

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ**  
**ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ**

---

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ  
И ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРИВОД  
АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ  
И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ  
КОМПЛЕКСОВ**

**КУРС ЛЕКЦИЙ**

**2005**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ**  
**ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ**

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ**  
**ПРИВОД АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И**  
**РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**  
**КУРС ЛЕКЦИЙ**

(для студентов специальности 7.090209)

**Р а с с м о т р е н о**  
на заседании кафедры  
«Энергомеханические системы».

Протокол № 8 от 26.01.2005 г.

**У т в е р ж д е н о**  
на заседании учебно-методического  
совета ДонНТУ.

Протокол № 1 от 14.03.2005 г.

2005

УДК 621.9.06 + 621.865.8

Гидравлический и пневматический привод автоматических линий и робототехнических комплексов. Курс лекций (для студентов специальности 7.090209) / Сост. О. В. Федоров — Донецк: ДонНТУ, 2005. – 84 с.

Изложены основные понятия теории автоматизации и роботизации производства. Рассматриваются особенности применения гидравлического и пневматического приводов в автоматических производственных линиях и робототехнических комплексах. Описаны конструкции и принцип действия основных гидрофицированных механизмов и узлов автоматических линий и промышленных роботов. Освещены некоторые вопросы регулирования и управления гидро- и пневмоприводом автоматических линий.

Составитель:

О. В. Федоров

Рецензент

И. А. Горобец

Ответственный за выпуск

Н. Г. Бойко

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
Лекция 1. Автоматизация и роботизация производства.....	5
Лекция 2. Общие сведения об автоматических линиях.....	8
Лекция 3. Общие сведения о гидро- и пневмоприводах автоматических линий и робототехнических комплексов .....	15
Лекция 4. Децентрализованные гидроприводы автоматических линий.....	20
Лекция 5. Централизованные гидроприводы автоматических линий .....	24
Лекция 6. Гидроприводы для автоматической реализации технологических циклов .....	29
Лекция 7. Гидроприводы зажимных устройств автоматических линий .....	34
Лекция 8. Гидроприводы поворотных устройств автоматических линий .....	40
Лекция 9. Гидроприводы вспомогательных устройств автоматических линий .....	44
Лекция 10. Регулирование скорости силовых и транспортных узлов автоматических линий.....	49
Лекция 11. Методы осуществления быстрых перемещений. Снижение потребляемой мощности .....	54
Лекция 12. Разгон и торможение гидрофицированных механизмов автоматических линий.....	61
Лекция 13. Общие сведения о робототехнических комплексах.....	66
Лекция 14. Пневмоприводы промышленных роботов .....	69
Лекция 15. Гидроприводы промышленных роботов .....	75
Лекция 16. Захватные устройства промышленных роботов.....	79
Список литературы.....	83

## Введение

Вторая половина XX и начало XXI века ознаменовались качественным скачком в развитии производительных сил человечества — появлением и стремительным развитием систем автоматизации и роботизации производства. Внедрение систем машин для комплексной механизации и автоматизации производства, создание автоматизированных цехов и заводов на основе широкого применения промышленных роботов, высокопроизводительного оборудования, встроенных систем автоматического управления с использованием микропроцессоров и микроЭВМ позволяет применять в промышленности в больших масштабах высокопроизводительные энерго- и материалосберегающие технологии, обеспечивает значительное повышение производительности труда, объемов выпуска и качества выпускаемой продукции.

Для приведения в движение разнообразных механизмов, входящих в состав автоматической линии или робототехнического комплекса, могут быть использованы три вида энергии: электрическая, гидравлическая и пневматическая. Электропривод весьма удобен с точки зрения управления (особенно при использовании микропроцессорного управления), однако имеет ряд существенных недостатков: значительные габариты, малые усилия и моменты, необходимость использования понижающих передач, инерционность, взрыво- и пожароопасность. Гидропривод, напротив, позволяет при весьма малых габаритах двигателя получать чрезвычайно высокие усилия и крутящие моменты, располагать двигатель непосредственно в перемещаемом узле, исключить промежуточную механическую передачу, выполнять как вращательное, так и поступательное движение. Кроме того, гидропривод позволяет весьма эффективно управлять движением приводимого звена: регулировать в широких пределах скорость, реверсировать, обеспечивать высокую точность позиционирования. Среди преимуществ пневматического привода, наряду с перечисленными выше, — простота, дешевизна, возможность использования в качестве источника энергии заводскую пневмосеть. Поэтому перспективы использования гидравлического и пневматического приводов при создании средств автоматизации и роботизации производства весьма широки.

Целью изучения дисциплины «Гидравлический и пневматический привод автоматических линий и робототехнических комплексов» является подготовка специалистов в области объемных гидро- и пневмоприводов, в частности, применяемых в автоматических линиях и робототехнических комплексах.

В процессе изучения дисциплины студенты приобретают знания принципов работы и особенностей гидро- и пневмоприводов автоматических линий и робототехнических комплексов, умение вести инженерные расчеты таких приводов, выбирать подходящую гидро- и пневмоаппаратуру.

## ЛЕКЦИЯ 1. АВТОМАТИЗАЦИЯ И РОБОТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

### *1.1 Основные понятия. Автоматизация производства, ее уровни*

**Интенсификация** производства — повышение производительности труда.

Основные способы интенсификации производства — механизация и автоматизация.

**Механизация** — замена ручных средств труда машинами и механизмами.

**Автоматизация** производства — применение технических средств и систем управления, освобождающих человека частично или полностью от непосредственного участия в производственных процессах.

Развитие автоматизации оборудования позволяет поднять производительность труда, но, как правило, сопровождается снижением универсальности оборудования и сужением технологических областей его применения.

Различают пять **уровней автоматизации**:

**Первый** — автоматизация цикла обработки. Она заключается в управлении последовательностью и характером движений рабочего инструмента в процессе выполнения одной технологической операции — станки-автоматы, станки с ЧПУ и др.

**Второй** — автоматизация загрузки (постановки и снятия деталей со станка) и транспорта деталей — автоматические питатели, автооператоры, промышленные роботы.

Наибольшей универсальностью и быстротой переналадки обладают промышленные роботы. По мере снижения требований к скорости переналадки грузочных устройств и увеличения размера партии обрабатываемых деталей упрощаются средства для загрузки деталей в рабочую зону.

**Третий** — автоматизация контроля, ранее выполняемого станочником: за состоянием инструмента и своевременной его заменой; качества обрабатываемых деталей; за состоянием станка и удалением стружки, а также контроль и подналадка технологического процесса.

**Четвертый** — автоматическая переналадка оборудования на обработку изделия другого наименования.

**Пятый** — гибкие производственные системы (ГПС) — совокупность оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме, обеспечивающая комплексную автоматизацию всех звеньев производственного процесса, включая процессы обработки и управления, подготовку производства, разработку конструкторской и технологической документации и планирование.

## 1.2 Автоматизация и серийность производства

Уровень и способы автоматизации зависят от *серийности* производства. Производство бывает:

- единичное;
- мелкосерийное;
- серийное;
- крупносерийное;
- массовое.

В *единичном производстве*, когда изделие выпускается в одном или нескольких экземплярах, используется в основном универсальное неавтоматизированное оборудование. В отдельных случаях, для выпуска дорогостоящих изделий сложной формы (напр. штампов и прессформ) применяются станки с ЧПУ.

Для *массового производства* характерен выпуск одного вида продукции в больших количествах и в течение длительного времени. В массовом производстве, как правило, применяется высокопроизводительные специальные станки, объединенные автоматическими транспортно-загрузочными механизмами периодического действия, что в комплексе представляет собой так называемые *жесткие автоматические линии*.

В *жестких (синхронных)* автоматических линиях изделия загружаются, обрабатываются и передаются от станка к станку одновременно или через кратные промежутки времени (при выходе из строя хотя бы одного из станков все другие выключаются и линия простаивает).

Линии отличаются высокой производительностью и применяются в подшипниковой промышленности, автомобилестроении, тракторном и сельскохозяйственном машиностроении, при производстве изделий бытовой техники и т. п. К оборудованию не предъявляются требования переналадки и функциональной взаимозаменяемости, что определяет сравнительную простоту конструкций — станки-автоматы, работающие по жесткой программе, различные конвейеры, подъемно-поворотные столы, автоматические питатели, автооператоры различных типов и т. д.

Срок службы жесткой автоматической линии ограничен сроком выпуска данного изделия.

*Крупносерийное* производство характеризуется ограниченным временем выпуска продукции. Подготовка такого производства должна осуществляться в короткие сроки. К оборудованию наряду с требованием высокой производительности предъявляются требование переналаживаемости.

Перечисленным требованиям удовлетворяет автоматическое и полуавтоматическое оборудование (агрегатные станки и станки с ЧПУ), которое с помощью *промышленных роботов* можно объединять в

**перенастраиваемые несинхронные (гибкие) автоматические линии.**

**Гибкие (несинхронные)** автоматические линии состоят из самостоятельно действующих станков (секций), разделенных межоперационными накопителями деталей. Эти секции могут иметь различные циклы работы и методы хранения и транспортирования деталей, что повышает надежность работы линии и упрощает ее наладку.

В **серийном** производстве длительность выпуска деталей одного типа — от нескольких дней до нескольких недель.

Автоматизация в серийном производстве осуществляется:

- применением станков с ЧПУ;
- созданием автоматических линий и автоматизированных участков с программным управлением из станков с ЧПУ и промышленных роботов;
- созданием **гибкой производственной системы (ГПС)**.

Перспективным для автоматизации средне- и мелкосерийного производства является создание типовых роботизированных комплексов, а также гибких производственных технологических модулей.

Их применение позволит комплектовать различные типы автоматизированных участков, линий и ГПС, создавать сложные производственные системы, дифференцированные по составу выполняемых операций, назначению и уровню автоматизации обработки и управления, которые могут лечь в основу последующих работ по созданию автоматизированных цехов и заводов, способных функционировать в условиях частой смены объектов производства.

Для **мелкосерийного производства**, требующего переналадки в пределах смены, характерен низкий уровень автоматизации производственных процессов. Автоматизация в мелкосерийном производстве должна развиваться за счет создания РТК и ГПС, программируемых по первой детали методом обучения и оснащенных широким набором средств самодиагностики и контроля процесса обработки.

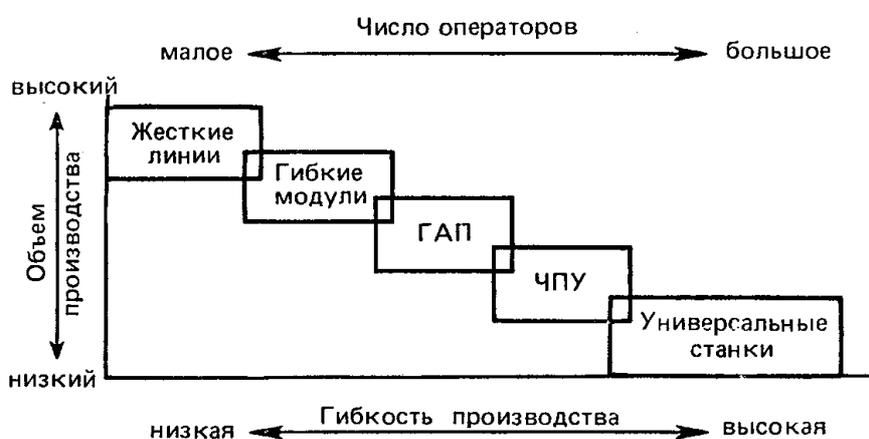


Рис. 1.1 Особенности различных способов автоматизации производства

## ЛЕКЦИЯ 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ

### 2.1 Транспортные системы автоматических линий

В производственном технологическом процессе согласованное и непрерывное поступление деталей друг за другом на обработку называют *потоком*, а последовательную их обработку (изготовление) — *поточным производством*. При этом станки располагают в соответствии с технологической последовательностью операций, а комплект расставленных таким образом станков называют *поточной линией*.

В процессе пооперационной обработки каждая деталь совершает *межоперационное перемещение* от станка к станку и, кроме того, в зону и из зоны обработки. Операции *обработки* чередуются с *транспортными, загрузочными* и *разгрузочными* операциями, которые производят на неавтоматических поточных линиях вручную или с использованием тележек, тельферов, кранов и т. п., а на автоматических поточных линиях — с помощью автоматических транспортных систем.

**Транспортной системой** автоматической линии называют комплекс автоматических устройств, совершающих загрузку, разгрузку и межоперационное перемещение обрабатываемых деталей со станка на станок.

#### *Классификация транспортных систем, (рис. 3.1)*

1. По способу организации транспортного потока:

**Синхронные (жесткие) транспортные системы** — перемещают обрабатываемые детали между всеми станками линии одновременно. Станки жестко связаны конвейером. Работа всех станков синхронно чередуется с работой конвейера. После окончания обработки деталей станки выключают, конвейер перемещает детали, затем станки снова включаются.

**Несинхронные (гибкие) транспортные системы** — перемещают обрабатываемые детали от станка к станку линии неодновременно, по мере окончания обработки, с использованием накопителей, обеспечивая самостоятельную независимую работу каждого станка.

2. По наличию спутников:

**Спутниковые системы** — детали обрабатываются и перемещаются закрепленными на приспособлениях — спутниках. После обработки детали снимают со спутников и последние возвращаются конвейером возврата.

**Беспутниковые системы** — детали обрабатываются и перемещаются без спутников.

3. По расположению конвейера:

**Сквозные** — детали перемещают непосредственно из зоны в зону обработки межоперационным конвейером.

**Несквозные** — детали загружаются с межоперационного конвейера в зоны обработки загрузочно-разгрузочными устройствами (питатели, автооператоры, манипуляторы).

4. По схеме транспортных путей:

**Ветвящиеся** — имеются устройства, которые делят поток деталей на несколько потоков или, наоборот, объединяют несколько потоков в один поток.

**Неветвящиеся** — существует только один поток деталей.

5. По способу перемещения деталей:

**Принудительные** — применяются различные приводные устройства: автооператоры (манипуляторы) и конвейеры (шаговые, орбитные, ленточные, роторные, цепные, вибрационные, роликотприводные и др.).

**Самотечные** — используется сила тяжести самих перемещаемых деталей и спутников.

**Полусамотечные** — используются как сила тяжести, так и приводные устройства.

6. По характеру движения деталей:

**Периодического действия** — шаговые конвейеры.

**Непрерывные** — действующие безостановочно (непрерывные конвейеры, роторные линии).

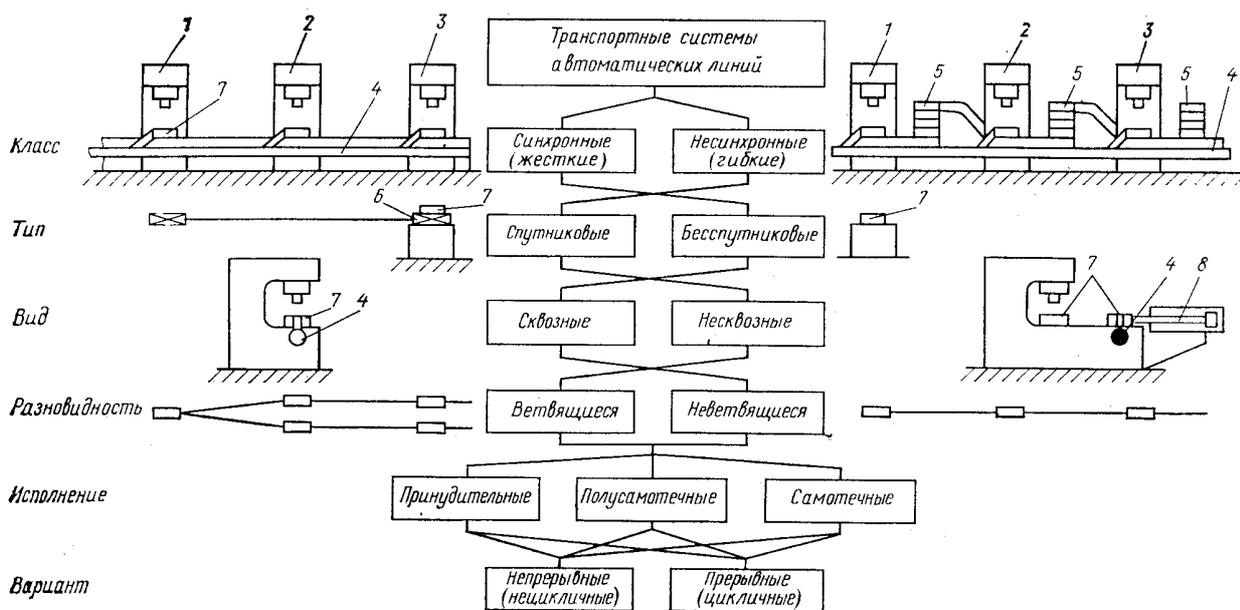


Рис. 3.1 Классификация транспортных систем автоматических линий

## 2.2 Синхронные автоматические линии

Синхронные транспортные системы создают на базе шаговых или роторных конвейеров, которые перемещают детали принудительно от всех станков одновременно (рис. 3.2):

1. **Штанговые конвейеры** — штанга с захватами совершает возвратно-поступательные движения на определенный шаг, равный расстоянию между станками или кратный этому расстоянию (рис. 3.2, *а, б*). Захваты: храповые подпружиненные собачки — для скоростей до 10 м/мин, или флажковые захваты — для больших скоростей.

2. **Грейферные переносящие конвейеры** — детали приподнимаются вместе с рамой (грейфером) с помощью роликов, перемещаются на шаг, опускаются вместе с рамой на базовые опоры; при этом рама опускается еще ниже и уходит назад, (рис. 3.2, *в*).

3. **Цепные и роliko-цепные конвейеры** (рис. 3.2, *г и д*). В цепных — захваты размещаются на цепи, совершающей периодические движения на шаг. В роliko-цепных — на звеньях непрерывно движущейся цепи расположены ролики, на которых располагаются детали, удерживаемые упорами (ролики при этом прокатываются под деталями). При удалении упоров детали перемещаются вместе с роliками до следующих упоров.

4. **Роторные и роторно-цепные** непрерывно действующие конвейеры (рис. 3.2, *е*) — в качестве транспортного средства используют вращающиеся роторы с гнездами, расположенными на определенном расстоянии друг от друга, или цепные конвейеры, на цепи которых гнезда располагаются на расстоянии, соответствующем позициям рабочего ротора. Роторы — рабочие (на которых выполняются операции) и транспортные (межоперационные). Деталь передается от одного рабочего ротора к другому транспортными роторами.

В синхронной сквозной транспортной системе для межоперационного перемещения корпусные детали 1 передаются от станка 2 к станку 3 (рис. 3.3). Шаговый конвейер имеет штангу 5 с подпружиненными собачками 4 для перемещения деталей 1 на шаг. Штанга 5 приводится в движение с помощью гидроцилиндра 6.

Аналогичная, но не сквозная система для перемещения валов вдоль их оси показана на рис. 3.4. Штанга 1, поддерживаемая роlikoопорами 13, получает возвратно-поступательное перемещение от гидроцилиндра 12 и движет деталь 4 собачками 2 по горизонтальным лоткам 3. Последние прерываются наклонными лотками 6, напротив которых на штанге имеются опускающиеся по копиру собачки 5, толкающие детали в захваты 9 нижних гидрофицированных питателей 14, загружающих детали в зону обработки 11 в центра 10. Обработанные детали забираются захватами 5 верхних гидрофицированных питателей 7, которые являются продолжением горизонтальных лотков. Загрузка и разгрузка производятся за один прием, тем самым экономится почти 50% времени.

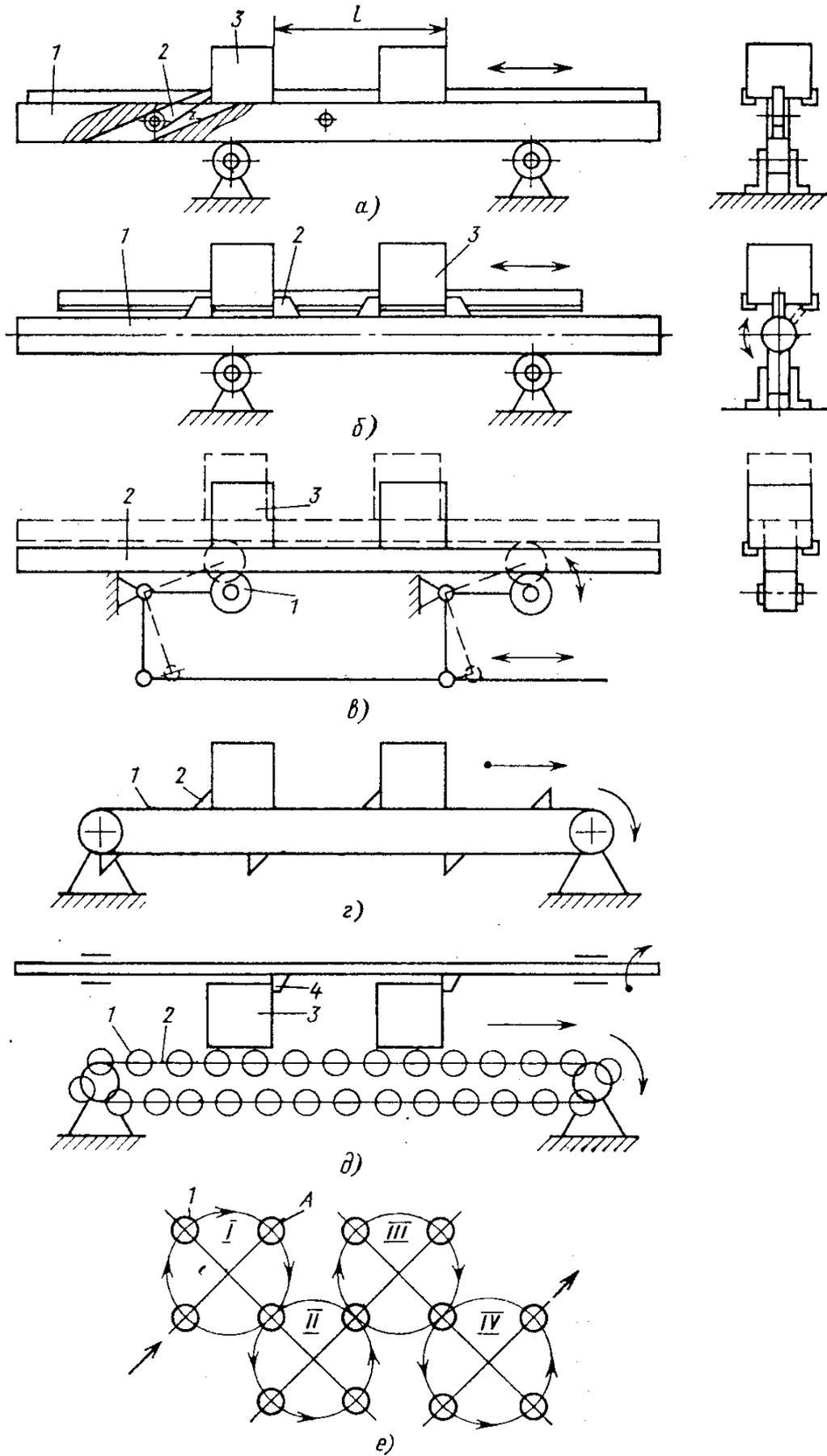


Рис. 3.2 Конвейеры синхронных транспортных систем

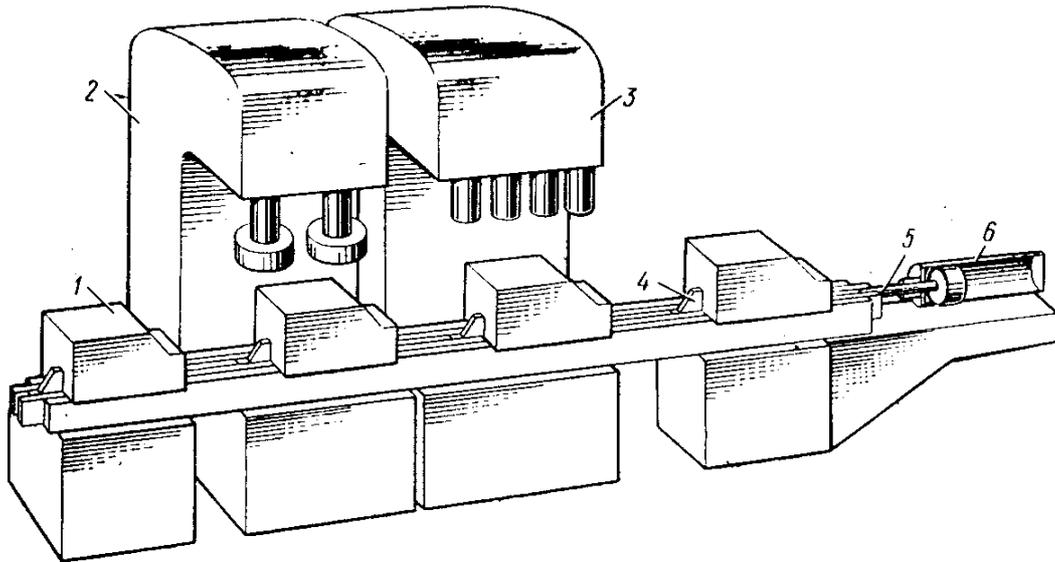


Рис. 3.3. Синхронная сквозная транспортная система для корпусных деталей

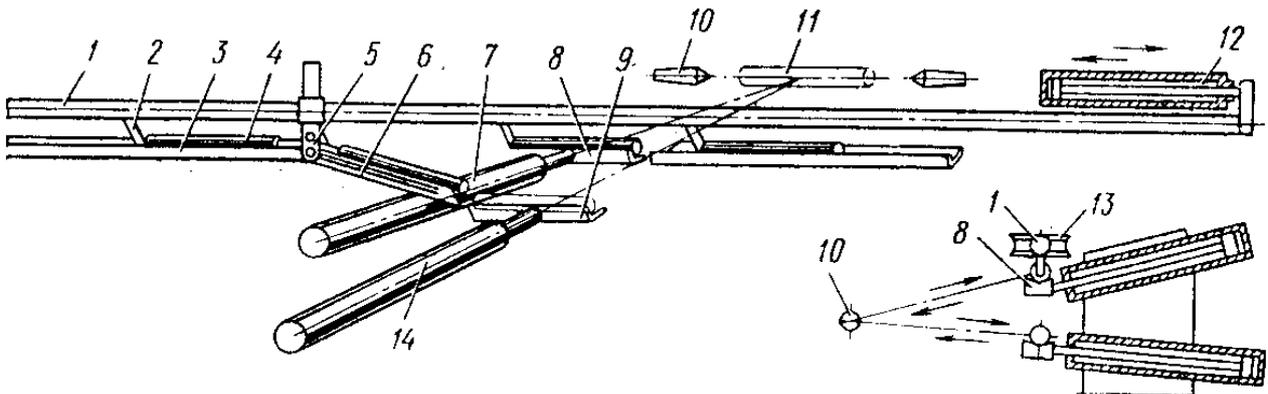


Рис. 3.4. Синхронная несквозная транспортная система для валов с двойным питателем

Ветвление потока в синхронных транспортных системах производится с помощью делителей потока (рис. 3.5) или особых конвейеров.

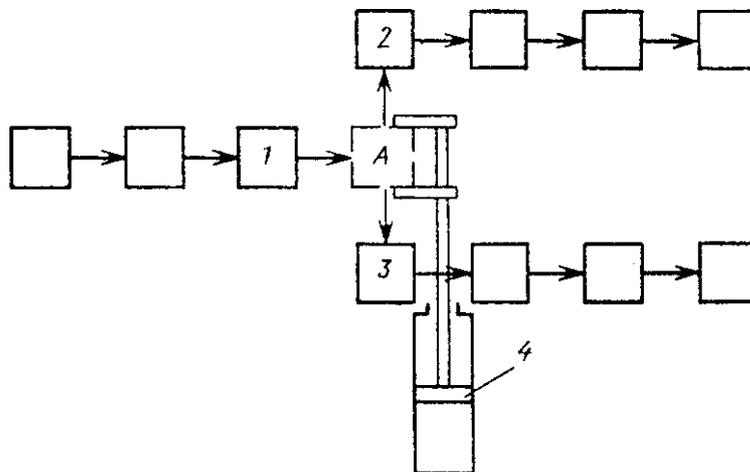


Рис. 3.5. Ветвящаяся транспортная система с делителем потока

### 2.3 Несинхронные автоматические линии

Несинхронные транспортные системы строят на базе различных конвейеров: *ленточных, роликовых и вибрационных*.

Во всех случаях первый станок загружается из *накопителя*. Последующие станки загружаются с конвейеров, на которых детали накапливаются в количествах, достаточных для независимой работы каждого станка в течение непродолжительного времени (рис. 3.6, *а*), или имеют собственные накопители (рис. 3.6, *б*). В этом случае система обеспечивает независимую работу каждого станка в течение более продолжительного времени.

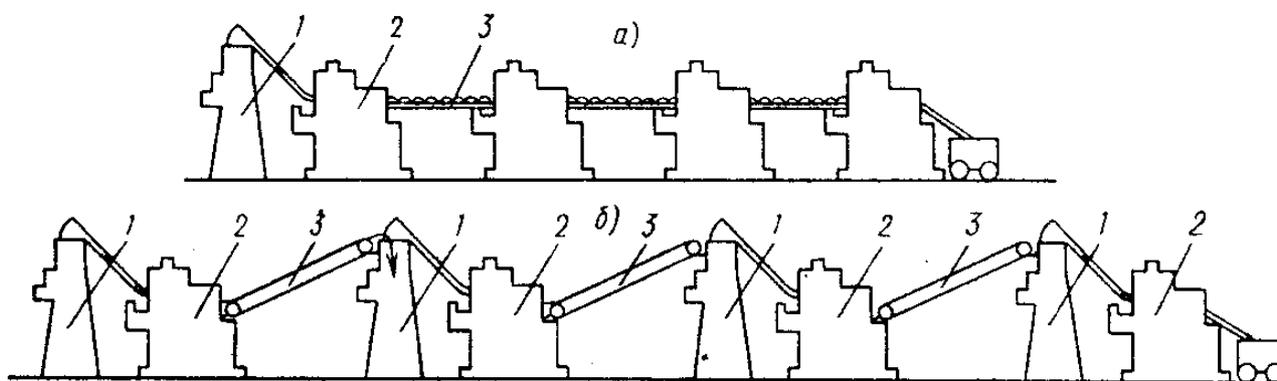


Рис. 3.6. Несинхронные транспортные системы: без межоперационных накопителей (*а*) и с межоперационными накопителями (*б*)

В *ветвящихся* несинхронных транспортных системах, когда на каждой операции на линии работают несколько станков, в систему вводят *конвейеры-распределители, отводящие конвейеры* и *подъемники*, (рис. 3.7). Такие системы применяют на всех заводах, изготавливающих шарико- и роликоподшипники.

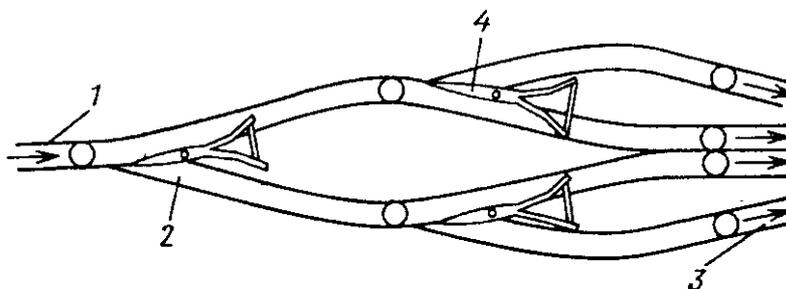


Рис. 3.7. Ветвящаяся несинхронная транспортная система с лотковым делителем

В *манипуляторных порталных* транспортных системах загрузку, разгрузку и транспортирование производят *манипуляторами*, а межоперационное перемещение — различными конвейерами.

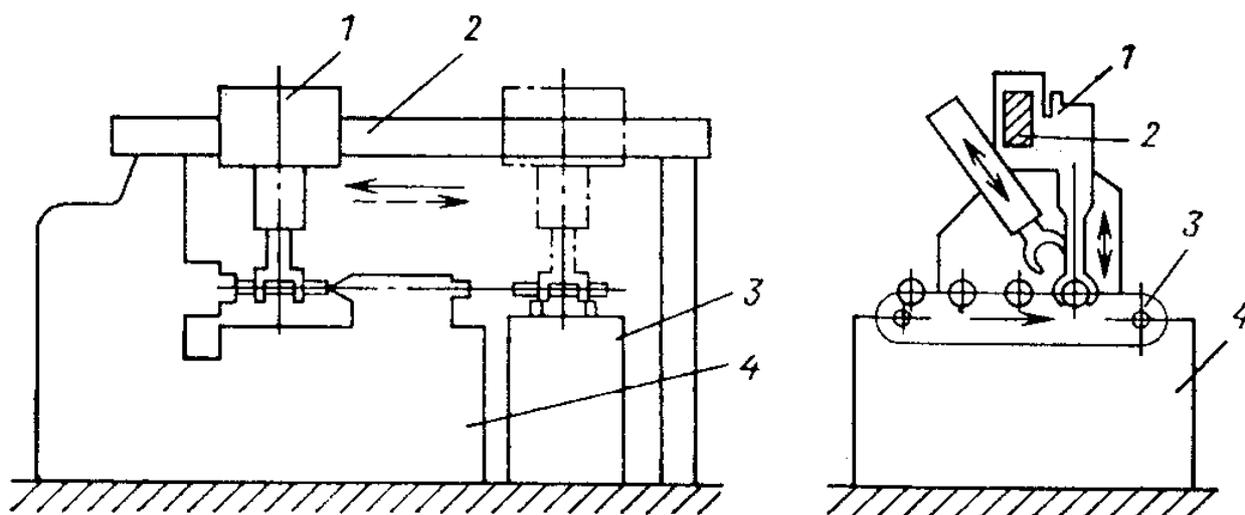


Рис. 3.8. Манипуляторная порталная транспортная система

В манипуляторной порталной транспортной системе для линии, состоящей из токарных станков, двухзахватные манипуляторы 1 помещены на портале 2, конвейер 3 с заготовками проходит с торца станков 4 (рис. 3.8). Манипулятор забирает заготовку с конвейера одним захватом, а другим кладет обработанную деталь в освободившуюся ячейку, после чего движется в зону обработки станка. Здесь один захват берет обработанную деталь, а другой — ставит заготовку в центре станка. Манипулятор уходит к конвейеру, где опять один захват кладет деталь, другой берет заготовку. При этом каждый раз конвейер перемещает детали на шаг. На основе таких устройств компонуют как синхронные, так и несинхронные транспортные системы без спутников и со спутниками.

## ЛЕКЦИЯ 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРО- И ПНЕВМОПРИВОДАХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

*Гидравлические и пневматические приводы* весьма широко используются для осуществления движения рабочих органов различных машин. Особенно широко применяются гидро- и пневмоприводы в системах автоматического управления рабочими органами машин, включенных в замкнутый технологический цикл — в *цикловых системах управления*. К ним относятся системы автоматического управления металлорежущих станков и автоматических линий, роботов-манипуляторов и др.

Применение гидравлического или пневматического привода в каждом конкретном случае обусловлено требованиями, предъявляемыми к приводу: быстрдействие, точность позиционирования, необходимое усилие и др.

### 3.1 Особенности гидравлического привода

Гидропривод используется для осуществления как главных, так и вспомогательных движений, в том числе автоматических следящих перемещений исполнительных механизмов, привода рабочих органов роботов-манипуляторов, зажимных, фиксирующих и транспортных устройств.

Высокие компоновочные свойства гидравлических систем, основанные на конструктивной независимости расположения отдельных агрегатов, позволяют создавать машины, отличающиеся большой производительностью, надежностью и малой материалоемкостью.

Гидравлический привод имеет следующие *достоинства*:

- 1) высокое быстрдействие;
- 2) возможность получать большие силы и вращающие моменты при сравнительно малых размерах гидродвигателей;
- 3) плавность перемещения и бесступенчатое регулирование скорости выходного звена в большом диапазоне;
- 4) малая инерционность, возможность управлять режимами обработки во время движения рабочих органов;
- 5) простота осуществления прямолинейных возвратно-поступательных движений, отсутствие дополнительных кинематических цепей между выходным звеном привода и рабочим органом;
- 6) использование в качестве рабочего тела несжимаемой жидкости, что позволяет получить высокую стабильность скорости входного звена при изменении нагрузки в широком диапазоне, высокую точность позиционирования, высокую частоту реверсирования движения;

- 7) удобство автоматизации управления гидроприводом с помощью устройств гидроавтоматики;
- 8) большой коэффициент усиления по мощности (более 1000), высокий коэффициент полезного действия при различных способах регулирования;
- 9) малая относительная масса гидромашин;
- 10) легкость предохранения от перегрузок и высокая эксплуатационная надежность;
- 11) большой опыт разработки и эксплуатации гидроприводов в различных отраслях техники, широкая номенклатура выпускаемых элементов гидроприводов.

К основным *недостаткам* гидравлических приводов следует отнести:

- 1) использование в качестве рабочего тела жидкости требует создания специальных насосных установок, что усложняет и утяжеляет конструкцию мобильных и автономных устройств (напр. роботов);
- 2) малая дальность транспортировки гидравлической энергии и малая скорость прохождения управляющих сигналов;
- 3) пожароопасность вследствие горючести рабочих жидкостей, невозможность применения гидропривода в среде с повышенной температурой, в пожаро- и взрывоопасной среде;
- 4) ресурс рабочей жидкости ограничен, что приводит к частой смене всего объема жидкости и увеличивает стоимость обслуживания;
- 5) стоимость элементов гидропривода выше, чем элементов пневматического и электрического приводов.

### 3.2 Особенности пневматического привода

Наряду с широким применением в машиностроении гидравлических приводов и средств гидроавтоматики все большее распространение получают пневматические приводы и пневмоавтоматика, использующие в качестве энергоносителя энергию сжатого воздуха.

Основные *преимущества* пневматических приводов:

- 1) простота и надежность конструкции;
- 2) высокая скорость выходного звена привода: при линейном перемещении до 1000 мм/с, при вращении — до 60 об/мин;
- 3) использование сжатого воздуха в качестве рабочего тела;
- 4) возможность использования сжатого воздуха из заводской пневмосети с давлением 0,5...0,6 МПа;

- 5) простое цикловое управление: позиционирование производится с помощью перенастраиваемых упоров;
- 6) высокая точность позиционирования по точкам, определяемым жесткими упорами;
- 7) возможность работы в агрессивной и пожароопасной среде;
- 8) отсутствие промежуточных передаточных звеньев между выходным звеном привода и рабочим органом;
- 9) высокий коэффициент полезного действия (до 0,8);
- 10) малая относительная масса конструкции привода на единицу развиваемой мощности;
- 11) простота компоновки элементов пневмопривода;
- 12) низкая стоимость конструкции привода и малая стоимость обслуживания;
- 13) малая чувствительность к ударным перегрузкам и вибрациям;
- 14) возможность использования сжатого воздуха как среды для передачи команд управления и построения схем автоматики на базе пневмоэлементов.

К **недостаткам** пневматического привода следует отнести:

- 1) нестабильность скорости выходного звена при изменении нагрузки вследствие сжимаемости рабочего тела при малых и средних давлениях;
- 2) ограниченность числа точек позиционирования (чаще всего две точки) в приводах с цикловым управлением; увеличение числа точек позиционирования требует использования специальных конструкций позиционирующих устройств;
- 3) необходимость демпфирования движения выходного звена привода в конце хода, так как при больших скоростях движения выходного звена возможны сильные удары рабочего органа по упорам;
- 4) наличие шума при работе привода.

Общая тенденция развития современного гидропривода и гидропневмоавтоматики состоит в переходе на большие давления рабочей жидкости, создание высоконадежных устройств и комбинированных автоматических систем, где бы оптимально использовались преимущества гидравлического, пневматического, электрического приводов, электрических и электронных средств управления и средств гидропневмоавтоматики. При этом ведутся работы по унификации и стандартизации элементов гидропневмооборудования, решаются технологические проблемы изготовления деталей и узлов, поскольку качественный уровень технологических процессов в производстве такого оборудования определяет требуемую надежность при его эксплуатации.

### 3.3 Гидроприводы автоматических линий

**Исходными данными**, необходимыми для выбора типа гидропривода, проектирования гидросхемы и назначения гидравлического оборудования автоматической линии или отдельных ее участков являются:

- 1) **длительность цикла** и темп работы линии;
- 2) **количество** одновременно или последовательно работающих гидрофицированных механизмов;
- 3) действующие силы и сопротивления, преодолеваемые цилиндрами, определяющие **рабочее давление** в гидросистеме и в отдельных ее участках;
- 4) требуемые **длины** и **скорости** рабочих и холостых ходов механизмов, приводимых гидроприводом или времена их срабатывания, определяющие расход масла и производительность насосов;
- 5) методы **управления** и **контроля** последовательности переходов цикла;
- 6) **условия безаварийности работы** в случае выхода из строя отдельных элементов гидравлического или электрического оборудования или при подаче неправильной команды;
- 7) **планировка** и габаритные размеры линии.

Рационально выбранный гидропривод автоматической линии должен удовлетворять следующим **требованиям**:

- 1) **время** и **последовательность** работы гидрофицированных механизмов должны отвечать циклограмме работы линии;
- 2) **включение** в работу или **остановка** отдельных участков или секций автоматической линии не должны нарушать работу гидроприводов остальных участков;
- 3) должна быть обеспечена возможность **независимого управления** работой отдельных механизмов линии вне автоматического цикла;
- 4) гидропривод должен включать **минимально необходимое количество** гидравлических насосов и аппаратов;
- 5) узлы гидропривода должны быть **доступными** для обслуживания и ремонта и занимать минимальную производственную площадь;
- 6) режим работы гидропривода, производительности насосов и емкости гидробаков должны обеспечивать **надежную** и **длительную работу** оборудования, минимальный расход электроэнергии и отсутствие перегрева масла.

В автоматических линиях из агрегатных станков нашли применение два основных **типа гидроприводов** (по методу их компоновки).

1. **Децентрализованный гидропривод**, состоящий из ряда индивидуальных, независимых гидросистем, каждая из которых управляет работой одного или небольшой группы механизмов линии

**Преимущества** децентрализованного гидропривода:

- 1) относительная простота гидропривода и его гидравлической схемы;
- 2) малая длина трубопроводов (так как каждый гидропривод может быть установлен рядом с обслуживаемым им механизмом);
- 3) возможность в ряде случаев отказаться от применения дроссельных устройств, так как производительность насосов можно подобрать в соответствии с требуемым расходом.

**Недостатки** децентрализованного гидропривода:

- 1) необходимость установки большого количества гидробаков, насосов и гидравлической аппаратуры, которые занимают большую площадь и усложняют эксплуатацию и ремонт оборудования
- 2) нерациональное использование производительности насосов, так как каждый из обслуживаемых механизмов работает кратковременно.

2. **Централизованный гидропривод**, при котором управление работой всех или большинства гидрофицированных механизмов участка производится общим гидравлическим приводом с одной насосной установкой.

**Преимущества** централизованного гидропривода:

- 1) наличие только одной насосной установки, что снижает габариты, повышает надежность линии и упрощает обслуживание и ремонт;
- 2) более рациональное использование производительности насоса, который в различные моменты времени питает разные механизмы.

**Недостатки** централизованного гидропривода:

- 1) большая сложность его гидросхемы, относительная трудность отладки, обнаружения и устранения неисправностей;
- 2) значительное запаздывание срабатывания механизмов при большой протяженности трубопроводов.

## ЛЕКЦИЯ 4. ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ ГИДРОПРИВОДЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

На рис. 4.1 приведена планировка автоматической линии, предназначенной для сверления, зенкерования, снятия фасок, развертывания и нарезания резьбы в отверстиях блока цилиндров автомобильного двигателя. Линия состоит из трех агрегатных станков. Гидравлический привод используется для управления работой нескольких гидроцилиндров: 1 и 2 — цилиндры зажима обрабатываемых деталей; 3 — цилиндры фиксации деталей; 4 — цилиндр контрольного устройства; 5 — цилиндр транспортера; 6 — цилиндр транспортера.

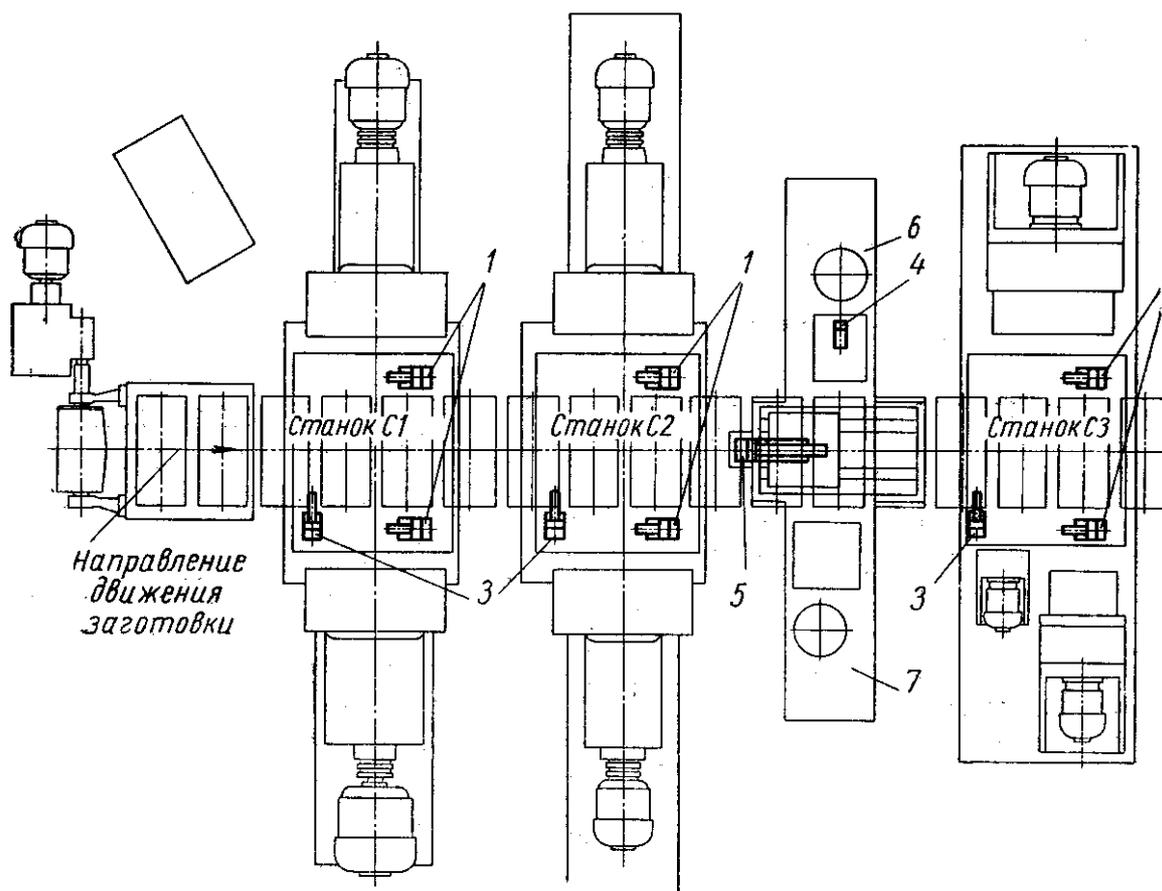


Рис. 4.1. Планировка автоматической линии с децентрализованным гидроприводом: 1 и 2 — цилиндры зажима; 3 — цилиндры фиксации; 4 — цилиндр контрольного устройства; 5 — цилиндр транспортера; 6 и 7 — гидробаки

Как видно из циклограммы, рис. 4.2, движение транспортера (цилиндр 5) назад совмещено по времени с движением силовых головок и началом обработки заготовок. Для обеспечения поддержания в это время постоянного давления в системе зажима гидросистема линии построена на базе двух отдельных гидроприводов — гидропривода фиксации и зажима, размещенного в гидробаке 6 и гидропривода транспортера в гидробаке 7.

На рис. 4.3 показана принципиальная гидравлическая схема гидропривода фиксации и зажима. Управление работой цилиндров зажима 1 и 2 и других, соединенных параллельно, фиксации 3 и контроля 4, соединенных параллельно, производится реверсивными золотниками 5 и 6, управление работой насосной установки — разделительной гидропанелью 7.

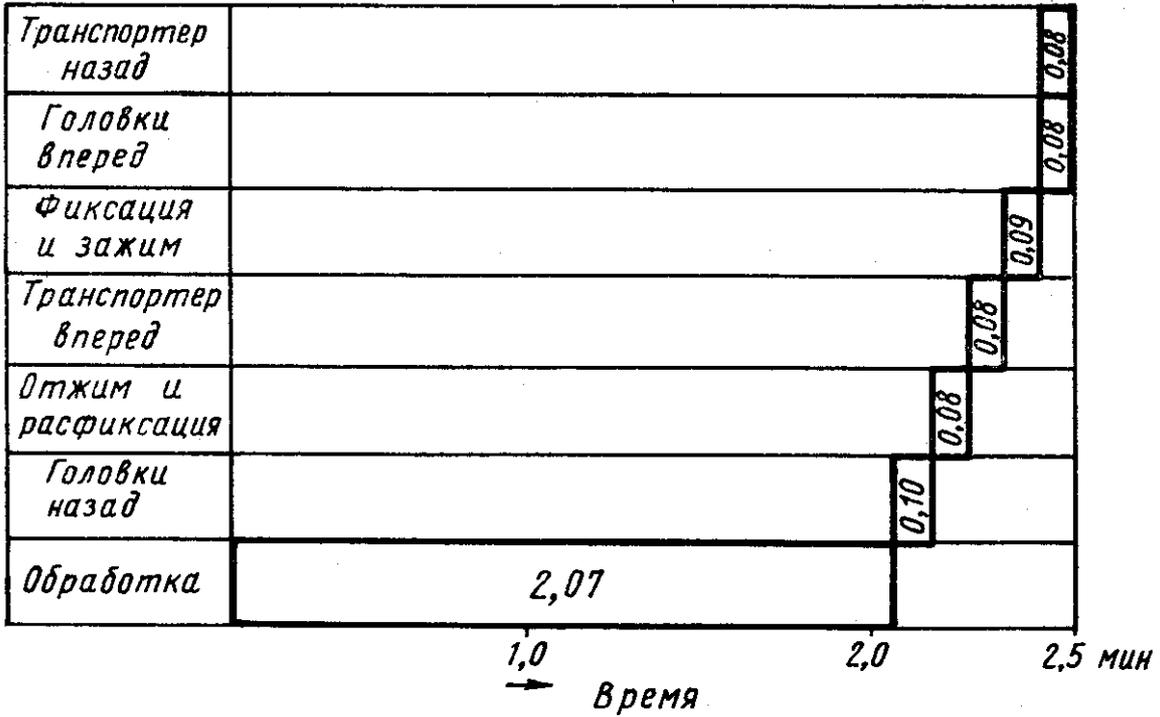


Рис. 4.2. Циклограмма работы автоматической линии с децентрализованным гидроприводом

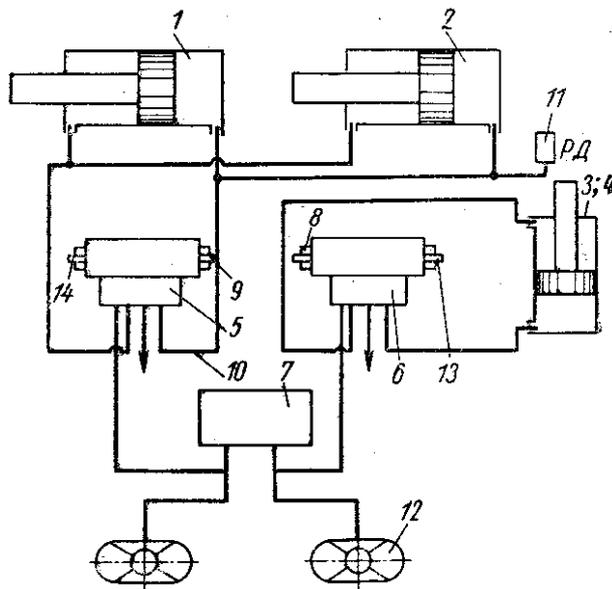


Рис. 4.3. Принципиальная схема гидропривода фиксации и зажима

Операции фиксации и контроля начинаются включением электромагнита 8 золотника 6. Окончание этой операции контролируется конечными выключателями механизмов фиксации и контроля, последовательно включающими электромагнит 9 золотника 5. После окончания перемещения поршней цилиндров зажима 1 и 2 давление в трубопроводе 10 повышается и срабатывает реле давления 11, дающее команду на начало движения силовых головок. Одновременно разделительная гидропанель 7 разгружает насос низкого давления 12 на бак. Отжим и расфиксация производятся одновременно после окончания обработки заготовок включением электромагнитов 13 и 14.

После составления принципиальных схем гидроприводов автоматической линии циклограмма корректируется в соответствии с фактическим временем работы отдельных механизмов. Для данной автоматической линии со сравнительно простым циклом работы, небольшим количеством гидроцилиндров и темпом работы линии более 2 мин учитывать время срабатывания золотников и электроаппаратуры при этом не требуется.

В некоторых фрезерных станках, в которых неподвижные заготовки обрабатываются перемещением силовых столов с установленными на них фрезерными бабками вдоль оси линии, для транспортирования заготовок используется операция быстрого отвода силовых стволов. Управлять работой гидроцилиндров фиксации, зажима и некоторых других может при этом гидропривод подачи силового стола.

Гидропривод рассмотренной выше автоматической линии (см. рис. 4.1) был скомпонован в виде двух независимых гидросистем, размещенных в отдельных гидробаках. На рис. 4.4 показана схема гидропривода участка автоматической линии фирмы Геллер (ФРГ), состоящего из нескольких гидросистем, смонтированных в общей станции гидропривода.

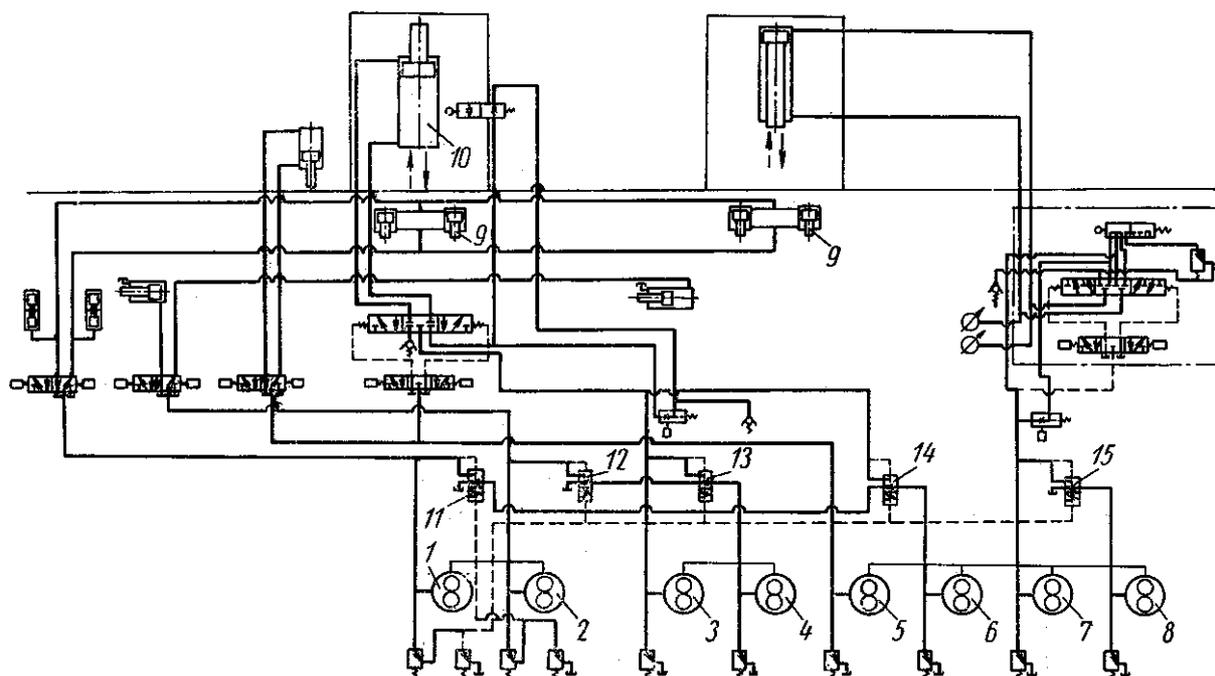


Рис. 4.4. Схема гидропривода участка автоматической линии фирмы Геллер (ФРГ)

Насосная установка гидропривода состоит из 8 шестеренных насосов: высокого давления (на 2,5 МПа) производительностью 5 л/мин (насосы 1 и 2) и 6,3 л/мин (насосы 3, 5 и 7) и низкого давления (на 1,5 МПа) производительностью 25 л/мин (насосы 4, 6 и 8). Регулирование производительности насосной установки производится включением одного либо нескольких насосов в различной конфигурации.

Операция быстрого перемещения поршней гидроцилиндров зажима 9 осуществляется суммарной подачей насосов 1 и 6 (30 л/мин), операция зажима — насосом 1, операция быстрого перемещения поршня цилиндра 10 силового стола — насосами 3, 4 и 6 (56,3 л/мин), рабочая подача этого стола — насосом 3 и т. д. В процессе обработки заготовок на линии насосы 4, 6 и 8 полностью разгружены на бак золотниками 11, 12, 13, 14 и 15.

Такой гидропривод позволяет подобрать производительность насосов, необходимую для быстрых перемещений каждого гидрофицированного механизма с соответствующим уменьшением непроизводительных потерь энергии.

## ЛЕКЦИЯ 5. ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ ГИДРОПРИВОДЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

*Централизованные гидросистемы* налагают на циклограммы работы автоматических линий следующие *ограничения*:

1 Во время операций *фиксации, зажима, отжима и расфиксации* не могут производиться никакие другие операции.

2 Желательно для уменьшения непроизводительного расхода электроэнергии *совмещать по времени* операции, не требующие больших расходов масла. При неработающих вспомогательных механизмах, приводимых гидроприводом, насос быстрых ходов должен разгружаться на бак.

3 Все вспомогательные операции должны по возможности осуществляться *последовательно*, без перерывов, чтобы реже включать и выключать электромагнит разгрузки.

Один *общий централизованный гидропривод* может быть в некоторых случаях применен для управления работой гидрофицированных механизмов *двух и более* параллельно или последовательно работающих *участков* автоматических линий. Обязательным условием такого использования гидропривода является *совмещение* по времени операций *отжима* и *зажима* на всех участках.

Управление работой гидрофицированных механизмов линии может осуществляться:

- блоками распределительных золотников, встроенных в *гидравлические командоаппараты*;
- распределительными золотниками *с индивидуальным электромагнитным управлением* для каждого самостоятельно работающего механизма (или группы аналогичных, параллельно работающих механизмов).

Командоаппарат, рис.5.1, работает следующим образом: на распределительном вале *1* находятся кулачки *7...11*, определяющие положение распределительных золотников *2...6*, а, следовательно, положение рабочих органов механизмов линии на данном переходе цикла. По завершении перехода включается электромагнит *12* и золотник *13* направляет жидкость в полость *14* цилиндра *15*. Поршень *16* через реечно-храповый механизм *17* поворачивает вал *1* в положение, соответствующее следующему переходу, и золотники *2...6* меняют свое положение, включая или выключая соответствующие механизмы.

По окончании поворота вала шток поршня *16* нажимает на выключатель *18*, который обрывает цепь питания электромагнита *12*, золотник *13* соединяет полость *14* цилиндра *15* с баком и поршень *16* возвращается в исходное положение.

Количество фиксированных положений вала 1 соответствует числу переходов цикла. За время выполнения цикла вал совершает полный оборот. Последующее вращение вала приводит к повторению операций цикла.

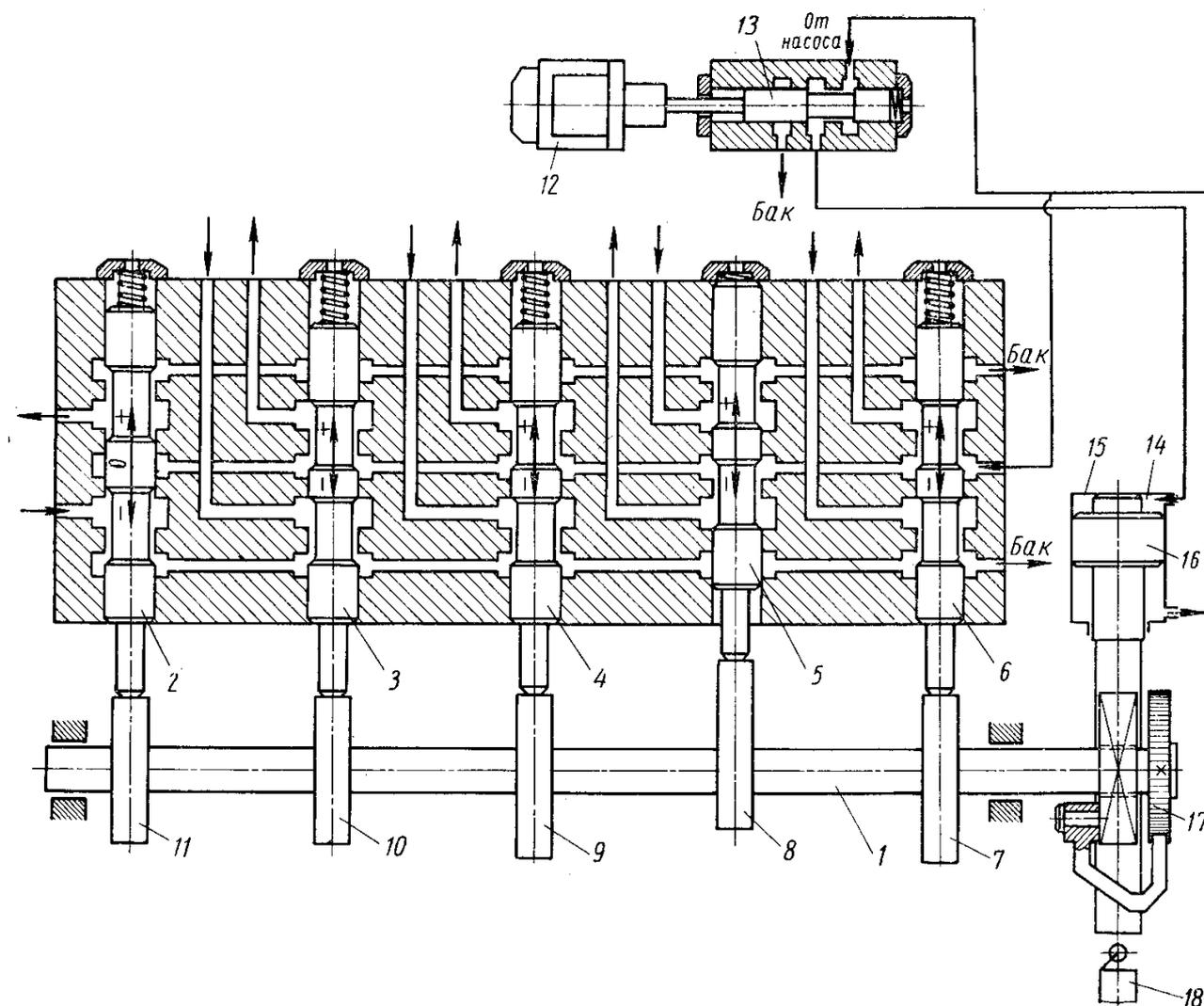


Рис. 5.1. Гидрокинематическая схема гидравлического командоаппарата

### **Особенности гидравлических командоаппаратов:**

1. Для каждой циклограммы необходимо **заново профилировать кулачки**. При этом сравнительно большие хода реверсивных золотников — 10...15 мм — ограничивают возможное число переходов цикла.

2. Конструкция командоаппарата значительно **сложнее** привода с отдельными распределительными золотниками, в связи с чем надежность его работы уменьшается.

3. Применение командоаппарата приводит к дополнительным **потерям времени**, так как собственное время его срабатывания в 2...3 раза больше, чем время срабатывания распределительных золотников с гидроэлектрическим управлением.



На рис. 5.3 приведена *циклограмма* работы гидрофицированных механизмов этого участка и смежных участков — предыдущего и последующего. На основании циклограммы рассчитываются *расходы* масла, необходимые для перемещения каждой независимо работающей группы цилиндров, разрабатывается *принципиальная схема* гидропривода, рис. 5.4., выбираются *насосы* и *гидроаппаратура* а также механизмы торможения и контроля.

Как видно из циклограммы, насос быстрых ходов производительностью 25 л/мин должен нагнетать масло в систему только часть общего времени цикла от точки А до точки Б. Остальное время (от точки Б до точки В) этот насос может быть разгружен на бак. Для зажима заготовок и поддержания в цилиндрах зажима постоянного давления в течение всего времени обработки достаточно применить насос производительностью 5 л/мин.

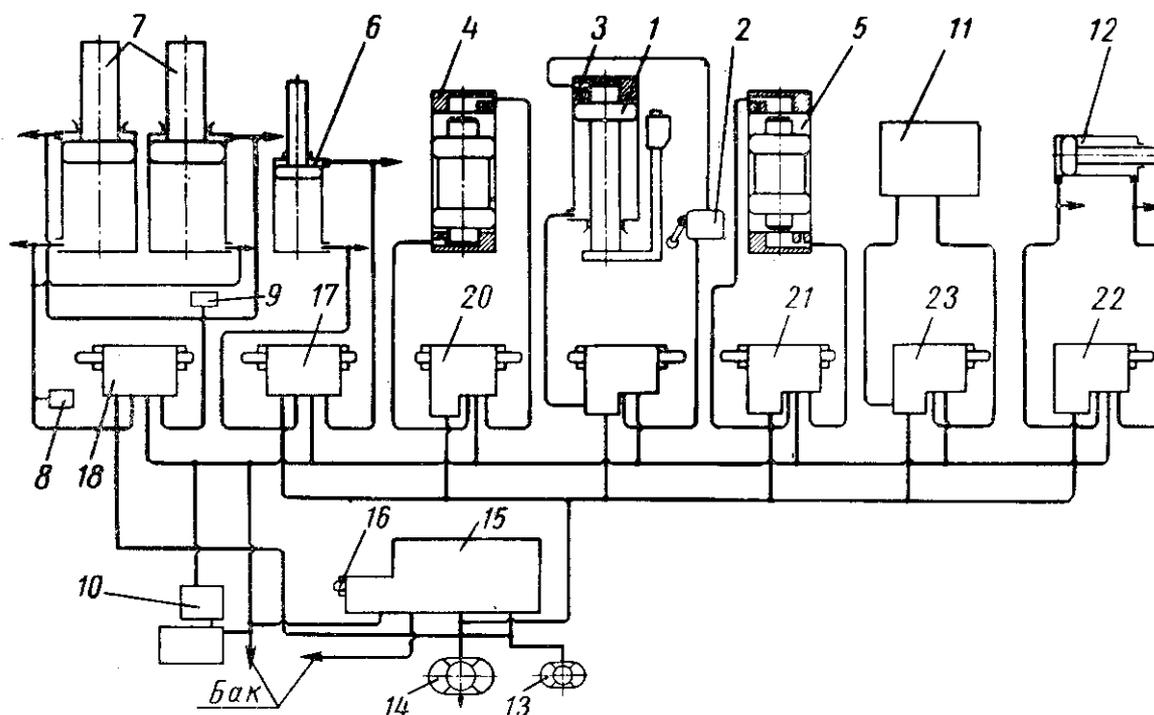


Рис. 5.4. Принципиальная схема гидропривода участка автоматической линии

Насос зажима 13 и насос быстрых ходов 14 подсоединяются к разделительной гидропанели 15 с электромагнитом разгрузки 16. Для обеспечения работы гидропривода командоаппарата и переключения распределительных золотников давление разгрузки насоса быстрых ходов должно быть не менее 5 бар. Такое давление обеспечивается подбором нерегулируемой пружины золотника предохранительного клапана. Работой гидроцилиндров всех механизмов линии управляют распределительные золотники и гидропанели.

Для перемещения поршней цилиндров фиксации 6 и зажима 7 используется полная производительность насосов, поэтому и работой этих ци-

линдров *управляют* простые *реверсивные золотники* 17 и 18. Работа цилиндров привода транспортера 1, поворотного стола 4 и вытряхивателя 5 управляется *гидропанелями* 20...21 со встроенными дросселями. Насосы смазки и привода вибратора, включаемые в работу кратковременно, управляются *гидропанелями* 22 и 23 с дросселями с одним электромагнитом.

Перед остановкой на упоре необходимо *тормозить* цилиндры привода транспортера, поворотного стола и вытряхивателя. Цилиндр 1 привода транспортера при его движении вперед с заготовками тормозится путевым дросселем 2, при движении назад — демпфером 3, встроенным в крышку цилиндра. Цилиндры поворотного стола 4 и вытряхивателя 5 при повороте в обоих направлениях тормозятся демпферами.

Операции фиксации и расфиксации (цилиндры 6), а также конечные положения цилиндров транспортера 1, поворотного стола 4 и вытряхивателя 5 *контролируются* конечными выключателями, операции зажима и отжима (цилиндры 7) — реле давления 8 и 9.

*Совмещение* в одном гидроприводе управления работой цилиндров транспортера, зажима и фиксации возможно благодаря тому, что перемещение этих цилиндров производится *строго последовательно* и предшествует работе силовых столов.

Аналогично описанным компонуются и более сложные гидросистемы автоматических линий с централизованным гидроприводом.

## ЛЕКЦИЯ 6. ГИДРОПРИВОДЫ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ

### 6.1 Элементарные технологические циклы

Значительная часть машин и технологического оборудования в машиностроении и других отраслях промышленности работает по *замкнутым технологическим циклам*. К таким машинам относятся металлорежущие станки и автоматические линии, прессы, автоматические манипуляторы, промышленные роботы.

Для *крупносерийного* и *массового* производств такие машины выполняют обычно в виде машин-автоматов и автоматизированных комплексов с *жестко заданной программой работы*.

Для *серийного* и *мелкосерийного* производств необходимо создавать *гибкие автоматизированные комплексы*, допускающие быструю переналадку оборудования на различные технологические циклы.

Общий цикл работы всех механизмов и узлов можно разделить на *элементарные циклы* работы отдельных механизмов и узлов целевого назначения. Эти циклы состоят из следующих *элементов*:

- исходное положение (ИП),
- быстрый подвод (БП),
- медленный подвод (МП),
- рабочая подача (РП),
- остановка с выдержкой по времени (ОВ),
- реверс (Рв),
- быстрый отвод (БО),
- торможение (Т),
- остановка в исходном положении (Стоп).

В зависимости от назначения элементарные циклы могут включать в себя *одну* или *несколько рабочих подач* (РП I, РП II).

На рис. 6.1 представлены циклы, наиболее характерные для металлорежущих станков и автоматических линий. Все эти циклы достаточно просто осуществить с помощью средств гидроавтоматики.

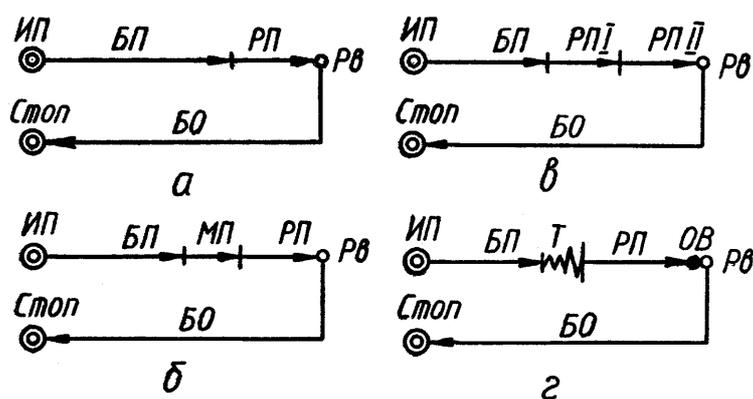


Рис. 6.1. Элементарные технологические циклы

## 6.2 Гидросхема с простым гидроцилиндром

Схема, рис. 6.2, для осуществления простейшего цикла (рис. 6.1 а) включает в себя насос 1, напорный гидроклапан 2, дроссель 3, двухпозиционные гидрораспределители 4 и 7, управляемые электромагнитами  $YA1$  и  $YA2$ , гидродвигатель 5, связанный с рабочим органом 6.

В *исходном положении* электромагниты  $YA1$  и  $YA2$  обесточены, золотники распределителей занимают положения, показанные на схеме, обе полости цилиндра соединены со сливом, а насос через оба распределителя разгружается в бак.

Для получения *быстрого подвода* включаются электромагниты  $YA1$  и  $YA2$  и золотники распределителей 4 и 7 переключаются, сжимая пружины. При этом штоковая полость цилиндра соединяется с насосом, а поршневая через распределители 4 и 7 — с баком.

Для перехода на *рабочую подачу* обесточивается электромагнит  $YA1$  и золотник распределителя 4 под действием пружины занимает исходное положение, а электромагнит  $YA2$  включен и золотник распределителя 7 остается в том же положении. При этом к поршневой полости цилиндра подключается дроссель 3, которым и настраивается рабочая подача.

Для *реверса* и *быстрого отвода* включается электромагнит  $YA1$  и выключается электромагнит  $YA2$ . Золотники распределителей 4 и 7 занимают крайнее левое положение. При этом поршневая полость цилиндра 5 через распределители 7 и 4 соединяется с насосом 1, а штоковая через распределитель 7 — с баком.

В конце хода рабочего органа выключается электромагнит  $YA1$ , оба золотника распределителей 4 и 7 занимают положение, показанное на схеме, и рабочий орган останавливается в *исходном положении*.

*Управление* циклом *автоматическое* — с помощью конечных выключателей, переключающих электромагниты  $YA1$  и  $YA2$ .

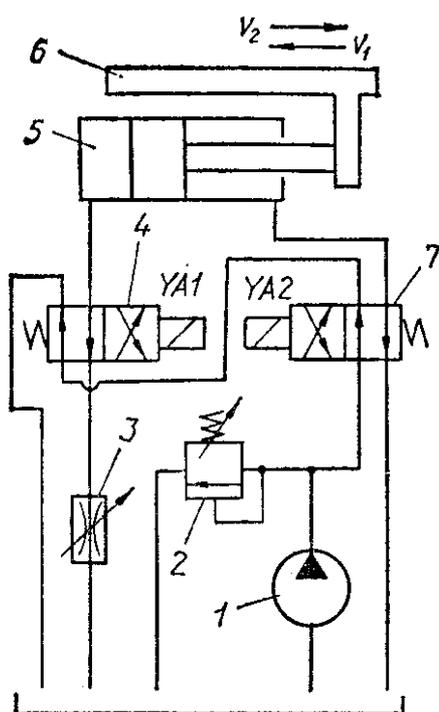


Рис. 6.2. Гидросхема для осуществления технологического цикла с простым гидроцилиндром

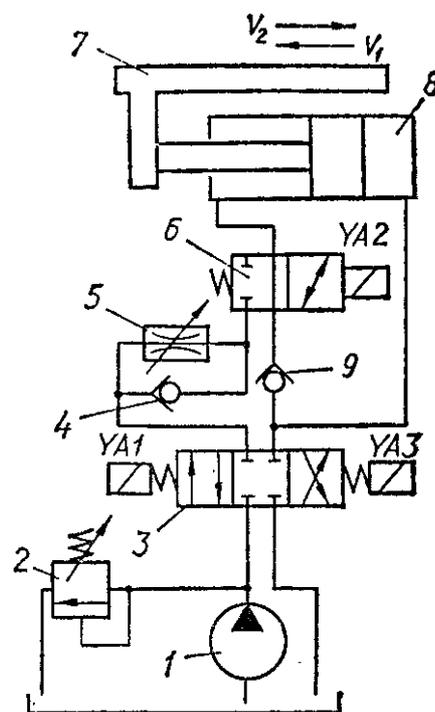


Рис. 6.3. Гидросхема для осуществления технологического цикла с дифференциальным гидроцилиндром

### 6.3 Гидросхема с дифференциальным гидроцилиндром

Этот же цикл можно реализовать схемой с **дифференциальным** подключением цилиндра. Схема, рис. 6.3, включает в себя насос 1, переливной гидроклапан 2, трехпозиционный распределитель 3 с закрытым центром, управляемый электромагнитами YA1 и YA3, обратные гидроклапаны 4 и 9, дроссель 5, двухпозиционный распределитель 6, управляемый электромагнитом YA2, и гидродвигатель 8, связанный с рабочим органом 7.

В **исходном положении** все электромагниты обесточены, золотник распределителя 3 находится в среднем положении, рабочая жидкость, поступающая в систему от насоса, сбрасывается в бак через переливной клапан 2.

Для получения **быстрого подвода** включается электромагнит YA3 и золотник распределителя 3 смещается влево. Жидкость от насоса 1 поступает в нагнетательную гидролинию и поршневую полость цилиндра 8, поршень перемещается влево, а жидкость, вытесняемая поршнем из штоковой полости цилиндра, через распределитель 6 и обратный клапан 9 поступает в нагнетательную гидролинию и направляется в поршневую полость цилиндра, присоединяясь к потоку жидкости от насоса.

Для перехода на **рабочую подачу** при включенном электромагните YA3 дополнительно включается электромагнит YA2. При этом штоковая полость цилиндра соединяется с баком через дроссель 5, которым и регулируется скорость рабочего хода.



В *исходном положении* все электромагниты обесточены, насос *1* разгружен через распределитель *3* с открытым центром.

Для получения *быстрого подвода* включается электромагнит *YA3*. Золотник распределителя *3* смещается влево, и рабочая жидкость поступает от насоса *1* в штоковую полость цилиндра. Из поршневой полости жидкость через золотник *4* и распределитель *3*, минуя дроссели, вытесняется в бак.

Для получения *первой рабочей подачи* в соответствующий момент дополнительно включается электромагнит *YA4*, управляющий золотником двухпозиционного распределителя *2*, который в свою очередь управляет золотником гидроаппарата *4*. При поступлении команды на золотник гидроаппарата *4* он перемещается относительно корпуса, сжимая пружину, и гидролиния, соединявшая поршневую полость цилиндра с баком, прерывается. Теперь рабочая жидкость, вытесняемая из поршневой полости цилиндра, может поступать в бак только через дроссель *9*, распределители *10* и *3*. Дросселем *9* и настраивается 1-я подача (или медленный подвод).

Для получения *второй рабочей подачи* дополнительно к включенным ранее электромагнитам *YA3* и *YA4* включается электромагнит *YA2*, управляющий золотником двухпозиционного распределителя *10*. Сливная гидролиния через дроссель *9* и распределитель *10* прерывается, но открывается сливная гидролиния через гидроочиститель *7*, дроссель *8*, распределители *10* и *3*. Дросселем *8* настраивается 2-я рабочая подача.

Для получения *быстрого отвода* в конце хода рабочего органа электромагниты *YA4*, *YA2* и *YA3* обесточиваются, а включается электромагнит *YA1*. Золотник распределителя *3* смещается вправо, жидкость от насоса *1* через распределитель *3* и обратный клапан гидроаппарата *4* поступает в поршневую полость цилиндра, а штоковая полость цилиндра через распределитель *3* соединяется с баком.

Для *остановки поршня* в конце хода обесточивается электромагнит *YA1*, золотник распределителя *3* занимает нейтральное положение, насос *1* и система разгружаются от давления через распределитель *3*.

Аналогично можно реализовать самые разнообразные технологические циклы. Так, для осуществления цикла по рис. 6.1 *г* можно использовать схемы рис. 6.2 и 6.3, включив в них *тормозные золотниковые гидроаппараты* и *гидроклапаны выдержки времени*, чтобы осуществлять торможение при переходе с быстрого подвода на рабочую подачу и иметь выдержку в конце хода перед реверсом рабочего органа.

## ЛЕКЦИЯ 7. ГИДРОПРИВОДЫ ЗАЖИМНЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

### 7.1 Гидравлические устройства для зажима и фиксации заготовок

Работа *зажимных устройств* некоторых типов успешно автоматизируется с помощью *пневмопривода* от заводской воздушной сети. Применение для этих целей *гидравлики* оказывается обычно целесообразным при необходимости получения сил зажима свыше 3...4 кН (300...400 кг), когда пневматические зажимные цилиндры больших габаритов невозможно разместить в приспособлении.

*Рабочее давление* в системах *зажима* автоматических линий, определяемое требуемыми силами зажима, с целью повышения срока службы насосов и надежности работы гидропривода выбирается в пределах 2...5 МПа, хотя вся аппаратура рассчитана на давление до 10 МПа.

*Рабочее давление* в системе *фиксации* целесообразно ограничивать 1...2,5 МПа для предотвращения поломки фиксаторов или повреждения заготовок при непопадании фиксаторов в предназначенные для них отверстия.

При наличии на станке отдельного *гидропривода подачи* часто бывает возможно использовать его насосную установку и для операций *зажима*, выполняемых в то время, когда силовой узел станка не работает и находится в исходном положении.

*Зажим* может осуществляться:

- непосредственно *усилием на штоке цилиндра* или с помощью *рычажной системы*;
- с использованием *самотормозящего клинового зажима*.

В первом случае, рис. 7.1 а, целесообразно производить *зажим поршневой полостью* цилиндра, обеспечивающей большее зажимное усилие, а *отжим* — *штоковой полостью*, с меньшим усилием, но большей скоростью перемещения штока. Для зажима применяются короткоходовые цилиндры с большой площадью поршня и значительно меньшей рабочей площадью штоковой полости.

При использовании зажимных устройств с *самотормозящим клиновым зажимом* целесообразно производить зажим *штоковой полостью* цилиндра, имеющей меньшую рабочую площадь, чтобы сила отжима превышала силу зажима для преодоления сил трения покоя клина, рис. 7.1 б.

Если это невозможно, в трубопровод встраивается *предохранительный клапан*, регулировкой которого давление зажима устанавливается меньше, чем давление отжима, рис. 7.1 в. Последнее ограничивается предохранительным клапаном насоса высокого давления.

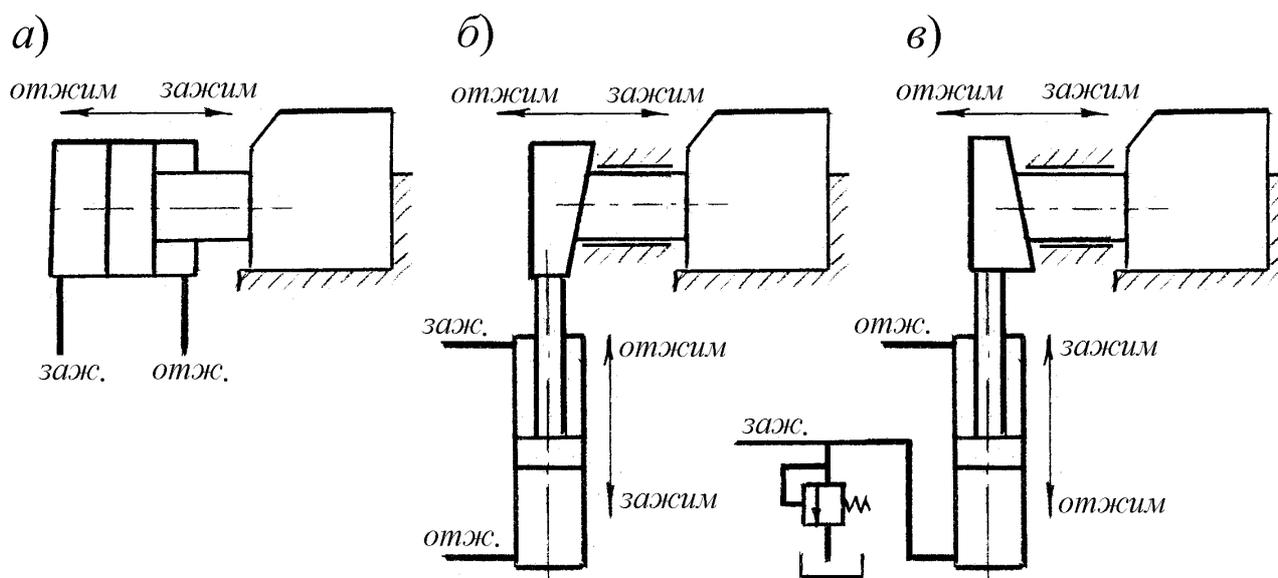


Рис. 7.1. Способы зажима заготовок: непосредственно усилием на штоке гидроцилиндра (а), с использованием самотормозящего клинового зажима обратным (б) и прямым (в) ходом

Для перемещения **фиксаторов** применяются цилиндры небольших диаметров — порядка 45...65 мм с ходами штоков 50...100 мм.

**Диаметры** цилиндров **зажима** выбираются в пределах 45...125 мм, в некоторых случаях до 150 мм. **Ход** штоков цилиндров зажимных устройств с непосредственным зажимом — 10...20 мм; с клиновым зажимом — 75...100 мм.

**Производительность** насосов **низкого давления**, обслуживающих системы фиксации и зажима и осуществляющих операции перемещения прихватов, выбирается в пределах 12...70 л/мин.

Для насоса **высокого давления**, непосредственно выполняющего операции зажима и поддерживающего в системе зажима постоянное давление в процессе обработки заготовки, достаточно иметь подачу 5 л/мин (больше, чем возможные утечки во всех цилиндрах и золотниках системы зажима).

Зажим деталей в приспособлениях, установленных на планшайбах **многопозиционных поворотных делительных столов** агрегатных станков во многих случаях целесообразно осуществлять с применением нормализованных гидравлических приводов зажима, рис. 7.2.

Различают две основные модификации приводов зажима — с **горизонтальным**, рис. 7.2 а, и **вертикальным**, рис. 7.2 б, расположением цилиндров.

Привод зажима состоит из неподвижной стойки-распределителя 1, которая крепится на оси поворотного стола, и поворотной муфты 2, в расточки которой запрессованы стальные гильзы цилиндров 3. В гильзах перемещаются поршни со штоками 4, имеющие резьбовые отверстия для присоединения деталей рычажной зажимной системы. Стойка 1 и поршни уплотняются круглыми резиновыми кольцами, штоки — резиновыми манжетами 5. Манжеты б предназначены для очистки штоков от загрязнений.

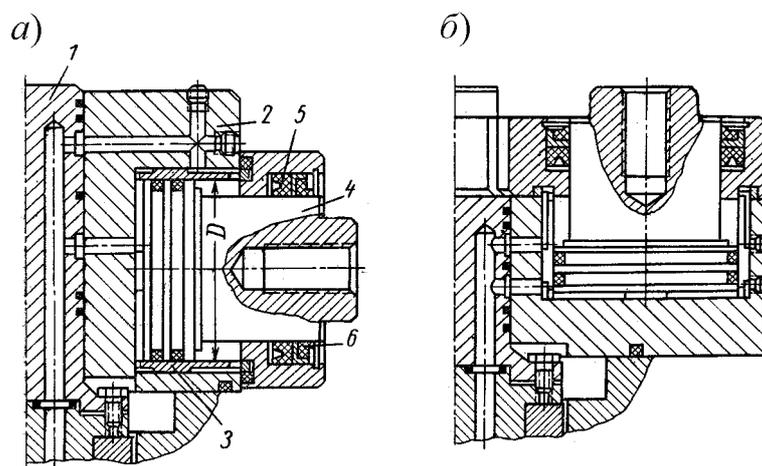


Рис. 7.2. Гидравлические приводы зажима деталей в приспособлениях на поворотных столах: с горизонтальным (У2543...У2548, а) и с вертикальным (У2553...У2558, б) расположением цилиндров

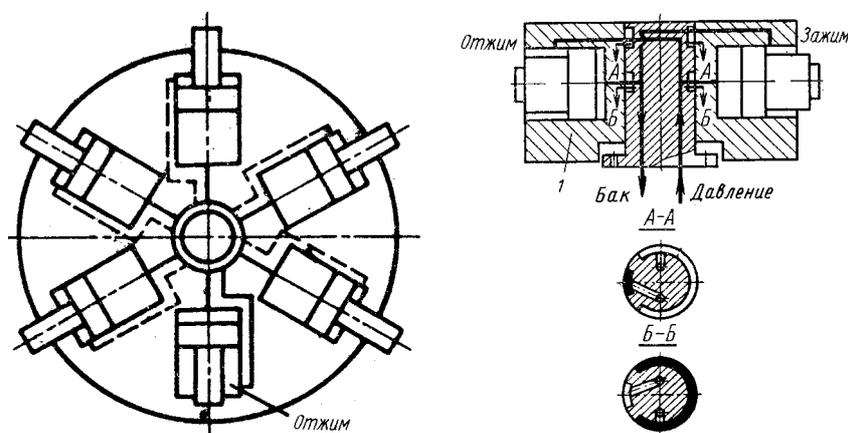


Рис. 7.3. Схема работы гидравлических приводов зажима деталей в приспособлениях на поворотных столах

Подвод масла к гидроцилиндрам привода зажима осуществляется от общей гидросистемы станка через каналы в неподвижной стойке-распределителе, рис. 7.3. Зажим заготовки, подаваемой на рабочую позицию, и отжим обработанной заготовки, подаваемой на загрузочную позицию, производятся автоматически во время поворота планшайбы, за счет соединения полукольцевых канавок в стойке-распределителе и каналов планшайбе.

**Достоинства нормализованного привода зажима**

- простота конструкции;
- отсутствие трубопроводов;
- малые габариты;
- универсальность.

## 7.2 Гидропривод фиксации и зажима заготовок автоматической линии с реле давления

**Все** одновременно работающие зажимные **цилиндры** автоматической линии или ее участка могут управляться **одним** распределительным **золотником**. При этом поршни цилиндров перемещаются не одновременно, а в последовательности, определяемой величинами сил трения в уплотнениях цилиндров и в зажимных механизмах.

На одном участке линии обычно **одновременно** работают не более 10...15 цилиндров фиксации; количество одновременно работающих цилиндров зажима может достигать до 30...40 и более.

При наличии большого количества параллельно соединенных цилиндров зажима **скорости** перемещения поршней отдельных цилиндров могут быть **значительно выше средних** (расчетных). Это, как правило, не нарушает нормальной работы зажимных устройств, так как массы перемещаемых цилиндрами прихватов невелики, значительных ударов при их остановке не возникает.

**Включение** в работу **цилиндров зажима** по окончании операции фиксации можно обеспечить двумя способами:

- подачей **гидравлической команды**, реагирующей на подъем давления в цилиндрах фиксации;
- подачей **электрических команд** от срабатывания конечных выключателей, контролирующих окончание ввода фиксаторов.

Первый способ — менее надежный, так как команда на зажим в этом случае может быть подана **преждевременно** (например, при заклинивании фиксаторов стружкой или при упоре фиксаторов в заготовку при неточной остановке транспортера).

Операции **зажима** (как простого, так и клинового) можно контролировать **гидравлическим реле давления**, срабатывающим, когда давление в системе зажима по окончании хода всех цилиндров поднимается.

**Отход** прихватов при простом зажиме тоже может контролироваться реле давления, при **клиновом зажиме** — только электрическими конечными выключателями.

На рис. 7.4 показана часть **гидравлической схемы гидропривода зажима** участка автоматической линии. К заготовкам подводятся **прихваты**, затем заготовки предварительно **поджимаются** и окончательно **зажимаются**. Подвод прихватов управляется распределительной гидропанелью 1 со встроенным дросселем, что позволяет регулировать скорость перемещения прихватов. Управление поджимом заготовок осуществляется панелью 2 со встроенным предохранительным клапаном, ограничивающим давление поджима. Зажим заготовок управляется реверсивным золотником 3. Операции зажима, поджима и отжима контролируются четырьмя реле давления.

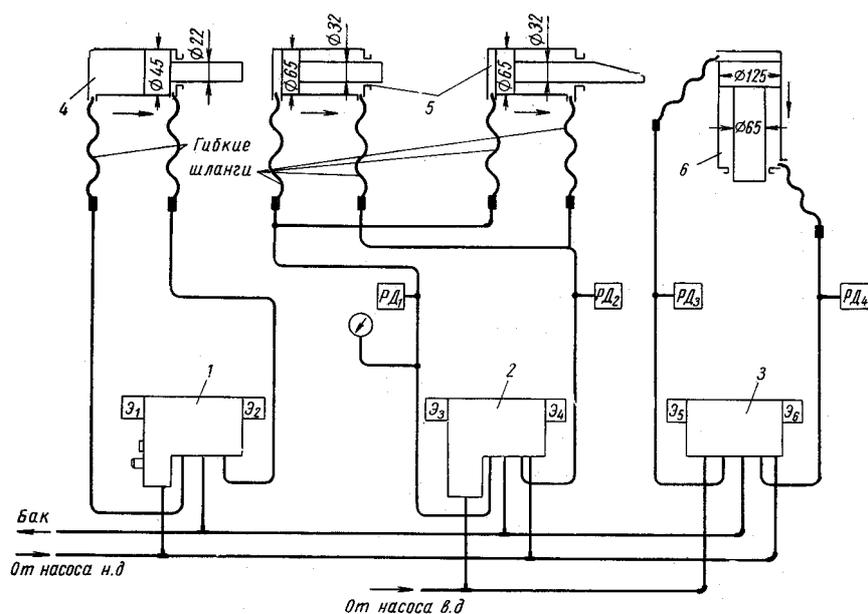


Рис. 7.4. Схема гидропривода поджима и зажима заготовок участка автоматической линии: 1...3 — гидропанели, 4 — цилиндр перемещения прихватов, 5 — цилиндры поджима, 6 — цилиндр зажима

### 7.3 Гидропривод фиксации заготовок с пневмогидроаккумулятором

При необходимости обеспечить выполнение зажимных операций, требующих больших объемов жидкости в течение короткого времени, применяются *пневмогидравлические аккумуляторы*.

На рис. 7.5 представлена схема гидропривода зажима и фиксации заготовок в приспособлении автоматической линии с применением пневмогидравлического аккумулятора.

*Аккумулятор* используется для **быстрого перемещения** поршней большого количества гидроцилиндров. Высокое давление при зажиме (выше давления зарядки аккумулятора) поддерживается отдельным насосом.

Аккумулятор состоит из двух концентрических камер: внутренней 1 и внешней 2. Во внутренней камере 1 свободно перемещается плавающий поршень 3, отделяющий масло от воздуха. Внутренняя и внешняя камеры аккумулятора сообщаются каналами 7 и 8 и четырьмя трубками 9.

В верхней крышке смонтированы винт-задвижка 4, отсекающий внутреннюю камеру от внешней, воздушный кран управления 5 и манометр 6, необходимые для зарядки аккумулятора воздухом.

В гидропанель 10 аккумулятора встроены предохранительный клапан 11, разделительный клапан 12, разгрузочный золотник 13, плавающий золотник 14 и кран 15.

*Гидропривод* работает по следующей *схеме*:

1. **Фиксация заготовок.** При включении электромагнита  $\mathcal{E}_1$  реверсивного золотника 16 масло направляется в цилиндры фиксации 17 по трубопроводу 18 как от насоса 19, так и из полости 20 внутренней камеры гидроаккумулятора.

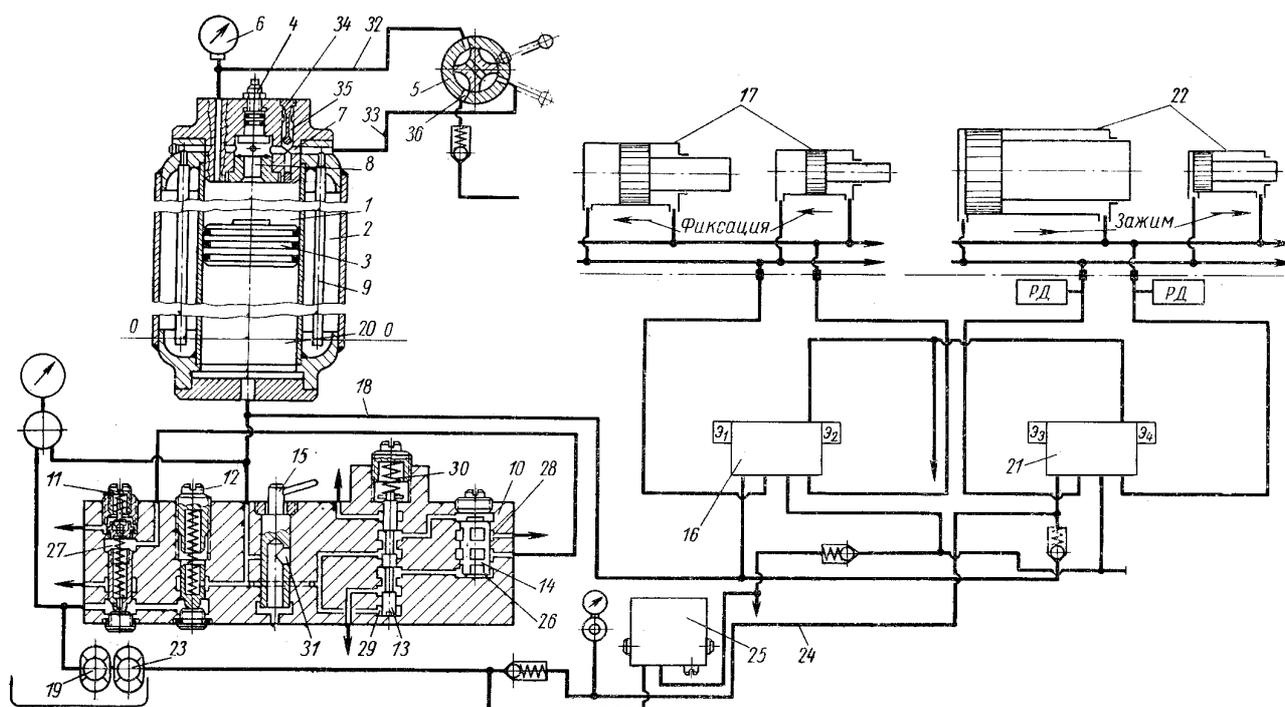


Рис. 7.5. Схема гидропривода фиксации и зажима заготовок участка автоматической линии с применением пневмогидравлического аккумулятора

**2. Быстрый подвод механизмов зажима.** При включении электромагнита  $\mathcal{E}_3$  реверсивного золотника 21 масло направляется в цилиндры зажима 22 не только от насоса 19 и аккумулятора по трубопроводу 18, но и от насоса 23 по трубопроводу 24.

**3. Создание высокого давления в цилиндрах зажима и зарядка аккумулятора.** По окончании быстрых перемещений поршней цилиндров зажима 22 давление, настроенное предохранительным клапаном 25, поддерживается насосом 23. Расход масла из аккумулятора прекращается и насос 19 начинает производить его зарядку.

**4. Поддержание давления в цилиндрах зажима и разгрузка насоса быстрых перемещений на бак.** По достижении в полости 20 заданного давления масло перемещает разгрузочный золотник 13, сообщая полость 26 плавающего золотника 14 с давлением. Золотник 14, перемещаясь вверх, соединяет проточку 27 через проточку 28 с баком и насос 19 разгружается.

**5. Отжим и расфиксация заготовок.** При возобновлении расхода масла из гидроаккумулятора давление в проточке 29 падает, золотник 13 под воздействием пружины 30 опускается, и разгрузка насоса прекращается.

**Зарядка** гидроаккумулятора воздухом производится многократным заполнением воздухом из заводской сети внутренней камеры 1, дальнейшей перекачкой воздуха во внешнюю камеру 2 и сжатием его при помощи масла, подаваемого насосом в полость 20.

При заливке масла в аккумулятор образуется **масляный замок** между сжатым воздухом, поршнем и крышками, что исключает возможность утечек воздуха и самопроизвольную разрядку аккумулятора.

## ЛЕКЦИЯ 8. ГИДРОПРИВОДЫ ПОВОРОТНЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

### 8.1 Гидропривод поворота делительного стола

**Поворотный стол** предназначен для поворота на заданный угол планшайбы с установленными на ней приспособлениями, в которых закреплены обрабатываемые заготовки. Стол с гидроприводом встраивается в основание агрегатного станка.

**Основными механизмами** гидропривода многопозиционного поворотного делительного стола, рис. 8.1, являются: цилиндр поворота 1, рейка которого через кулачковую муфту 2 и зубчатые колеса 3 и 4 связана с планшайбой стола 5, и фиксатор 6, который перемещается цилиндром 7. На цилиндрической части фиксатора нарезана еще одна рейка, которая зубчатыми колесами 8 связана с поводком муфты 2. Нижний конец штока цилиндра 7 соединен рычагом 9 с тягой 10, прижимающей планшайбу к направляющим.

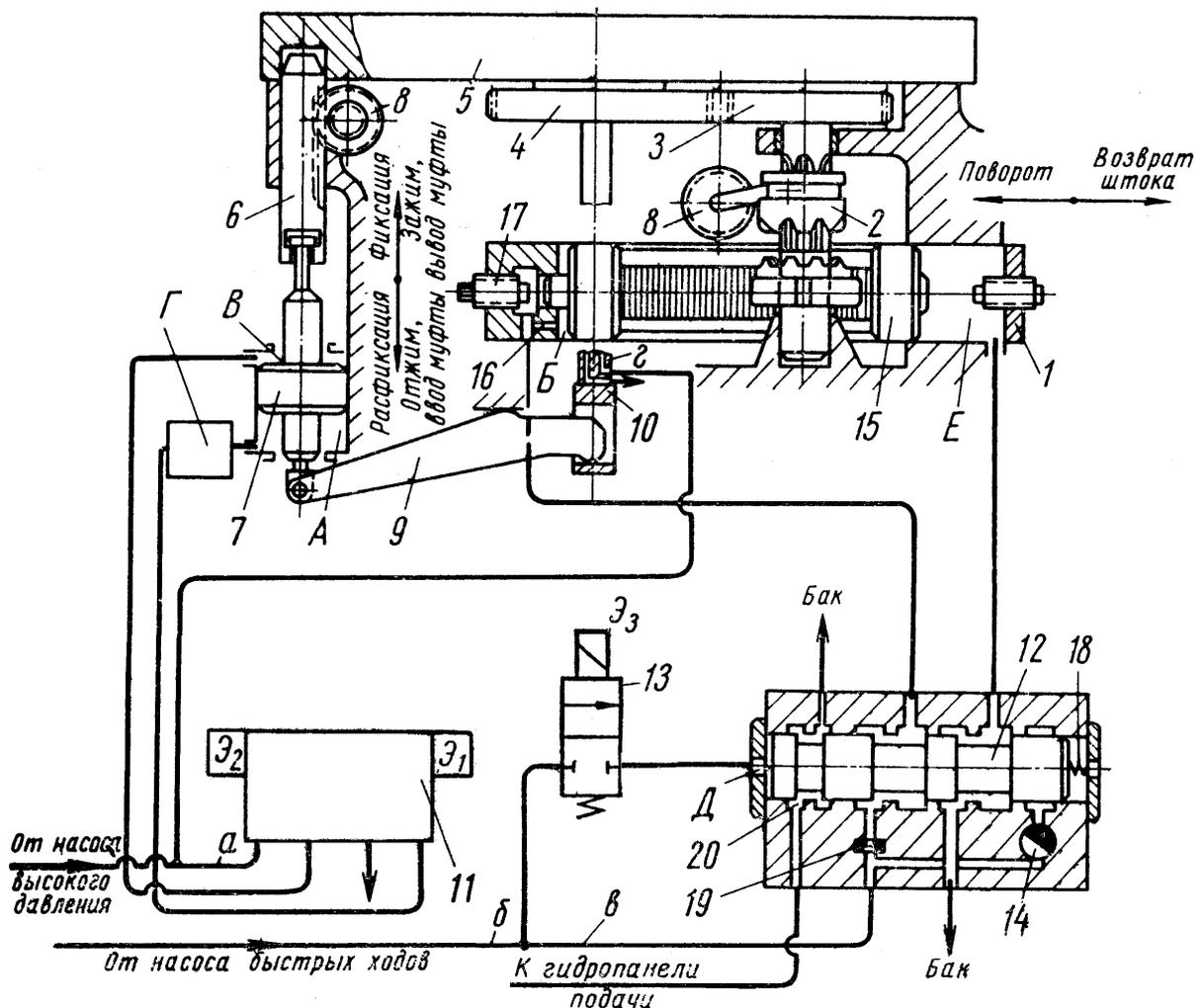


Рис. 8.1. Гидрокинематическая схема многопозиционного поворотного делительного стола

**Работа поворотного стола:**

1. **Исходное положение.** Электромагниты  $\mathcal{E}_1$ ,  $\mathcal{E}_2$  и  $\mathcal{E}_3$  обесточены. Масло от насоса высокого давления, поступающее по трубопроводу  $a$  к золотнику  $11$ , направляется последним в полость  $A$  цилиндра  $7$ , удерживая фиксатор. Масло от насоса быстрых ходов, поступающее по трубопроводу  $b$ , направляется золотником  $12$  в полость  $B$  цилиндра поворота  $1$ . Поршень с рейкой  $15$  прижат к правому упору.

2. **Отжим стола, вывод фиксатора и включение муфты.** При включении электромагнита  $\mathcal{E}_1$  золотник  $11$  перемещается вправо, полость  $A$  цилиндра  $7$  соединяется с баком, а полость  $B$  — с насосом высокого давления. Шток цилиндра  $7$  перемещается вниз, выводит фиксатор  $6$ , освобождает рычаг  $9$  и через рейку и зубчатые колеса  $8$  включает муфту  $2$ . Окончание этой операции контролируется конечным выключателем, который включает электромагнит  $\mathcal{E}_3$ .

3. **Поворот стола.** Масло от насоса быстрых ходов через золотник управления  $13$  поступает в полость  $D$  золотника  $12$ , перемещая его вправо. Золотник  $12$  сообщает полость  $E$  цилиндра поворота  $1$  через дроссель  $14$  с насосом быстрых ходов. Поршень  $15$  с рейкой перемещается влево и через зубчатые колеса  $3$  и  $4$  поворачивает планшайбу  $5$ . При подходе к положению индексации скорость поворота планшайбы уменьшается демпфером  $16$ , встроенным в крышку цилиндра  $1$ .

4. **Индексация и зажим стола.** Перед подходом поршня  $15$  к регулируемому упорному винту  $17$  нажимается конечный выключатель, который включает электромагнит  $\mathcal{E}_2$ . Масло направляется золотником  $11$  в полость  $A$  цилиндра  $7$ . Поршень цилиндра, перемещая фиксатор  $6$ , последовательно производит расцепление муфты  $2$  и индексацию стола. Скорость перемещения фиксатора ограничивается регулятором расхода  $Г$ . По окончании индексации планшайба  $5$  прижимается к направляющим рычагом  $9$ . Окончание операции контролируется конечным выключателем.

5. **Возврат поршня цилиндра поворота.** Для уменьшения потерь времени команда на возврат поршня  $15$  в исходное положение и выключение электромагнита  $\mathcal{E}_3$  может быть подана в любое удобное по циклу работы время. При этом золотник  $12$  пружиной  $18$  перемещается влево. Масло от насоса быстрых ходов через диафрагмовое сопротивление  $19$  поступает в полость  $B$  цилиндра  $1$ , возвращая поршень  $15$  в исходное положение. Диафрагмовое сопротивление  $19$  предназначено для предотвращения падения давления в трубопроводе  $b$  в процессе возврата поршня  $15$ .

Проточку  $20$  золотника  $12$  можно использовать для **разгрузки насоса** быстрых ходов по окончании операции поворота. В этом случае проточка  $20$  соединяется трубопроводом с соответствующими проточками распределительных золотников гидропанелей подач.

В приводе стола предусмотрена **блокировка** поворота и индексации. Стол может поворачиваться только при включенной муфте  $2$ , для чего фиксатор  $6$

должен быть предварительно выведен из зацепления с планшайбой. В процессе индексации стола сначала расцепляется муфта, после чего фиксатор свободно доворачивает планшайбу в положение точной индексации.

Конструкция поворотного стола дает возможность использовать *гидропривод* поворота для *зажима заготовок* в приспособлениях. Для этой цели в тяге 10, посредством которой планшайба 5 прижимается к направляющим, имеются два или три канала  $z$  для подвода и отвода масла к гидроцилиндрам зажима.

## 8.2 Гидропривод поворотных устройств автоматических линий

*Поворотные столы, барабаны и кантователи*, предназначенные для поворота в различных плоскостях заготовок, транспортируемых на автоматических линиях, выполняются по более простым схемам, чем поворотные делительные столы станков.

На рис. 8.2 показана схема привода поворотного стола для поворота заготовок в горизонтальной плоскости на  $90^\circ$  или  $180^\circ$ . Привод представляет собой реечный механизм, преобразующий поступательное движение штока рейки 1 цилиндра во вращательное движение верхнего фланца 2, несущего на себе поворотную плиту 3 или планшайбу, на которой располагается заготовка. Торможение привода поворотного стола перед его остановкой на упоре достигается при помощи встроенных в крышки цилиндра демпферов 4 переменного сечения.

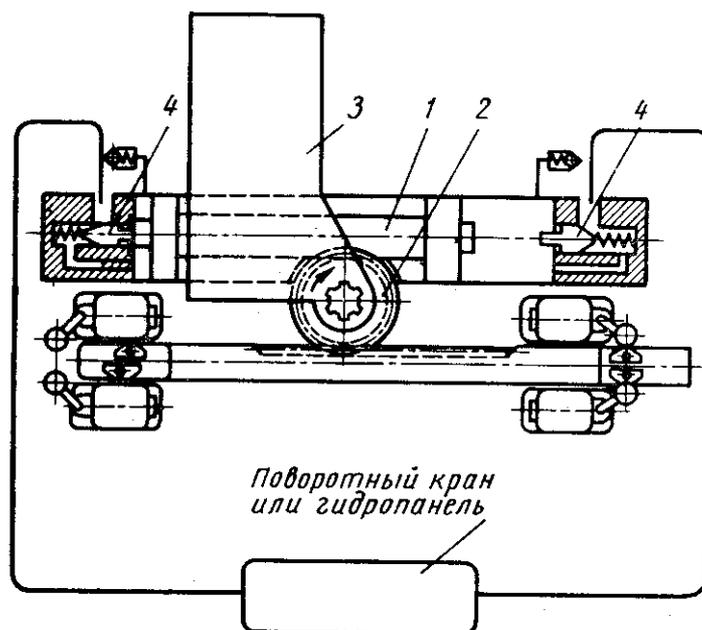


Рис. 8.2. Гидрокинематическая схема привода поворотного стола для автоматических линий

### 8.3 Гидропривод поворотных устройств от гидромотора

Привод поворотных устройств может быть выполнен с применением *гидромотора*. В этом случае габариты привода поворота будут меньше, чем при использовании гидроцилиндра с реечной передачей.

В качестве двигателя применяются шестеренные гидромоторы, поворачивающие планшайбу стола через редуктор. Индексация планшайбы производится фиксатором, перемещаемым гидроцилиндром, аналогично рис. 8.1.

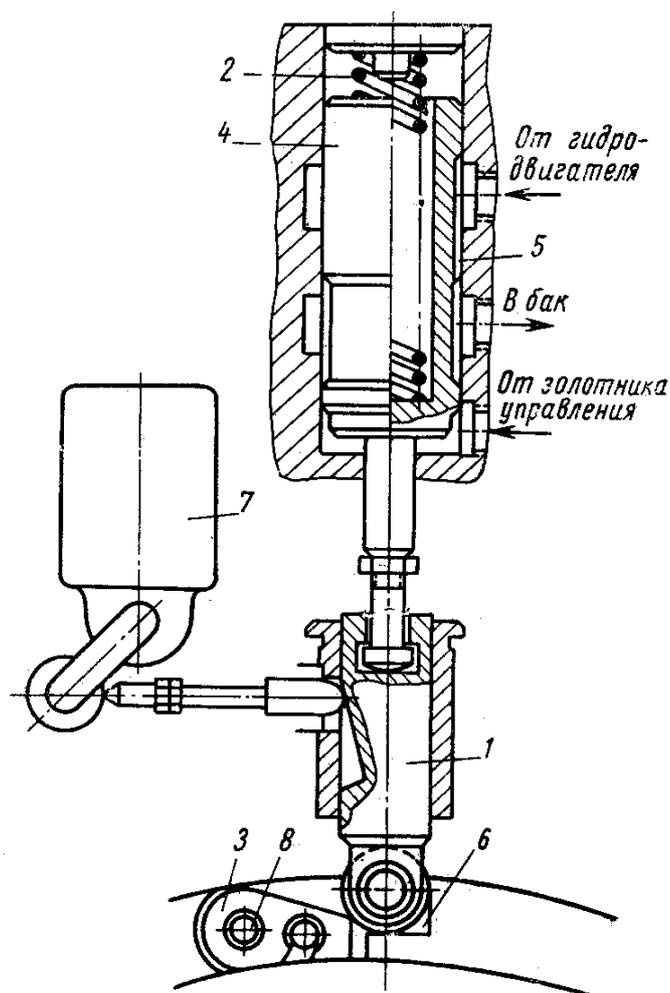


Рис. 8.3. Схема фиксации и торможения поворотных устройств с приводом от гидромотора

Торможение и фиксация поворотных устройств с приводом от гидромотора может быть выполнена по схеме рис. 8.3. В конце поворота барабана ролик фиксатора *1*, прижатый к кольцу барабана пружиной *2*, скользит по кулачку *3*. Поршень *4* цилиндра фиксации перемещается вниз, перекрывая слив масла из гидромотора и оставляя проход маслу через канавку *5*. В конце поворота ролик *1* попадает в паз *6*, производя индексацию барабана. Операция контролируется конечным выключателем *7*. Расфиксация осуществляется подачей масла в рабочую полость цилиндра фиксации.

## ЛЕКЦИЯ 9. ГИДРОПРИВОДЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

### 9.1 Гидроприводы шаговых транспортеров

*Привод шагового транспортера* осуществляется гидроцилиндром:

- непосредственно;
- через *ускоряющую реечную передачу*.

В первом случае ход поршня равен шагу перемещения транспортера, а общие размеры привода составляют 2,2...2,6 величины шага — такой привод не всегда можно разметить между станками.

Во втором случае применение ускоряющей реечной передачи позволяет *уменьшить габариты* привода (ход поршня равен половине шага транспортера) и одновременно *увеличить скорость* транспортирования заготовки при том же расходе масла (с соответствующим уменьшением тяговой силы).

На рис. 9.1 показана гидрокинематическая схема привода шагового транспортера, состоящая из каретки 1 с дифференциальным цилиндром 2, перемещающим через ускоряющую реечную передачу 3 подвижную платформу 4, связанную со штангой, несущей толкающие собачки.

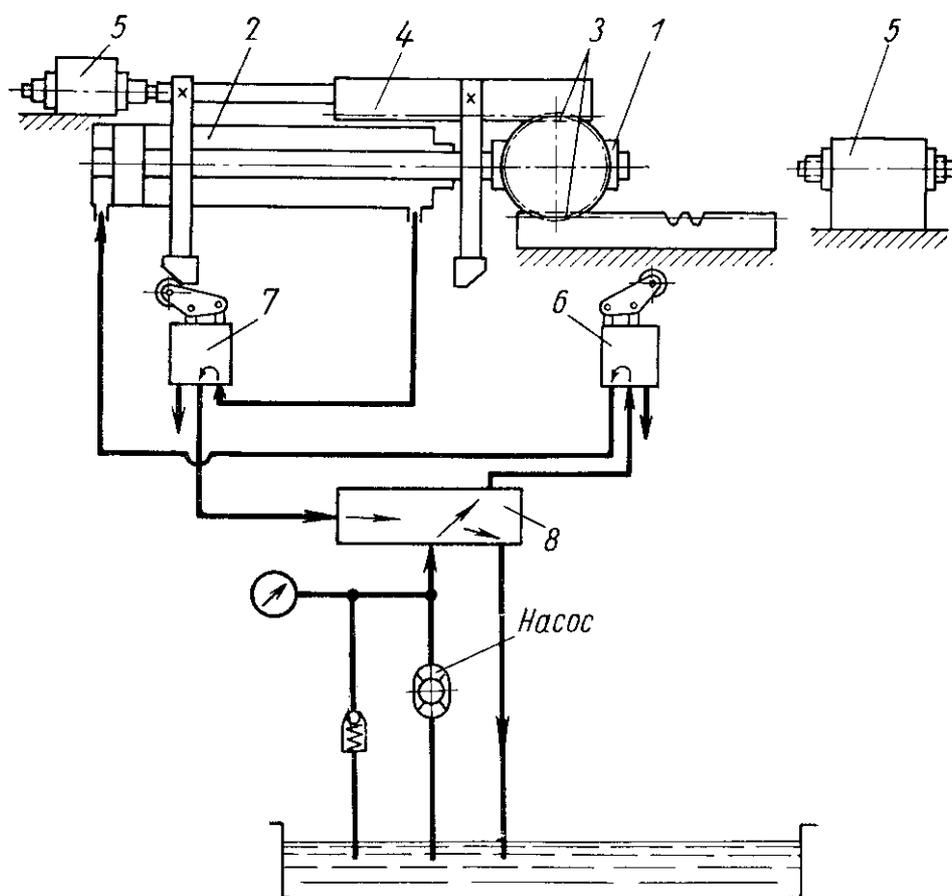


Рис. 9.1. Гидрокинематическая схема привода шагового транспортера заготовок

Привод транспортера *тормозится* перед его остановкой на упорах 5 в переднем и заднем положениях при помощи путевых дросселей 6 и 7. Переднее положение привода после его остановки может контролироваться как реле давления, так и конечным выключателем, исходное положение — конечными выключателями.

Цилиндры приводов транспортеров автоматических линий управляются посредством распределительной гидропанели 8 со встроенным дросселем или регулятором скорости (для сохранения стабильной скорости при колебаниях нагрузки).

Гидроприводы шаговых транспортеров оснащаются цилиндрами диаметром 90...125 мм с длиной рабочего хода 400...1600 мм, и обеспечивают скорости транспортирования 5...15 м/мин.

## 9.2 Гидропривод вытряхивателя

*Вытряхиватели* и *вибраторы* применяются для удаления стружки из просверленных отверстий перед нарезанием резьбы.

Заготовка после сверления отверстий перемещается транспортером участка автоматической линии в *вытряхиватель*, который поворачивает ее на угол 90 или 180° отверстием вниз — до упора в *плунжер вибратора*. Механизм поворота вытряхивателя аналогичен поворотным барабанам.

Работой *вибратора*, рис. 9.2, управляет гидропанель 1, включающая распределительный золотник 2 и дроссель 3.

При включении электромагнита жидкость от насоса поступает к реверсивному золотнику 4 привода вибратора, которым направляется в одну из торцовых полостей плавающего золотника 5. В зависимости от своего положения золотник 5 соединяет полость 6 цилиндра привода вибратора поочередно с насосом и баком. Реверсивный золотник 4 из одного крайнего положения в другое перебрасывается поршнем 7, в паз которого входит его буртик.

Амплитуда колебаний поршня 7 равна размеру  $a$  плюс ход золотника 4, необходимый для реверсирования направления потока. Частота ударов поршня 7 о заготовку определяется подачей жидкости к вибратору, и может регулироваться дросселем 3 в пределах 0,5...8 дв. ходов в секунду.

Скорость перемещения поршня 7 при его втягивании в корпус в 3 раза больше, чем при выходе из него, вследствие разницы его рабочих площадей. Это способствует созданию лучших условий для удаления стружки из отверстий.

Для нормальной работы вибратора к нему должно подводиться масло с давлением 2...2,5 МПа. Расход масла на один двойной ход поршня вибратора составляет 30 см<sup>3</sup>.

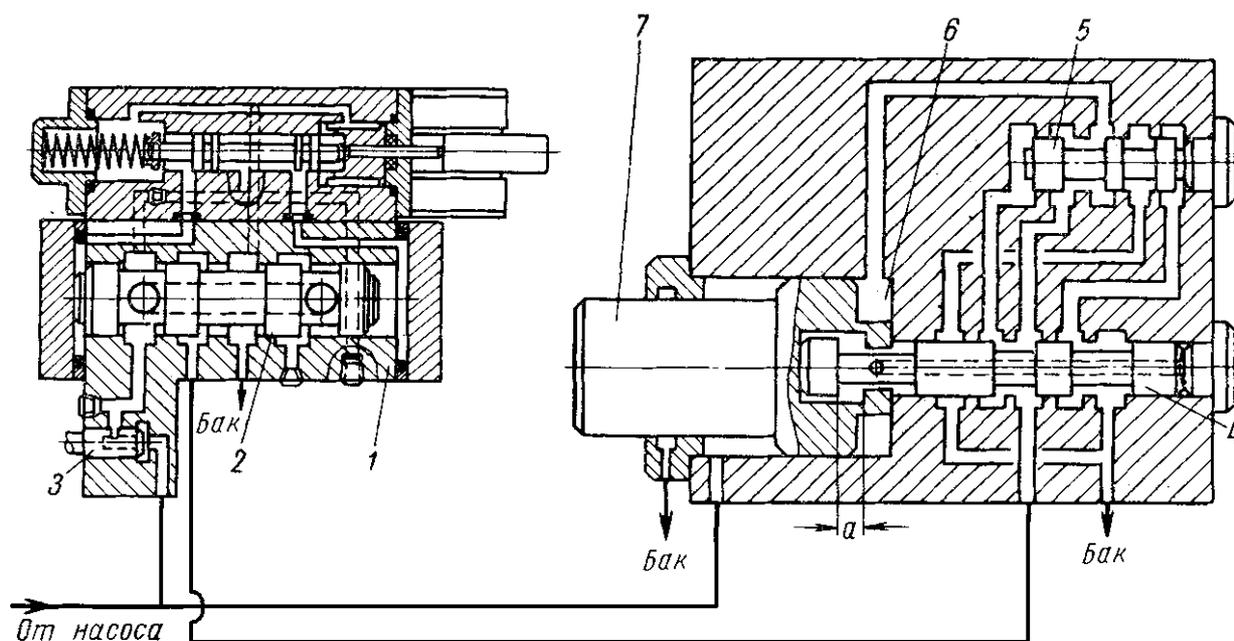


Рис. 9.2. Гидросхема механизма привода вибратора

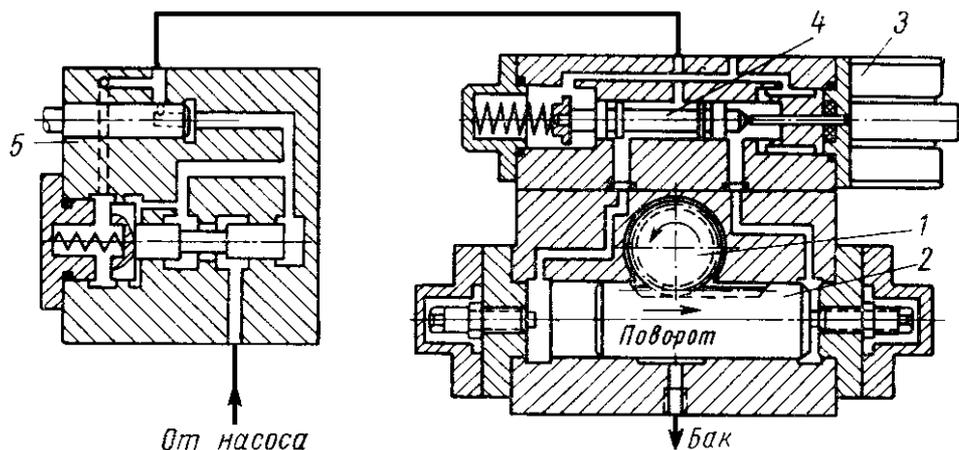


Рис. 9.3. Гидросхема механизма привода командоаппарата

### 9.3 Гидропривод поворота электрических командоаппаратов

Шаговый поворот валов *командоаппаратов* можно производить как с помощью *электропривода*, так и с помощью *гидропривода*.

**Преимущество** гидропривода — более простая и надежная конструкция, невозможность повторного поворота вала при подаче ложной команды.

Вал командоаппарата, рис. 9.3, поворачивается храповым механизмом, связанным с зубчатым колесом 1, которое поворачивается плунжером 2 с нарезанной на нем рейкой при перемещении электромагнитом 3 золотника управления 4. При выключении электромагнита плунжер и храповый механизм возвращаются в исходное положение. Регулятор расхода 5 стабилизирует время поворота вне зависимости от давления в гидросистеме.

Диаметр плунжера 2 равен 35 мм, ход — от 5 до 26 мм (в зависимости от числа позиций командоаппарата). **Время поворота** вала командоаппарата на одну позицию — 0,3...0,4 сек.

#### 9.4 Гидропривод подъемника вертикального накопителя заготовок

**Вертикальный накопитель заготовок** устанавливается между секциями автоматической линии для создания задела заготовок, и состоит из подъемника и бункера с гидроцилиндрами фиксации заготовок.

**Подъемник**, рис. 9.4, предназначен для загрузки заготовок в накопитель и подачи их из накопителя на следующую секцию линии. Управление перемещением стола *1* производится с помощью специальной гидропанели *3*.

**Последовательность работы** вертикального накопителя заготовок

1. **Поступление** заготовки в накопитель, рис. 9.5 а.

I — **исходное положение**: электромагниты гидропанели выключены, стол подъемника *1*, поршень *9* и плавающая втулка *10* находятся в нижнем положении, нижняя заготовка в накопителе удерживается гидроцилиндрами фиксации.

II — **заготовка подается** транспортером на стол *1* подъемника.

III — включается электромагнит *4*, золотник *5* перемещается вправо, жидкость от насоса поступает в полости *6* и *7* цилиндра накопителя, и **поршень 9 поднимает стол**.

IV — после упора поршня *9* в плавающую втулку *10*, удерживаемую в нижнем положении давлением в полости *7*, повышается давление в полости *6* и срабатывает реле давления *11*, которое подает команду на электромагнит золотника фиксации. Происходит **расфиксация** нижней заготовки, и все заготовки опускаются на заготовку, лежащую на столе подъемника.

V — включается электромагнит *12*, полость *7* соединяется с баком через золотник *13* и **поршень 9 поднимает стол со всеми заготовками**.

VI — нижняя заготовка **фиксируется** в накопителе, удерживая все лежащие на ней заготовки.

VII — электромагнит *12* выключается и подъемник давлением масла, поступающего в полость *7*, опускается в среднее положение; затем выключается электромагнит *4*, жидкость поступает в полость *8* и **стол занимает нижнее положение**.

2. **Выдача** заготовки из накопителя, рис. 9.5 б.

I — **исходное положение** (см. выше).

II — включаются электромагниты *4* и *12*, в полость *6* подается жидкость от насоса, а полость *7* соединяется с баком; **стол 1 поднимается в верхнее положение**.

III — стол *1* упирается в нижнюю заготовку, в полости *6* повышается давление и реле давления *11* подает команду на **расфиксацию**.

IV — выключается электромагнит *12*, жидкость от насоса через золотник *13* подается в полость *7* и **плавающая втулка 10**, имеющая большую рабочую площадь, чем поршень *9*, **опускает стол со всеми заготовками в среднее положение**.

V — вторая снизу заготовка *фиксируется* в накопителе, удерживая остальные заготовки.

VI — выключается электромагнит 4, жидкость поступает в полость 8 и *стол с заготовкой занимает нижнее положение*.

VII — *заготовка транспортируется* на следующий участок.

*Подпорный клапан 2* препятствует падению стола с заготовками во время его опускания.

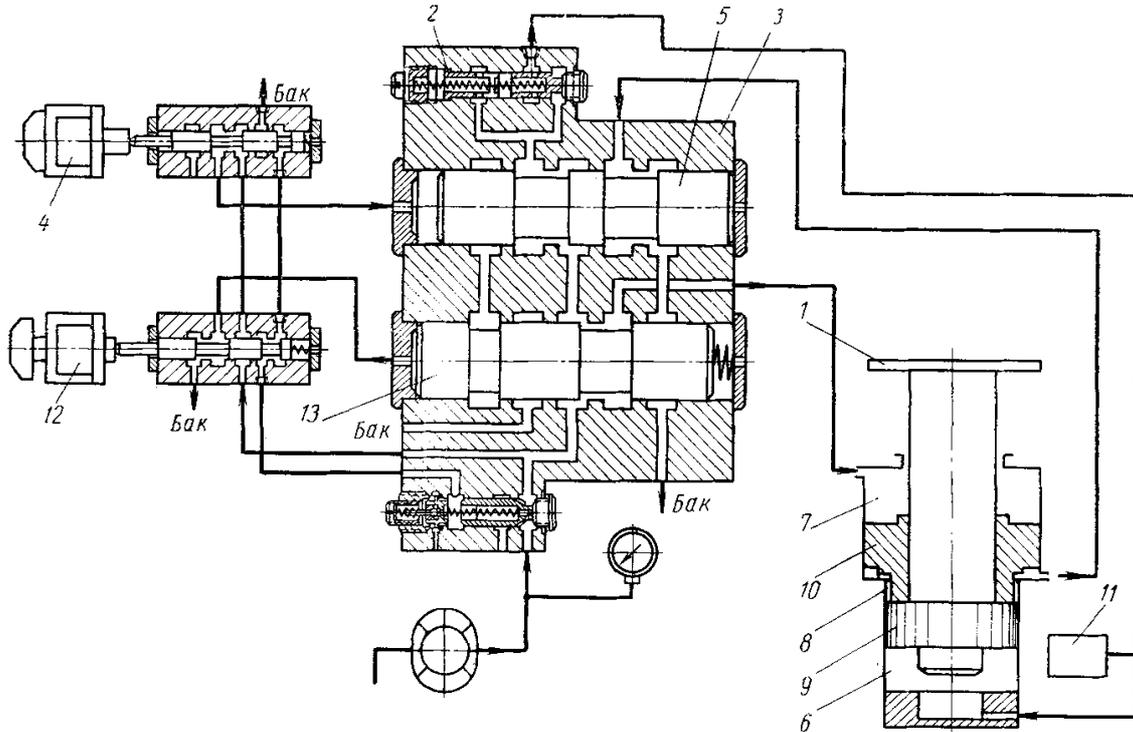


Рис. 9.4. Гидросхема подъемника вертикального накопителя заготовок

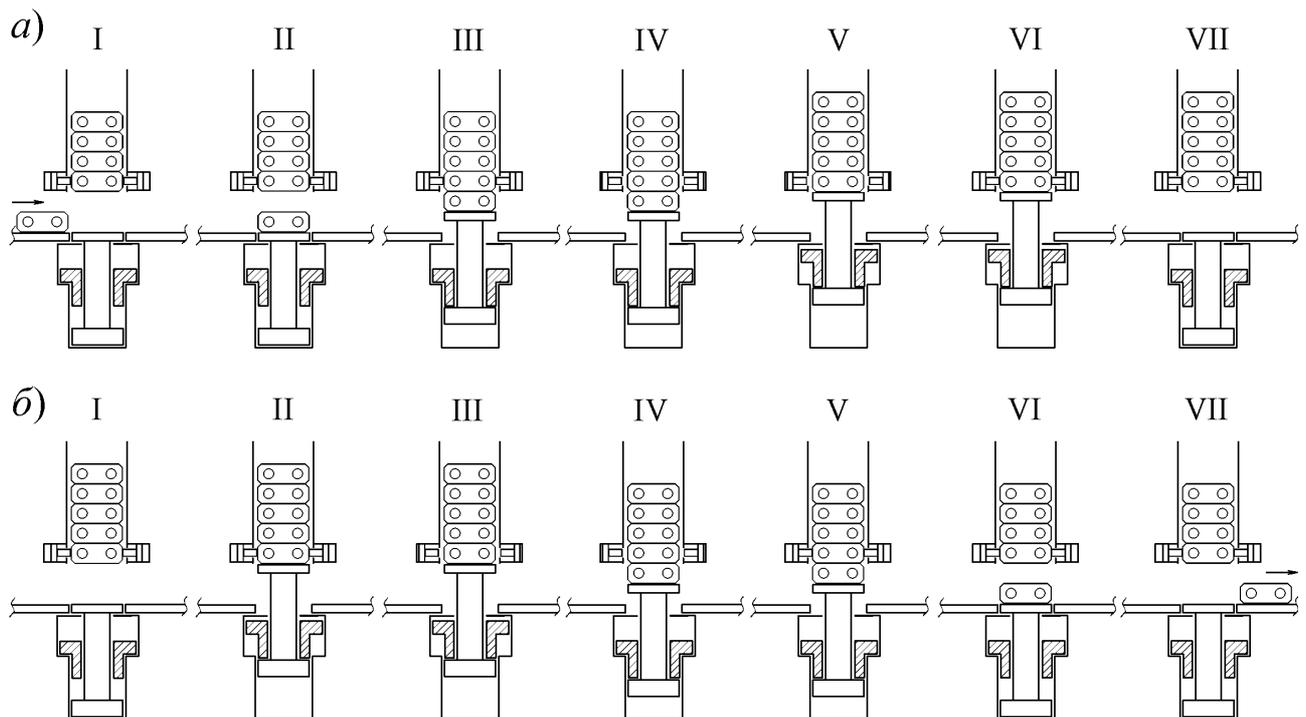


Рис. 9.5. Схема работы вертикального накопителя заготовок: поступление заготовки в накопитель (а) и выдача заготовки из накопителя (б)

## ЛЕКЦИЯ 10. РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ СИЛОВЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

### 10.1 Гидроприводы простого дросселирования

**Скорости** рабочей подачи гидрофицированных силовых узлов и перемещения транспортных и других гидромеханизмов **регулируются** с помощью **дросселей**, — регулируемых гидравлических сопротивлений. По мере перекрытия щели дросселя увеличивается сопротивление проходу жидкости, вследствие чего уменьшается ее расход.

На рис. 10.1, *a* показана гидравлическая схема с дросселем 3, установленным **на входе** в полость 1 цилиндра. Полость 2 цилиндра сообщается с баком. Количество масла, поступающего через дроссель в полость 1 цилиндра, а следовательно, и скорость перемещения поршня определяются проходным сечением дросселя и перепадом давлений между магистралью 4 и полостью 1. Избыток масла, нагнетаемого насосом 5, сливается в бак через переливной клапан 6 с давлением настройки  $p_H$ .

Условие равновесия поршня цилиндра можно выразить уравнением

$$p_1 F_1 = p_2 F_2 + R + T, \quad (10.1)$$

где  $p_1$  и  $p_2$  — давления в полостях 1 и 2;

$F_1$  и  $F_2$  — рабочая площадь поршня со стороны полостей 1 и 2;

$R$  — нагрузка на шток поршня от внешних сил;

$T$  — сила трения в уплотнениях штока и поршня.

**Перепад давления** на дросселе

$$\Delta p_{op} = p_H - p_1 = p_H - \frac{p_2 F_2 + R + T}{F_1}. \quad (10.2)$$

**Расход** жидкости через дроссель

$$Q = \mu f \sqrt{\frac{2\Delta p_{op}}{\rho_M}} = c f \sqrt{\Delta p_{op}}, \quad (10.3)$$

где  $f$  — площадь проходного сечения дросселя;

$\mu$  — коэффициент расхода через дроссель;

$c = \mu \sqrt{2/\rho_M}$  — коэффициент, для масла И-20 равный 0,6...0,65.

По мере **возрастания нагрузки**  $R$ , действующей на шток цилиндра увеличивается давление  $p_1$  в передней полости цилиндра, вследствие чего

*уменьшается* перепад давления на дросселе  $\Delta p_{др}$ , расход масла и *скорость* перемещения поршня цилиндра.

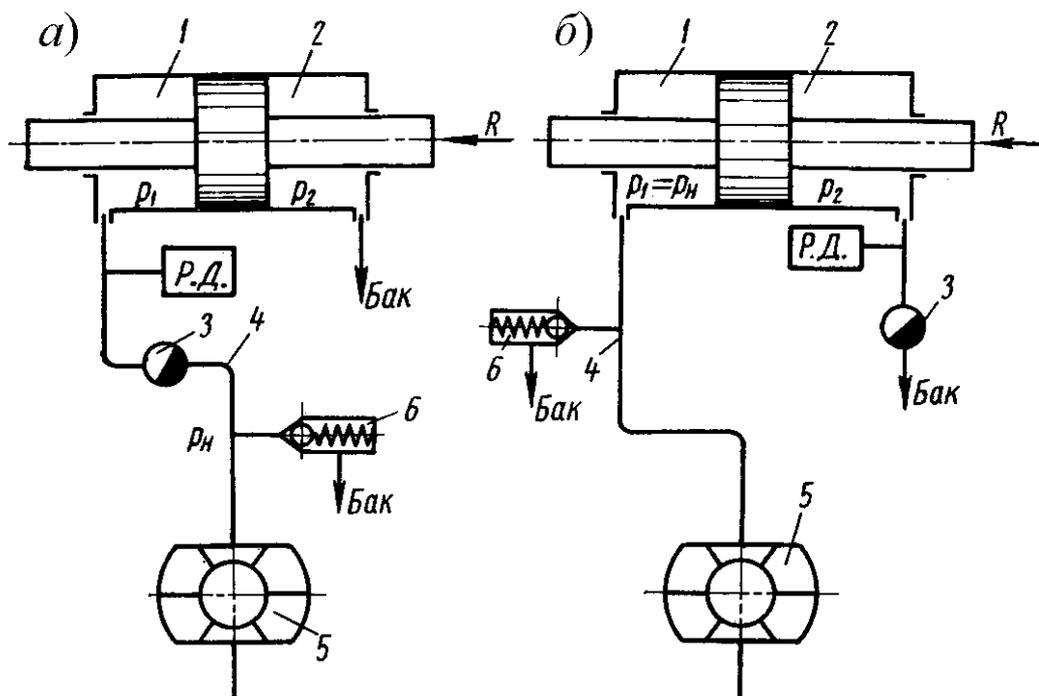


Рис. 10.1. Принципиальные гидравлические схемы простого дросселирования на входе (а) и на выходе (б)

При установке дросселя *3 на выходе* из полости 2 цилиндра (рис. 10.1, б) давление в полости 1 остается постоянным и равным  $p_H$ , при этом перепад давления на дросселе составит

$$\Delta p_{др} = p_2 = \frac{p_H F_1 - (R + T)}{F_2}. \quad (10.4)$$

Таким образом, и в этом случае при *увеличении нагрузки уменьшается* величина  $\Delta p_{др}$  и *скорость* перемещения поршня цилиндра.

Поскольку простые дроссельные системы не обеспечивают постоянства скорости при изменении нагрузки, их применяют только в гидросистемах механизмов, работающих при мало изменяющихся нагрузках, и если допустимы изменения скорости (в основном в гидросистемах различных вспомогательных устройств).

## 10.2 Гидроприводы с дозирующим клапаном

В гидравлических системах механизмов автоматических линий наибольшее распространение получили *дроссельные системы с автоматическими регуляторами*, обеспечивающими стабильность установленной дросселем скорости вне зависимости от колебаний нагрузки.



достигнет значения  $p_H = p_K$ , где  $p_K$  — давление настройки предохранительного клапана.

Назначение подпорного клапана 5 — создавать небольшое (0,3...0,8 МПа) давление в полости 4, способствующее более плавному движению механизма, приводимого гидроцилиндром.

**Особенностью** данной гидросхемы является **зависимость давления** в системе нагнетания **от нагрузки**, что повышает **к.п.д.** гидропривода, но ограничивает область его применения, так как насос может быть использован для подачи масла **только в один гидроцилиндр**.

### 10.3 Гидроприводы с редукционным клапаном

На рис. 10.3 а изображена гидравлическая схема механизма подачи с редукционным клапаном 1 и дросселем 2, установленными на входе в полость 3 цилиндра.

**Редукционный клапан** поддерживает постоянный перепад давления (0,2...0,3 МПа) через дроссель вне зависимости от нагрузки. При этом **давление в системе нагнетания** насоса не зависит от нагрузки, а определяется настройкой переливного клапана 4, что позволяет использовать масло, нагнетаемое насосом, для питания **нескольких** одновременно работающих **цилиндров**.

Для привода механизмов, требующих **небольших сил**, можно использовать схему рис. 10.3 б, где цилиндр подключен дифференциально, а противодействие в полости 2 цилиндра создается насосом, и равно  $p_H$ .

**Достоинства** такой схемы:

- отсутствие подпорного клапана;
- простота получения быстрого отвода — сливом жидкости из полости 1.
- малая разность давлений между полостями 1 и 2, что повышает объемный к.п.д. цилиндра и, в некоторых случаях, позволяет применять поршни без уплотнений;
- плавное и равномерное движение во всем диапазоне скоростей подачи.

В случае, если **усилие** на штоке может **менять направление** (действовать как против, так и по ходу поршня) рекомендуется применять гидравлические схемы **с дросселированием на выходе из цилиндра**.

В гидроприводе, рис. 10.3 в, масло от насоса с давлением  $p_H$  настройки переливного клапана 1, поступает в полость 2 цилиндра. Масло из полости 3 цилиндра вытесняется в бак через редукционный клапан 4 и дроссель 5. Редукционный клапан поддерживает перед дросселем постоянное давление, что обеспечивает постоянство скорости движения поршня.

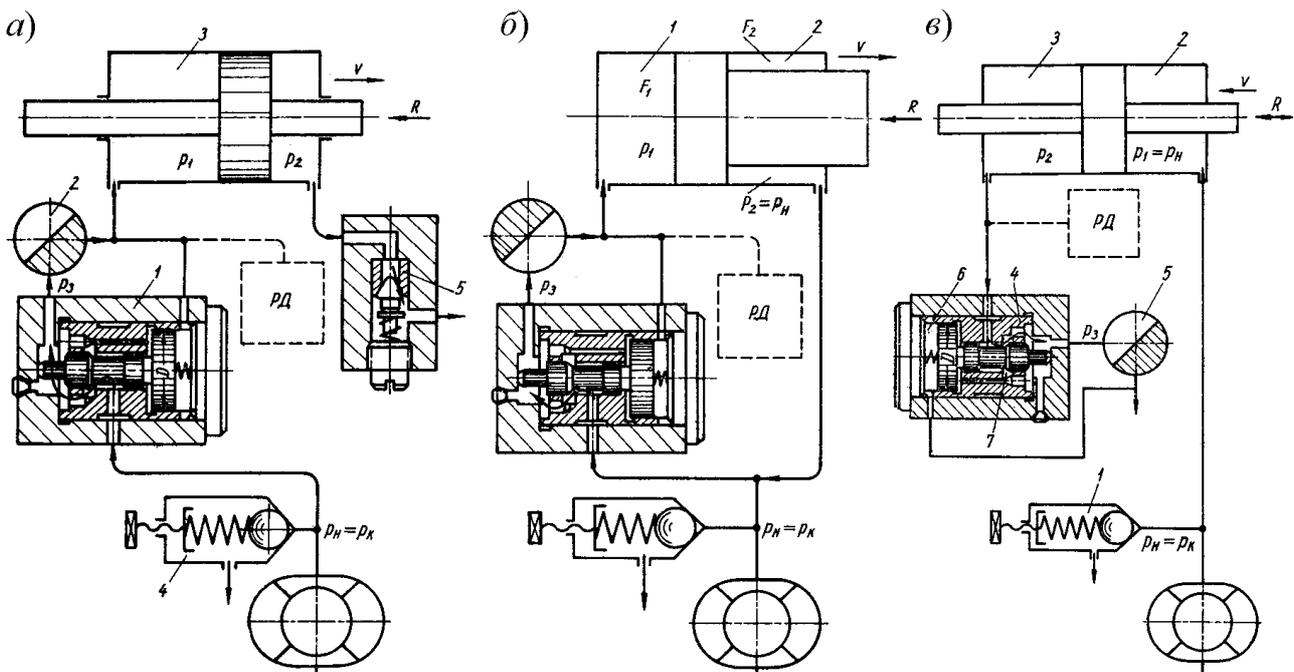


Рис. 10.3. Принципиальные схемы гидропривода с редукционным клапаном и дросселем, установленными на входе в цилиндр, и с противодавлением, создаваемым подпорным клапаном (а) и насосом (б), а также с редукционным клапаном и дросселем, установленными на выходе из цилиндра (в)

По мере **роста нагрузки** давление  $p_2$  падает. Скорость движения остается постоянной при условии  $p_2 \geq p_3$ . При дальнейшем падении давления движение прекращается.

В случае **отрицательной нагрузки** давление в полости 3 цилиндра будет увеличиваться. Давление  $p_3$  перед дросселем и скорость движения поршня при этом останутся неизменными, как и при положительной нагрузке.

**Недостаток** описанной схемы — явление «прыжка» в момент начала движения: при резком повышении давления в полости 3 редукционный клапан не успевает сработать, давление перед дросселем и расход через него значительно увеличиваются и скорость движения поршня резко возрастает.

## ЛЕКЦИЯ 11. МЕТОДЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ БЫСТРЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ. СНИЖЕНИЕ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ

### 11.1 Методы осуществления быстрых перемещений

**Подвод** силовых узлов автоматических линий к зоне обработки, прихватов к зажимаемым заготовкам и т. д. и их **отвод** по окончании рабочих операций, с **целью уменьшения вспомогательного времени** должен производиться со **скоростями, значительно превосходящими** скорости рабочих подач.

В гидроприводах автоматических линий нашли применение несколько **методов ускоренного перемещения** механизмов:

1. Использование **полной производительности насоса** путем непосредственного (в обход дросселя) соединения с насосом соответствующей полости цилиндра.

Метод **прост** в реализации, но приводит к **нерациональному расходованию энергии**: для достижения необходимых скоростей при подводе и отводе необходим насос с высокой производительностью, но в процессе рабочей подачи (и при зажиме), составляющем основную долю времени цикла, большая часть масла, нагнетаемого насосом, будет сливаться в бак под высоким давлением, соответствующим силе рабочей подачи или зажима.

2. Применение **дифференциального соединения** цилиндров — при быстром подводе масло, вытесняемое из задней полости цилиндра, добавляется к маслу, подаваемому насосом, благодаря чему скорость перемещения механизма увеличивается, рис 11.1 а.

Расход масла, поступающего в полость 1:

$$Q_1 = Q_H + Q_2 \quad \text{или} \quad v_{\delta.n.} F_1 = Q_H + v_{\delta.n.} F_2 \quad (11.1)$$

где  $Q_H$  — подача насоса;

$Q_1 = v_{\delta.n.} F_1$  — подача масла в полость 1;

$Q_2 = v_{\delta.n.} F_2$  — расход масла из полости 2;

$v_{\delta.n.}$  — скорость быстрого подвода;

$F_1$  и  $F_2$  — рабочие площади передней и задней полостей цилиндра.

Получаем, что скорость быстрого подвода составит

$$v_{\delta.n.} = Q_H / (F_1 - F_2). \quad (11.2)$$

При движении поршня в обратном направлении полость 1 соединяется с баком. Тогда скорость движения поршня при быстром отводе

$$v_{\delta.o.} = Q_H / F_2. \quad (11.3)$$

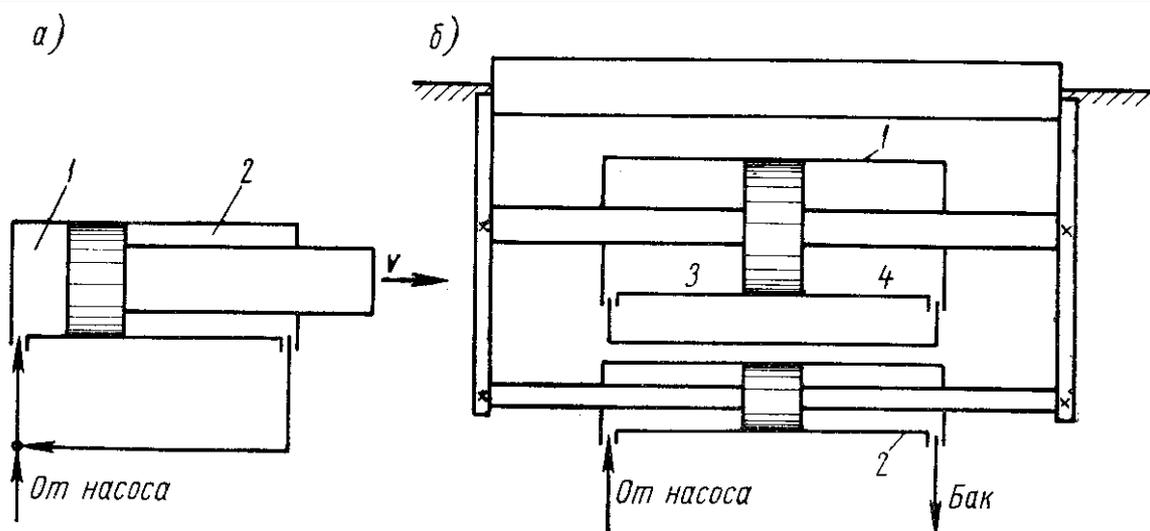


Рис. 11.1. Принципиальные гидравлические схемы осуществления быстрых ходов: с дифференциальным соединением полостей цилиндра (а) и с двумя цилиндрами (б)

Если рабочая площадь штоковой полости в 2 раза меньше, чем поршневой:  $F_2 = F_1/2$  (или  $d = D/\sqrt{2}$ , где  $D$  и  $d$  — диаметры цилиндра и штока), то

$$v_{\delta.n.} = v_{\delta.o.} = 2Q_H/F_1. \quad (11.4)$$

**Увеличение скорости** перемещения связано с соответствующим **уменьшением силы**, развиваемой цилиндром, что для холостых ходов допустимо.

### 3. Установка **двух цилиндров** большого и малого диаметров, рис 11.1 б.

В процессе **рабочей подачи** масло подается одновременно в оба цилиндра. Увеличение скорости движения при **быстрых ходах** достигается отключением цилиндра большого диаметра 1, полости 3 и 4 которого соединяются между собой. Скорости рабочей подачи и быстрых ходов составят:

$$v_{p.n.} = Q_H/(F + f); \quad v_{\delta.x.} = Q_H/f \quad (11.5)$$

где  $F$  и  $f$  — рабочие площади большого и малого цилиндров. Подбором соотношения этих площадей можно получить необходимые величины скоростей рабочей подачи и быстрого подвода.

Схемы с двумя цилиндрами применяются в гидросистемах тяжелых станков с большими длинами ходов, и значительными силами при рабочей подаче.

### 4. Установка **двух насосов** — насоса **высокого давления** с **малой производительностью** для осуществления **рабочей подачи** и **зажима** и насоса **низкого давления** с **большой производительностью** — для осуществления **быстрых ходов**.

В процессе **рабочей подачи** или **зажима** масло, нагнетаемое насосом быстрых ходов, **сливается в бак** с небольшим подпорным давлением, что значительно **уменьшает** непроизводительный **расход энергии**.

5. Использование *пневмогидравлического аккумулятора* для обеспечения *кратковременных больших расходов* масла с небольшим давлением при выполнении быстрых ходов.

### 11.2 Способы управления работой сдвоенных насосов

При использовании гидропривода с *двумя насосами*: насосом *высокого давления* с малой производительностью, предназначенного для выполнения рабочего хода (или зажима) и насосом *низкого давления* с большой производительностью для обеспечения быстрых ходов, необходимо обеспечить:

- *подачу масла* в цилиндр от *обоих* насосов при выполнении *быстрого хода*;
- *отключение* насоса низкого давления от напорной линии и *разгрузку* его на бак при выполнении *рабочего хода* или *зажима*.

Возможны следующие способы управления:

1. Управление работой двух насосов с помощью *многопозиционного распределительного золотника*, рис. 11.2.

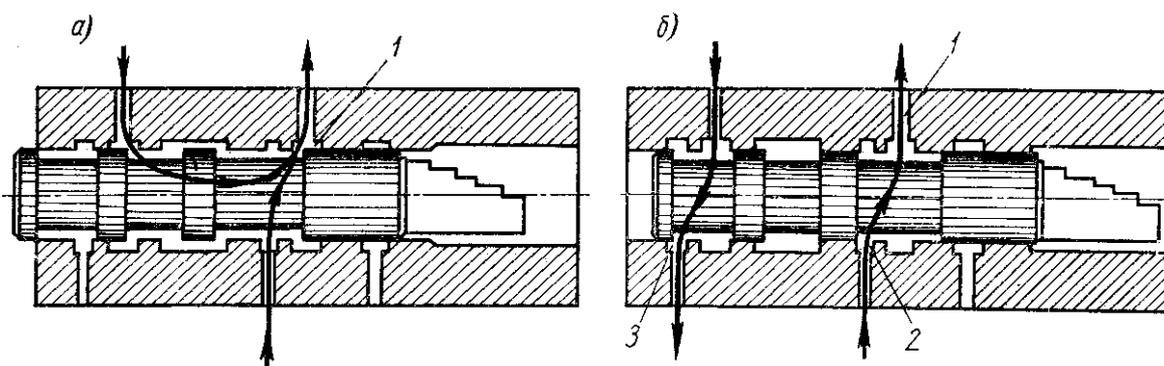


Рис. 11.2. Управление работой двух насосов с помощью многопозиционного распределительного золотника

В положении *быстрого подвода* (рис. 11.2 а) масло от обоих насосов направляется распределительным золотником через канал 1 в переднюю полость цилиндра.

В положении *рабочей подачи* (рис. 11.2 б) в цилиндр направляется только масло от насоса рабочей подачи через каналы 1 и 2. При этом масло от насоса быстрых ходов без сопротивления направляется через канал 3 в бак.

**Недостаток** данного способа — не обеспечивается *автоматическое* отключение насоса низкого давления при переходе от быстрого хода к рабочему — для этого необходимо дополнительное управляющее устройство.

2. Управление работой двух насосов с помощью *разделительной гидрпанели*, рис. 11.3.

**Панель** Г53-1 состоит из переливного клапана высокого давления 1, клапана низкого давления (разгрузочного) 2 и обратного (разделительного)

клапана 3. Панель обеспечивает автоматическое отключение и разгрузку насоса быстрых ходов при повышении давления в полости цилиндра следующим образом.

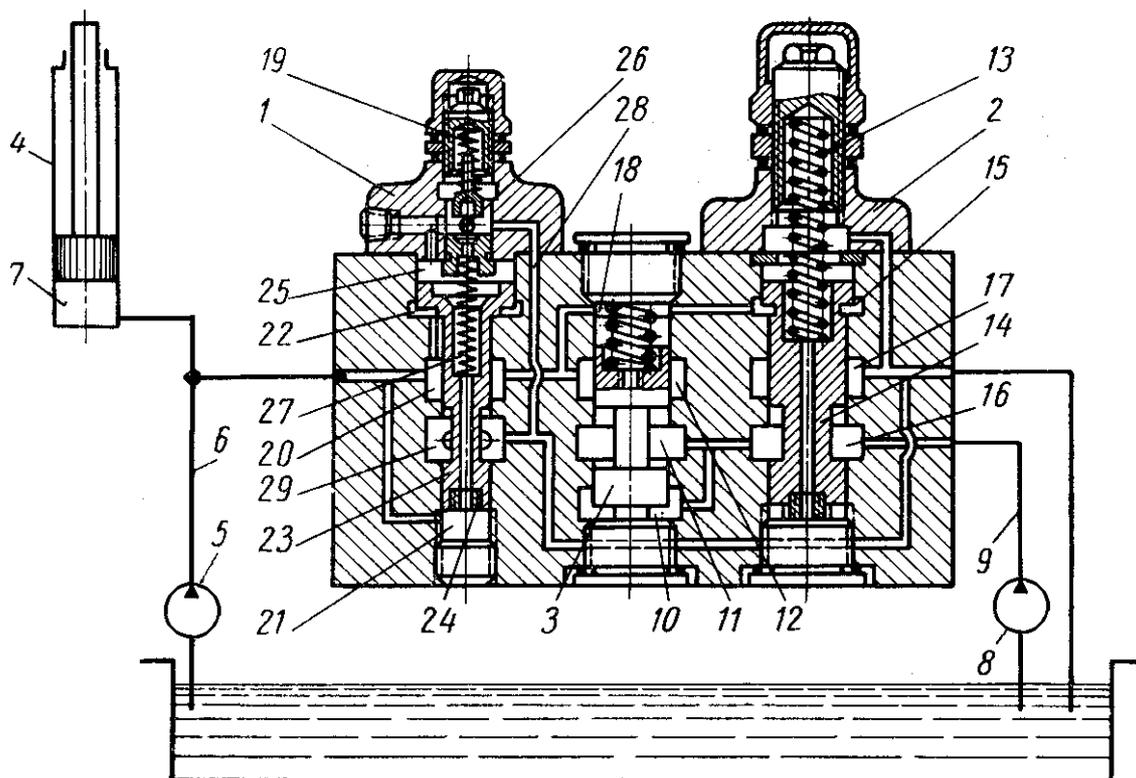


Рис. 11.3. Гидравлическая схема разделительной гидропанели Г53-1

При быстрых ходах цилиндра 4 масло от насоса высокого давления 5 поступает по трубопроводу 6 в полость 7 цилиндра, а масло от насоса быстрых ходов 8 по трубопроводу 9 направляется в проточки 10 и 11 обратного клапана 5, отжимая его вверх и, через проточку 12 поступает в трубопровод 6, добавляясь к маслу, нагнетаемому насосом 5.

Максимальное давление в системе нагнетания насоса 8 ограничивается настройкой пружины 13. Камера 15 каналами соединена с трубопроводом 6 и полостью 7 цилиндра. Когда по окончании быстрого хода давление в полости 7 и, следовательно, в камере 15 будет выше давления настройки пружины 13, золотник 14, поднимется вверх, соединяя насос 8 через проточки 16 и 17 с баком — насос разгружается. При этом обратный клапан 3 под действием давления масла в полости 18 и силы пружины запирается, не допуская слива в бак масла, нагнетаемого насосом 5.

Величина максимального давления в полости 7 цилиндра 4 регулируется настройкой пружины 19 переливного клапана высокого давления 1. Масло от насоса 5 поступает по трубопроводу 6 в проточки 20, 21 и 22 золотника 23. Из проточки 21 масло через дросселирующую втулку 24 попадает в камеру 25.

При давлении, меньшем, чем давление настройки пружины 19, шарик 26 запирает камеру 25. Давление в камере 25 и проточках 21 и 22 одинаково, и пружина 27 держит золотник 23 в нижнем положении, при котором проточка 20 заперта.

При превышении давления настройки пружины 19, шарик 26 отжимается, соединяя камеру 25 через канал 28 с баком. Давление в ней понижается, золотник 23 давлением в полостях 21 и 22 отжимается вверх. Проточка 20 соединяется через проточку 29 и канал 28 с баком.

После снижения давления до настроенного шарик 26 снова запирает камеру 25, давление в последней повышается и золотник 23 возвращается в нижнее положение.

### 3. Управление работой двух насосов с помощью *разделительной гидропанели* и *вспомогательных золотников*

В гидросистемах автоматических линий, где *один сдвоенный насос* применяется для привода *двух или более* независимо работающих *механизмов*, повышение давления в цилиндре одного из них не может быть использовано для подачи команды на разгрузку насоса быстрых ходов.

На рис. 11.4 показана гидросхема управления разгрузкой насоса быстрых ходов с помощью *последовательно соединенных вспомогательных золотников*. Здесь 1 и 2 — распределительные золотники, управляющие работой соответствующих механизмов; 3 и 4 — вспомогательные золотники управления. Гидропанель разгрузки включает предохранительные клапаны насосов высокого и низкого давлений и обратный (разделительный) клапан. Полость 5 предохранительного клапана насоса быстрых ходов сообщается с баком через последовательно соединенные проточки 6, 7, 8 и 9 золотников 3 и 4.

При осуществлении обоими механизмами *рабочих операций*, производимых насосом *высокого давления*, или при неподвижном положении механизмов электромагниты 10 и 11 обесточены и золотники 1, 2, 3 и 4 занимают левое положение; полость 5 предохранительного клапана соединена с баком, золотник 13 предохранительного клапана давлением подаваемого насосом масла поднят в верхнее положение и насос быстрых ходов 12 *разгружается* на бак. Напорная линия при этом отсекается от сливной обратным клапаном 15.

При включении *быстрого подвода* или *отвода* любого из механизмов включается соответствующий электромагнит, например, 10. Золотник 3 сообщает с давлением торец распределительного золотника 1 и одновременно перекрывает проточку 9. Масло через дросселирующее отверстие 14 в золотнике 13 предохранительного клапана поступает в полость 5, давление в ней повышается, золотник 13 опускается и разгрузка насоса 12 на бак прекращается. Масло от насоса 12 через обратный клапан 15 поступает в напорную линию, добавляясь к маслу, подаваемому насосом высокого давления 16.

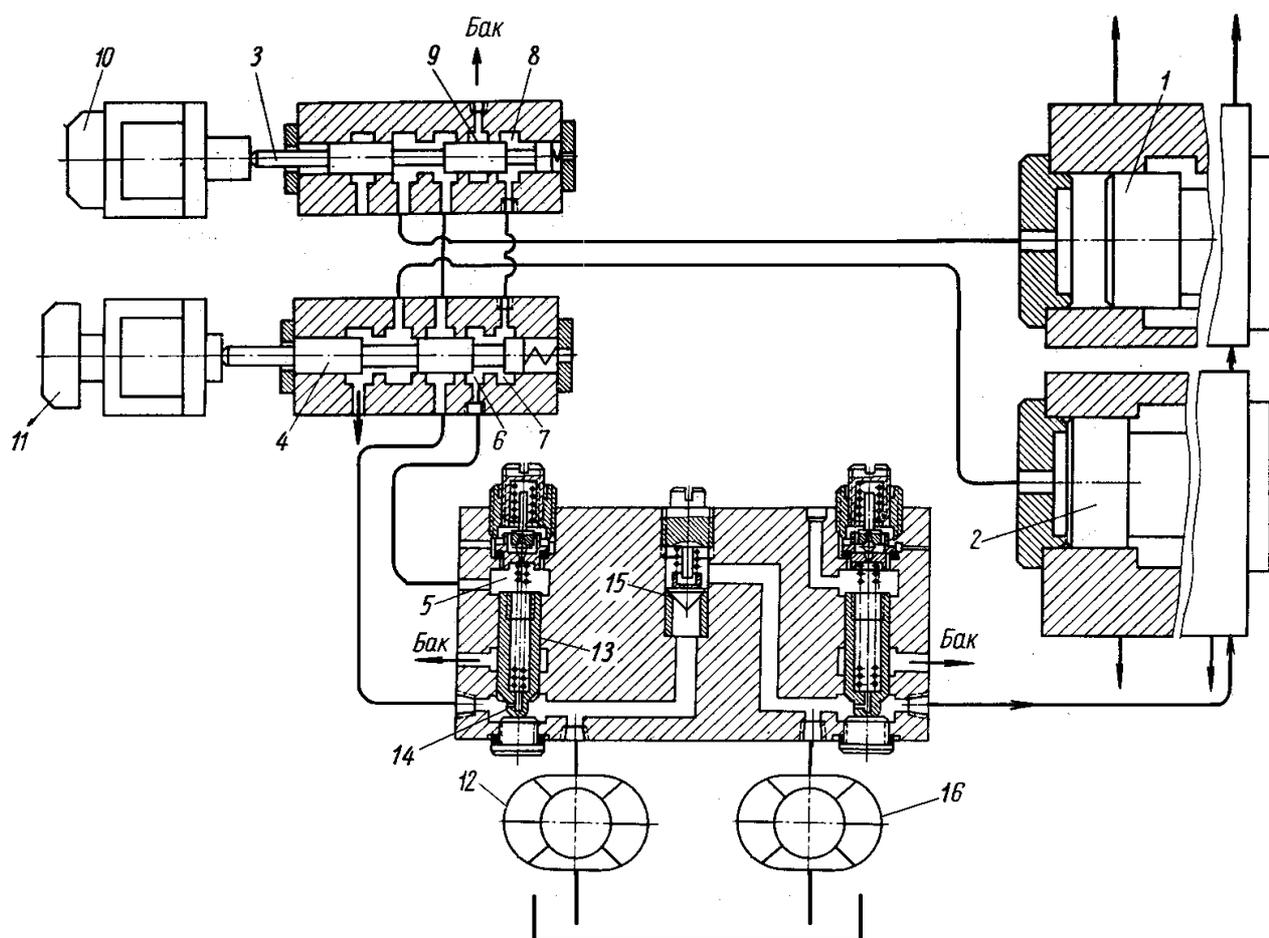


Рис. 11.4. Гидравлическая схема управления разгрузкой насоса быстрых ходов с помощью вспомогательных золотников

### 11.3 Снижение потребляемой мощности с помощью гидроаккумулятора

Значительного снижения потребляемой мощности гидропривода можно достигнуть применением **пнеумогидравлического аккумулятора**, обслуживающего операции, требующие кратковременных больших расходов масла с пониженным давлением, перемежающихся более длительными периодами, в течение которых в системе нагнетания должно поддерживаться высокое давление.

На рис. 11.5 а приведена принципиальная схема насосного агрегата с **аккумулятором 1**, воздушная полость 2 которого отделена от полости 3, заполненной маслом, поршнем 4.

При осуществлении **быстрых ходов** масло подается в систему по трубопроводу 5 как от насоса 6, так и из полости 3 аккумулятора. При этом аккумулятор разряжается. По окончании быстрых ходов насос 6 через обратный клапан 7 производит **зарядку** аккумулятора до давления настройки предохранительного клапана 8.

При длительных перерывах в работе насос по окончании зарядки аккумулятора можно **разгрузить** в бак. С этой целью вместо предохранительного клапана в систему встраивается разгрузочный золотник 1, рис. 11.5 б, срабатывающий по достижении в полости 2 аккумулятора заданного давления.

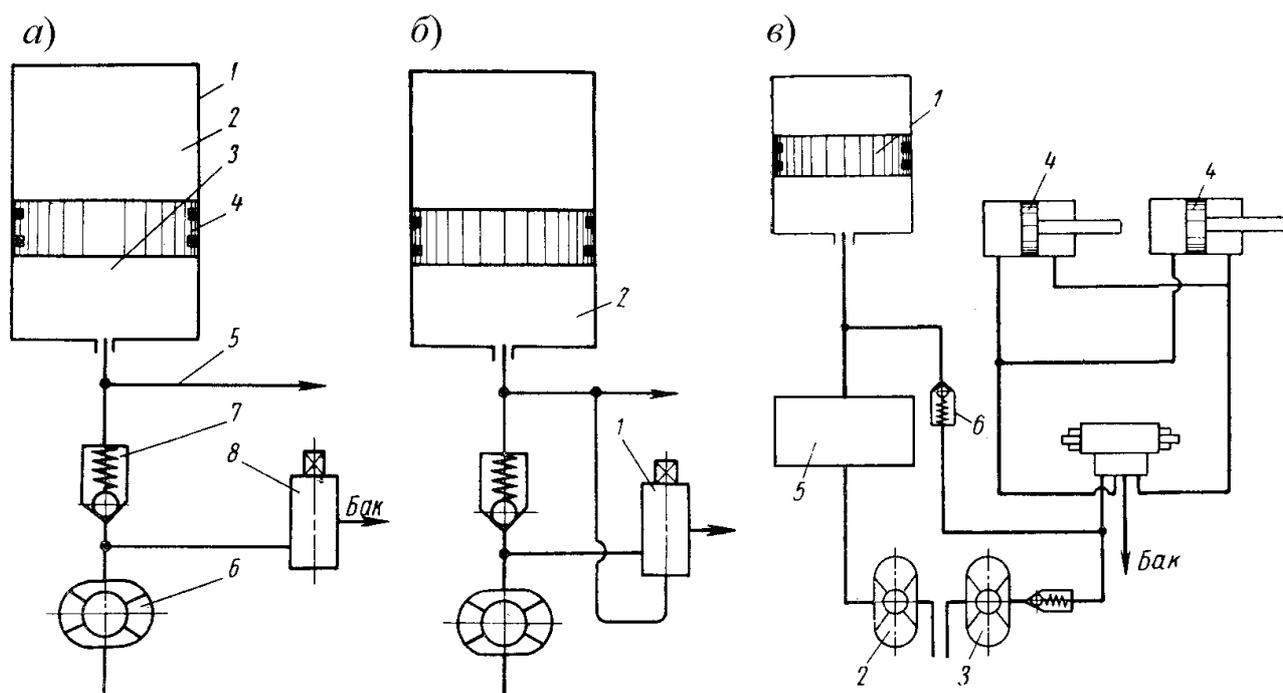


Рис. 11.5 Принципиальная гидравлическая схема насосного агрегата с аккумулятором без разгрузки насоса (а), с разгрузкой насоса (б) и с двумя насосами (в)

В случаях, когда для выполнения *рабочих операций* (например, зажима) требуется *высокое давление*, а для осуществления кратковременных *быстрых ходов* требуется *большой расход* масла, то гидросхема строится с применением *аккумулятора 1* и *двух насосов 2 и 3*, рис. 11.5 в. Насос низкого давления 2 предназначен для зарядки аккумулятора 1, а насос высокого давления 3 служит для поддержания высокого давления в системе зажима.

При быстром подводе поршней цилиндров 4 масло поступает в систему с пониженным давлением как от аккумулятора, так и от обоих насосов.

По окончании быстрого подвода насос высокого давления 3 выполняет рабочий ход (или зажим), а насос 2 заряжает аккумулятор 1, который отсекается от линии высокого давления обратным клапаном 6.

По окончании зарядки аккумулятора 1 насос 2 разгружается на бак разгрузочным золотником в панели управления 5.

**Преимущество** гидропривода с пневмогидроаккумулятором — значительная экономия электроэнергии и снижение стоимости гидропривода за счет установки насоса небольшой производительности.

**Недостаток** гидропривода с пневмогидроаккумулятором — сложность герметизации воздушной камеры аккумулятора и необходимость периодической трудоемкой заправки его сжатым воздухом с высоким давлением (выше, чем в заводской сети) путем последовательных сжатий его подачей масла в аккумулятор.

## ЛЕКЦИЯ 12. РАЗГОН И ТОРМОЖЕНИЕ ГИДРОФИЦИРОВАННЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

Для обеспечения работоспособности таких механизмов, как подвижные и поворотные столы, поворотные барабаны, приводы транспортеров и др., необходимо **ограничить** величины **ускорений**, возникающих в процессе **начала движения** и **остановки** этих механизмов.

В большинстве случаев после **включения** электромагнита, перемещающего распределительный золотник гидропанели в положение быстрого подвода, **давление** в рабочей полости цилиндра **нарастает** сравнительно **плавно**. Это обусловлено упругостью масла в трубопроводе и постепенным открытием щели золотника и обеспечивает отсутствие ударов или рывков при трогании с места механизмов с гидроприводом.

Поэтому большинство гидрофицированных механизмов автоматических линий не нуждается в каких-либо устройствах, ограничивающих величину ускорения при **разгоне**.

### 12.1 Торможение транспортных устройств путевым дросселем

Транспортирование заготовок между позициями автоматических линий производится обычно по направляющим планкам при помощи **толкающих шаговых транспортеров** возвратно-поступательного движения, рис. 12.1.

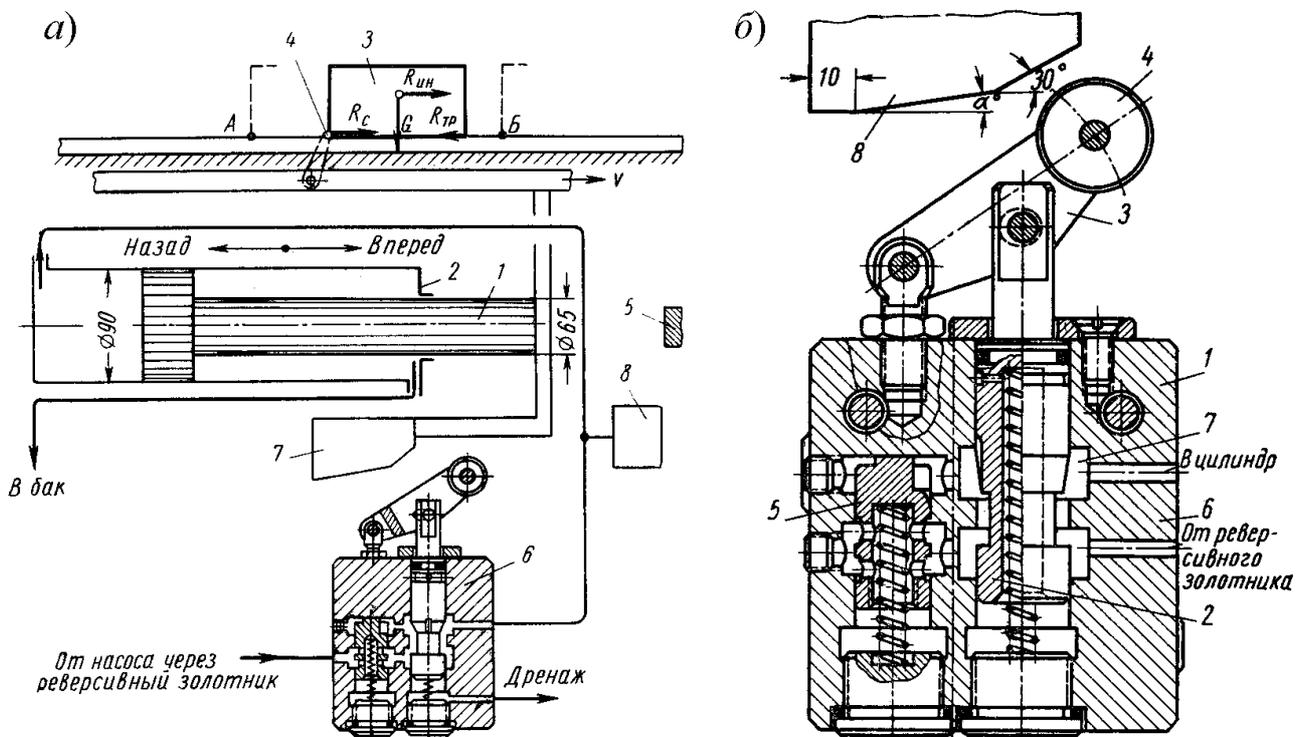


Рис. 12.1. Торможение шагового транспортера путевым дросселем (а) и конструкция путевого дросселя ЗУ4374 (б)

При каждом ходе поршня 1 цилиндра 2 заготовка 3 перемещается собачкой 4 из положения А в положение Б, причем последнее устанавливается регулировкой упора 5. При подходе к упору 5 привод транспортера тормозится с помощью **путевого дросселя** 6, на золотник которого воздействует кулачок 7.

Путевой дроссель 6 установлен на входе в цилиндр. Остановка привода транспортера на упоре 5 контролируется реле давления 8.

Нормализованный путевой дроссель (рис. 12.1 б) состоит из корпуса 1, золотника 2 с пружиной, рычага 3 с роликом 4 и обратного клапана 5.

Масло через кольцевую щель, образованную конической частью золотника и пояском 6, поступает в проточку 7 и далее в переднюю полость цилиндра. При подходе транспортера к упору кулачок торможения 8, нажимая на ролик 4, опускает золотник 2, который перекрывает кольцевую щель, благодаря чему уменьшается поступление масла в цилиндр и замедляется движение поршня.

Обратный клапан 5 предназначен для пропуска масла из цилиндра в бак в начале движения в обратном направлении.

## 12.2 Параметры торможения транспортных устройств

При торможении шагового транспортера необходимо обеспечить движение заготовок без отрыва от собачек, чтобы заготовки останавливались в заданном положении.

На заготовку действуют сила тяжести  $G = mg$ , сила инерции  $R_{ин} = ma$ , сила со стороны собачки  $R_c$  и сила трения о направляющие  $R_{тр} = fG = fmg$ . Здесь  $m$  — вес заготовки,  $g$  — ускорение свободного падения,  $a$  — ускорение заготовки,  $f$  — коэффициент трения скольжения.

**Уравнение движения** заготовки имеет вид:

$$R_c - R_{тр} = R_{ин} \quad \text{или} \quad R_c - fmg = ma, \quad (12.1)$$

откуда

$$R_c = ma + fmg = m(a + fg). \quad (12.2)$$

Поэтому во избежание отрыва заготовок от собачек в процессе торможения ( $R_c \geq 0$ ) тормозное устройство должно **ограничить** абсолютную величину отрицательного ускорения:

$$a \geq -fg \quad \text{или} \quad |a| \leq fg. \quad (12.3)$$

Коэффициент трения скольжения стальных и чугунных заготовок по направляющим находится в пределах  $f = 0,1 \dots 0,3$  в зависимости от состояния трущихся поверхностей, наличия стружки, масла и т. п. Следовательно,  $|a| \leq 1 \text{ м/с}^2$ .

После **остановки** транспортера на **упоре** заготовка отрывается от собачек и движется до тех пор, пока ее кинетическая энергия не израсходуется на преодоление силы трения о направляющие:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = R_{\text{тр}} \Delta x = fmg\Delta x. \quad (12.4)$$

где  $\Delta x$  — путь заготовки, проходимый после отрыва.

Фиксация заготовок производится **фиксаторами**, имеющими конусную заходную часть, допускающую **несовпадение осей** фиксатора и отверстия. Это позволяет допустить отрыв заготовок от собачек до величины  $\Delta x = 0,5$  мм, при этом скорость похода к упору должна быть не более

$$v = \sqrt{2fg \Delta x} \approx 30 \dots 40 \text{ мм/с}. \quad (12.5)$$

На основании изложенного можно сформулировать два основных **требования к закону торможения** транспортера с толкающими собачками:

- 1) абсолютная величина ускорения торможения — не более  $1 \text{ м/с}^2$ ;
- 2) скорость подвода транспортера к упору — не более  $30 \dots 40 \text{ мм/с}$ .

### 12.3 Выбор закона торможения и определение профиля золотника путевого дросселя

**Уравнение движения** поршня для периода торможения имеет вид:

$$p_n = \Delta p_{\text{др}} + \frac{p_2 F_2 + R_{\text{тр}} - ma}{F_1} = \frac{Q^2}{c^2 S^2} + \frac{p_2 F_2 + R_{\text{тр}} - ma}{F_1}, \quad (12.6)$$

где  $p_n$  — давление настройки предохранительного клапана;  $\Delta p_{\text{др}}$  — перепад давления через путевой дроссель ( $Q = cS\sqrt{\Delta p_{\text{др}}}$  или  $\Delta p_{\text{др}} = Q^2 / c^2 S^2$ ,  $S$  — площадь открытия щели дросселя);  $F_1$  и  $F_2$  — соответственно площади передней и задней полостей цилиндра;  $p_2$  — давление в задней полости цилиндра.

Оптимальным **законом торможения**, обеспечивающим минимальное время и путь торможения, является торможение с **постоянным отрицательным ускорением**.

Из уравнения движения имеем

$$S = \frac{Q}{c} \sqrt{\frac{F_1}{p_n F_1 - p_2 F_2 - R_{\text{тр}} + ma}}. \quad (12.7)$$

Расход через дроссель составляет

$$Q = vF_1 = \sqrt{2a(h-x)} \cdot F_1, \quad (12.8)$$

где  $h = v_0^2/2a$  — тормозной путь.

Таким образом, для получения равнозамедленного торможения необходимо следовать закону изменения площади открытия щели золотника путевого дросселя, рис. 12.2

$$S = \frac{1}{c} \sqrt{\frac{2a(h-x)F_1}{p_n F_1 - p_2 F_2 - R_{тр} + ma}} \quad \text{или} \quad S = B\sqrt{h-x}, \quad (12.9)$$

где  $B$  — постоянная величина.

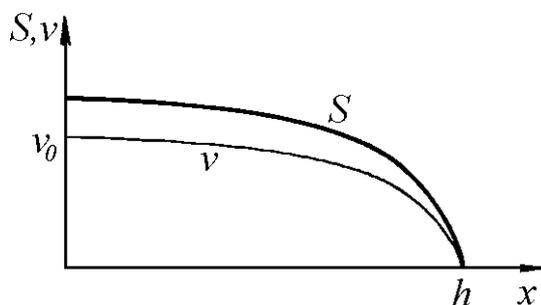


Рис. 12.2. Характер закона изменения площади открытия щели путевого дросселя

Как видно из этого рисунка, **профиль** золотника путевого дросселя, соответствующий оптимальному закону торможения, **весьма сложен** и получение его технологически затруднительно. Кроме того, профиль золотника зависит от параметров системы, что затрудняет унификацию.

Практически, оказалось возможным ограничиться тремя типоразмерами путевых дросселей с **коническими золотниками** для широкого диапазона перемещаемых масс, скоростей движения и давлений в системе.

Необходимый **угол наклона кулачка** торможения может быть определен теоретически путем приближенного численного решения дифференциального уравнения движения поршня при подстановке в это уравнение движения фактически выбранного закона изменения площади открытия щели путевого дросселя. На практике этот угол определяется экспериментально путем подбора.

#### 12.4 Торможение с помощью встроенных демпферов

Торможение привода транспортера при обратном ходе, а также торможение различных поворотных устройств осуществляется с помощью **демпферов** постоянного или переменного сечения, встроенных в крышку цилиндра.

**Демпфер переменного сечения**, рис. 12.3, состоит из золотника 1 с пружиной, перемещающегося во втулке 2, упорной шайбы 3 и шарикового обратного клапана 4, предназначенного для подачи масла в цилиндр в начале обратного хода поршня. В процессе движения штока масло из полости цилиндра 5 свободно сливается в бак по каналам 6, 7 и 8. При подходе к упору шток

перемещает золотник *1*, который своими дросселирующими кромками *9* перекрывает канал *7*, движение штока цилиндра замедляется. Точная регулировка места остановки производится сдвигом втулки *2* регулировочным винтом *10*.

Конфигурация и параметры дросселирующих пазов золотника подобраны таким образом, чтобы обеспечить по возможности постоянную величину замедления.

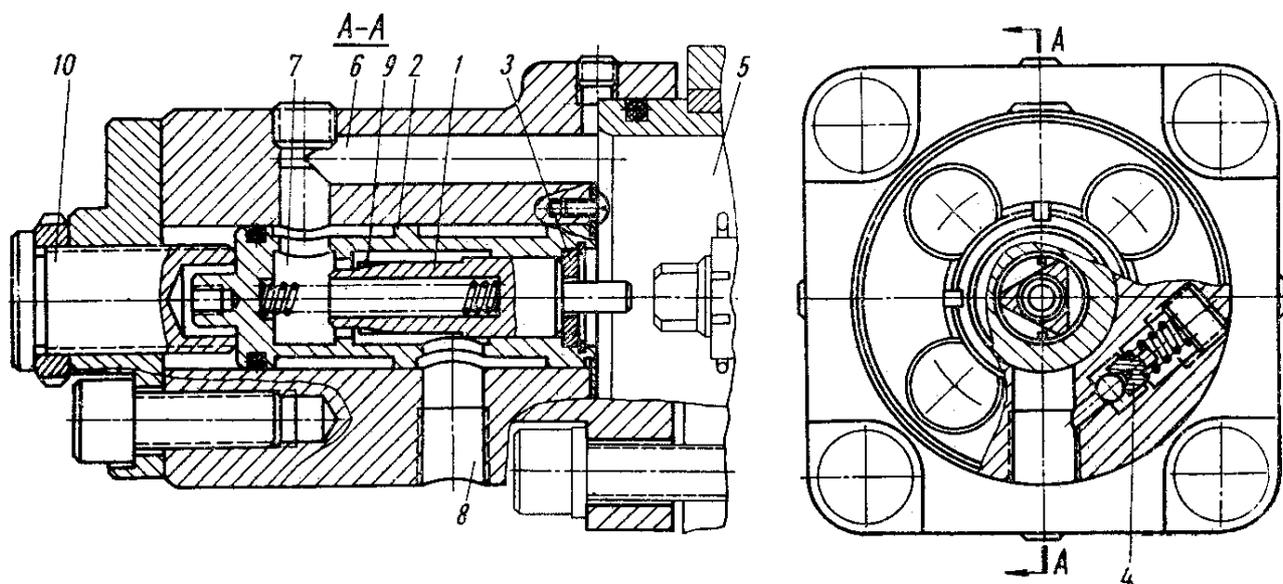


Рис. 12.3 Демпфер переменного сечения, встроенный в крышку гидроцилиндра

При отсутствии жестких требований к плавности торможения (в барабанах, кантователях и др. единственное требование — отсутствие удара при остановке) можно применять более простой по конструкции *демпфер постоянного сечения*, рис. 12.4

При входе буртика *1* поршня *2* в расточку крышки *3* масло из полости *4* цилиндра вытесняется в бак через игольчатый дроссель *5* и скорость перемещения поршня уменьшается. Скорость подхода механизма к упору настраивается дросселем *5*.

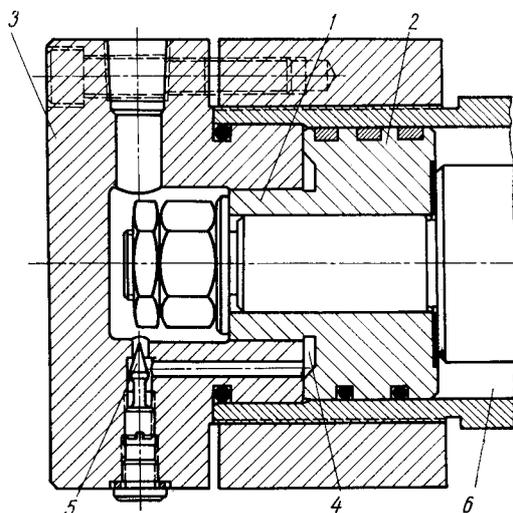


Рис. 12.4. Демпфер постоянного сечения, встроенный в крышку гидроцилиндра

## ЛЕКЦИЯ 13. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

### *13.1 Предмет и задачи робототехники. Основные понятия*

**Робототехника** — направление развития науки и техники в области механизации и автоматизации ручных операций.

**Предметом** робототехники является разработка и исследование **роботов** и связанная с этим совокупность проблем.

Основной **областью применения** робототехники является **комплексная автоматизация производства**.

**Роботы** — технические системы, которые в своих действиях воспроизводят подобие двигательных и интеллектуальных функций человека и отличаются универсальными возможностями, многоцелевым назначением, гибкостью, способностью перестройки на выполнение различных операций.

**Роботизированное производство** — производство, в котором используются промышленные роботы и манипуляторы.

**Робототехнический комплекс (РТК)** — совокупность основных технологических машин (станков, прессов и др.) и промышленных роботов, работающих в едином производственном цикле, управляемых от ЭВМ и способных быстро перестраиваться на новый вид продукции. На базе РТК создаются гибкие автоматические линии и гибкие автоматизированные производства.

**Автооператор** — автоматическое устройство для транспортных и вспомогательных операций с неперепрограммируемой системой управления, основанной на устройствах цикловой автоматики — упоры, конечные выключатели, релейные схемы. Применяются в автоматических линиях для установки и съема обрабатываемых деталей.

**Промышленный робот** представляет собой переналаживаемую автоматическую машину для выполнения различных действий в производственном процессе. Состоит из **манипулятора** и **системы управления**.

**Манипулятор** — устройство для осуществления двигательных функций робота, аналогичных руке человека, представляющее собой многозвенный механизм, оснащенный приводами и рабочим органом.

**Рабочий орган** — устройство, осуществляющее непосредственное взаимодействие робота с внешней средой — **захватное устройство** или **рабочий инструмент**.

**Захватное устройство** предназначено для захватывания и удержания объекта производства или технологической оснастки.

**Система управления** промышленного робота предназначена для формирования и выдачи манипулятору управляющих воздействий в соответствии с заданной программой.

**Рабочая зона** промышленного робота — пространство, в котором может находиться и функционировать рабочий орган манипулятора.

**Базовая система координат** промышленного робота — система координат, определяющая положение рабочего органа в рабочей зоне.

### **13.2 Классификация промышленных роботов**

#### **1. Класс сложности выполняемых задач (поколение)**

**Программные роботы** (1-е поколение) выполняют совокупность жестко запрограммированных операций в неизменной и строго определенной рабочей среде. При изменении технологического процесса производится замена одной программы на другую.

**Адаптивные роботы** (2-е поколение) обладают свойствами самообучения и адаптации к внешним условиям. Манипуляторы этих роботов снабжаются сенсорными устройствами, что позволяет системе управления адаптироваться к изменяющейся рабочей среде.

**Интеллектуальные роботы** (3-е поколение) — обладают элементами искусственного интеллекта, т.е. способностью распознавать предметы в пространстве, строить модель среды, вырабатывать план действий для достижения поставленной задачи в конкретных условиях, изменять свои действия с изменением ситуации, самообучаться.

#### **2. Способ управления**

**Позиционный** — движение манипулятора программируется по упорядоченной во времени последовательности точек рабочего пространства без контроля движения между ними, рис.13.1 а.

**Контурный** — движение манипулятора программируется в виде траектории в рабочем пространстве с непрерывным контролем по скорости, рис.13.1 б.

#### **3. Степень специализации функций**

**Универсальные** — предназначены для выполнения нескольких операций на различном по технологическому назначению оборудовании.

**Специальные** — предназначены для выполнения какой-либо технологической операции с определенным типом деталей.

**Специализированные** — предназначены для выполнения строго определенной операции.

#### **4. Характер выполняемых операций**

**Обслуживающие** — выполняют загрузочно-разгрузочные, транспортные и складские операции.

**Операционные** (технологические) — выполняют технологические операции — сварочные, окрасочные, сборочные и др.

#### **5. Возможность передвижения**

**Стационарные** (напольные, подвесные, встроенные).

**Подвижные** (установленные на тележках, движущихся по рельсам, специальным дорожкам, монорельсу и др.).

6. **Количество манипуляторов:** с одним, двумя и более манипуляторами: с отдельными приводами или с общим приводом.

7. **Число степеней подвижности манипулятора:** с двумя, тремя, четырьмя и более.

8. **Вид системы координат:** прямоугольная ( $X, Y, Z$ ), цилиндрическая ( $\varphi, R, Z$ ), сферическая ( $\varphi, \gamma, R$ ), угловая ( $\varphi, \gamma, \delta$ ), рис. 13.2.

9. **Грузоподъемность:** сверхлегкие (до 1 кг), легкие (1...10 кг), средние (10...200 кг), тяжелые (200...1000 кг) и сверхтяжелые (св. 1000 кг).

10. **Привод манипулятора:** пневматический, гидравлический, электро-механический, и комбинированный.

11. **Класс точности** позиционирования или воспроизведения траектории: **0** (менее 0,01%), **1** (0,01...0,05%), **2** (0,01...0,1%) и **3** (св. 0,1%)

12. **Тип используемых сигналов** в системе управления: аналоговые, цифровые и цифро-аналоговые.

13. **Исполнение:** нормальное, пыле- и теплозащитное, взрывобезопасное.

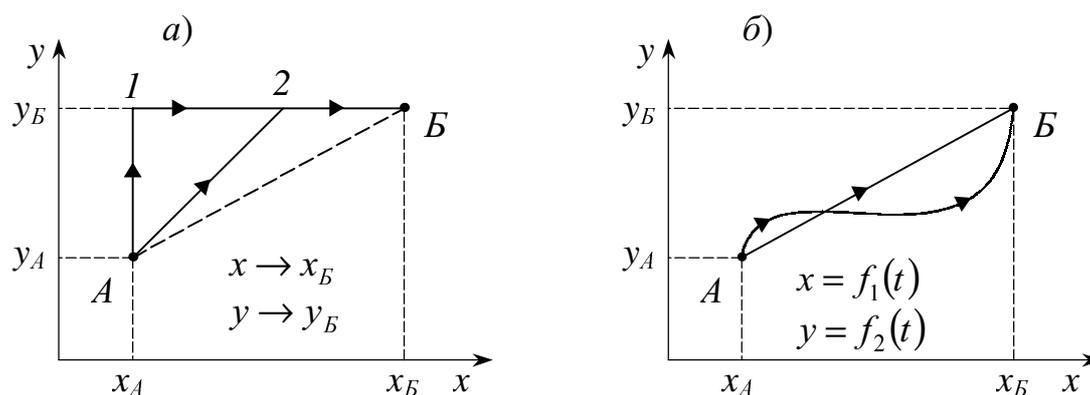


Рис. 13.1. Позиционный (а) и контурный (б) способы управления

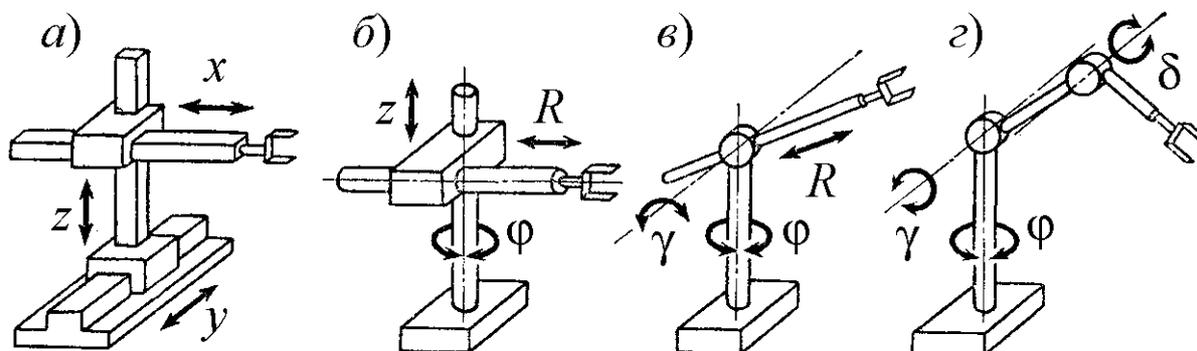


Рис. 13.2. Схемы промышленных роботов, действующих в прямоугольной (а), цилиндрической (б), сферической (в) и угловой (г) системах координат

## ЛЕКЦИЯ 14. ПНЕВМОПРИВОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

### 14.1 Типовая схема и элементы пневмопривода промышленного робота

**Пневматический привод** применяется в манипуляторах промышленных роботов первого поколения с цикловой позиционной системой управления, предназначенных для автоматизации простых операций: установки и снятия деталей и др.

Обычно используется сжатый воздух из заводской сети с давлением 0,4...0,5 МПа.

Функционально **пневмопривод** можно разделить на **узлы**, рис. 14.1:

- блок подготовки воздуха;
- блок распределения сжатого воздуха;
- блок исполнительных двигателей;

**Блок подготовки воздуха** является обязательным для промышленных роботов и включает входной штуцер, вентиль, влагоотделитель, редукционный пневмоклапан, манометр и маслораспылитель.

Подготовка воздуха производится:

- индивидуально для каждого робота;
- централизованно для группы роботов.

Использование **влагоотделителя** обусловлено отрицательным воздействием влаги на работоспособность пневматических устройств.

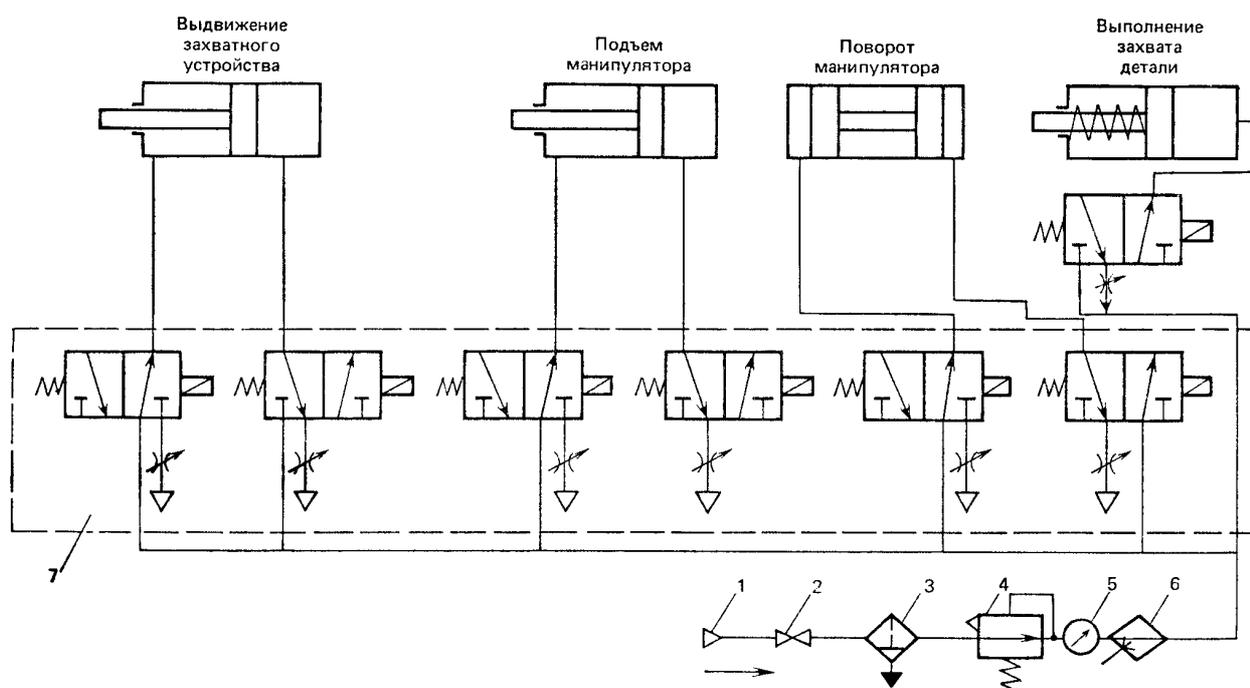


Рис. 14.1. Пневматическая схема робота МП-9С: 1 — входной штуцер; 2 — вентиль; 3 — влагоотделитель; 4 — редукционный пневмоклапан; 5 — манометр; 6 — маслораспылитель; 7 — распределительные устройства

С помощью **редукционного пневмоклапана** производится настройка давления сжатого воздуха, поступающего к элементам привода согласно техническим требованиям на данный робот. Величина давления контролируется с помощью **манометра**.

**Маслораспылитель** обеспечивает распыление масла, необходимого для смазки исполнительных двигателей и распределителей, в потоке сжатого воздуха.

**Блок распределения сжатого воздуха** включает в себя устройства, с помощью которых по заданной программе можно открыть или закрыть доступ сжатого воздуха в рабочие полости исполнительных двигателей.

Обычно используют **золотниковые** или **клапанные пневмораспределители** с управлением от электромагнита. При определенных условиях (работа в агрессивной и взрывоопасной среде, высокий уровень радиации и др.) используются распределители с пневматическим управлением на базе **УСЭПА** (**универсальная система элементов промышленной пневмоавтоматики**).

**Блок исполнительных двигателей** составляют:

- пневмоцилиндры поступательного движения (подъем манипулятора, выдвигание рабочего органа);
- поворотные пневмодвигатели шибберного типа или с зубчатой рейкой (поворот манипулятора);
- пневмопривод захватного устройства.

На каждую **степень подвижности** предусматривается исполнительный двигатель, обеспечивающий заданные линейные или угловые перемещения, скорости и усилия.

**Регулирование скорости** выходного звена двигателя в пневмоприводах выполняется дросселированием сжатого воздуха на входе или выходе двигателя с помощью регулируемого **пневматического дросселя**.

**Рабочий цикл** выполняется в последовательности, которая определяется требованиями технологического процесса. **Позиционирование** по каждой степени свободы осуществляется с помощью **перенастраиваемых упоров**. **Система управления** робота осуществляет включение и выключение распределителей в соответствии с заданной **программой**.

#### **14.2 Регулирование скорости пневмопривода**

Использование энергии сжатого воздуха обеспечивает выходному звену пневмопривода **высокую скорость**. Если не предусмотреть специальных средств торможения, то останов происходит с ударом об упор.

**Торможение** поршня в конце хода выполняется:

- дросселированием рабочего тела на выходе из цилиндра в конце хода поршня;

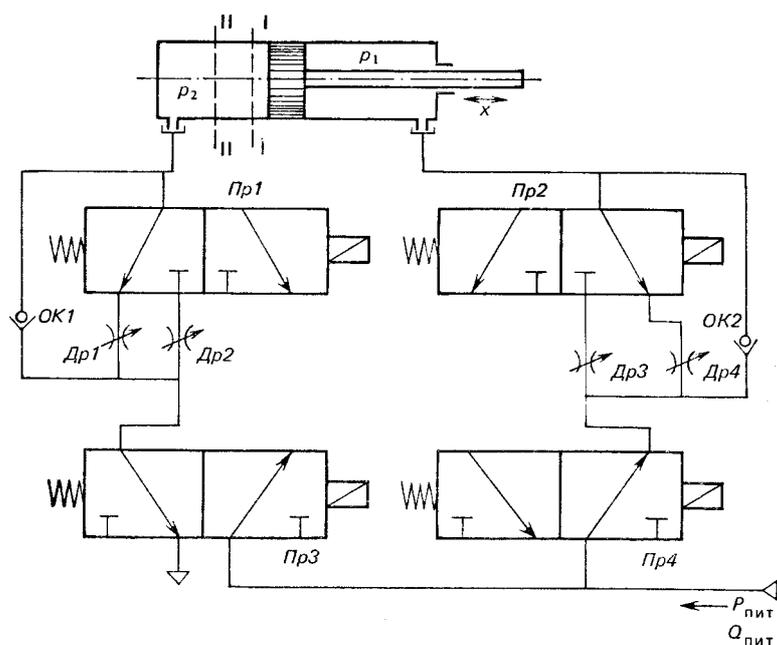


Рис. 14.2. Схема торможения двигателя дросселированием сжатого воздуха

- созданием противодействия на выходе из цилиндра;
- демпфированием поршня устройствами гидравлического или пружинного типа.

**Торможение дросселированием** выполняется установкой специального дросселя на выходе из цилиндра (рис. 14.2).

Сжатый воздух из магистрали через пневмораспределитель  $Пр4$  и обратный клапан  $ОК2$  поступает в правую полость цилиндра. Воздух из левой полости через распределитель  $Пр1$ , дроссель  $Др1$  и распределитель  $Пр3$  сбрасывается в атмосферу. При достижении положения  $I-I$  распределитель  $Пр1$  переключается на дроссель  $Др2$ , имеющий повышенное сопротивление потоку и происходит торможение поршня до остановки на упоре в положении  $II-II$ .

Для совершения обратного хода поршня производится соответствующее переключение пневмораспределителей  $Пр1...Пр4$ , при этом скорость хода и торможение определяются дросселями  $Др3$  и  $Др4$ .

Способ применяется при грузоподъемности робота до 5 кг.

**Торможение противодействием** производится подачей в полость опорожнения основного давления магистрали, рис. 14.3.

Сжатый воздух из питающей магистрали поступает через пневмораспределители  $Пр1$  и  $Пр2$  в левую полость цилиндра, правая полость через  $Пр3$  и  $Др2$  сообщена с атмосферой. При достижении поршнем положения  $I-I$  распределители  $Пр2$  и  $Пр3$  переключаются, доступ сжатого воздуха в левую полость прекращается, и сжатый воздух из магистрали поступает в правую полость цилиндра. Давление в левой и правой полостях цилиндра уравнивается и поршень останавливается.

Метод применяют при грузоподъемности не более 1 кг.

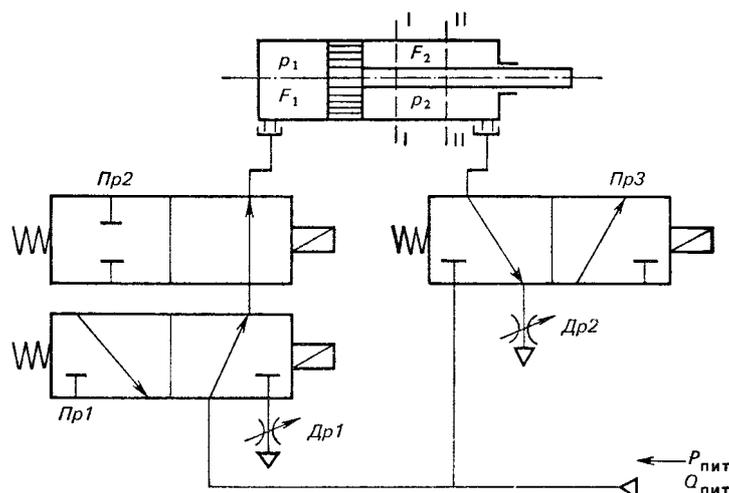


Рис. 14.3. Схема торможения двигателя противодавлением

**Торможение внешними устройствами** — предусматривается установка внешних демпферов — гидравлических или механических.

В **механических демпферах** энергия движущихся элементов привода и груза преобразуется в энергию сжатия **пружины**. Жесткость пружины выбирается по условиям движения исполнительного органа привода и груза. Пружинные демпферы применяются при грузоподъемности до 1 кг.

**Гидравлические демпферы** являются более универсальным средством торможения исполнительного органа двигателя. Энергия движения механических элементов рассеивается при дросселировании потока жидкости, рис. 14.4. Шток поршня двигателя при подходе к заданному положению нажимает упором на поршень демпфера. Поршень перемещается вправо, при этом жидкость вытесняется из полости *A* в полость *B* через игольчатый дроссель. Заполнение полостей *A* и *B* жидкостью производится из емкости *C* через каналы *m* и *n*, которые затем перекрываются поршнем демпфера.

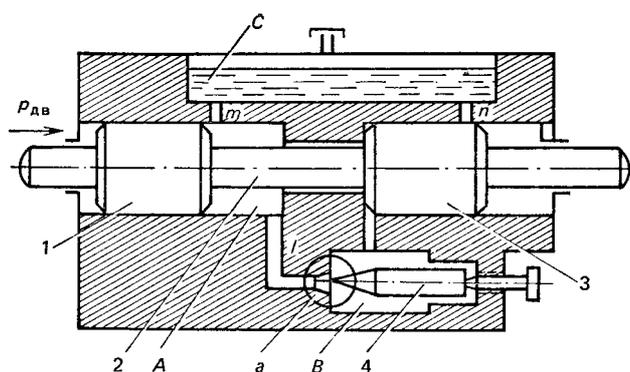


Рис. 14.4. Схема гидравлического демпфера: 1,3 — поршни; 2 — шток; 4 — дроссель

При обратном ходе штока двигателя процесс демпфирования повторяется, при этом жидкость перетекает из полости *B* в полость *A*.

Гидравлические демпферы удобны в эксплуатации, могут использоваться при значительных скоростях выходного звена и большой грузоподъемности.

### **14.3 Позиционирование пневмопривода. Многопозиционные пневмоприводы**

Пневмоприводы с цикловым управлением обеспечивают позиционирование исполнительного звена двигателя по двум крайним точкам с помощью *регулируемых упоров*.

При необходимости увеличить число точек позиционирования используются многопозиционные пневмоприводы (позиционеры).

**Цифровой позиционер**, рис. 14.5 а, состоит из  $n$  последовательно соединенных цилиндров, причем ход каждого последующего поршня в два раза больше хода предыдущего. Такой привод имеет  $2^n$  дискретных положений с интервалом, равным величине хода поршня первой секции. Привод воспринимает  $n$ -разрядные двоичные входные сигналы, каждый разряд определяет положение поршня соответствующей секции.

Суммарное перемещение составляет

$$L = l_0 \sum_{i=0}^{n-1} x_i \cdot 2^i \quad (14.1)$$

где  $l_0$  — дискрет перемещения (величина хода поршня первой секции);

$x_i$  — значение  $i$ -го разряда управляющего сигнала (0 или 1).

Для возврата поршней привода в исходное положение при снятии входных сигналов служит поршень противодействия.

Более простая схема позиционирования представлена на рис.14.6. Питание подводится в цилиндр с двусторонним штоком одновременно в полости  $A$  и  $B$ . При равенстве давлений в полостях поршень находится в положении покоя. Магистральи  $1 \dots 7$  служат для выхода воздуха в атмосферу.

При открытии одного из выходов давление в соответствующей полости понижается и поршень будет двигаться до тех пор, пока не перекроет этот выход.

Схема применяется при отсутствии жестких требований к точности позиционирования.

Для останова выходного звена в заданном положении возможно применение *механического тормоза*. Торможение осуществляется в два этапа:

На первом — скорость выходного звена уменьшается с использованием дросселирования или созданием противодействия.

На втором — происходит останов выходного звена в заданной точке с помощью *тормоза*.

Моменты начала предварительного и окончательного торможения определяются системой управления с помощью датчиков перемещения.

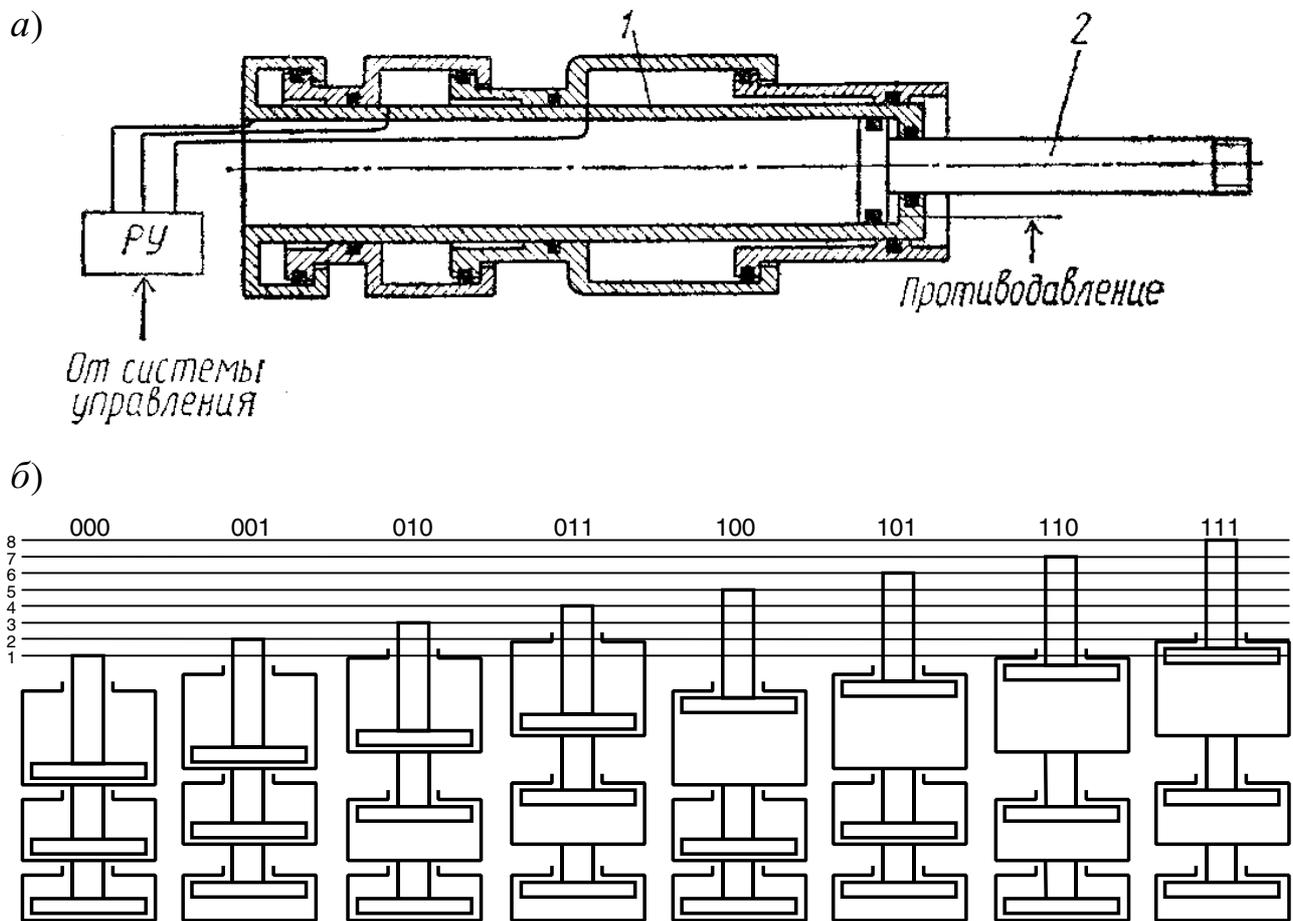


Рис. 14.5. Конструкция (а) и схема работы (б) трехразрядного цифрового позиционера

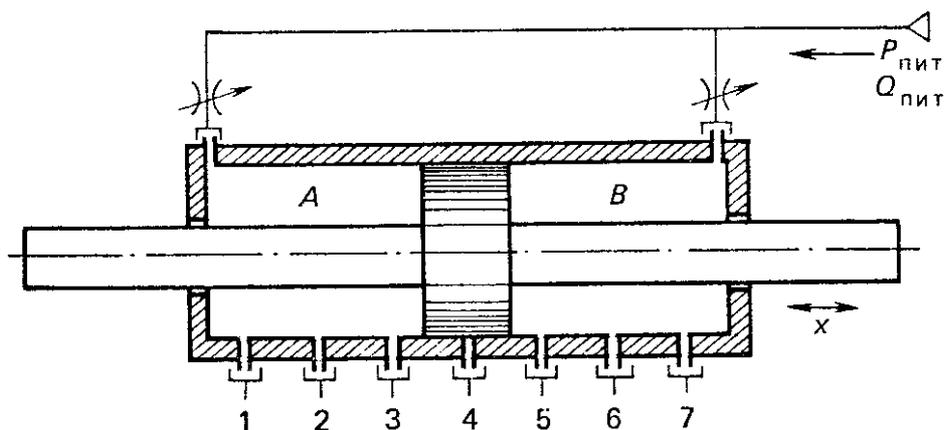


Рис. 14.6. Линейный позиционер

## ЛЕКЦИЯ 15. ГИДРОПРИВОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

### 15.1 Типовая схема и элементы гидропривода промышленного робота

**Гидравлические приводы** широко используются в промышленных роботах *большой и сверхбольшой грузоподъемности*, обеспечивая значительные усилия при сравнительно небольших габаритах и массе привода.

В промышленных роботах с гидроприводами используются *позиционные* и *контурные* системы управления.

Как правило, промышленные роботы с гидроприводами имеют *универсальное применение*, манипуляторы снабжаются *шестью степенями подвижности* вращательного и поступательного действия с точностью позиционирования до  $\pm 0,5$  мм и объемами рабочих зон более  $30 \text{ м}^3$ .

Пример гидросхемы промышленного робота представлен на рис. 15.1. (робот «Универсал-15»)

**Приводы** робота выполнены на базе *гидроусилителей крутящего момента 1* и *2*, которые приводятся в действие от управляющих электродвигателей *17* электрического следящего привода с тиристорным управлением и обеспечивают движения по шести степеням свободы.

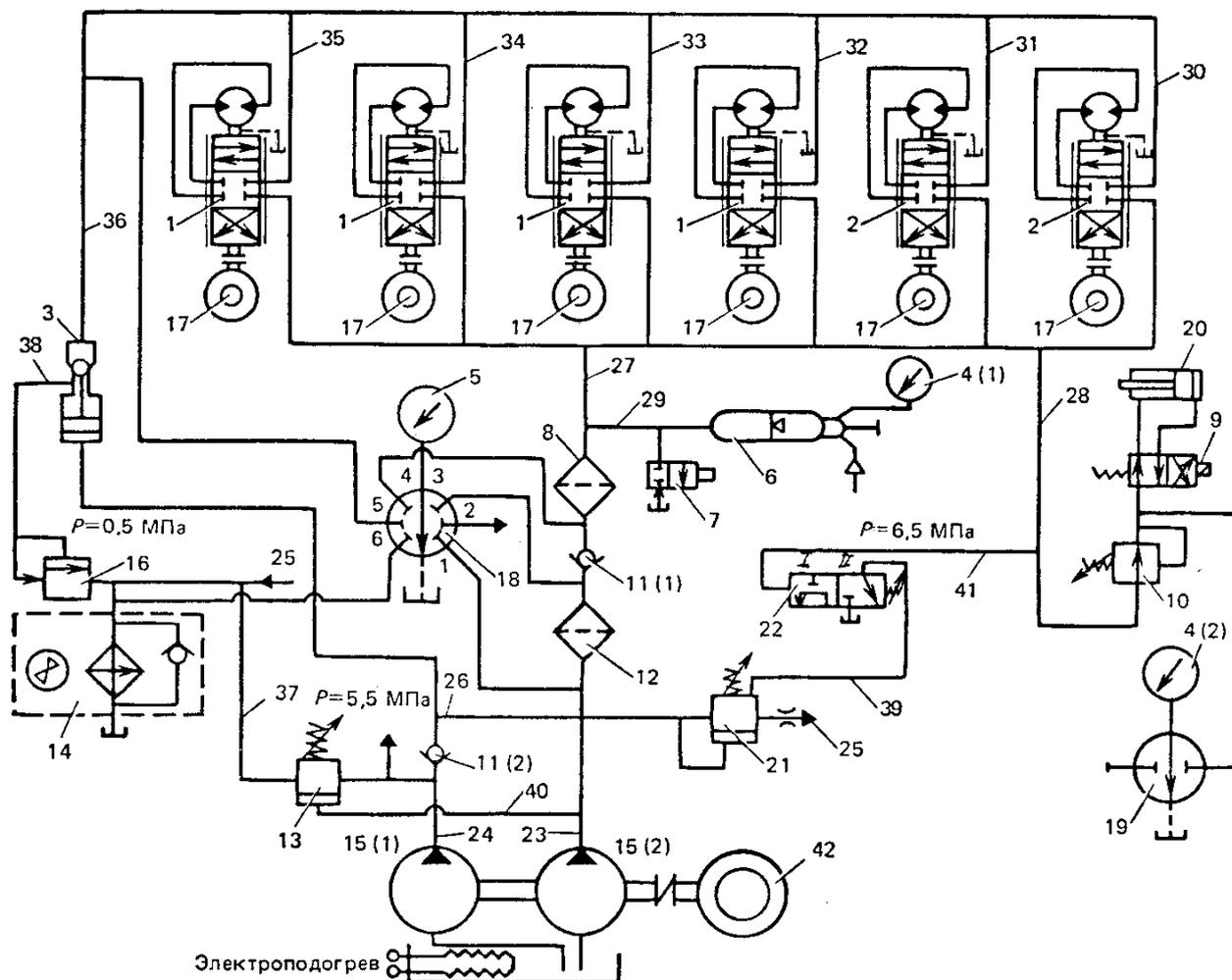


Рис. 15.1. Гидросхема промышленного робота «Универсал-15»

**Гидроусилители** установлены непосредственно в узлах соответствующих механизмов движения.

**Гидроусилитель** крутящего момента состоит из исполнительного гидромотора и распределительного устройства. Регулирование момента производится изменением давления на гидромоторе с помощью распределителя с поворотным дроссельным золотником, перепад давления на кромках которого изменяется при соответствующем повороте золотника под действием управляющего двигателя. Момент на выходном валу гидромотора во много раз превышает момент управления.

Гидросистема робота имеет **три режима работы**.

### 1. **Режим холостого хода** (режим разгрузки)

При включении приводящего электродвигателя 42 рабочая жидкость от сдвоенных насосов 15 через фильтр 12, обратные клапаны 11 и фильтр тонкой очистки 8 поступает по линии 27 к гидроусилителям крутящего момента 1 и 2. По линии 29 масло поступает к пневмогидравлическому аккумулятору 6, по линии 28 через редукционный клапан 10 и распределитель 9 — к гидроцилиндру захватного устройства 20, по линии 41 — к клапану автоматической разгрузки 22. При достижении в линии 29 давления 6,5 МПа золотник клапана 22 перемещается вправо, линия 39 связывает командную полость предохранительного клапана 21 с линией слива в бак.

Клапан 21 открывается, и рабочая жидкость от насосов по линиям 25 и 26 сливается через теплообменник 14 в бак. Давление в линиях 27 и 29 поддерживается с помощью аккумулятора равным 6,5 МПа. Обратные клапаны 11 закрыты.

### 2. **Рабочий режим при малом потреблении** рабочей жидкости

При включении гидроусилителей давление в линии 27 уменьшается, так как аккумулятор не может обеспечить необходимого расхода рабочей жидкости. Уменьшение давления в линии 41 приводит к переключению золотника клапана 22, слив рабочей жидкости по линии 39 прекращается и клапан 21 закрывается. Давление в линиях 23 и 24 возрастает. При достижении в линии 40 давления 5,5 МПа предохранительный клапан 13 открывается, и весь расход рабочей жидкости от насоса 15 (1) поступает по линии 37 через теплообменник 14 на слив в бак. Насос 15 (2) имеет рабочий режим, а насос 15 (1) работает в режиме холостого хода, при этом давление в линии 26 превышает давление в линии 24 и обратный клапан 11 (2) закрыт.

### 3. **Рабочий режим при большом потреблении** рабочей жидкости

При увеличении потребления гидроусилителями рабочей жидкости давление в линии 26 снижается, клапан 13 закрывается и насосы 15 одновременно обеспечивают работу гидроусилителей.

Схема позволяет *уменьшить потребление мощности* насосами в том случае, когда двигателям не требуются максимальные расходы и давления жидкости.

Управление работой *двигателя захватного устройства* — цилиндра 20 — выполняется распределителем 9. Регулирование усилия *захвата* детали осуществляется настройкой редукционного клапана 10 на соответствующее давление.

Давление в гидросистеме контролируется манометрами 4 и 5, которые снабжены кранами переключений линий замера давления 18 и 19.

Предохранительный клапан 7 служит для сброса давления в магистрали 29 при достижении значения выше номинального.

Гидросистема снабжена также системой автоматического поддержания постоянной температуры рабочей жидкости.

### 15.2 Следящий гидропривод

Изменение скорости движения *гидродвигателя* осуществляется за счет *дресселирования* потоков рабочей жидкости на входе или выходе.

*Дресселирование* потоков рабочей жидкости осуществляется изменением проходных сечений *дресселирующего золотникового распределителя*. Скорость перемещения гидродвигателя тем выше, чем больше проходное сечение золотникового распределителя, т. е. больше смещение золотника относительно золотниковой втулки.

Применяются две основных схемы следящего гидропривода

1. *Гидроусилитель с управляющим электрическим следящим приводом* малой мощности. При этом последний отрабатывает сигнал системы управления об изменении положения, а гидроусилитель с *механической обратной связью* повышает момент или силу до необходимой величины, см. выше.

2. *Следящий гидропривод с электрическим управлением* — сигнал системы управления отрабатывается непосредственно гидроприводом с помощью *электрически управляемого дресселирующего золотникового распределителя*, рис. 15.2.

Золотник 1 имеет четыре дресселирующие кромки, две из них дресселируют напорные линии 2, а две — сливные 3. В состоянии покоя золотник находится в среднем положении — доступ жидкости в полости цилиндра 4 закрыт.

В схеме реализуется *электрическая обратная связь* через датчик перемещения 5. Система управления определяет величину рассогласования и подает соответствующий сигнал на катушку 6 управления золотника. Золотник смещается, открывая доступ рабочей жидкости из линии 2 в одну из полостей цилиндра и слив из другой полости в линию 3.

Поршень перемещается до тех пор, пока не займет заданное положение, при котором величина рассогласования будет равна нулю и золотник снова займет нейтральное положение.

В современных следящих гидроприводах большой мощности для перемещения золотника используются *гидроусилители с обратной связью*. Наибольшее распространение получила схема гидроусилителя типа *сопло — заслонка* с пружинной обратной связью, рис. 15.3.

При подаче управляющего сигнала на соленоид, его сердечник и связанная с ним заслонка смещаются. При этом заслонка перекрывает одно из сопел, через которые происходит истечение рабочей жидкости. Давление в соответствующем канале повышается и золотник смещается под действием неравенства сил на его торцах.

Перемещение золотника происходит до тех пор, пока усилие деформации пластинчатой пружины, которой он соединен с заслонкой, не превзойдет усилие, действующее на сердечник со стороны магнитного поля. При этом заслонка снова займет среднее положение.

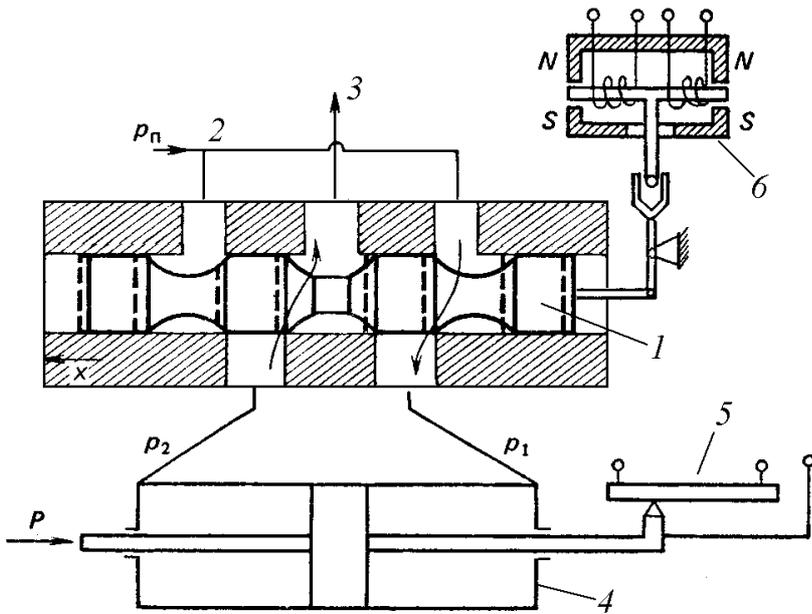


Рис. 15.2. Следящий гидропривод с золотниковым распределителем

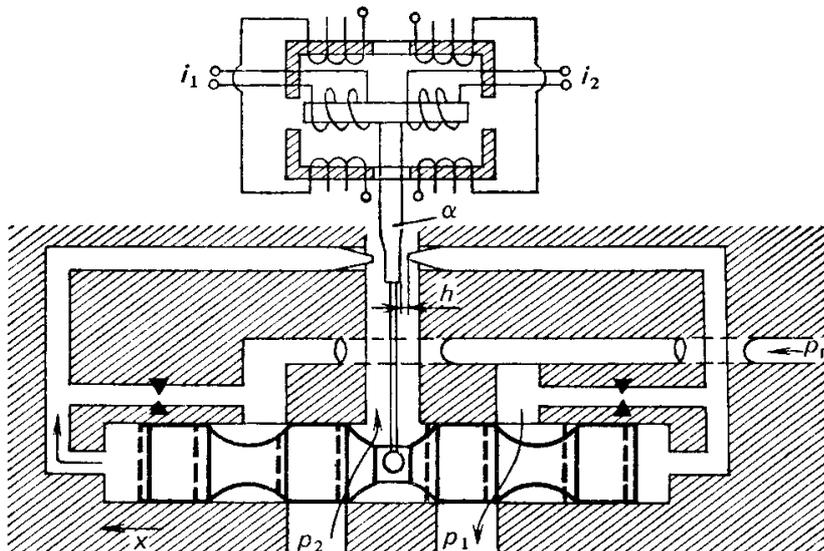


Рис. 15.3. Четырехкромочный дросселирующий золотник с гидроусилителем

## ЛЕКЦИЯ 16. ЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

### 16.1 Классификация захватных устройств

*Захватные устройства* промышленных роботов служат для *захватывания* и *удержания* в определенном положении объектов манипулирования (деталей, оснастки и пр.)

Захватные устройства классифицируются по следующим признакам:

#### 1. По способу удержания:

*Механические* — объект удерживается за счет охватывания его жесткими захватами или эластичными пневматическими камерами.

*Вакуумные* — объект удерживается за счет создания разрежения.

*Магнитные* — объект удерживается за счет магнитных сил.

*Струйные* — объект удерживается за счет гидродинамического воздействия на него воздушных струй.

*Электростатические* — объект удерживается за счет электростатических сил.

#### 2. По степени специализации:

*Универсальные* — способны захватывать и удерживать объекты с широким диапазоном геометрических и физических параметров.

*Многоцелевые* — приспособленные к захватыванию и удержанию объектов с ограниченной номенклатурой форм и размеров.

*Специализированные* — приспособлены к захватыванию и удержанию группы объектов, имеющих однородные конструктивные параметры.

*Специальные* — обеспечивают захватывание и удержание одного вида объектов манипулирования.

#### 3. По способу управления и контроля:

*Неуправляемые* — действуют автоматически, без управления и контроля со стороны системы управления.

*Командные* — снабжены приводом, срабатывающим по команде системы управления «открыть» — «закрыть».

*Программируемые* — позволяют системе управления управлять шириной открытия губок.

*Адаптивные* — оснащаются сенсорными датчиками, дающими системе управления информацию о наличии, форме, размерах, весе объекта.

4. По *типу привода*:

**Неприводные** — неуправляемые, объект удерживается силой пружин вследствие эффекта самозатягивания или запирающего действия губок.

**С пневмо – или гидроприводом** — в захватное устройство встроены пневмо- или гидроцилиндр, либо пневмокамера.

**С электроприводом** — электродвигатель с редуктором либо электромагнит (при малых зажимных усилиях).

5. По *способу крепления*: несменяемые, сменные, быстросменные, автоматически сменяемые.

### 16.2 Механические захватные устройства с пневмоприводом

Механические захватные устройства с пневмоприводом состоят:

1. **Пневмодвигатель** — пневматический цилиндр одностороннего или двустороннего действия или пневмокамера.

2. **Передающий механизм** — осуществляет передачу и преобразование усилия от пневмодвигателя к зажимным губкам.

По *способу преобразования усилия* передающие механизмы бывают: рычажный, кулисно-рычажный, реечно-рычажный, клино-рычажный, рис. 16.1.

По *характеру перемещения губок* передающие механизмы бывают с **поворотным**, рис. 16.2 а, и с **плоскопараллельным**, рис. 16.2 б, перемещением.

3. **Губки** — непосредственно осуществляют захват и удержание заготовки. Могут быть базирующими (центрирующими). Обычно выполняются сменными для захвата деталей различной формы.

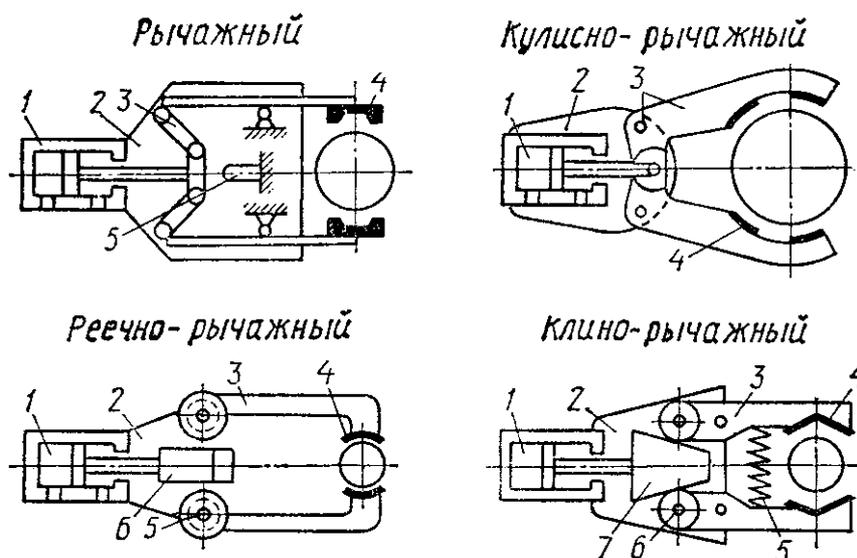


Рис. 16.1. Типы передающих механизмов захватных устройств

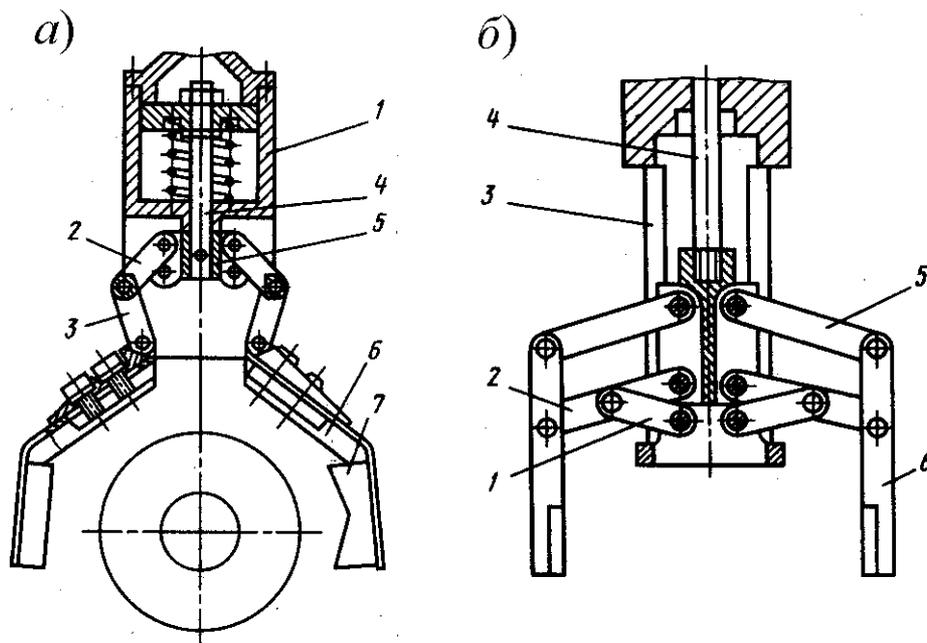


Рис. 16.2. Захватные устройства с рычажным передаточным механизмом, поворотным (а) и плоскопараллельным (б) перемещением губок

### 16.3 Пневматические захватные устройства

1. Захватные устройства с *эластичными пневмокамерами* используют для манипуляции хрупкими изделиями небольшой массы, имеющими неправильную форму и значительные отклонения размеров, рис. 16.3 а. Работа захватного устройства основана на деформации эластичной камеры под действием давления сжатого воздуха.

Пневмокамеры бывают:

- *наружные* — охватывают изделие снаружи, рис. 16.3 а, б;
- *внутренние* — удерживают изделие за отверстие, рис. 16.3 в;
- *изгибающиеся* — имеют форму пальцев, при подаче сжатого воздуха изгибаются и охватывают деталь, рис. 16.3 г.

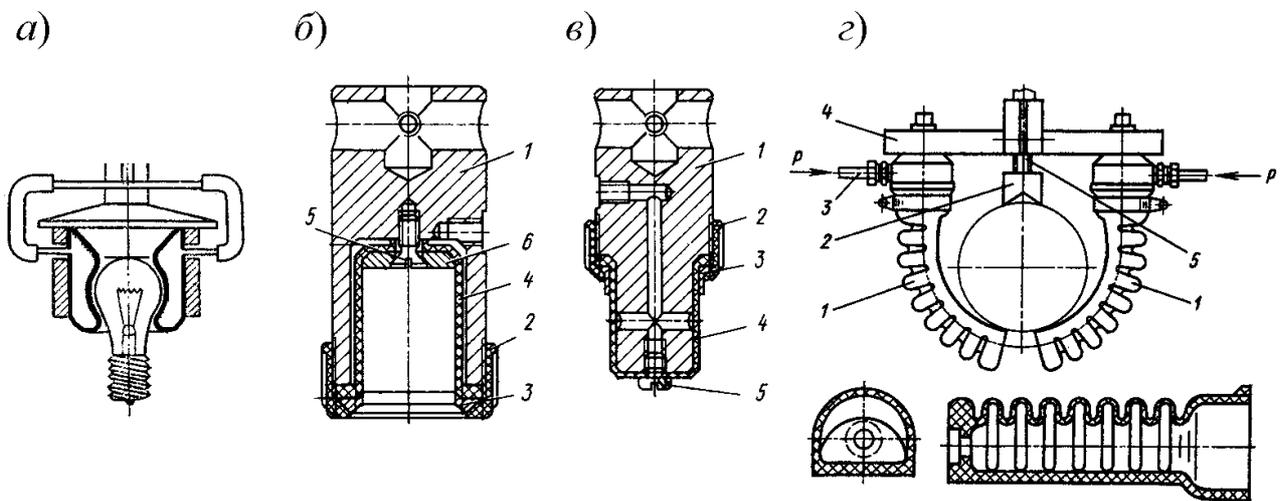


Рис. 16.3. Захватные устройства с эластичными пневмокамерами

2. **Вакуумные** захватные устройства — удерживают деталь за счет создания разрежения (вакуума). Предназначены для манипуляции гладкими изделиями (стекла, пластиковые панели и т.д.)

Состоят из **присосок**, рис. 16.4 а, и **устройств создания вакуума**. Наиболее распространенный способ создания вакуума — с помощью **эжектирования** струей сжатого воздуха, рис. 16.4 б.

3. **Струйные** захватные устройства — удерживают деталь воздействием на нее струи воздуха. Применяются для транспортирования мелких плоских деталей (напр. шайб), рис. 16.4 в, г.

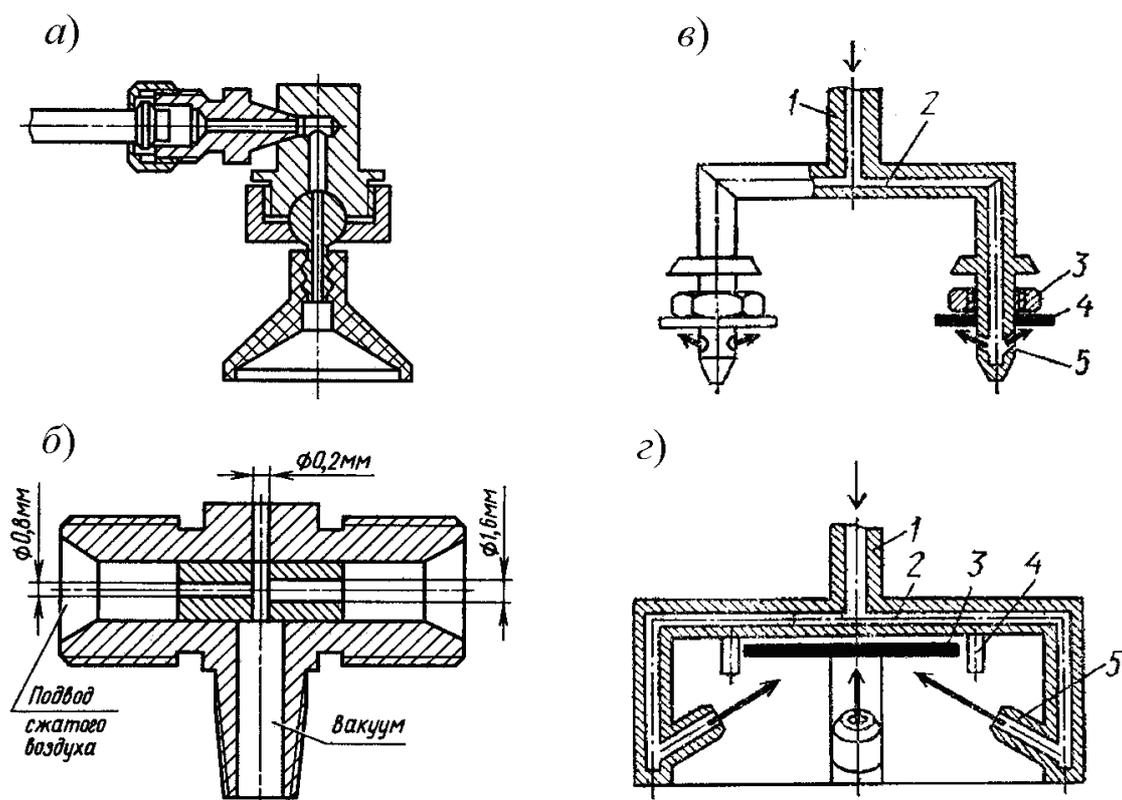


Рис. 16.4. Вакуумное захватное устройство (а) с эжектором (б) и струйные захватные устройства со стержневым (в) и шахтным (г) накопителями

## Список литературы

1. Брон Л. С. и др. Гидропривод агрегатных станков и автоматических линий. — М.: Машиностроение, 1974. — 326 с.
2. Роботизированные производственные комплексы / Ю. Г. Козырев и др.; под ред. Ю. Г. Козырева и А. А. Кудинова. — М.: Машиностроение, 1987. — 272 с.
3. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9-и кн. Кн. 1. И. М. Макаров. Системные принципы создания гибких автоматизированных производств. — М.: Высш. шк., 1986. — 175 с.
4. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9-и кн. Кн. 2. Приводы робототехнических систем / Ж. П. Ахромеев и др.; под ред. И. М. Макарова. — М.: Высш. шк., 1986. — 175 с.
5. Кузнецов В. Г. Приводы станков с программным управлением. — М.: Машиностроение, 1983. — 248 с.
6. Горобец И. А. Промышленная робототехника. Механические системы манипуляторов. — Донецк: ДонНТУ, 2001. — 130 с.
7. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы. Справочник. — М.: Машиностроение, 1983. — 376 с.
8. Костюк В.И. Промышленные роботы. — К.: Вища школа: 1985.-359 с
9. Федорец В.А. и др. Гидроприводы и гидропневмоавтоматика станков. — К.:Вища школа, 1987. — 375 с.
10. Бобров В. П. и др. Транспортные и загрузочные устройства автоматических линий. — М.: Машиностроение, 1980. — 119 с.
11. Евстигнеев М. М. Автоматизация технологических процессов. — М.: Машиностроение, 1982. — 208 с.

Гидравлический и пневматический привод  
автоматических линий и робототехнических комплексов.  
Курс лекций (для студентов специальности 7.090209)

Составитель:

Олег Васильевич Федоров, к.т.н.