

63. Электромашинный толкатель  
*a* — принципиальная схема толкателя; 1 — статор; 2 — ротор-гайка; 3 — ось-винт; 4 — шток; 5 — направляющие; *б* — схема управления толкателем

мембрану снизу и сила пружины 3 открывают основной клапан 4.

Электромашинный толкатель (рис. 63, *a*) применяется в тех случаях, когда требуются большие перемещения при значительном усилии. При включении трехфазной статорной обмотки в цепь ротор начинает вращаться; винт совершает поступательное движение в ту или иную сторону вместе с толкателем. Его скорость перемещения определяется так:  $v = nt$  м/с ( $n$  — частота вращения ротора,  $c^{-1}$ ;  $t$  — шаг винта, м).

Усилие, развиваемое толкателем, определяется по формуле

$$P = K_{\Pi} M \eta / t,$$

где  $M$  — крутящий момент двигателя;

$\eta$  — к. п. д. винт-гайки;

$K_{\Pi}$  — коэффициент пропорциональности, учитывающий размерности  $M$  и  $t$ .

В тех случаях, когда требуется развивать очень большие усилия, на электромашинный толкатель устанавливают редуктор; при этом скорость перемещения толкателя естественно уменьшается.

Схема автоматического управления толкателем приведена на рис. 63, *б*. При нажатии оператором кнопки «пуск»  $SB1$  срабатывает контактор  $KM1$ , который включает статор толкателя; начинается вращение ротора и выдвигание толкателя. Заняв крайнее правое положение, толкатель начинает механически воздействовать на конечный выключатель  $SQ2$ , который размыкает верхнюю цепь управления (обесточивается  $KM1$ , выдвигание толкателя прекращается) и включает контактор  $KM2$ . Последний, в свою очередь, включает статорную

обмотку на противоположное вращение ротора. Толкатель начинает движение влево, и при достижении крайнего левого положения происходит (механически) воздействие на конечный выключатель  $SQ1$ , который обесточивает контактор  $KM2$ . Кнопка «стоп»  $SB2$  является аварийной и служит для остановки толкателя.

## § 23. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Исполнительные механизмы, использующие энергию жидкости или газа, могут быть как самостоятельными механизмами (цилиндр и поршень со штоком), так и устройствами, объединенными с усилителями.

Например, на рис. 64, *a* приведена схема управления силовым цилиндром с помощью золотника, а сам золотник приводится в действие диафрагменным элементом.

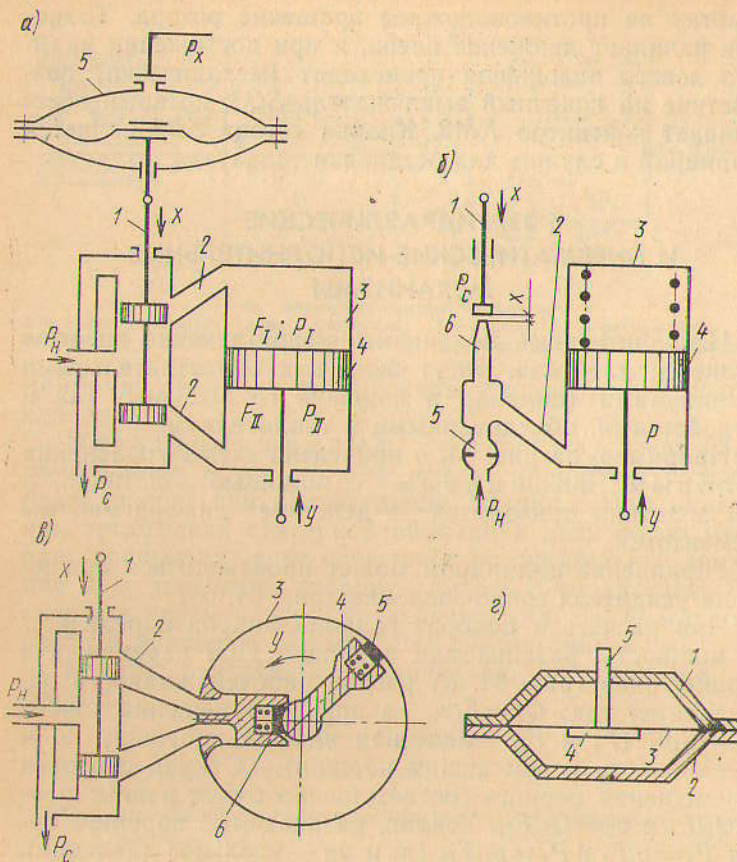
Управление цилиндром может производиться при помощи усилителя сопло-заслонка (рис. 64, *б*).

При расчете и подборе гидроцилиндров определяется мощность, развиваемая поршнем. При перемещении поршня вниз (рис. 64, *a*) расход рабочей жидкости определяется так:  $Q_1 = F_1 v_1$ , а при перемещении вверх  $Q_2 = F_{\Pi} v_2$  ( $F_1$  и  $F_{\Pi}$  — полезная площадь поршня;  $v_1$  и  $v_2$  — скорость перемещения поршня). Откуда скорости перемещения поршня соответственно будут равны:  $v_1 = Q_1 / F_1$  и  $v_2 = Q_2 / F_{\Pi}$ . Усилия, развиваемые поршнем, будут  $P_1 = p_1 F_1$  и  $P_2 = p_{\Pi} F_{\Pi}$  ( $p_1$  и  $p_{\Pi}$  — удельное давление в левой и правой частях цилиндра).

Зная усилие и скорость поршня, мощность такого привода можно определить как  $N_1 = p_1 Q_1$  и  $N_2 = p_{\Pi} Q_2$ . Время хода поршня в одном направлении составит  $t_1 = l / v_1$  и  $t_2 = l / v_2$  ( $l$  — ход поршня).

Главное в автоматике гидропривода — регулирование скорости движения штока. Существуют два способа регулирования поступательного движения: регулирование производительностью насоса и дроссельное регулирование.

В пневматическом приводе источником энергии является сжатый воздух. По принципу действия и конструкции пневмоприводы можно разделить на поршневые и диафрагменные. Наиболее широкое применение получил

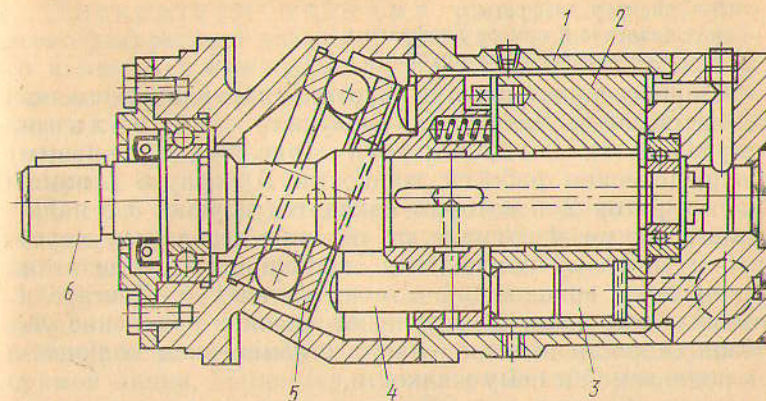


64. Гидравлические и пневматические исполнительные элементы с усилителями  
 а — с золотниковым усилительным элементом: 1 — шток золотника; 2 — каналы; 3 — цилиндр; 4 — поршень; 5 — диафрагменный привод золотника; б — с усилительным элементом «сопло-заслонка»: 1 — шток заслонки; 2 — канал; 3 — цилиндр; 4 — поршень; 5 — дроссель постоянного сопротивления; 6 — дроссель переменного сопротивления; в — однолопастный поворотный двигатель: 1 — шток золотника; 2 — канал; 3 — корпус; 4 — лопасть; 5, 6 — уплотнители; г — диафрагменный исполнительный элемент: 1 — корпус; 2 — крышка; 3 — диафрагма; 4 — грибок; 5 — шток

поршневой пневмопривод (рис. 64, б). По конструкции он аналогичен гидроцилиндру.

Усилие на штоке поршня пневмоцилиндра определяется по формуле

$$P = Fp - (T + q),$$



65. Аксиально-поршневой двигатель  
 1 — корпус; 2 — ротор; 3 — поршень; 4 — шток; 5 — подшипники; 6 — вал двигателя

где  $F$  — полезная площадь поршня;  
 $p$  — удельное давление сжатого воздуха;  
 $T$  — потери на трение в уплотнениях;  
 $q$  — усилие возвратной пружины (если она есть).

Однолопастный поворотный двигатель (рис. 64, в) служит для преобразования возвратно-поступательного движения штока золотника 1 (с входным сигналом  $X$ ) в угловое выходное перемещение  $Y$ .

Крутящий момент на выходном валу  $M$  определяется так:

$$M = RF\Delta p/2,$$

где  $R$  — радиус цилиндра;  
 $F$  — рабочая площадь лопасти;  
 $\Delta p$  — перепад давления на лопасти.

В тех случаях, когда требуется незначительное перемещение штока при больших развиваемых усилиях, широко применяют диафрагменные исполнительные элементы (рис. 64, г), в которых воздух подается в верхнюю или нижнюю полости. В зависимости от величины давления диафрагма перемещает шток на определенную величину.

Усилие, развиваемое диафрагменным механизмом, может быть приближенно определено по формуле

$$P = K (\pi D^2/4) p - q,$$

где  $K$  — коэффициент активности диафрагмы (характеризует соотношение диаметров грибка и диафрагмы);

- $D$  — диаметр диафрагмы;  
 $p$  — давление в камере диафрагмы;  
 $q$  — усилие возвратной пружины.

Широкое применение в качестве гидравлического исполнительного механизма получили аксиально-поршневые двигатели (рис. 65) с торцевым распределением рабочей жидкости. В корпусе 1 помещается ротор 2, в котором находятся поршни 3 с пальцами-штоками 4. Усилие от поршня передается через штоки упорному наклонному подшипнику 5, при этом развивается вращающий момент на валу 6. Двигатели такой конструкции обеспечивают плавное изменение угловой скорости выходного вала с изменением количества подаваемой к нему жидкости.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под исполнительным устройством?
2. По каким признакам классифицируются исполнительные устройства?
3. Назовите электрические исполнительные механизмы.
4. Как работает электромашинный толкатель?
5. Дайте классификацию пневматических и гидравлических исполнительных механизмов.
6. Каков принцип работы аксиально-поршневого двигателя?

## ГЛАВА VI СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИКИ И ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

### § 24. ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ОБЪЕКТАХ УПРАВЛЕНИЯ

В § 1 была дана полная классификация систем автоматического контроля, управления и регулирования. Теперь более подробно рассмотрим ее отдельные составляющие.

Непрерывная автоматическая система состоит только из звеньев непрерывного действия, т. е. таких, у которых выходная величина изменяется плавно при плавном изменении входной величины.

Дискретная система содержит хотя бы одно звено дискретного действия, выходная величина которого изменяется скачкообразно (дискретно) при плавном изменении входной величины. В качестве примеров таких систем можно привести системы, содержащие реле (релейные системы) или импульсные элементы (импульсные системы).

В свою очередь, все автоматические системы, как бы они ни подразделялись по другим признакам, бывают линейными и нелинейными.

Чаще всего статические характеристики отдельных элементов системы автоматического управления нелинейные, т. е. не изображаются в виде одного отрезка прямой линии. Например, характеристикой чувствительного элемента в регуляторе ДВС (см. рис. 12) является приведенная на рис. 66 характеристика зависимости перемещения  $Z$  муфты регулятора от скорости вращения  $\omega$ . Эта характеристика, показанная на рисунке жирной линией, нелинейна. Пусть основной рабочей точкой характеристики является точка  $A$ . Если при использовании данной характеристики для анализа поведения системы в целом будет достаточно рассмотреть лишь малые отклонения скорости вращения  $\omega$  от ее номинального значения  $\omega_d$ , то можно заменить в окрестности точки  $A$  кривую  $Z=f(\omega)$  касательной к ней в этой точке. Это называется линеаризацией нелинейной характеристики. Теоретически кривая может быть заменена отрезком касательной только при бесконечно малом удалении от точки, через которую она проведена. Однако практически чаще всего, не допуская значительных погрешностей, можно считать малыми и достаточно большими отклонения. Например, показанная на рис. 66 кривая практически может быть заменена отрезком касательной на всем участке от точки  $B$  до точки  $C$ , когда величина изменяется от  $\omega_B$  до  $\omega_C$ .

*Линейными системами* называются такие, в которых все элементы имеют либо линейные характеристики, либо нелинейные, но линеаризуемые вышеуказанным способом.

*Нелинейной системой* называют такую, в которой хотя бы для одного ее элемента линеаризация не представляется возможной. В этих случаях прибегают к приближенным методам исследования нелинейных систем с учетом их нелинейностей или к частным точным