Лекция – 11

1. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ГИДРОПРИВОДЫ В СОСТАВЕ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМАХ

Гидравлические исполнительные механизмы преобразуют энергию давления жидкости в механическую энергию перемещения или вращения.

Гидравлические исполнительные механизмы (ГИМ) имеют ряд важных преимуществ перед электрическими, а именно:

– они обладают бóльшими мощностями и быстродействием, чем электрические исполнительные механизмы при тех же габаритах и массах;

– они позволяют получить бóльшие перестановочные усилия при сохранении высокого уровня плавности перемещения выходного штока или вращения выходного вала.

Наиболее широкое применение они находят в тех случаях, когда при относительно небольших габаритах и массах самих ГИМ требуется развивать большие усилия:

– для перемещения рабочих органов (например, отвала бульдозера, ковша экскаватора и др.) в дорожных и строительных машинах;

– для приведения в движение выходного звена (вала, штока), соединенного с регулирующим органом систем автоматического управления газовыми, гидравлическими или паровыми турбинами;

– для управления регулирующими и рабочими органами в машинах и агрегатах машиностроительной, легкой, пищевой, сельскохозяйственной и других отраслей промышленности и народного хозяйства.

Рабочим телом в ГИМ является жидкость.

К основным и наиболее распространенным параметрам, характеризующим состояние жидкости, относятся давление, температура и плотность.

Основными параметрами самих ГИМ являются:

– рабочий объем;

– максимальная величина перемещения (угла поворота) выходного штока (вала);

– максимальная скорость перемещения выходного штока (вращения выходного вала);

– номинальное давление жидкости;

– перестановочное усилие или вращающий момент, развиваемые при номинальном давлении жидкости;

– момент инерции вращающихся частей;

– масса (вес) без жидкости;

– общий коэффициент полезного действия;

– объемный коэффициент полезного действия.

Чаще всего ГИМ входят в состав гидравлических исполнительных уст-ройств (ГИУ), включающих в себя ГИМ и регулирующий орган (РегО). При этом выходной шток (вал) ГИМ соединяют с регулирующим органом (РегО) непосредственно или через механическую систему передачи перемещений и усилий. В некоторых случаях ГИМ соединяют непосредственно с рабочим органом (РабО).

В качестве примеров РегО можно привести:

– регулирующие клапаны, задвижки, шиберы, поворотные заслонки;

– электрические автотрансформаторы, переменные активные сопротивления (реостаты);

– механизм для изменения расстояния между неподвижными и подвижными ножами измельчителя корне- и клубнеплодов и др.

Главным назначением РегО чаще всего является изменение интенсивности потока энергии или вещества, подводимых к объекту правления.

Примерами РабО можно считать:

– отвал бульдозера или ковш экскаватора, используемые для выполнения работы при перемещении сыпучих материалов (земли, песка и др.);

– неподвижные и подвижные ножи устройства для измельчения корне- и клубнеплодов в сельскохозяйственном производстве и т.п.

Главным назначением РабО чаще всего является выполнение работы (технологической операции), для осуществления которой предназначено устройство, включающее в себя этот рабочий орган.

1.2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И РАБОТА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Гидравлические исполнительные механизмы состоят из двух основных частей:

1) гидропривод (гидродвигатель);

2) управляющее устройство либо с дроссельным, либо с объемным (гидростатическим), либо со струйным управлением.

ГИМ с дроссельным управлением работают при постоянном давлении рабочей жидкости. При этом в качестве управляющих устройств (дросселей) обычно используют золотниковые пары. Значительно реже (преимущественно в маломощных ГИМ) применяют дроссели на основе струйной трубки.

1.2.1 КОНСТРУКЦИИ ГИДРОПРИВОДОВ (ГИДРОДВИГАТЕЛЕЙ)

По виду движения выходного штока (вала) гидроприводы подразделяются на два основные типа:

– гидроприводы с возвратно-поступательным движением поршня (поршневые двигатели);

– гидроприводы с возвратно-поворотным движением выходного вала, соединенного либо с поршнем (мембраной, сильфоном), либо с поворотной лопастью;

– гидродвигатели вращательного движения (гидромоторы), применяемые в ГИМ с объемным регулированием и рассмотренные ниже в параграфе 3.3.

Основные конструктивные схемы поршневых, лопастных, мембранных и сильфонных гидроприводов показаны на рис. 3.1.

В гидроприводе простого действия (рис. 3.1, *а*) движение поршня *3* и штока *5* вправо осуществляется за счет силы, создаваемой давлением *P* жидкости, подводимой в левую полость цилиндра *2* через штуцер *1*. Обратное движение

поршня *3* влево происходит за счет усилия пружины *4* после снятия давления, подводимого через штуцер *1*. При этом жидкость из полости силового цилиндра *2* отводится через штуцер *1*. При вертикальном расположении цилиндра *2* обратное движение поршня *3* (после снятия давления *P*) может осуществляться за счет си-лы веса рабочего органа, для подъема и опускания которого используется гидро-привод простого действия.

В гидроприводах двойного действия (рис. 3.1, *б, в*) движение поршня *3* в ту или другую сторону осуществляется за счет сил, создаваемых давлением жидкости, подводимой через штуцеры *1* или *6*.

Показанный на рис. 3.1, *в* гидропривод с кривошипно-шатунным механизмом обеспечивает преобразование линейного перемещения поршня *3* в поворот выходного вала *9* гидравлического исполнительного механизма на угол α, обычно не более 90 – 120 угловых градусов.

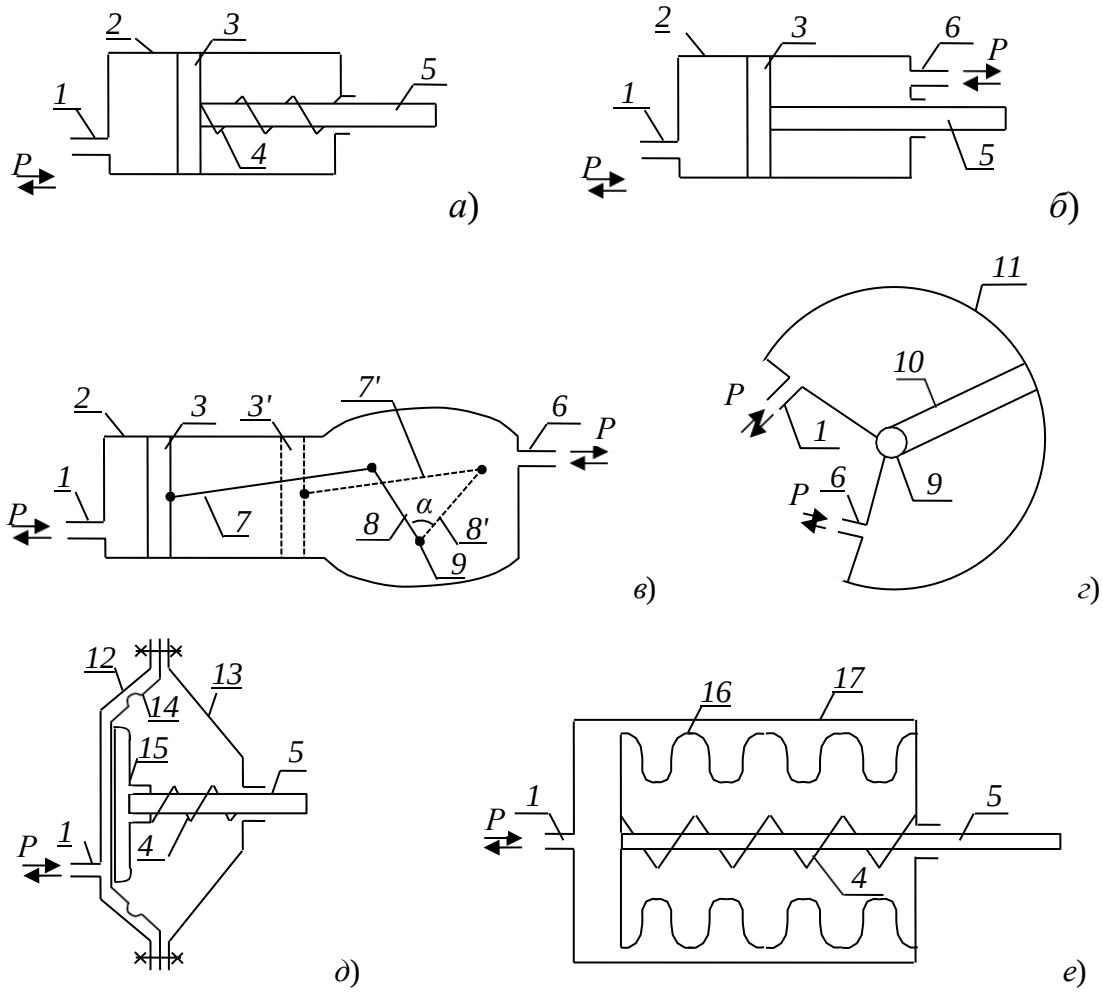


Рис. 3.1. Схемы гидроприводов:

а – поршневой простого действия; *б* – поршневой двойного действия с линейным

перемещением штока; *в* – поршневой двойного действия с кривошипно-шатунным механизмом;

г – лопастной двойного действия с поворотной лопастью;

д – диафрагменный простого действия; *е* – сильфонный простого действия

Крайние левые положения поршня *3*, шатуна *7* и кривошипа *8* на рис. 3.1, *в* показаны сплошными линиями, а крайние правые положения поршня *3′*, шатуна *7′* и кривошипа *8′* – показаны пунктирными линиями.

В гидроприводах двойного действия с поворотной лопастью (рис. 3.1, *г*), применяемых при относительно низких давлениях рабочих жидкостей, угол поворота выходного вала *9* обычно не превышает 270 – 300 угловых градусов. При подаче давления *P* через штуцер *1* в верхнюю полость камеры *11* лопасть 10 и выходной вал *9* поворачиваются по часовой стрелке, вытесняя жидкость из нижней полости через штуцер *6*. При подаче давления через штуцер *6* в нижнюю полость камеры *11* происходит поворот лопасти *10* и выходного вала *9* в обратном направлении. Недостатком этого варианта гидропривода является сложность обеспечения плотного прилегания лопасти *10* к цилиндрической и торцевым поверхностям камеры *11*, что приводит к снижению объемного коэффициента полезного действия таких ГИМ.

Диаметры гидроцилиндров и ходы штоков (углы поворота выходных валов) ГИМ общепромышленного назначения относительно невелики. Гидроцилиндры большого диаметра (более 150 мм) и гидроцилиндры с большим ходом поршня (до 3500 мм) являются, как правило, устройствами не общепромышленного, а специального назначения и обычно проектируются и разрабатываются одновременно с автоматизируемым агрегатом и встраиваются в него в качестве неотъемлемой его части.

В устройствах для фиксирования (зажимания, удерживания) деталей с ограниченной величиной перемещения применяют мембранные и сильфонные гидроприводы одностороннего действия.

Мембранный гидропривод (рис. 3.1, *д*) представляет собой корпус, состоящий из двух деталей *12* и *13*, между которыми закреплена диафрагма *14*, изготовленная из резины, прорезиненной ткани или армированного тканью полимерного материала. Значительная часть мембраны прикреплена к диску *15*. При подаче давления *P* через штуцер *1* мембрана воздействует на диск *15*, преодолевает силу пружины *4* и перемещает шток *5* вправо. После снятия давления *P* жидкость вытесняется из левой полости под действием пружины *4*. Величина хода штока *5* обычно не превышает 15 – 25% внешнего диаметра диафрагмы *14*.

Сильфонный гидропривод (рис. 3.1, *е*) одностороннего действия представляет собой сильфон *16* (размещенный в корпусе *17*), снабженный штоком *5*. При подаче давления *P* в штуцер *1* сильфон *16* сжимается и перемещает шток *5* впра-во. При снятии давления за счет упругости (пружинных свойств) сильфона *16* жидкость вытесняется через штуцер *1*, а шток *5* перемещается влево. При необходимости сильфон может быть снабжен дополнительной пружиной *4*. Чаще всего дополнительную пружину *4* размещают непосредственно на штоке *5* по аналогии с тем, как это показано на рис. 3.1, *а, д*.

Мембранные и сильфонные ГИМ при необходимости могут быть выполнены в виде устройств двустороннего действия.

1.2.2 УПРАВЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

ГИМ с дроссельным регулированием работают при постоянном давлении рабочей жидкости. В качестве управляющих устройств чаще всего применяются золотниковые пары, реже (преимущественно в маломощных ГИМ) используют механизмы со струйной трубкой. В зависимости от числа регулирующих дросселей золотниковые управляющие устройства ГИМ подразделяют на двух- и трехпоршеньковые.

Перемещение поршня *5* и штока *6* каждого из представленных на рис. 3.2, *а*, *б* гидроцилиндров *4* происходит за счет изменения площади поперечного сечения окон золотников, определяемых смещением штоков *1* (с закрепленным на них поршеньками *2*) внутри цилиндрической камеры *3*.

При нейтральном положении штока *1* с поршеньками *2* (в корпусе *3* золотника) каналы для подвода давления $P_{нм}$ (из напорной магистрали) закрыты, при этом жидкость не поступает от насоса ни в одну из полостей гидроцилиндра *4* и его поршень *5* и шток *6* остаются неподвижными. При смещении штока *1* и поршеньков *2* влево (рис. 3.2, *а*) рабочая жидкость по каналам и трубопроводам поступает в левую полость гидроцилиндра *4* и его поршень *5* и шток *6* перемещаются вправо. Если же штоки *1* и поршеньки *2* в корпусе *3* золотников (рис. 3.2, *а*) сместить вправо от нейтрального положения, то рабочая жидкость будет посту-

пать в правую полость гидроцилиндра *4* и его шток *6* начнут перемещаться влево (рис. 3.2, *а*, *б*), и из левых полостей рабочая жидкость с давлением $P_{сл}$ пойдет на слив в гидробак.

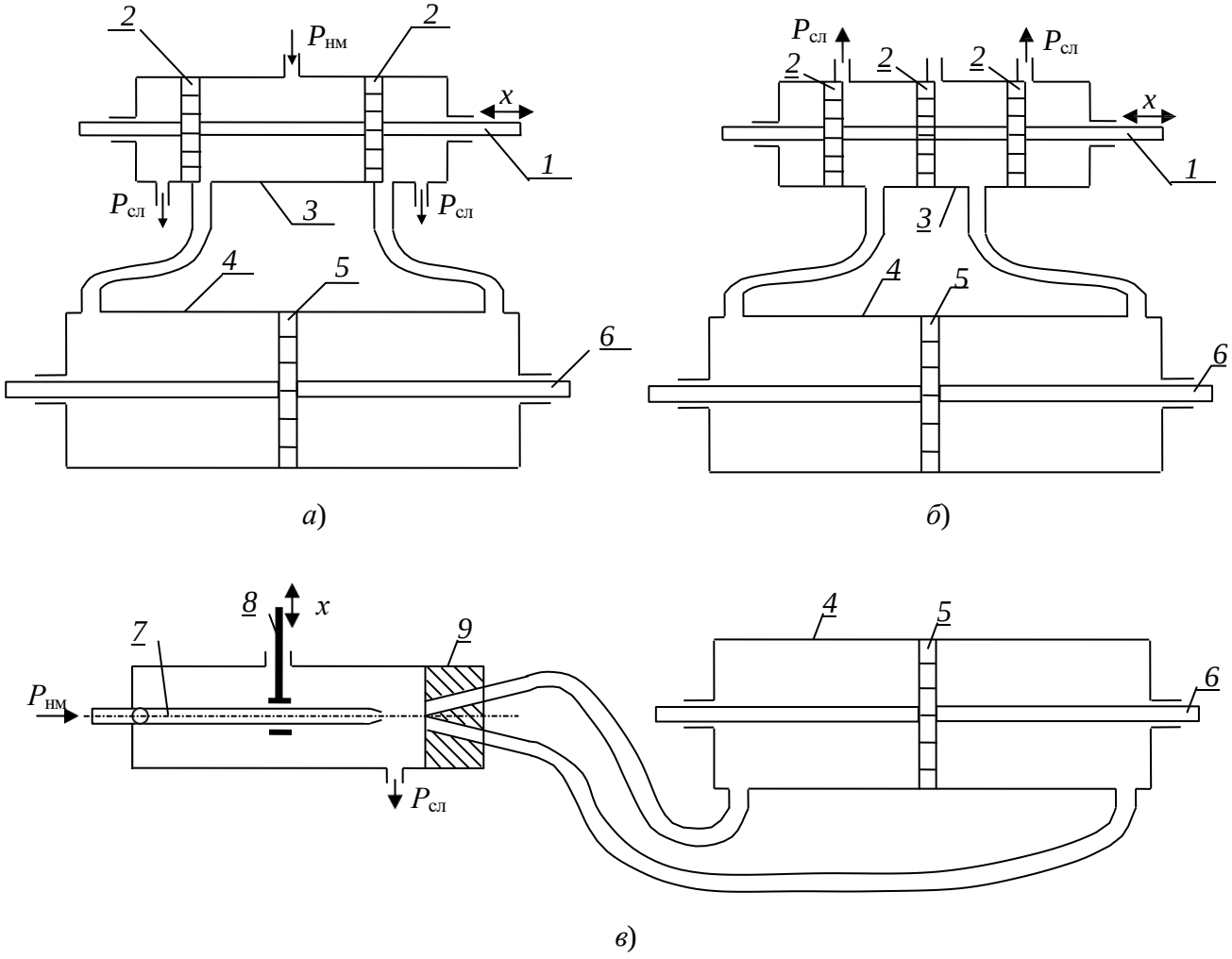


Рис. 3.2. Схемы управляющих устройств ГИМ с дроссельным управлением:

а – золотниковое с двумя регулирующими поршеньками;

б – золотниковое с тремя регулирующими поршеньками; *в* – со струйной трубкой

Аналогично работает система управления на основе золотника с тремя поршеньками, представленная на рис. 3.2, *б*.

Схема ГИМ с управляющим устройством на основе струйной трубки *6* приведена на рис. 3.2, *в*. При симметричном расположении конической насадки струйной трубки *7* относительно двух прямых каналов в стенке *9*, давление рабочей жидкости в каждом канале одинаковое и шток *5* гидроцилиндра *4* неподви-жен. При перемещении штока *8* происходит поворот струйной трубки *6* вверх или вниз. Если струйная трубка *6* повернулась против часовой стрелки (ее коническая

насадка поднялась), то давление в верхнем канале стенки *9* повысится, а давление в нижнем канале – понизится. В результате поршень *5* и шток *6* гидроцилиндра *4* начнет перемещаться вправо. Аналогично, при повороте струйной трубки *6* по ча-совой стрелке давление в нижнем канале стенки *9* повысится, а в верхнем канале – понизится, что приведет к движению поршня *5* и штока *6* влево.

Недостатком управляющих устройств со струйной трубкой является постоянный расход рабочей жидкости через коническую насадку трубки. Поэтому КПД ГИМ со струйной трубкой гораздо ниже, чем у ГИМ с золотниковыми (дроссельными) управляющими устройствами. Применение ГИМ со струйной трубкой це-лесообразно в сравнительно маломощных системах. Наиболее часто такие механизмы со струйной трубкой используют в качестве управляющих устройств более мощных ГИМ с золотниковым управлением.