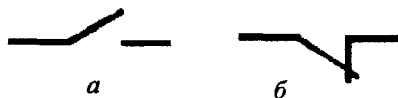


Рисунок 3.14. Условные обозначения контактов:  
*а* – замыкающий, *б* – размыкающий

Бесконтактные полупроводниковые контакторы (прерыватели) строятся на базе силовых полупроводниковых приборов тиристоры и (реже) транзисторы, отличаются широкими функциональными возможностями, высокой степенью износостойкости и значительным быстродействием.

Гибридные или комбинированные контакторы используют в своем составе электромеханические контакторы и полупроводниковые компоненты. В них коммутация осуществляется силовыми полупроводниковыми приборами, а после окончания процесса коммутации включается контактор, и ток проходит через его контакты. За счет этого повышается скорость и управляемость процесса коммутации и исключается частично или полностью появление электрической дуги, а во включенном состоянии уменьшаются потери энергии в аппарате за счет шунтирования полупроводниковых приборов металлическими контактами с малым контактным сопротивлением.

Магнитный пускатель представляет собой специализированный аппарат, предназначенный главным образом для пуска, остановки и реверса асинхронных двигателей переменного тока. Кроме управления магнитные пускатели обеспечивают с помощью тепловых реле защиту двигателей от токовых перегрузок и сигнализацию об их работе. В соответствии с перечисленными функциями в состав пускателя могут входить контактор, кнопки управления, тепловые реле защиты, сигнальные лампы, размещаемые в одном корпусе.

Выпускаемые магнитные пускатели различаются между собой по назначению (неревверсивные и реверсивные), наличию или отсутствию тепловых реле и кнопок управления, степени защиты от воздействия окружающей среды, уровням коммутируемых токов, рабочему напряжению главной цепи.

Различают минимальную и максимальную защиту электродвигателей. Как уже указывалось, минимальная защита обеспечивается конструкцией контактора. Под максимальной защитой понимают защиту тепловую и защиту от токов короткого замыкания.

Для тепловой защиты (защиты от перегрузок) применяют тепловые реле, контакты которых включают последовательно в цепь питания катушки контактора.

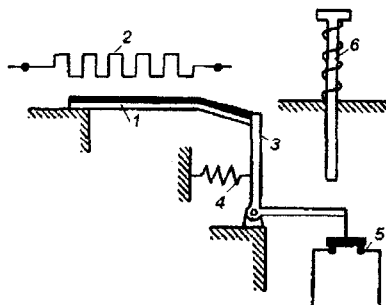


Рисунок 3.15. Схема теплового реле: 1 – биметаллическая пластина, 2 – нагреватель, 3 – рычаг, 4 – пружина, 5 – контакт, 6 – кнопка возврата.

Схема теплового реле представлена на рис. 3.15. Основной деталью теплового реле является биметаллическая пластинка 1, состоящая из двух сваренных тонких пластинок из металлов, имеющих различные коэффициенты теплового расширения, благодаря чему она при нагревании изгибается. Пластинка нагревается электрическим нагревателем 2, который включен в цепь питания двигателя. Превышение номинального тока более чем на 20% приводит к изгибу биметаллическая пластинка под воздействием тепла и освобождению рычага 3, который под действием пружины 4 повернется и разомкнет контакт 5 в цепи питания катушки электромагнитного контактора, что вызовет остановку двигателя. По истечении неко-

разомкнет контакт 5 в цепи питания катушки электромагнитного контактора, что вызовет остановку двигателя. По истечении некоторого времени (после охлаждения обмоток двигателя) контакт 5 теплового реле можно замкнуть, вернув рычаг 4 в первоначальное положение кнопкой 6.

Тепловые реле обладают значительной тепловой инерцией, и поэтому они не обеспечивают защиты электродвигателей от токов короткого замыкания. Для защиты электрических потребителей от внезапных коротких замыканий в цепях питания устанавливаются плавкие предохранители или реле максимального тока.

Плавкие предохранители представляют собой отрезок проволоки (вставку из легкоплавкого металла), включенный последовательно в цепь нагрузки. Когда в цепи проходит ток выше тока плавления вставки, вставка расплавляется и отключает аварийный участок сети. При токе, превышающем номинальный в 8-10 раз, вставка расплавляется мгновенно.

Реле максимального тока представляет собой электромагнит, катушка которого включается последовательно в силовую цепь (обычно через трансформатор тока).

На рисунке 3.16 изображена схема реле максимального тока. Цепь тока замкнута контактами 1, который удерживается защелкой 2. Размыкание контактов происходит под действием отключающей пружины. Катушка 3 максимального токового реле включена последовательно в цепь питания электрического двигателя. Если через катушку реле проходит ток, который равен току срабатывания или больше его, стальной сердечник 5 втягивается в катушку 3 и толкатель выбивает защелку 4. Под действием отключающей пружины контакты выключателя размыкаются. Обратное включение производится специальной кнопкой (на схеме не показана).

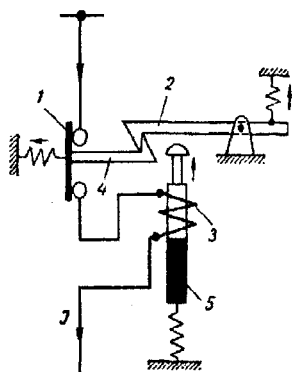


Рисунок 3.16. Схема реле максимального тока: 1 - контакты выключателя, 2 - защелка, 3 - катушка электромагнита, 4 - защелка контактная, 5 - якорь



На рис. 3.17 представлена принципиальная упрощенная схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором.

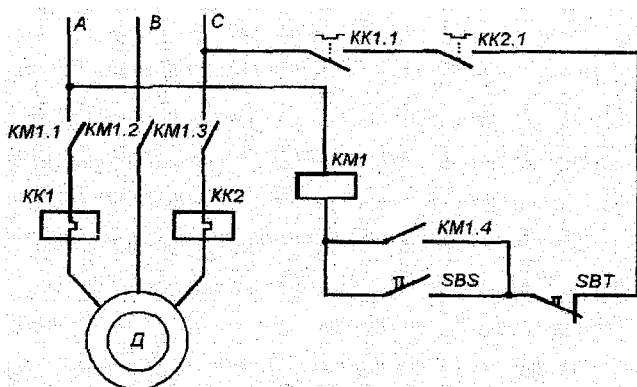


Рисунок 3.17. Принципиальная схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором: KM1 – катушка контактора, KM1.1 – KM1.4 – контакты контактора, KK1, KK2 – реле тепловые, KK1.1, KK2.1 – контакты тепловых реле, SBS – кнопка «Пуск», SBT – кнопка «Стоп»

В силовую цепь двигателя последовательно в каждую фазу включены силовые контакты пускателя (KM1.1, KM1.2, KM1.3), подающие напряжение в обмотки двигателя при включении цепи управления. В цепь управления, подключенную на линейное напряжение питающей сети, последовательно включены: обмотка контактора электромагнита KM1, кнопки SBS «ПУСК», SBT «СТОП». При нажатии кнопки «ПУСК» образуется цепь управления: фаза А – обмотка KM1 – контакты кнопки SBS «ПУСК», контакты кнопки SBT «СТОП» – фаза С. Главные контакты KM1.1, KM1.2, KM1.3 замыкаются, и в обмотки двигателя подается трехфазное напряжение. Чтобы при отпускании кнопки «ПУСК» (ее контакты возвращаются в разомкнутое состояние) двигатель не остановился, параллельно ей подключены блокировочные контакты KM1.4. Остановка двигателя осуществляется нажатием кнопки «СТОП», размыкающие контакты которой разрывают цепь управления.

Для защиты двигателя от перегрузки в цепь питания двигателя включены тепловые реле КК1 и КК2, контакты которых КК1.1 и КК2.1 включены в цепь управления. При перегреве двигателя эти контакты выполняют функцию кнопки «СТОП».

#### Контрольные вопросы:

1. Для чего служат электромагнитные реле?
2. В чём отличие электромагнитных контакторов от электромагнитных реле?
3. Какие электроприборы применяются в литейном оборудовании для защиты электрических цепей и электродвигателей?
4. Для чего предназначены блокирующие контакты у электромагнитных контакторов?
5. Чем отличается кнопка «Пуск» от «кнопки «Стоп»?

## Литература

1. Аксенов, П. Н. Оборудование литейных цехов : учебник для машиностроительных вузов / П. Н. Аксенов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1977.
2. Беликов, О. А. Приводы литейных машин / О. А. Беликов, Л. П. Каширцев. – М. : Машиностроение, 1971.
3. Бартош, П. Р. Гидравлические и пневматические приводы : лабораторные работы (практикум) для студентов специальностей 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов в производстве», 1-53 01 06 «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» / сост.: П. Р. Бартош, Л. Г. Филипова, И. П. Ус. – Минск : БНТУ, 2008.
4. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах : ГОСТ 2.770–68, ГОСТ 2.780–68 – ГОСТ 2.782–68.
5. Камнев, В. Н. Чтение схем и чертежей электроустановок : учебное пособие для сред. ПТУ / В. Н. Камнев. – М. : Высш. шк., 1986.
6. Кукуй, Д. М. Автоматизация литейного производства : учебное пособие / Д. М. Кукуй, В. Ф. Одиночко. – Минск : Новое знание, 2009.
7. Нагорный, В. С. Устройства автоматики гидро- и пневмосистем / В. С. Нагорный, А. А. Денисов. – М. : Высш. шк., 1991.
8. Кукуй, Д. М. Теория и технология литейного производства. Формовочные материалы и смеси : учебное пособие / Д. М. Кукуй, Н. В. Андрианов. – Минск : БНТУ, 2000.
9. Матвеевко, И. В. Формовочное и стержневое оборудование литейных цехов / И. В. Матвеевко, А. З. Исагулов. – Караганда : Изд-во КарГТУ, 2004.
10. Матвеевко, И. В. Оборудование литейных цехов : учебник для техникумов / И. В. Матвеевко, В. Л. Тарский. – М. : Машиностроение, 1976.
11. Пашков, Б. В. Электropневмоавтоматика в производственных процессах : учебное пособие / Б. В. Пашков, Ю. А. Осинский, А. А. Четверкин ; под ред. Б. В. Пашкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Севастополь : Изд-во СевНТУ, 2003.
12. Сафронов, В. Я. Справочник по литейному оборудованию / В. Я. Сафронов. – М. : Машиностроение, 1985.

## Приложения

### Приложение 1

#### Краткая программа курса «Приводы литейных машин и оборудования»

**Введение.** Привод, как комплекс исполнительных, распределительных и управляющих устройств. Понятия о производительности, силовом и скоростном режимах, надёжности и экономических показателях привода.

**1 Пневмопривод.** Характеристика и область применения. Элементы пневмопривода. Исполнительные; распределительные и управляющие устройства. Сжатый воздух, требования к сжатому воздуху. Очистка воздуха и насыщение его маслом. Пнеumoцилиндры одностороннего и двухстороннего действия, нормализованные пневмоцилиндры, уплотнения в пневмоцилиндрах. Диафрагменные камеры, пневмомоторы, моментные пневмоцилиндры. Сдвоенные пневмодвигатели. Клиновые, рычажные и пневмогидравлические усилители. Пневмомеханические преобразователи прямолинейного движения во вращательное и удлинители хода. Расчёты пневмодвигателей. Элементы трубопровода. Выбор сечения трубопроводов. Аппаратура для подготовки воздуха. Контрольно-регулирующая аппаратура. Регуляторы давления, реле давления, обратные клапаны и другие устройства. Динамический расчёт пневмопривода. Пневмопривод ударного действия.

Регулирование скорости пневмопривода. Щелевые и игольчатые дроссели, дроссели с обратными клапанами. Схемы регулирования скорости поршней цилиндров одностороннего и двухстороннего действия с установкой дросселя на выходе и входе сжатого воздуха. Пневмогидравлические регуляторы с одним и двумя баками, с двумя цилиндрами. Торможение противодавлением и внешними устройствами. Амортизаторы и демпферы. Управление пневмоприводом. Распределители с плоскими и цилиндрическими золотниками, мягкими и твёрдыми клапанами, диафрагмами; с ручным, механическим, пневматическим и электромагнитным управлением.

Системы ручного управления многоэлементные и одноэлементные. Автоматическое управления пневмоприводом в функциях пути, давления и времени. Клапаны последовательности. Командоаппараты. Программное управление пневмоприводом.

**2 Гидропривод.** Характеристика и область применения. Элементы гидропривода. Рабочая жидкость, требования к рабочей жидкости. Гидронасосы шестерённые, лопастные, поршневые, плунжерные, винтовые. Гидродвигатели. Расчёт гидродвигателей. Уплотнения в гидродвигателях. Элементы трубопровода и резервуары для жидкости. Регулирование скорости гидропривода. Статический, установившийся и неустановившийся режимы работы гидропривода. Схемы приводов с двумя насосами, с регулируемым насосом, с несколькими цилиндрами и с дифференциальным включением цилиндра. Дроссели игольчатые и щелевые. Дроссели с редуционными клапанами. Схемы дроссельного регулирования скорости установкой дросселей на входе и выходе из цилиндра. Схемы гидроприводов с объёмным и ступенчатым регулирование скорости. Торможение. Типовая схема торможения с использованием специальных дросселей с путевым управлением. Мультипликаторы. Управление гидроприводом. Распределители с ручным, гидравлическим, электромагнитным и механическим управлением. Контрольно-регулирующая аппаратура: обратные клапаны, напорные золотники, редуционные клапаны, реле давления. Автоматическая разгрузка гидропривода. Индивидуальный, групповой и следящий гидроприводы. Автоматическое управления гидроприводом в функциях пути, давления и времени. Программное управление гидроприводом.

**3 Электропривод.** Характеристика и область применения. Силовые устройства. Электродвигатели. Механические характеристики электродвигателей. Выбор типа электродвигателя. Тяговые электромагниты постоянного и переменного тока, их характеристики. Электромагнитные вибраторы в приводах вибрационных транспортных, питателей, дозаторов и др. Принцип действия электромагнитных насосов, желобов и дозаторов. Электромагнитные модельные плиты. Регулирование скорости и торможение электропривода. Управление электроприводами. Релейно-контакторное управление двигателями (реверсивное и нереверсивное). Минимальная и максимальная защита электродвигателей переменного и постоянного тока. Предохранители, тепловые реле, реле максимального тока. Путевые переключатели и выключатели (контактные и бесконтактные). Автоматическое управление в функции пути и времени. Программное управление литейными машинами.

### Вопросы к контрольным работам

1. Привод как комплекс устройств, сообщающих движение рабочим органам машин.
2. Силовой и скоростной режимы работы приводов литейных машин.
3. Экономические показатели приводов литейных машин.
4. Принципиальная схема пневмопривода. Исполнительные устройства с возвратно-поступательным и вращательным движением.
5. Пневмоцилиндры односторонние и двусторонние, нормализованные пневмоцилиндры, уплотнения в пневмоцилиндрах.
6. Сжатый воздух, требования к сжатому воздуху. Очистка воздуха и насыщение его маслом. Требования к источникам питания.
7. Аппаратура для подготовки сжатого воздуха (влагоотделители и маслораспылители).
8. Контрольно-регулирующая пневмоаппаратура (регуляторы давления, реле давления, обратные клапаны и другие устройства).
9. Щелевые и игольчатые дроссели, дроссели с обратными клапанами в пневмоприводах.
10. Схемы дроссельного регулирования скорости пневмоприводов одностороннего действия.
11. Схемы дроссельного регулирования скорости пневмоприводов двухстороннего действия.
12. Регулирование скорости пневмопривода.
13. Пневмогидравлические регуляторы с одним и двумя баками.
14. Торможение противодавлением. Встроенные тормозные устройства в пневмоприводах.
15. Торможение пневмоприводов внешними устройствами. Амортизаторы и демпферы.
16. Пневмораспределители с плоскими и цилиндрическими золотниками.
17. Пневмораспределители с клапанами и диафрагмами.
18. Пневмораспределители с ручным, механическим, пневматическим и электромагнитным управлением.

19. Системы ручного управления пневмоприводом многоэлементные и одноэлементные.
20. Автоматическое управления пневмоприводом в функции пути.
21. Автоматическое управления пневмоприводом в функции времени.
22. Автоматическое управления пневмоприводом в функции давления.
23. Программное управления пневмоприводом.
24. Элементы гидропривода. Рабочая жидкость, требования к рабочей жидкости.
25. Гидравлические насосы.
26. Гидродвигатели (гидроцилиндры, моментные гидроцилиндры и гидромоторы).
27. Элементы трубопровода гидропривода (гибкие и жёсткие), выбор сечения трубопроводов.
28. Уплотнения в гидродвигателях. Элементы трубопровода и резервуары для жидкости.
29. Распределители в гидроприводах.
30. Гидропривод с мультипликатором.
31. Разгрузка гидропривода без сохранения высокого давления в системе.
32. Разгрузка гидропривода с сохранением высокого давления в системе.
33. Дроссельное регулирование скорости гидропривода.
34. Схемы гидроприводов с объёмным и ступенчатым регулированием скорости.
35. Торможение гидроприводов с использованием встроенных устройств.
36. Торможение гидроприводов с использованием специальных дросселей с путевым управлением.
37. Автоматическое управления гидроприводом в функции пути.
38. Автоматическое управления гидроприводом в функции времени.
39. Автоматическое управления гидроприводом в функции давления.
40. Программное управления гидроприводом.
41. Индивидуальный гидропривод.

42. Групповой гидропривод.
43. Гидравлический следящий привод.
44. Электродвигатели переменного тока и их механические характеристики.
45. Электродвигатели постоянного тока и их механические характеристики.
46. Тяговые электромагниты постоянного и переменного тока.
47. Аппаратура для релейно-контакторного управления электродвигателями.
48. Релейно-контакторное управления электродвигателями (реверсивное и нереверсивное).
49. Минимальная защита электродвигателей переменного тока.
50. Защита электродвигателей переменного тока от перегрузок.
51. Защита электродвигателей переменного тока от коротких замыканий в обмотках.
52. Автоматическое управление электроприводом в функции пути.
53. Автоматическое управление электроприводом в функции времени.
54. Программное управление электроприводами.



## Примеры расчетов исполнительных механизмов приводов

### 1 Расчет пневмоцилиндра прессового механизма прессовой формовочной машины

Основным конструктивным параметром пневмоцилиндра прессового механизма является площадь поршня  $F$ , от которой зависит и при этом обеспечивается величина необходимого давления прессования (давления, которое воспринимает смесь, со стороны прессовой колодки). Кроме того усилие, которое развивает пневмоцилиндр зависит от давления сжатого воздуха в сети, от площади опоки, от силы трения в поршневой паре и от веса поднимаемых частей машины.

На рис. ПЗ.1 [1] представлена схема пневматического прессового цилиндра.

#### Исходные данные:

Размеры опок:  $800 \times 700$  мм.

Давление прессования:  $p = 6 \cdot 10^5$  Па.

Давление сжатого воздуха в сети:  $p_0 = 5 \cdot 10^5$  Па.

#### Расчет

1 Определяем площадь опоки  $F_{on}$ :

$$F_{on} = 800 \cdot 700 = 560000 \text{ мм}^2 = 0,56 \text{ м}^2.$$

2. Определяем площадь поршня  $F$  по формуле [10]:

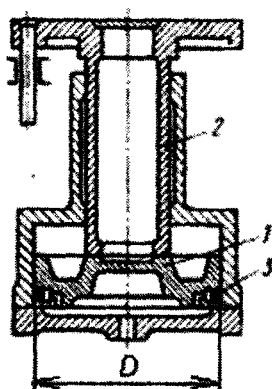


Рисунок ПЗ.1. Схема пневматического прессового цилиндра: 1 – плавающий поршень; 2 – направляющий стакан прессового стола; 3 – резиновое уплотнительное кольцо

$$F = \frac{P \cdot F_{on} + Q + R}{P_0},$$

где:  $Q$  – вес поднимаемых частей машины,

$R$  – сила трения в поршневой паре.

$(Q+R)$  принимают в пределах  $(0,1 - 0,15) p F_{on}$ .

Площадь поршня  $F$  равна:

$$F = \frac{6 \cdot 10^5 \cdot 0,56 + 0,15 \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0,56}{5 \cdot 10^5} = 0,77 \text{ м}^2.$$

Диаметр поршня  $D$ :

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,77}{3,14}} \approx 1 \text{ м}.$$

Из приведенного примера видно, что для заданных условий полученный диаметр поршня слишком велик и по конструктивным данным не приемлем.

Варианты задач для расчета пневмоцилиндра прессовой машины

№ задачи	Размеры опок, мм	Давление сжатого воздуха в сети, Па	Давление прессования, Па
1	400×300	$5,0 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
2	400×400	$5,0 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
3	500×300	$5,0 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
4	500×400	$5,0 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
5	600×300	$6,0 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
6	600×400	$6,0 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
7	800×400	$6,0 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
8	800×500	$6,0 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
9	800×600	$6,0 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$

## 2 Расчет диаметра поршня пневмоцилиндра привода коробчатого дозатора формовочной смеси

На рис. ПЗ.2 представлена схема коробчатого дозатора с пневматическим приводом.

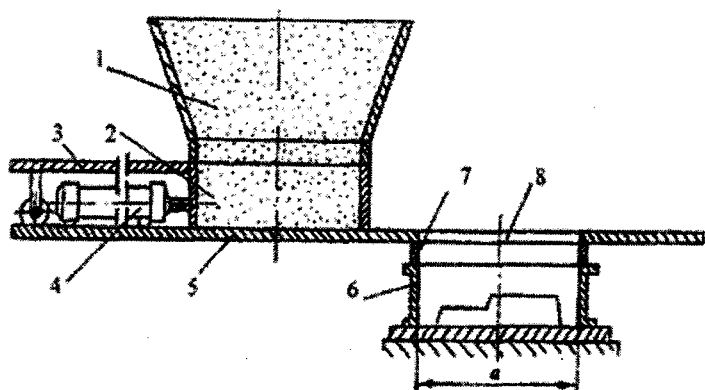


Рисунок ПЗ.2. Схема конструкции коробчатого дозатора: 1 – бункер; 2 – коробка; 3 – заслонка; 4 – пневмоцилиндр; 5 – плита; 6 – опка; 7 – наполнительная рамка; 8 – окно

Под бункером 1 с формовочной смесью расположена коробка 2, которая перемещается пневмоцилиндром 4 по плите 5 (рис. ПЗ.2). Разгрузка смеси из коробки в опку 6 с наполнительной рамкой 7 производится через окно 8 в плите. При перемещении коробки со смесью для разгрузки отверстие бункера перекрывается заслонкой 3.

### Исходные данные

Размеры опок:  $800 \times 700 \times 300$  мм.

Давление сжатого воздуха в сети:  $p_0 = 5 \cdot 10^5$  Па.

$\delta$  – плотность смеси ( $\delta = 1200$  кгс/м<sup>3</sup>).

### Расчет

Усилие необходимое для передвижения дозирующей коробки  $P_{кор}$  при отсутствии роликов [9]:

где  $P$  – вертикальное усилие от давления смеси;

$f_{см} = 0,78$  – коэффициент трения материала о материал;

$f$  – коэффициент трения материала (формовочной смеси) о плиту ( $f = 0,4-0,5$ );

$G_k$  – вес коробки;

$k_{зам} = 1,1 - 1,2$ .

Вертикальное усилие от давления смеси:

$$P = \frac{\delta R}{f_{см} k},$$

где  $R$  – гидравлический радиус выпускного отверстия коробки;

$k = 0,238$  – угол естественного откоса материала (формовочной смеси).

Гидравлический радиус выпускного отверстия коробки  $R$ :

$$R = \frac{F}{L},$$

где,  $F$  – площадь горловины коробки,

$L$  – периметр горловины коробки.

1. Определяем гидравлический радиус выпускного отверстия коробки, размеры которой равны размерам опоки в свету:

$$R = \frac{F}{L} = \frac{0,7 \cdot 0,8}{2 \cdot (0,7 + 0,8)} = 0,187 \text{ м}^2.$$

2. Определяем вертикальное усилие от давления смеси:

$$P = \frac{\delta R}{f_{см} k} = \frac{1200 \cdot 0,187}{0,78 \cdot 0,238} \approx 1200 \text{ кг.}$$

3. Определяем усилие необходимое для передвижения дозирующей коробки  $P_{кор}$  (весом дозирующей коробки пренебрегаем из-за отсутствия данных):

$$P_{кор} = 1,15 \cdot [(0,78 + 0,5) \cdot 1200] = 1766,4 \text{ кг.}$$

4. Определяем площадь поршня пневмоцилиндра:

$$F = \frac{P_{кор}}{p_o} = \frac{1766,4}{5} = 353,28 \text{ см}^2.$$

5. Определяем диаметр поршня пневмоцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,035328}{3,14}} = 0,212 \text{ м.}$$

Принимаем диаметр поршня равный 210 мм.

Варианты задач для расчета пневмоцилиндра коробчатого дозатора

№ задачи	Размеры опок, мм	Давление сжатого воздуха в сети, Па	Плотность смеси, кгс/м <sup>3</sup>
10	400×300	$5,0 \cdot 10^5$	1200
11	400×400	$5,0 \cdot 10^5$	1200
12	500×300	$5,0 \cdot 10^5$	1200
13	500×400	$5,0 \cdot 10^5$	1200
14	600×300	$6,0 \cdot 10^5$	1200
15	600×400	$6,0 \cdot 10^5$	1200
16	800×400	$6,0 \cdot 10^5$	1200
17	800×500	$6,0 \cdot 10^5$	1200
18	800×600	$6,0 \cdot 10^5$	1200

### 3 Расчет диаметра поршня гидроцилиндра прессового механизма прессовой формовочной машины

#### Исходные данные:

Размеры опоки: 700×800 мм.

Давление прессования:  $p = 6 \cdot 10^5$  Па.

Давление жидкости в системе:  $p_0 = 50 \cdot 10^5$  Па.

Основным параметром гидроцилиндра прессового механизма является площадь поршня  $F$ . Площадь поршня зависит, величины заданного давления прессования (давления, которое воспринимает смесь, со стороны прессовой колодки), от давления рабочей жидкости в гидросистеме, от площади опоки, от силы трения в поршневой паре и от веса поднимаемых частей машины.

Например, направляющими гидроцилиндра одностороннего действия 2 прессовой формовочной машины (рис. ПЗ.3) являются плунжер 1 и основание прессового стола 4. Ход цилиндра ограничивается разъемным кольцом 5. Кожух 3 из плотной гофрированной ткани предохраняет поверхности от попадания на них пыли и формовочной смеси [1].

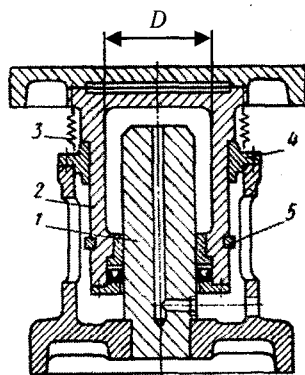


Рисунок ПЗ.3. Схема прессового гидроцилиндра:  
1 – плунжер; 2 – гидроцилиндр; 3 – кожух;  
4 – направляющие;  
5 – кольцо ограничительное

#### Расчет

1. Определяем площадь опоки  $F_{on}$ :

$$F_{on} = 700 \cdot 800 = 560000 \text{ мм}^2 = 0,56 \text{ м}^2.$$

2. Определяем площадь поршня  $F$  по формуле [10]:

$$F = \frac{p \cdot F_{on} + Q + R}{p_0},$$

где:  $Q$  – вес поднимаемых частей машины,

$R$  – сила трения в поршневой паре.

$(Q+R)$  принимают в пределах  $(0,1 - 0,15) p F_{on}$ .

Площадь поршня  $F$  равна:

$$F = \frac{6 \cdot 10^5 \cdot 0,56 + 0,15 \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0,56}{50 \cdot 10^5} = 0,077 \text{ м}^2 .$$

3. Диаметр поршня  $D$ :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,077}{3,14}} = 0,31 \text{ м}.$$

Варианты задач для расчета гидроцилиндра прессовой машины

№ задачи	Размеры опок, мм	Давление жидкости в системе, Па	Давление прессования, Па
19	400×300	$50 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
20	400×400	$50 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
21	500×300	$50 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
22	500×400	$50 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
23	600×300	$60 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
24	600×400	$60 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
25	800×400	$60 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
26	800×500	$60 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$
27	800×600	$60 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^5$

#### 4 Расчет диаметра поршня гидроцилиндра привода шиберного дозатора формовочной смеси

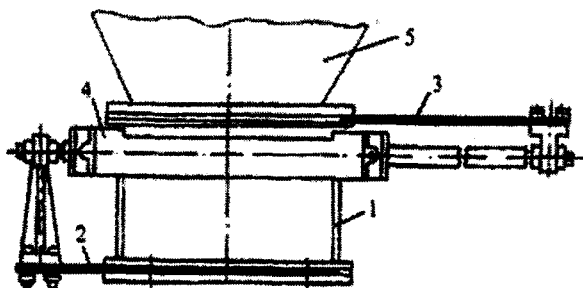


Рисунок ПЗ.4. Схема шиберного дозатора формовочной смеси:  
1 - объем дозы, 2 - шибер нижний, 3 - шибер верхний,  
4 - гидроцилиндр, 5 - бункер

Необходимая доза смеси образуется в объеме 1, ограниченной двумя шиберами: нижним 2 и верхним 3, получающими одновременное перемещение от гидроцилиндра 4 (рис. ПЗ.4). При движении штока гидроцилиндра влево верхний шибер 3 отсекает материал в бункере 5, а нижний выдаст набранную дозу через выпускное отверстие.

##### Исходные данные

Размеры опок:  $700 \times 800 \times 300$  мм.

Давление жидкости в системе:  $p_0 = 20 \cdot 10^5$  Па.

$\delta$  - плотность смеси ( $\delta = 1,2 \cdot 10^3$  кгс/см<sup>3</sup>).

Усилие передвижения шиберов  $P_{ш}$  определяется по формуле [9]:

$$P_{ш} = K_{зан} [fP + f(P + 2G_{ш})],$$

где  $P$  - вертикальное усилие от давления смеси;

$f$  - коэффициент трения материала (формовочной смеси) о плиту ( $f = 0,4 - 0,5$ );

$G_{ш}$  - вес шибера;

$K_{зан} = 1,1 - 1,2$ .



$$P = \frac{\delta R}{f_{cm} k},$$

где,  $f_{cm} = 0,78$  – коэффициент трения материала о материал,  
 $R$  – гидравлический радиус выпускного отверстия коробки.  
 $k = 0,238$  – угол естественного откоса материала (формовочной смеси).

$$R = \frac{F}{L},$$

где,  $F$  – площадь горловины коробки,  
 $L$  – периметр горловины коробки.

### Расчет

1. Определяем гидравлический радиус выпускного отверстия коробки, размеры которой равны размерам окопи в свету:

$$R = \frac{F}{L} = \frac{0,7 \cdot 0,8}{2 \cdot (0,7 + 0,8)} = 0,187 \text{ м}^2.$$

2. Определяем вертикальное усилие от давления смеси:

$$P = \frac{\delta R}{f_{cm} k} = \frac{1200 \cdot 0,187}{0,78 \cdot 0,238} \approx 1240 \text{ кг}.$$

3. Определяем усилие необходимое для передвижения нижнего шибера  $P_{зит}$  (весом шибера пренебрегаем из-за отсутствия данных):

$$P_{зит} = 1,15 \cdot [0,45 \cdot 1240 + 0,45 \cdot 1240] = 1283,4 \text{ кг}.$$

Для учета дополнительной сопротивлению материала, перерезаемого при закрытии верхнего шибера, необходимо ввести коэффициент  $k_{закр} = 1,3 - 1,5$ .

4. Определяем площадь поршня гидроцилиндра:

$$F = \frac{P_{зан} \cdot k_{закр}}{p_0} = \frac{1283,4 \cdot 1,4}{20} = 89,84 \text{ см}^2.$$

5. Определяем диаметр поршня гидроцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{3,14}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 89,84}{3,14}} = 10,7 \text{ см}.$$

**Варианты задач для расчета гидроцилиндра шиберного дозатора**

№ задачи	Размеры опок, мм	Давление жидкости в системе, Па	Плотность смеси, кгс/см <sup>3</sup>
28	400×300	20·10 <sup>5</sup>	1200
29	400×400	20·10 <sup>5</sup>	1200
30	500×300	30·10 <sup>5</sup>	1200
31	500×400	30·10 <sup>5</sup>	1200
32	600×300	4,0·10 <sup>5</sup>	1200
33	600×400	40·10 <sup>5</sup>	1200
34	800×400	50·10 <sup>5</sup>	1200
35	800×500	50·10 <sup>5</sup>	1200
36	800×600	60·10 <sup>5</sup>	1200

## 5 Расчет мощности электродвигателя привода галтовочного барабана периодического действия

При проектировании галтовочного барабана в зависимости от заданных параметров определяют скорость вращения барабана и мощность электродвигателя привода барабана [10].

Скорость вращения барабана определяет интенсивность относительного перемещения отливок в барабане и, следовательно, эффективность очистки.

Схема для расчёта мощности электродвигателя привода галтовочного барабана представлена на рис. ПЗ.5.

### Исходные данные:

Внутренний диаметр обечайки барабана,  $D = 1000$  мм.

Масса загрузки барабана,  $G = 400$  кг.

$K$  – коэффициент загрузки барабана ( $K = 0,7 - 0,8$ ) [10].

$\varphi = 40^\circ$  – угол расположения свободной поверхности загрузки относительно горизонтальной плоскости [10].

### Расчет

1. Определяем угловую скорость вращения барабана исходя из условия, что  $D \geq 0,7$  м по формуле [10]:

$$\omega_6 \leq \frac{3,14}{\sqrt{D}}.$$

$$\omega_6 = \frac{3,14}{\sqrt{1}} = 3,14 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

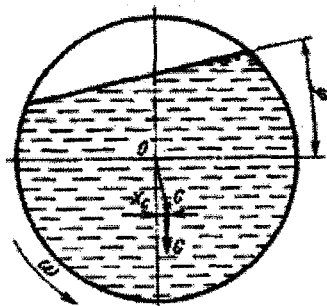


Рисунок ПЗ.5. Схема для расчёта мощности электродвигателя привода галтовочного барабана

$$N = \frac{0,424 \cdot (1 - K) \sin \varphi \cdot D \cdot G \cdot \omega_6}{\eta},$$

где  $\eta = 0,6-0,8$  – к.п.д. привода барабана, принимаемый на основе практических данных.

$$N = \frac{0,424 \cdot (1 - 0,75) \cdot \sin 40^\circ \cdot 1,0 \cdot 400 \cdot 3,14}{0,8} \approx 105,6 \text{ кВт}.$$

Варианты задач для расчета электродвигателя привода галтовочного барабана

№ задачи	Диаметр барабана, мм	Масса загрузки, кг	Коэффициент загрузки барабана	Угол поверхности загрузки, град
37	1000	500	0,7	40
38	1100	600	0,7	40
39	1200	700	0,7	40
40	1300	800	0,75	40
41	1400	900	0,75	40
42	1500	1000	0,75	40
43	1600	1100	0,8	40
44	1700	1200	0,8	40
45	1800	1300	0,8	40

## 6 Расчёт мощности электродвигателя привода пластинчатого конвейера для перемещения отливок

Привод включает электродвигатель 1, муфту 2, двухступенчатый коническо-цилиндрический редуктор 3 и цепную передачу 4 (рис. ПЗ.6).

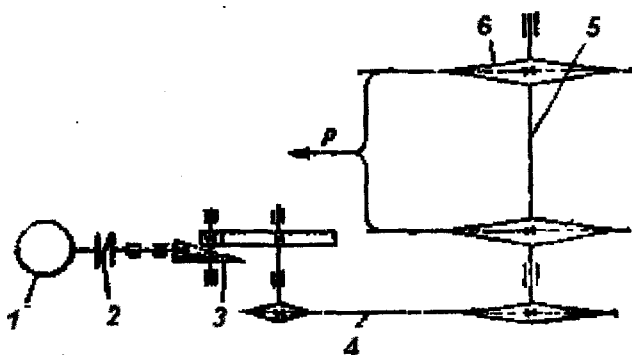


Рисунок ПЗ.6. Кинематическая схема электропривода пластинчатого конвейера:

1 – электродвигатель, 2 – муфта, 3 – редуктор, 4 – передача цепная, 5 – вал привода конвейера, 6 – звездочка цепи конвейера,

### Исходные данные:

Тяговое усилие на цепи конвейера  $P = 5000$  Н.

Скорость цепи конвейера  $V = 0,35$  м/с.

### Расчет

1. Общий к. п. д. привода определяем по формуле:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5 = 0,97 \cdot 0,98 \cdot 0,99^3 \cdot 0,9 \cdot 0,99 = 0,822,$$

где  $\eta_1 = 0,97$  – к. п. д. конической зубчатой передачи редуктора,

$\eta_2 = 0,98$  – к. п. д. цилиндрической зубчатой передачи редук-

тора;

$\eta_3 = 0,99$  – коэффициент, учитывающий потери в одной паре подшипников качения редуктора;

$\eta_4 = 0,9$  – к. п. д. открытой цепной передачи;

$\eta_5 = 0,99$  – коэффициент, учитывающий потери в паре подшипников качения редуктора ведущей звездочки конвейера.

2. Потребную мощность электродвигателя привода конвейера определяем по формуле:

$$N_3 = \frac{P \cdot V}{\eta} = \frac{5000 \cdot 0,35}{0,822} = 2128 \text{ Вт} = 2,1 \text{ кВт}.$$

Варианты задач для расчета электродвигателя привода  
пластинчатого конвейера

№ задачи	Тяговое усилие, Н	Скорость цепи конвейера, м/с
46	5000	0,2
47	6000	0,25
48	7000	0,3
49	8000	0,35
50	9000	0,4
51	10000	0,45
52	11000	0,5
53	12000	0,55
54	13000	0,6

### Методические указания к контрольным работам

Эффективность самостоятельной работы студентов-заочников по данному курсу контролируется путем выполнения ими одной контрольной работы, включающей три вопроса и три задачи.

Студент выполняет тот вариант контрольной работы, номер которого соответствует остатку от деления числа, состоящего из двух последних цифр номера шифра, на 18 (номер варианта контрольных работ). Например, номер шифра оканчивается цифрой 34. Тогда  $34:18=1$  (16 в остатке). Следовательно, выполняется вариант 16. Если остаток равен нулю или если шифр оканчивается двумя нулями, то выполняется вариант 18.

На все вопросы варианта контрольной работы следует давать четкие, исчерпывающие ответы в соответствии с разделом приведенной выше программы курса со ссылками на использованные литературные источники. Ответы даются с приложением необходимых рисунков, схем, диаграмм и формул. Перед каждым ответом должен быть проставлен номер контрольного вопроса и точно переписан текст того вопроса, на который дается ответ.

Контрольная работа должна выполняться в печатном виде на бумаге формата А4. В этом случае контрольная работа должна быть сброшюрована. Допускается выполнение контрольной работы в тетрадях с полями и пронумерованными страницами. Выполнение текста работы карандашом не допускается.

В конце контрольной работы необходимо привести перечень использованных источников с указанием авторов, соавторов, названия и года издания. Контрольная работа должна быть подписана студентом на титульном листе.

В случае если работа не зачтена, разрешается внести необходимые исправления и дополнения в виде отдельного приложения к данной работе, которое высылается на повторную рецензию вместе с незачтенной ранее работой.

Замена номера вопроса или задачи, а также варианта контрольной работы другим без разрешения преподавателя недопустима; выполненная по другому варианту контрольная работа не рассматривается и не зачитывается.

Приступая к выполнению контрольной работы, студент-заочник, пользуясь приведенной ниже таблицей вариантов и приложением 2, определяет вопросы, на которые он должен дать ответ в контрольном задании. Номера задач приведены в приложение 3.

#### Варианты контрольных работ

№ варианта	Номер вопроса			Номер задачи		
	1	19	37	1	19	37
1	1	19	37	1	19	37
2	2	20	38	2	20	38
3	3	21	39	3	21	39
4	4	22	40	4	22	40
5	5	23	41	5	23	41
6	6	24	42	6	24	42
7	7	25	43	7	25	43
8	8	26	44	8	26	44
9	9	27	45	9	27	45
10	10	28	46	10	28	46
11	11	29	47	11	29	47
12	12	30	48	12	30	48
13	13	31	49	13	31	49
14	14	32	50	14	32	50
15	15	33	51	15	33	51
16	16	34	52	16	34	52
17	17	35	53	17	35	53
18	18	36	54	18	36	54



Учебное издание

**КУКУЙ Давыд Михайлович**  
**ОДИНОЧКО Виктор Фёдорович**

**ПРИВОДЫ ЛИТЕЙНЫХ МАШИН  
И ОБОРУДОВАНИЯ**

Учебно-методическое пособие  
для студентов заочной формы обучения  
специальности 1-36 02 01 «Машины и технология  
литейного производства»

Технический редактор *О. В. Песенько*

Подписано в печать 28.09.2012. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 4,36. Тираж 100. Заказ 380.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.