

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

---

---

Кафедра "Инженерная графика машиностроительного профиля"  
Кафедра "Гидропневмоавтоматика и гидропневмопривод"

## **ЭЛЕМЕНТЫ САПР ГИДРОПНЕВМОСИСТЕМ**

Учебно – методическое пособие по выполнению  
принципиальных пневматических и гидравлических схем  
для студентов машиностроительных специальностей

Минск 2001

УДК 629.113 – 592; 629.113 – 515

В пособии изложены краткие сведения о принципах действия гидравлических и пневматических устройств, правила выполнения принципиальных схем, даны примеры и варианты индивидуальных заданий. Приведен необходимый справочный материал.

Пособие может быть использовано студентами всех форм обучения по курсу инженерной графики, а также при курсовом и дипломном проектировании.

Учебное издание

## **ЭЛЕМЕНТЫ САПР ГИДРОПНЕВМОСИСТЕМ**

Учебно – методическое пособие по выполнению  
принципиальных пневматических и гидравлических схем  
для студентов машиностроительных специальностей

Составители: Бартош Пётр Романович,  
Лешкевич Александр Юрьевич,  
Гиль Светлана Валентиновна.

Рецензент М.С. Лебедев

## ВВЕДЕНИЕ

Внедрение в учебный процесс современных компьютерных технологий образования неизбежно сопряжено с глубоким изучением теоретических основ геометрического конструирования и графического моделирования как основы машинной (компьютерной) графики и САПР.

Компьютеризация в сфере инженерной графики существенна, так как на несколько порядков ускоряет и упрощает не только процесс выполнения чертежей, но и процесс обучения графике уже на ранней стадии формирования творческого инженерного потенциала будущего специалиста. Активное использование компьютера приобщает студента к формированию банка графических данных и его совершенствованию, к программированию в графической среде и, как следствие, к освоению современных систем автоматизированного проектирования.

Эффективное применение компьютера и машинной графики позволяет решать проектные, информативные, оформительские, дидактические, а в последнее время и учебные задачи значительно быстрее и качественнее, чем при традиционном производстве работ.

Постоянное совершенствование технических и программных средств машинной графики требует от будущего специалиста – инженера постоянной готовности к появлению и развитию новых графических систем. Это также связано с повышением уровня его графической подготовки и способностью самостоятельно ориентироваться и совершенствовать свой компьютерный багаж знаний, умений и навыков.

Данное методическое пособие позволит ознакомить студента с правилами выполнения принципиальных схем, с требованиями, предъявляемыми соответствующими стандартами к условным графическим обозначениям, с методикой анализа и синтеза реальных пневматических и гидравлических систем, а также с элементарными сведениями об устройстве и принципе действия соответствующих аппаратов.

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Завершающим этапом изучения курса "Инженерная графика" является выполнение чертежа по специальности. В качестве последнего студент может выполнять принципиальные кинематические, электрические, электронные, гидроразводные и другие схемы.

Схема – это конструкторский или технологический документ, на котором составные части изделия или системы изделий и связи между ними показываются условными обозначениями и изображениями. Виды и типы схем, общие требования к их выполнению регламентируются соответствующими стандартами [1].

Схемы облегчают изучение устройства и принципа действия изделия или системы. В зависимости от основного назначения схемы делят на структурные, функциональные, принципиальные и т.д.

Принципиальная схема определяет полный состав элементов и связей между ними в изделии или системе, даёт детальное представление о принципах работы изделия.

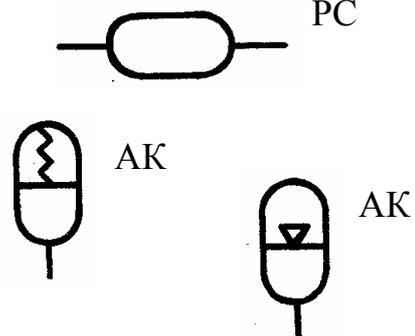
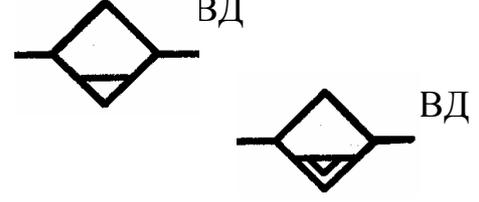
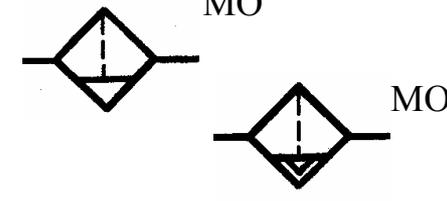
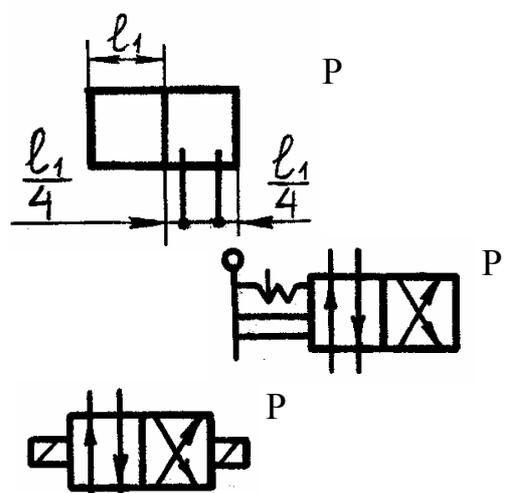
Схемы выполняются без соблюдения масштаба. Линии связи проводят толщиной 0,5...1 мм, стараясь избегать большого числа их пересечений и изломов. Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 5 мм.

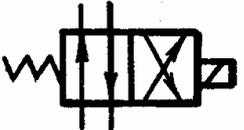
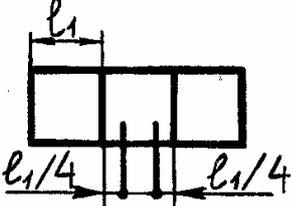
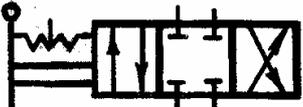
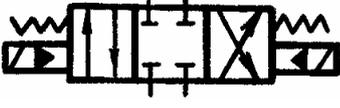
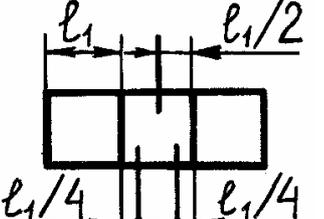
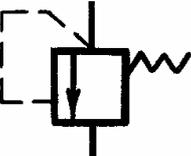
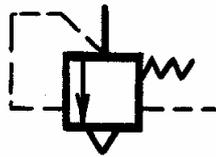
Правила выполнения гидравлических и пневматических схем устанавливаются по ГОСТ 2.704 – 76.

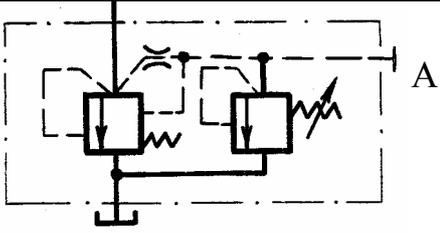
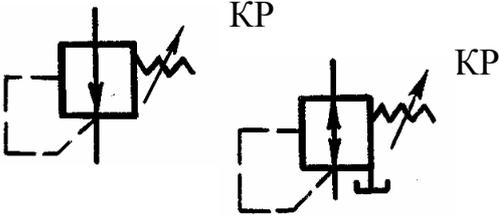
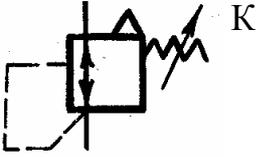
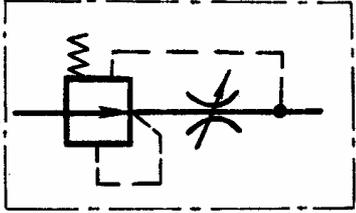
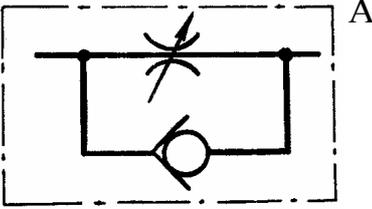
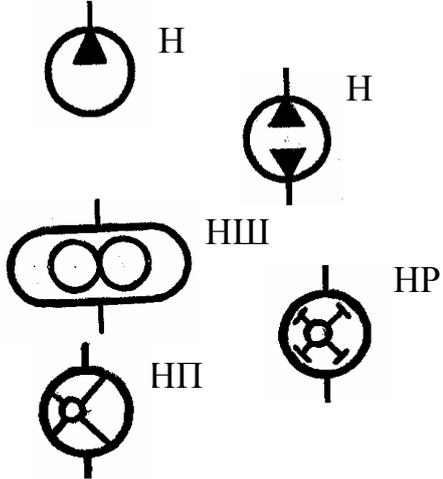
На принципиальных схемах все гидравлические и пневматические элементы и устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных гидравлических (пневматических) процессов, и все гидравлические и пневматические связи между ними изображают в виде условных графических обозначений, приведенных в таблице 1 в соответствии с ГОСТ 2.780 - 96...2.782 – 96; ГОСТ 2.704 – 96.

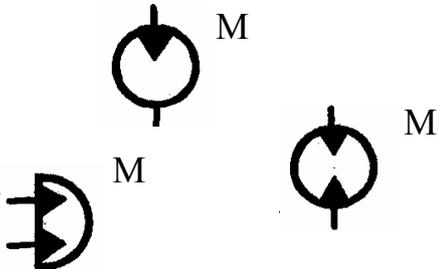
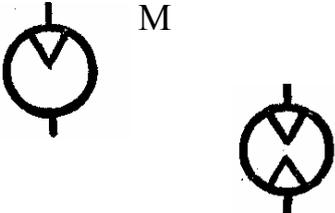
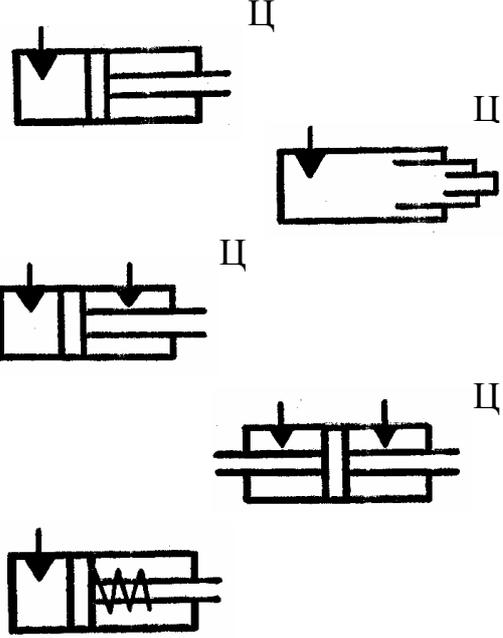
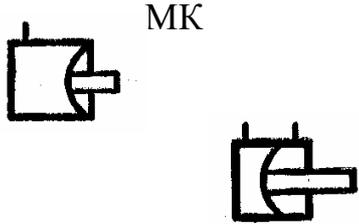
Таблица 1

Элементы пневматических и гидравлических систем и их условные обозначения в схемах (по ГОСТ 2.780 – 96 ... ГОСТ 2.782 – 96; ГОСТ 2.784 – 96)		
1	2	3
№	Наименование	Обозначение
1.	Гидробак открытый под атмосферным давлением	 Б

1	2	3
2. 2.1 2.2 2.3	Аккумулятор: пневматический (ресивер); гидравлический пружинный; пневмогидравлический.	 <p>PC AK AK</p>
3.	Фильтр	 <p>Ф</p>
4. 4.1 4.2	Влагоотделитель: с ручным отводом конденсата; с автоматическим отводом конденсата.	 <p>ВД ВД</p>
5. 5.1 5.2	Фильтр-влагоотделитель: с ручным отводом конденсата; с автоматическим отводом конденсата.	 <p>МО МО</p>
6.	Заборник воздуха из атмосферы	 <p>ВЗ</p>
7.	Охладитель	 <p>АТ</p>
8. 8.1 8.2	Распределитель 4/2 с управлением: от рукоятки с фиксатором; от двух электромагнитов;	 <p>P P P</p>

1	2	3
8.3	от электромагнита с пружинным возвратом.	
9.	9.1 от рукоятки с фиксатором; 9.2 от двух электромагнитов; 9.3 электрогидравлическим.	   
10.	10.1 с управлением от электромагнита; 10.2 с непрерывным управлением и механическим приводом.	  
11.	Распределитель 3/2 с управлением от электромагнита с пружинным возвратом	
12.	Клапан обратный	
13.	13.1 Клапан напорный (предохранительный или переливной): прямого действия; 13.2 прямого действия с дистанционным управлением пневматический.	 

1	2	3
14.	Клапан предохранительный непрямого действия	
15. 15.1 15.2	Клапан регулируемый: одноступенчатый, нагруженный пружиной; со сбросом давления гидравлический.	
16.	Регулятор давления пневматический	
17.	Дроссель регулируемый	
18.	Регулятор расхода (дроссель с регулятором)	
19.	Дроссель с обратным клапаном	
20. 20.1 20.2 20.3 20.4 20.5	Насос постоянной производительности: с постоянным направлением потока с реверсивным потоком; шестерённый; радиально-поршневой; пластинчатый.	

1	2	3
21.	Компрессор	 КМ
22. 22.1 22.2 23.3	Гидромотор нерегулируемый: с нереверсивным потоком; с реверсивным потоком; поворотный гидродвигатель.	 М
23. 23.1 23.2	Пневмомотор нерегулируемый: с нереверсивным потоком; с реверсивным потоком.	 М
24. 24.1 24.2 24.3 24.4 24.5	Цилиндр гидравлический: одностороннего действия; телескопический; двухстороннего действия с односторонним штоком; двухстороннего действия с двухсторонним штоком; одностороннего действия с возвратом штока пружиной.	 Ц
25. 25.1 25.2	Цилиндр мембранный: одностороннего действия; двухстороннего действия.	 МК

На схемах допускается помещать различные технические данные, характеризующие схему в целом и отдельные её элементы. Эти сведения, а также перечень элементов принципиальной схемы помещают около графических обозначений или над основной надписью в таблице 2 [1]. Перечень элементов допускается выполнять в виде специального документа.

Таблица 2

Зона	Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примеч.

Таблица данных (табл. 2) заполняется сверху вниз, элементы в перечень записываются группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. Для облегчения внесения изменений допускается оставлять несколько незаполненных строк между группами элементов или между элементами.

В графах перечня указывают следующие данные:

- в графе "Зона" указывают обозначение зоны в соответствии с ГОСТ 2.104 – 68. На учебных чертежах эта графа не заполняется;
- в графе "Поз. обозначение" - позиционное обозначение элемента, устройства или обозначение позиционной группы (указаны в табл. 1 в правом верхнем углу графических обозначений соответствующих элементов);
- в графе "Наименование" - наименование элемента или устройства по ГОСТу; ТУ или каталогу и т.д.;
- в графе "Примечание" - технические данные элемента, не содержащиеся в его наименовании (при необходимости);
- в графе "Кол." - количество соответствующих элементов.

Порядковые номера элементам (устройствам) следует присваивать, начиная с единицы, в соответствии с последовательностью расположения элементов или устройств на схеме сверху вниз и в направлении слева направо.

При необходимости допускается изменять последовательность присвоения порядковых номеров в зависимости от размещения элементов в изделии или от направления потока рабочей среды. При внесении изменений в схему последовательность присвоения порядковых номеров может быть нарушена.

При выполнении в принципиальной схеме графических обозначений распределительной аппаратуры следует руководствоваться следующими правилами ГОСТ 2.781–96:

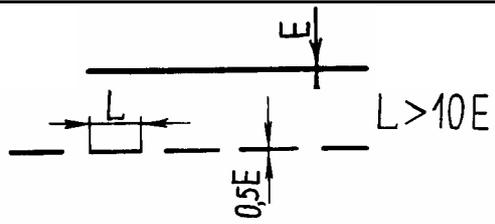
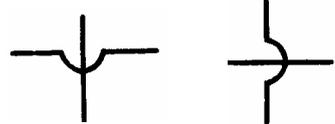
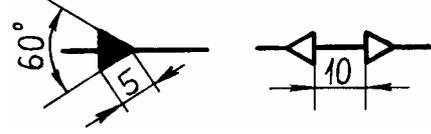
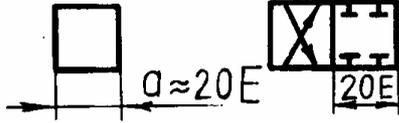
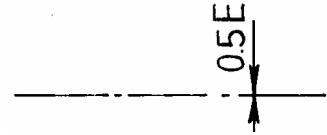
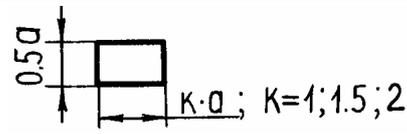
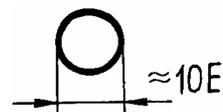
- в распределителях дискретного действия рабочую позицию подвижного элемента изображают квадратом, который вычерчивается сплошными основными линиями;
- число позиций изображают соответствующим числом квадратов (см. табл. 1, элементы 8...11);
- распределители непрерывного действия (следающие) изображают аналогично распределителям дискретного действия с добавлением двух параллельных линий, обозначающих бесконечное множество промежуточных рабочих положений (табл. 1, элемент 10.2);
- распределители в принципиальных схемах изображают в исходной позиции, к которой подводят линии связи; для того, чтобы представить действие распределителя в другой рабочей позиции, необходимо мысленно передвинуть соответствующий квадрат на место исходной позиции, оставляя линии связи в прежнем положении;
- проходы (каналы) изображают линиями со стрелками, показывающими направления потоков рабочей среды в каждой позиции; проходы изображают так, чтобы расстояние от проходов до сторон квадратов во всех позициях было одинаковым;
- в сокращённых записях распределители обозначают дробью, в числителе которой указывают число линий (ходов), а в знаменателе – число характерных позиций, например, распределитель четырёхлинейный (четырёхходовой) трёхпозиционный обозначают: "Распределитель 4/3" (см. табл. 1, элемент 9).

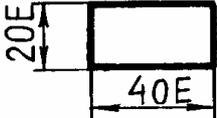
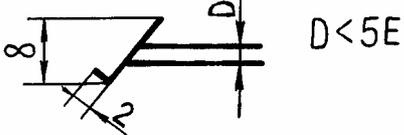
В таблице 3 приведены условные графические обозначения линий связи, некоторых элементов привода и размеры обозначений по ГОСТ 2.721 – 74. Буквой **Е** обозначена толщина указанных линий, которая в зависимости от величины формата чертежа изменяется от 0,5 до 1,5 мм.

Каждый элемент или устройство, изображённые на схеме, должны иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение, состоящее из буквенного обозначения и порядкового номера, проставленного после буквенного обозначения (например: клапан – К1, дроссель – ДР и т.д.). Эти обозначения (приведены в приложении к ГОСТ 2.704 – 76) проставляются одним размером шрифта рядом

с условными графическими изображениями элементов (устройств) с правой стороны или над ними.

Таблица 3

Условные графические обозначения линий связи и элементов привода и их размеры (по ГОСТ 2.721 – 74, ГОСТ 2.781 – 96, ГОСТ 2.784 – 96)		
№ п/п	Наименование	Обозначения и размеры
1	2	3
1. 1.1 1.2	Трубопроводы, линии связи: всасывания, напора, слива; управления.	
2.	Соединение линий связи	
3.	Перекрещивание линий связи	
4.	Поток жидкости или воздуха	
5.	Клапан давления или позиция распределителя	
6.	Линия выделения элементов, образующих одно устройство	
7.	Управление распределителем	
8.	Источник питания	
9.	Запирающий орган обратного клапана	

1	2	3
10.	Гидро – и пневмоцилиндр	
11.	Регулирование линейное	
12	Пружина	
13.	Привод ножной	

## 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Гидравлические и пневматические приводы и системы получили широкое распространение почти во всех областях техники. Они находят применение в авиа- и автомобилестроении, в машиностроении, робототехнике, приборостроении и т.д.

Пневматические системы проще в устройстве, изготовлении и техническом обслуживании, чем гидравлические системы, хотя низкое рабочее давление и, как следствие, большие габариты и масса можно отнести к недостаткам. Пневмоприводы применяются в автомобилестроении в качестве тормозных систем, систем управления приводом сцепления, коробкой передач, пневматической подвеской, открыванием дверей автобусов и т.д. На железнодорожном транспорте сжатый воздух используется также в тормозных системах и в системах управления агрегатами и устройствами. В робототехнике задействованы весьма разнообразные конструкции пневматических манипуляторов.

Гидравлические приводы в силу своей компактности и реализации больших усилий при малых габаритах завоевали ещё более обширную область применения. Это прежде всего авиация со своими системами управления рулём высоты, закрылками, выпуском шасси и т.д. Это и системы управления агрегатами автомобилей, сельскохозяйственных, дорожно-строительных машин, робототехнических средств и др.

Принцип их действия основан на использовании потенциальной энергии давления рабочего тела. В гидросистемах рабочим телом является жидкость, как правило масло, находящееся под давлением 10÷20 МПа и выше, а в пневмоприводах – воздух сжатый до 0,7÷2,5 МПа. Здесь следует отметить, что в не-

которых специальных системах используется давление воздуха до 20 МПа. В качестве примера можно привести систему воздухопуска танкового двигателя, системы пуска торпед и ракет с подводных лодок, аварийного выпуска шасси самолётов и т.д. По своим функциональным особенностям любая гидравлическая, пневматическая или комбинированная (пневмогидравлическая) система делится на питающую, управляющую (распределительную) и исполнительную части.

Питающая часть предназначена для создания и поддержания рабочего давления в заданных пределах. Она состоит из компрессора и ресиверов (пневмосистемы) или насоса и бака (гидросистемы) с использованием регулятора давления, устройств очистки рабочего тела (жидкости или воздуха), предохранительных или защитных клапанов.

Управляющая (регулирующая или распределительная) часть содержит аппараты, либо направляющие поток рабочей жидкости или воздуха к исполнительным органам, либо соединяющие силовые полости исполнительных устройств с атмосферным давлением.

В качестве исполнительных элементов широко применяются различные типы гидро– и пневмоцилиндров или пневматических камер, которые преобразуют энергию сжатого воздуха или жидкости в механическую энергию поступательного движения поршня (штока), приводящего в действие рабочие органы механизма или машины. В ряде случаев в качестве исполнительных органов применяются гидро- или пневмодвигатели, преобразующие энергию рабочего тела во вращательное или поворотное движение ротора.

Ниже описаны принципы действия основных аппаратов пневматических и гидравлических приводов.

## 2.1. Пневматические системы.

Питающая часть пневмопривода служит для забора, сжатия и хранения сжатого воздуха. Сжатие воздуха до необходимого рабочего давления и подача его в ресиверы осуществляется компрессором, схематичное изображение которого представлено в п. 21 таблицы 1. Чаще применяются компрессоры поршневого типа рис. 2.1. В компрессорах транспортных средств, как правило, используется один или два поршня. Коленчатый вал приводится во вращение от двигателя. Поршень 2 компрессора 3 совершает возвратно–поступательное движение с помощью коленвала 1 и шатуна 4. При движении поршня 3 вниз рабочая полость цилиндра компрессора 3 заполняется через всасывающий (впускной) клапан 5 воздухом, а при обратном движении поршня последний сжимается и при достижении определённого давления выталкивается в ресивер через нагнета-

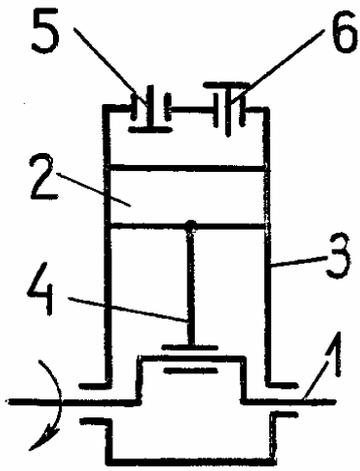


Рис. 2.1

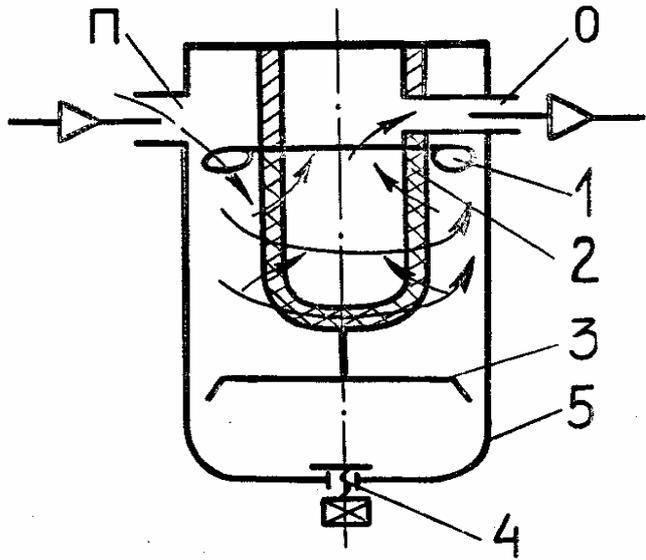


Рис. 2.2

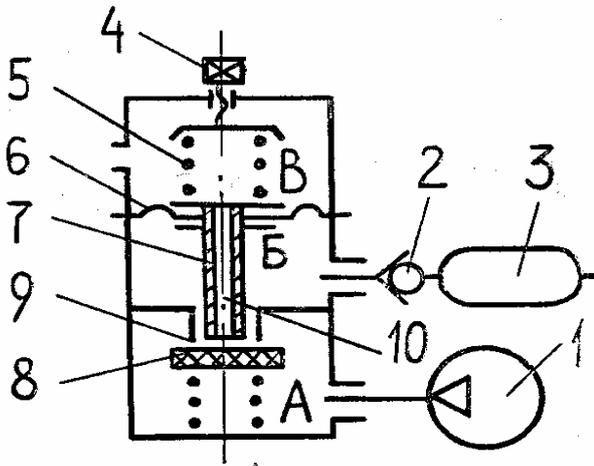


Рис. 2.3

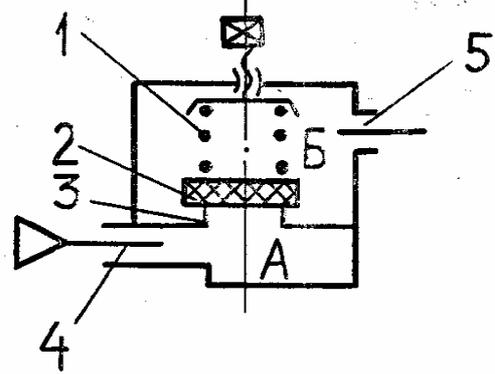


Рис. 2.4

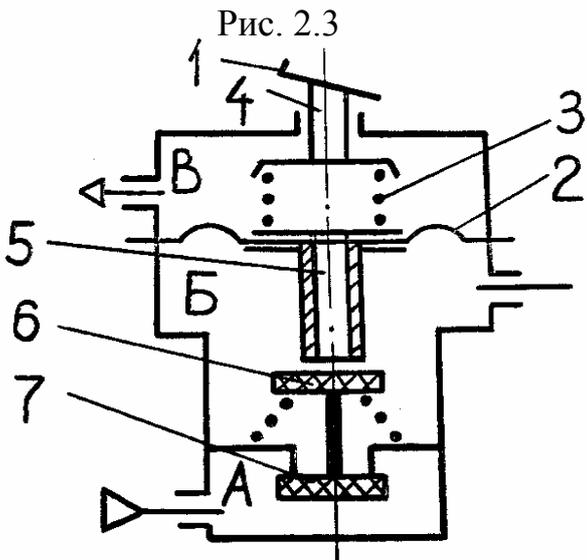


Рис. 2.5

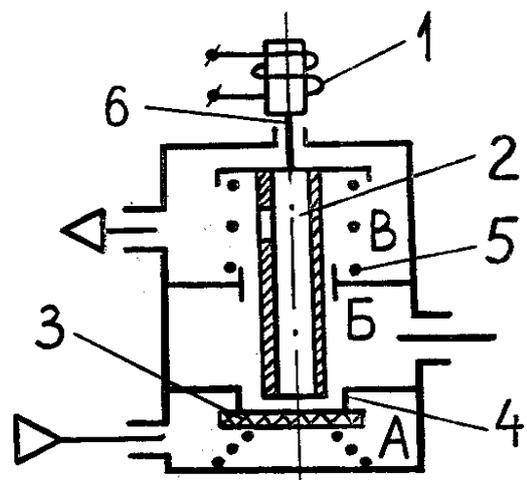


Рис. 2.6

тельный (впускной) клапан 6.

В качестве аккумуляторов энергии сжатого воздуха применяются ресиверы (п.2.1, табл.1), представляющие собой специальные баллоны, рассчитанные на давление 0,75 МПа или 2 МПа.

Воздух, подаваемый компрессором в систему, должен тщательно очищаться от твёрдых частиц, масла и воды. Первую функцию выполняют фильтры (п.3 табл. 1), вторую – влаго- или влагомаслоотделители (п.4, табл. 1). Чаще всего применяются комплексные устройства – фильтры–влагоотделители (п.5, табл. 1), осуществляющие полную очистку воздуха. Схема такого фильтра представлена на рис. 2.2. Сжатый воздух приводится к отверстию П, проходит через лопатки крыльчатки 1, которые сообщают этому потоку вращательное движение. Под действием центробежных сил частицы воды и масла отбрасываются на стенки 5, затем стекают вниз на дно стакана, отделённое заслонкой 3. От механических примесей воздух очищается, проходя через металлокерамический фильтр 2, и затем поступает на выход к отверстию О. Конденсат удаляется через запорный клапан 4 или через клапан, открывающийся автоматически при достижении определённого уровня конденсата.

Необходимое давление сжатого воздуха устанавливается обычно с помощью автоматического регулятора давления (п.16, табл. 1) [2]. При достижении давления воздуха верхнего предела он переводит компрессор на холостой ход, а при снижении его до нижнего предела включает компрессор в работу.

На рис. 2.3 представлена одна из схем регулятора давления, полость А которого соединена с компрессором 1, а полость Б и В – соответственно через трубопроводы, обратный клапан 2 с ресивером 3 и атмосферой. Величина необходимого давления устанавливается с помощью винта 4 путём сжатия пружины 5. Если давление в полости Б (и в ресивере 3) меньше заданного, то диафрагма 6, шток (толкатель) 7 и клапан 8 смещены вниз и из компрессора 1 через полости А и Б сжатый воздух подаётся в ресивер 3. При достижении давления в полости Б заданного значения сила давления воздуха снизу на диафрагму 6 превысит усилие сжатия пружины, поэтому диафрагма 6, шток 7 и клапан 8 переместятся вверх. Последний сядет на седло 9 и подача воздуха в ресивер прекратится (атмосферный канал 10 в штоке 7 и клапан 8 закрыты). Если сила давления воздуха на диафрагму 6 будет выше усилия сжатия пружины 5, то шток поднимется и полость Б будет сообщена через канал 10 с атмосферой. При уменьшении давления в полости Б клапан 8 опять переместится вниз и в ресивер поступит сжатый воздух.

Предохранительный клапан (п.13, табл. 1) выполняет защитные функции, предохраняет напорную линию и агрегаты от перегрузок и разрушения, т.е. при превышении давления выше допустимой величины соединяет напорную линию

с атмосферой. Принцип действия предохранительного клапана прямого действия можно пояснить с помощью рис. 2.4. Если вход 4 соединить с напорной линией, выход 5 – с атмосферой, а также сжать пружину 5 определённым усилием, то клапан 2 прижмётся к седлу 3 (будет закрыт). Если давление в линии (и под клапаном 2) повысится выше допустимого, то сила давления перемещает клапан 2 вверх, полости А и Б сообщаются между собой и сжатый воздух частично из полостей клапана выходит в атмосферу.

Обратный клапан (п.12, табл. 1) предназначен для пропускания потока воздуха только в одном направлении. Принцип действия его можно пояснить также с помощью рис. 2.4. В данном случае усилие сжатия пружины 5 в клапане не регулируется. Эта пружина имеет малую упругость. Клапан устанавливается в какую-то пневматическую линию. Если поток воздуха направлен от входа 4 к выходу 5, то клапан 2 открывается и пропускает этот воздух. Если же поток направлен в обратную сторону, то клапан 2 садится на седло 3 и не пропускает воздух из полости Б в полость А.

Запорные элементы в обратных и предохранительных клапанах могут быть выполнены в виде шарика, тарелки, конуса и т.д.

Управляющая пневмоаппаратура состоит из весьма широкого спектра кранов распределителей, действующих дискретно по принципу "ДА" - "НЕТ" (подаёт сжатый воздух или нет) или осуществляющих следящее действие (выходной сигнал на выходе аппарата изменяется пропорционально заданному входному сигналу).

Пневматические распределители чаще всего бывают 2-х, 3-х, 4-х и 5-ти линейными, а также 2-х и 3-х позиционными (п.8...11, табл. 1). В качестве примера ниже описан принцип действия пневматического тормозного крана транспортного средства, управляемого педалью от ноги водителя (п.10.2, табл. 1). Принципиальная схема такого крана представлена на рис. 2.5. Полости А и Б сообщаются соответственно с питающей магистралью (с компрессором) и атмосферой, а полость Б – с полостями В (через канал 5) или А (через клапан 7). При нажатии на педаль 1 через шток 4 и пружину 3 передаётся усилие на мембрану 2, которая перемещается с полым штоком вниз. Последний упирается в клапан 6, который закрывает атмосферный канал 5, и открывает клапан 7. В результате чего полости А и Б сообщаются между собой и сжатый воздух поступает в полость Б. Происходит торможение. При достижении давления в этой полости заданного значения сила давления, действующая снизу на мембрану 2, превысит усилие пружины 3, полый шток переместится вверх. Клапан 7 закроется. Атмосферный канал 5 закрыт клапаном 6. Если силы давления снизу мембраны 2 больше усилия пружины, то мембрана перемещается вверх, канал 5 открывается и сообщает полость Б с атмосферой. Это имеет место при снятии

усилия ноги с педали 1. В этом случае сжатый воздух из полости Б вытекает в атмосферу. Происходит процесс растормаживания.

Двухпозиционные распределители (п.11, табл. 1) не имеют нейтрального положения и управляются вручную или при помощи электромагнитов. На рис. 2.6 представлена схема электропневматического клапана (распределителя). При отсутствии напряжения электромагнит 1 не воздействует на шток 6, поэтому пружина 5 перемещает его вверх и через полый канал 2 в нём полость Б сообщается с атмосферой. В этом случае канал 3 закрыт, и полости А и Б разобщены. При подаче напряжения на электромагнит 1 создаётся усилие на штоке, который перемещается вниз. Атмосферный канал 2 закрывается клапаном 3, а полости А и Б сообщаются между собой. Сжатый воздух подаётся с питающей магистрали через полость А в полость Б.

Распределители 4-х и более позиционные золотникового типа, широко применяемые в робототехнике, по своему принципу действия аналогичны гидравлическим распределителям, которые будут рассмотрены ниже.

В качестве исполнительных элементов могут применяться либо устройства, преобразующие энергию сжатого воздуха во возвратно–поступательное перемещение штока пневмокамеры (п.25, табл. 1) или пневмоцилиндра (п.24, табл. 1), либо устройства, преобразующие энергию рабочего тела привода в механическую энергию вращающегося ротора пневмодвигателя (п.23, табл. 1). Принципиальная схема цилиндров и пневматических камер достаточно подробно отражает принцип действия, и в комментариях не нуждается.

Лопастной пневмодвигатель (турбина) схематично представлен на рис. 2.7. Поток сжатого воздуха подводится на вход 4. Воздух проходит через турбину 2, обтекает лопатки 3 и вытекает через выход 5. Профиль и кривизна лопаток 3 выполнены так, что этот поток обтекает лопатку с двух сторон по большому и малому пути. Там, где путь длиннее, скорость воздуха больше и давление на лопатку 3 меньше, а где путь короче, скорость воздуха меньше и давление на лопатку 3 больше. Таким образом возникает разность давлений  $p_1$  и  $p_2$ , действующих на лопатку, а, следовательно, образуется сила  $F$ , действующая на каком – то плече относительно оси вращения турбины, т.е. возникает механический момент  $M_{кр}$  на оси последней.

Ниже кратко описаны примеры применения пневмосистем в различных отраслях техники. На рис. 2.8 и 2.9 показаны принципиальные схемы магистральных систем, питающиеся от технологической сети (питающей пневмолинии 5) давлением до 0,6 МПа. На рис. 2.8 приведена схема пневматического манипулятора подачи заготовки на штамповочный пресс, а на рис. 2.9 – схема пневматического гайковёрта. В этих приводах сжатый воздух через регулятор давления 1, дроссели 2, распределители 3 подаётся на исполнительные меха-

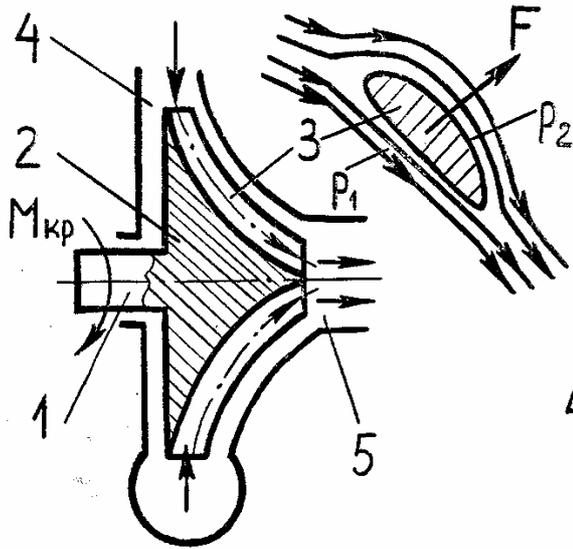


Рис. 2.7

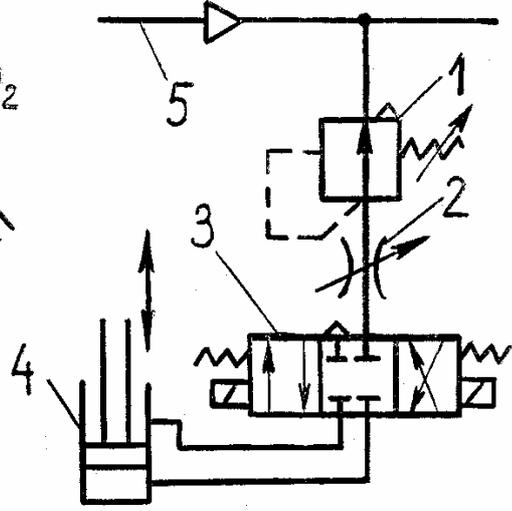


Рис. 2.8

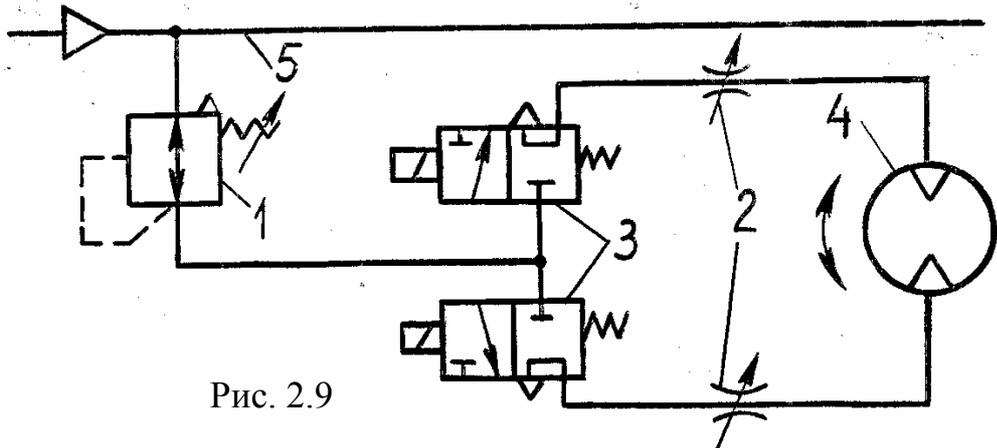


Рис. 2.9

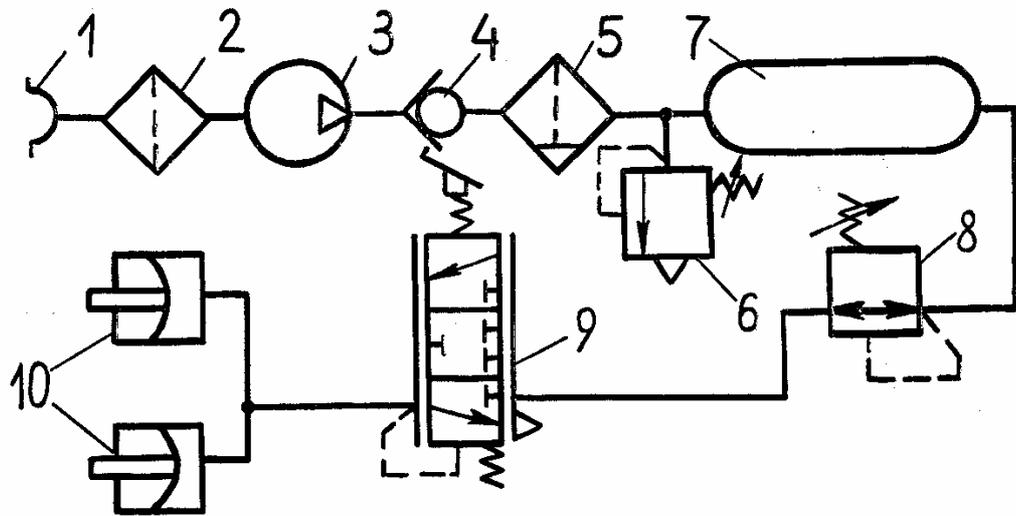


Рис. 2.10

низмы 4 возвратно-поступательного (рис. 2.8) или вращательного (рис. 2.9) движения. С помощью дросселей 2 регулируется подача сжатого воздуха, а, следовательно, изменяется скорость рабочего исполнительного органа. Принцип работы дросселя основан на изменении проходного сечения, т.е. на изменении его сопротивления. Конструктивно дроссели выполняются в виде втулок, шайб с различными отверстиями, щелями и т.д. Они могут быть регулируемы и нерегулируемы.

На рис. 2.10 ... 2.12 приведены пневматические контуры (пневмоцепи) тормозной системы грузового автомобиля (рис. 2.10), открытия (закрытия) дверей (рис. 2.11) и пневмоусилителя привода сцепления (рис. 2.12) транспортного средства [3].

Система торможения (рис. 2.10) состоит из воздухозаборника 1, фильтра 2, компрессора 3, обратного клапана 4, влагоотделителя 5, ресивера 7 с предохранительным клапаном 6 и регулятором давления 8. Управление процессом торможения осуществляется краном 9 и камерами 10. На рис. 2.11 и 2.12 система питания не показана, так как она аналогична тормозной системе. Эти системы состоят из исполнительных цилиндров 1 и распределителей 2. На рис. 2.12 управление приводом сцепления следящее, т.е. величина выходного сигнала изменяется пропорционально действующему входному сигналу.

## 2.2. Гидравлические системы.

Источником энергии в гидроприводах являются в основном насосы (п.20, табл. 1) объёмного типа: шестерённые (рис. 2.13), пластинчатые (рис.2.14), поршневые (рис. 2.15) и т.д., преобразующие механическую энергию приводного двигателя в энергию потока (напора) рабочей жидкости [4].

Принцип действия поршневых гидронасосов такой же, как и пневматических (рис. 2.1). Привод поршня может осуществляться с помощью рычажного, кулачкового, кривошипного и др. механизмов.

В шестерённом насосе (рис. 2.13) при вращении шестерён 1 и 2 и перемещении их зубьев 3 на входе 4 происходит всасывание жидкости. Последняя захватывается зубьями и переносится вдоль корпуса 5 в напорную полость 6. При вращении зубьев объём жидкости в полости 6 уменьшается, и она под давлением подаётся потребителю.

В пластинчатом насосе (рис. 2.14) при вращении ротора 1 с пластинами 2 объём во всасывающей полости (входном окне) 3 увеличивается, давление падает, поэтому жидкость всасывается в полость 3, а затем захватывается лопатками 2 и переносится вдоль корпуса 4 в нагнетательную полость (выходное окно) 5. При вращении ротора объём жидкости в полости 5 уменьшается, и за

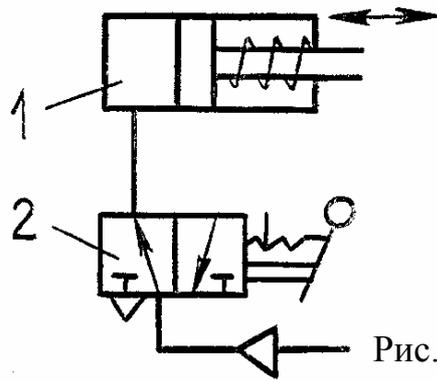


Рис. 2.11

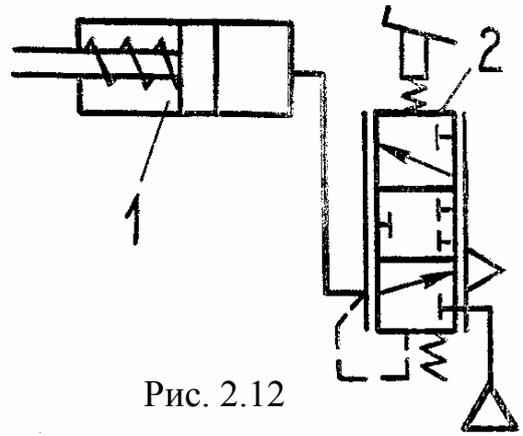


Рис. 2.12

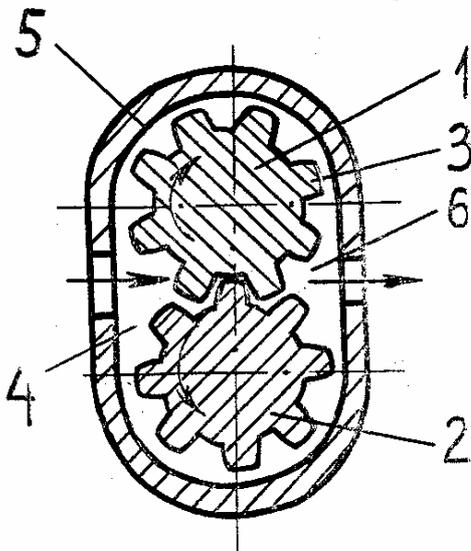


Рис. 2.13

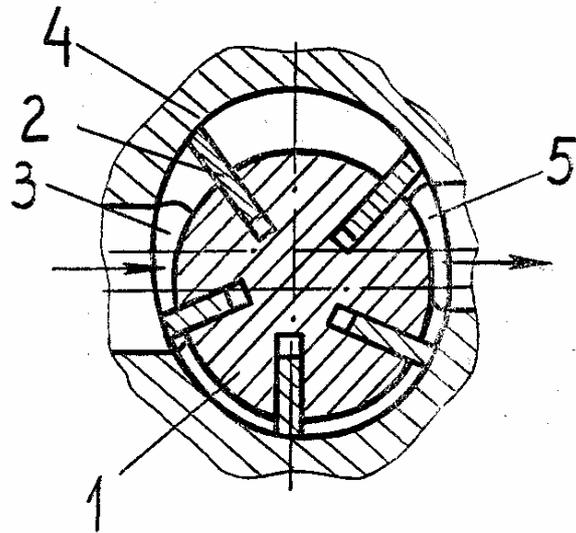


Рис. 2.14

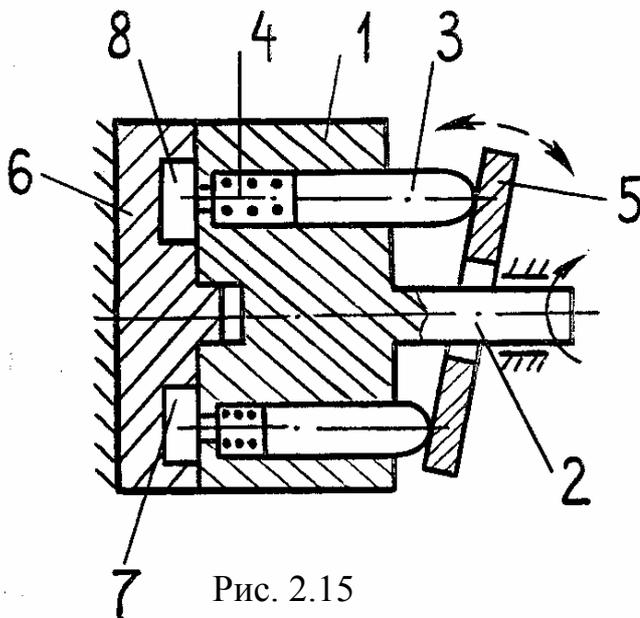


Рис. 2.15

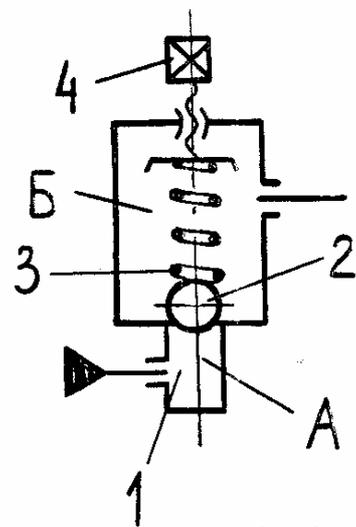


Рис. 2.16

счёт этого происходит подача порции жидкости к потребителю под давлением.

В аксиально–поршневом насосе (рис. 2.15) имеется ротор 1, который приводится во вращение с помощью вала 2. В роторе 1 находятся поршни 3 к наклонному диску 5, положение которого задаёт подачу насоса. Торцовая часть ротора 1 скользит по плоскости неподвижного распределителя, в котором образованы всасывающие и нагнетательные окна 7 и 8. При вращении ротора 1 поршни совершают возвратно–поступательное движение в цилиндрах ротора, в которых происходят процессы всасывания и нагнетания жидкости. При движении поршней вправо происходит всасывание (цилиндры сообщаются с всасывающим окном), а при движении их влево – нагнетание (цилиндры сообщаются с нагнетательным окном).

Назначение и принцип действия гидравлических предохранительных клапанов (п.13, 14, табл. 1) такие же, как пневматических. Редукционные клапаны (п.15, табл. 1) служат для понижения давления на выходе и поддержания его на постоянном заданном уровне. Полость А предохранительного клапана (рис. 2.16) соединяется с напорной гидролинией, а полость Б – со сливной. С помощью винта 4 пружина 3 сжимается и прижимает клапан (шарик, конус и т.д.) к седлу. Если давление в полости 2 достигает такой величины, что усилие на шарик снизу станет больше упругой силы пружины 3, то клапан открывается и часть жидкости поступает через клапан на слив.

В гидросистемах в ряде случаев устанавливают аккумуляторы (п.2, табл. 1), которые накапливают энергию (рабочее тело) и затем при необходимости быстро отдают её гидроприводу [5].

На рис. 2.17, а приведена схема пружинных (п.2.2, табл. 1), а на рис. 2.17, б – газовых (п.2.3, табл. 1) аккумуляторов. Принцип их действия одинаков. Жидкость под давлением в полости Б перемещает поршень 1 вверх, сжимая либо пружину 2, либо газ, находящийся в полости А. Такой аккумулятор позволяет уменьшить мощность насоса и повысить надёжность и быстродействие привода.

Распределительные устройства (п.8...11, табл. 1) по конструктивному исполнению бывают золотниковыми (рис. 2.18) и клапанными (рис. 2.19) [3]. В золотниковом распределителе (рис. 2.18) канал 1 соединяется с напорной гидролинией (насосом), каналы 2 и 3 – с рабочими полостями исполнительных механизмов (двигателей), каналы 4 и 5 – со сливной магистралью. В нейтральном положении золотника 6 каналы распределителя не сообщаются между собой. При перемещении золотника 6 вправо рабочая жидкость под давлением поступает из канала 1 на выход 2, а канал 3 сообщается со сливом. При перемещении золотника влево жидкость подаётся на выход 3 и сливается из канала 2.

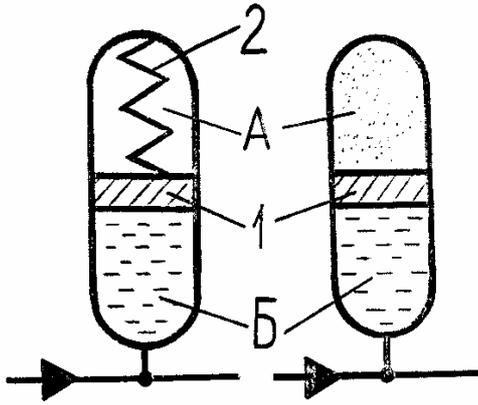


Рис. 2.17

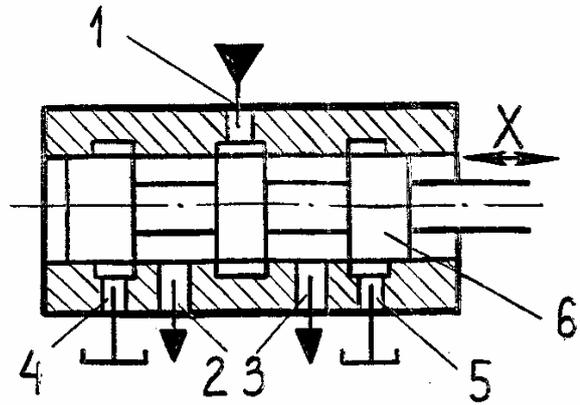


Рис. 2.18

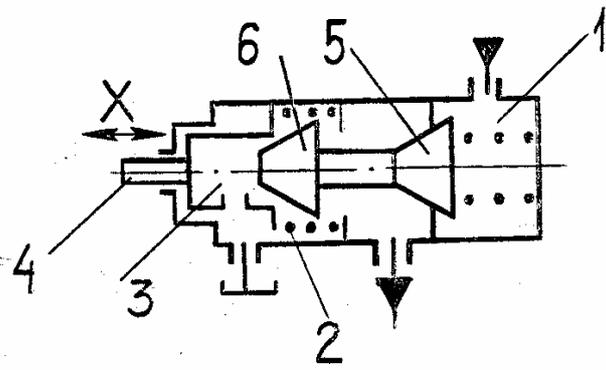


Рис. 2.19

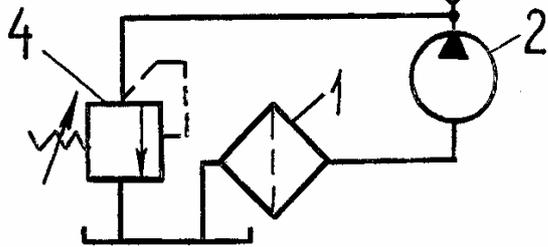
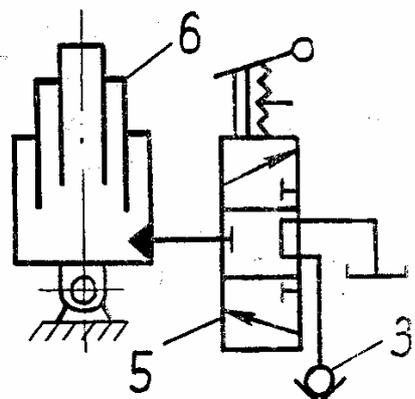


Рис. 2.20

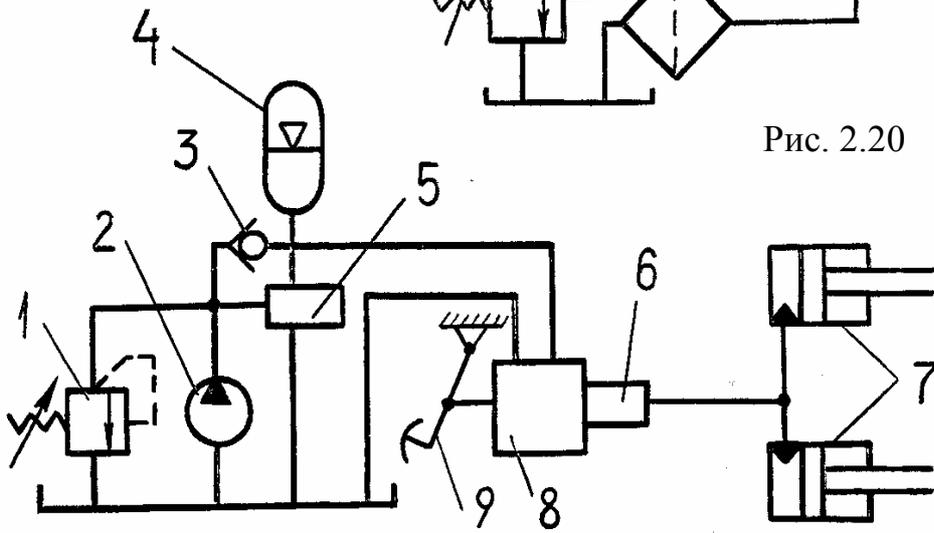


Рис. 2.21

В клапанном распределителе (рис. 2.19) полость 1 соединена с насосом, а полости 2 и 3 – с исполнительным двигателем (механизмом) и сливной магистралью. Если усилие на штоке 4 отсутствует, то клапаны 5 и 6 находятся соответственно в закрытом и открытом положении. Полости 2 и 3 сообщаются между собой. При перемещении штока 4 вправо клапан 6 закрывает слив жидкости, а клапан 5 сообщает между собой полости 1 и 2.

Исполнительными механизмами гидропривода являются гидродвигатели (п.22, табл. 1), в качестве которых могут применяться роторно–поршневые и лопастные гидромашины, а также гидроцилиндры (п.24, табл. 1) одностороннего или двухстороннего действия. Как правило, все гидромашины обратимы, т.е. могут быть гидронасосами и гидродвигателями. Насосы преобразуют энергию приводного двигателя в энергию движущейся жидкости, а двигатели – энергию жидкости в механическое перемещение поршня или во вращение вала. Работа насосов рассмотрена выше (рис. 2.14, 2.15).

На рис. 2.20 представлена схема гидросистемы опрокидывания платформы транспортного средства [3]. Она состоит из фильтра 1, насоса 2, обратного клапана 3, предохранительного клапана 4, трёхпозиционного распределителя 5 с ручным управлением и телескопического цилиндра 6. Распределитель имеет два рабочих положения на подъём и опускание платформы и одно нейтральное, запирающее гидроцилиндр в любом положении.

На рис. 2.21 показана схема тормозного гидропривода с гидравлическим усилителем [3]. Насос 2, оборудованный предохранительным 1 и обратным 3 клапанами, а также автоматом разгрузки 5, создаёт запас энергии в пневмогидроаккумуляторе 4. При воздействии на тормозную педаль 9 жидкость под давлением поступает в усилитель 8, который действует на главный тормозной цилиндр 6, управляющий колёсными тормозными цилиндрами 7.

### 3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО СИНТЕЗУ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ

Постановка лабораторной работы "Синтез принципиальных схем на ПЭВМ" преследовала следующие цели:

- закрепление знаний, полученных при ручном вычерчивании индивидуальных заданий по схемам;
- получение элементарных навыков синтеза схем из графического меню распознаванием и выбором нужного элемента, а также перемещения этого элемента в нужную точку экрана;
- обучение пользованию вспомогательными программами оформления сборочных чертежей.

Реализация методики выполнения сборочных чертежей на принципах САПР и машинной графики привела к необходимости создания базы данных – конструктивных элементов принципиальных гидропневматических схем, описанных для параметризации на встроенном в графическую систему языке программирования.

Лабораторная работа выполняется с использованием графического падающего меню, пунктами которого являются те или иные условные изображения или обозначения элементов схем, выполненных в соответствии со стандартами ЕСКД (см. табл. 1).

Методика выполнения работы заключается в следующем:

- студенту даётся тот или иной вариант принципиальной пневматической или гидравлической схемы (см. табл. 4), где некоторые элементы пропущены и обозначены незаполненными прямоугольниками;
- студент должен разобраться в самой схеме, изучить представленный в данном пособии материал, найти в таблице 1 отсутствующие в схеме элементы и приступить к синтезу.

Для облегчения синтеза принципиальных схем на экране устанавливается сетка и шаг, кратный шагу этой сетки. При необходимости эти вспомогательные средства отключаются или включаются снова нажатием соответствующих клавиш.

В падающем меню (в системе Автокад) необходимо найти строку "Лаб. раб", затем выбрать раздел "Схемы" и подраздел "Гидропн. схемы". В этом подразделе имеется пункт "Элементы схем". При вызове этого пункта следует выбрать условное обозначение требуемого элемента в появившемся графическом меню. При выборе нужного элемента появятся следующие запросы программы:

Толщина основной линии <1>:

Точка вставки:

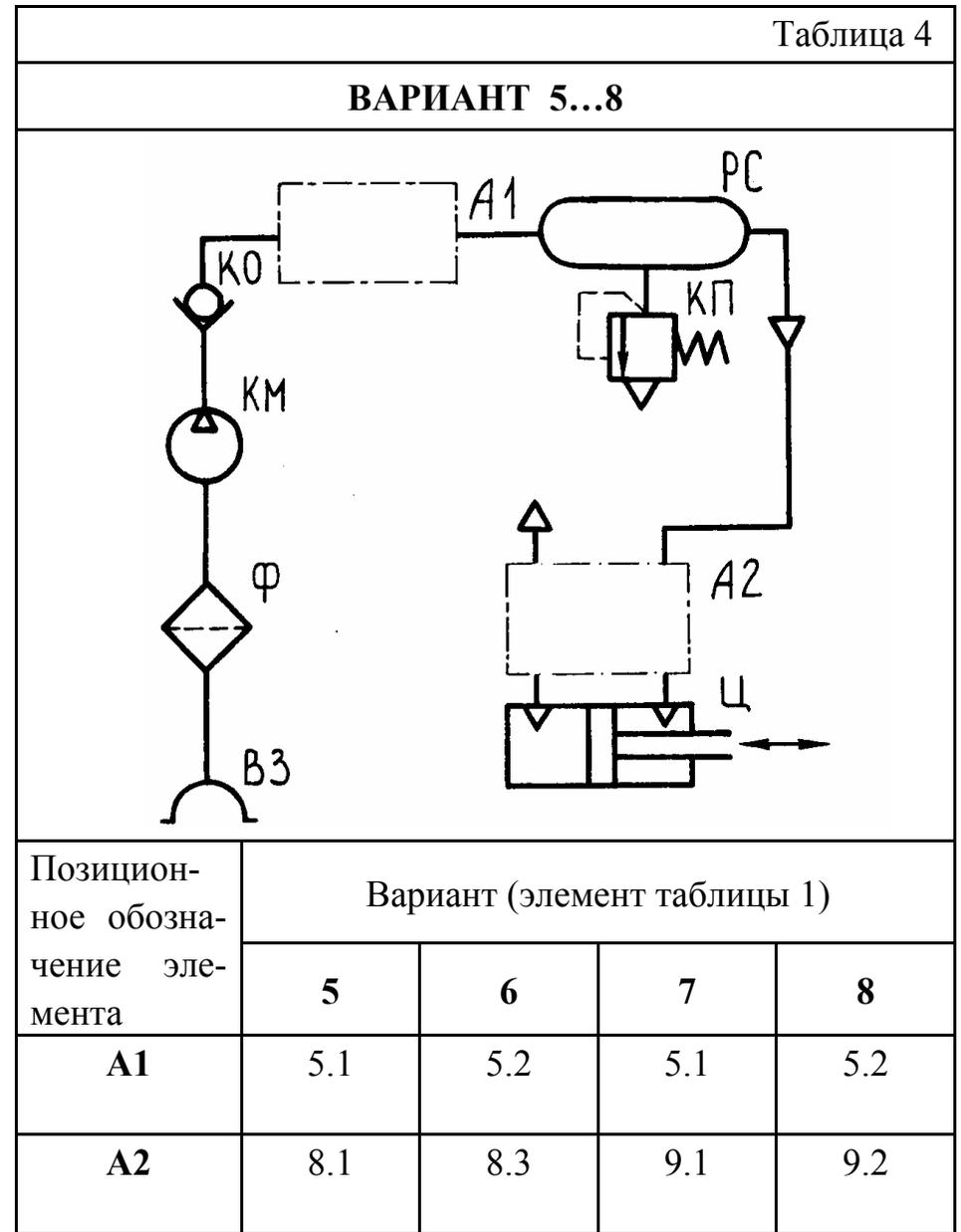
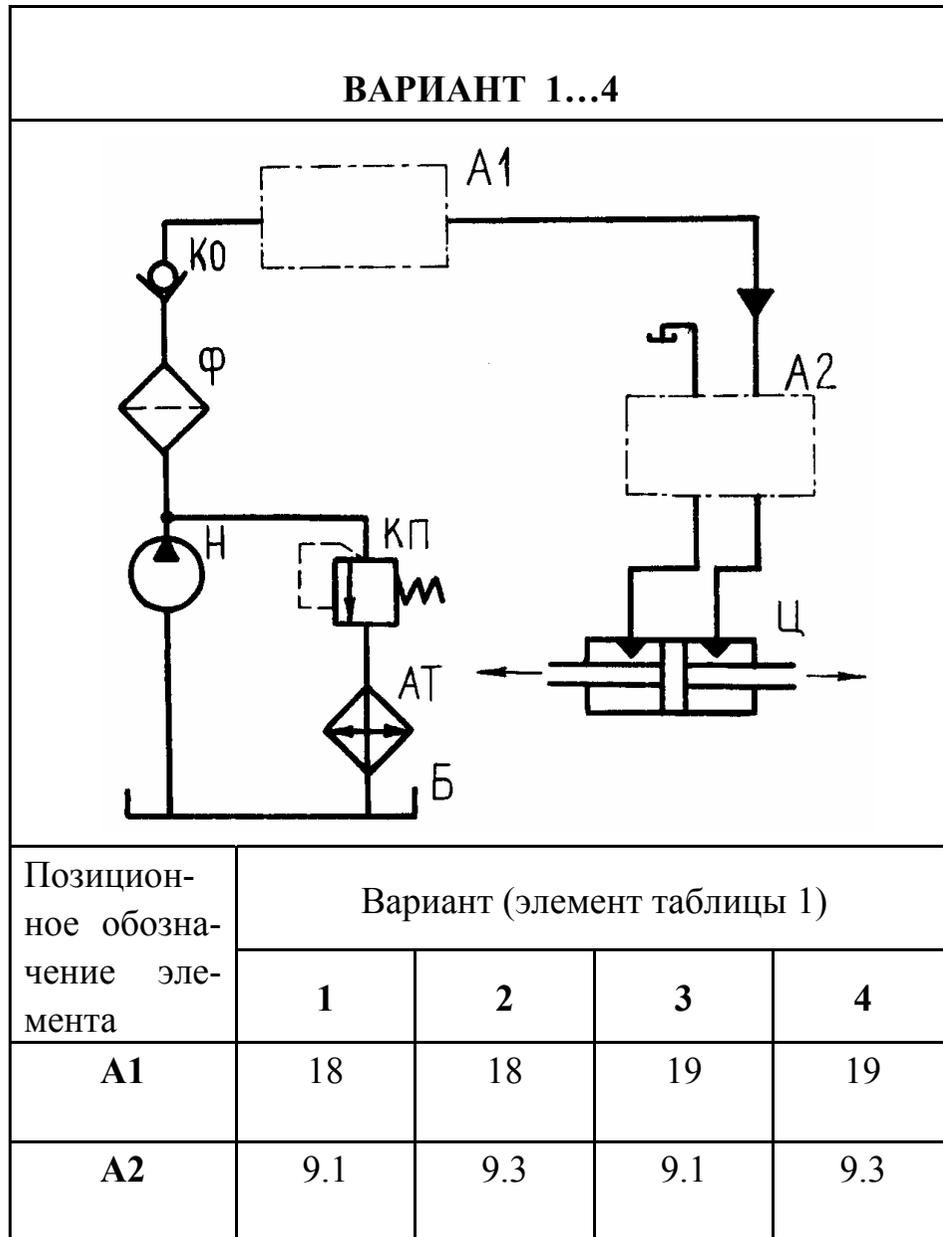
Угол вставки:

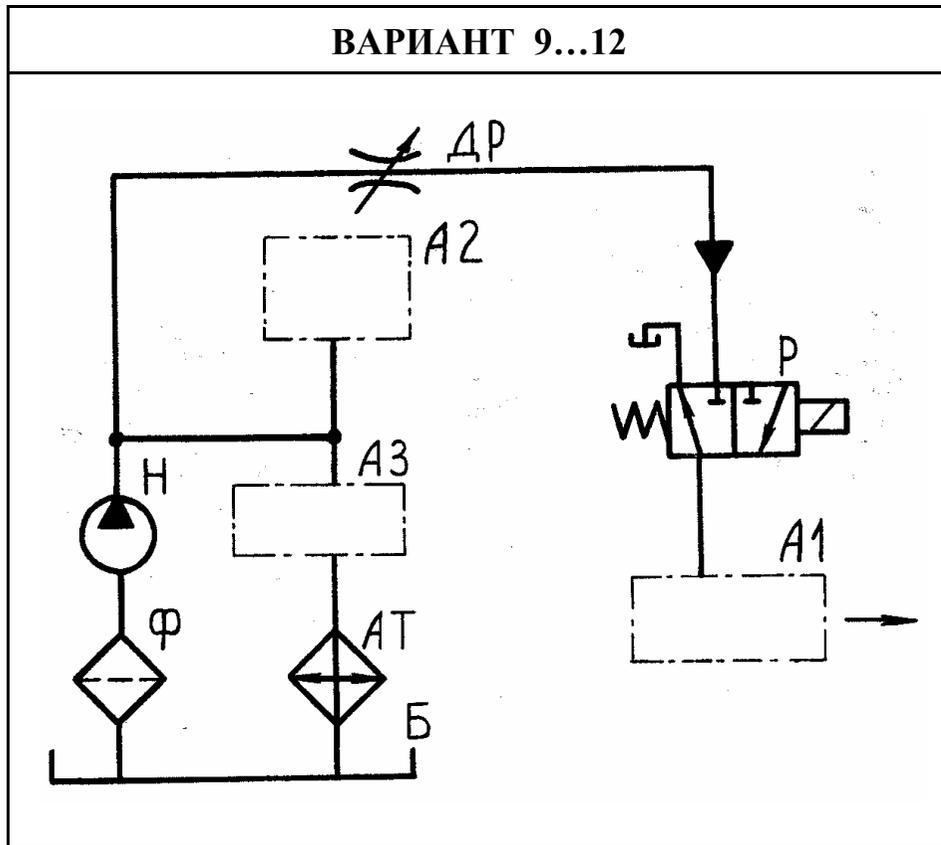
Студент вводит желаемую толщину основной линии (0,3 – 1 мм), указывает курсором "мыши" точку, в которую будет помещён вызванный элемент, базовая точка которого в меню указана перекрестием красного цвета и запрашиваемый угол. При этом следует иметь в виду, что по умолчанию (угол 0°) принимается положение элемента соответствующее его ориентации в пунктах меню.

Повторяя выбор элементов требуемое количество раз, студент постепенно будет "собирать" заданный вариант на экране дисплея.

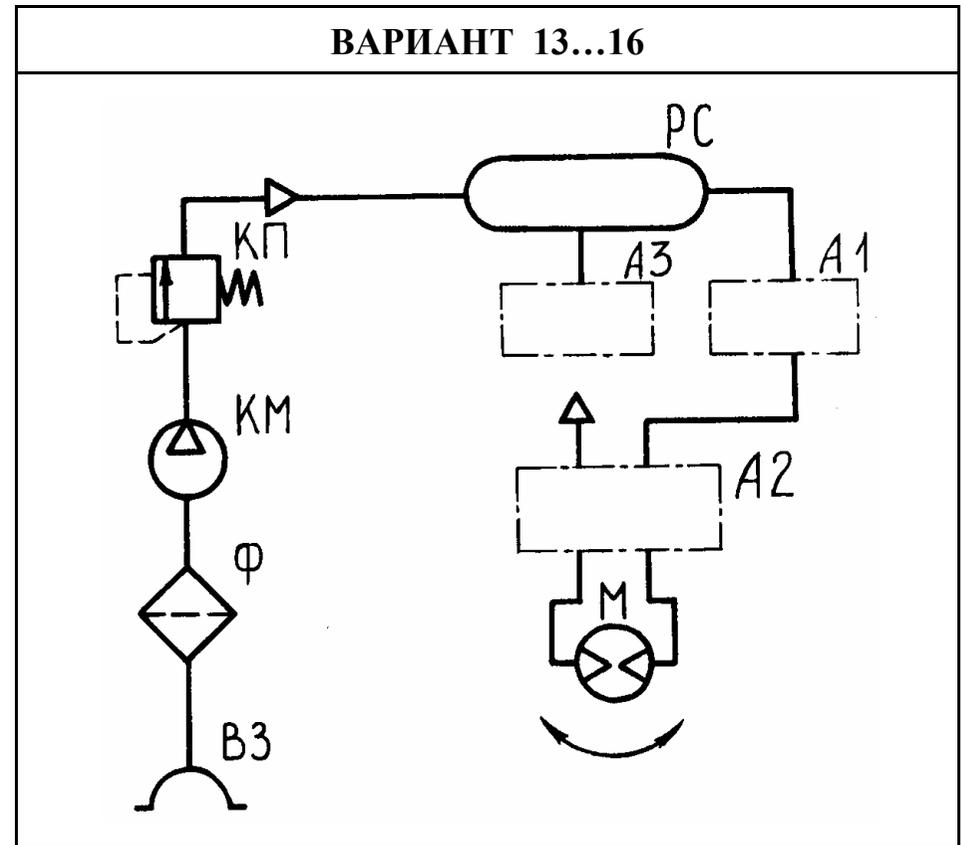
На рис. 3.1 и 3.2 представлены образцы выполнения индивидуального задания и лабораторной работы.

Разработанная база данных, включающая практически все элементы гидравлических и пневматических принципиальных схем, может быть использована на специальных кафедрах технических ВУЗов, в конструкторских бюро машиностроительных предприятий при проектировании принципиальных схем механизмов, машин и их элементов на ПЭВМ в диалоговом режиме. Элементы схем запрограммированы в соответствии с действующими в настоящее время ГОСТами. В случае их изменения программы позволяют вносить те или иные коррективы.

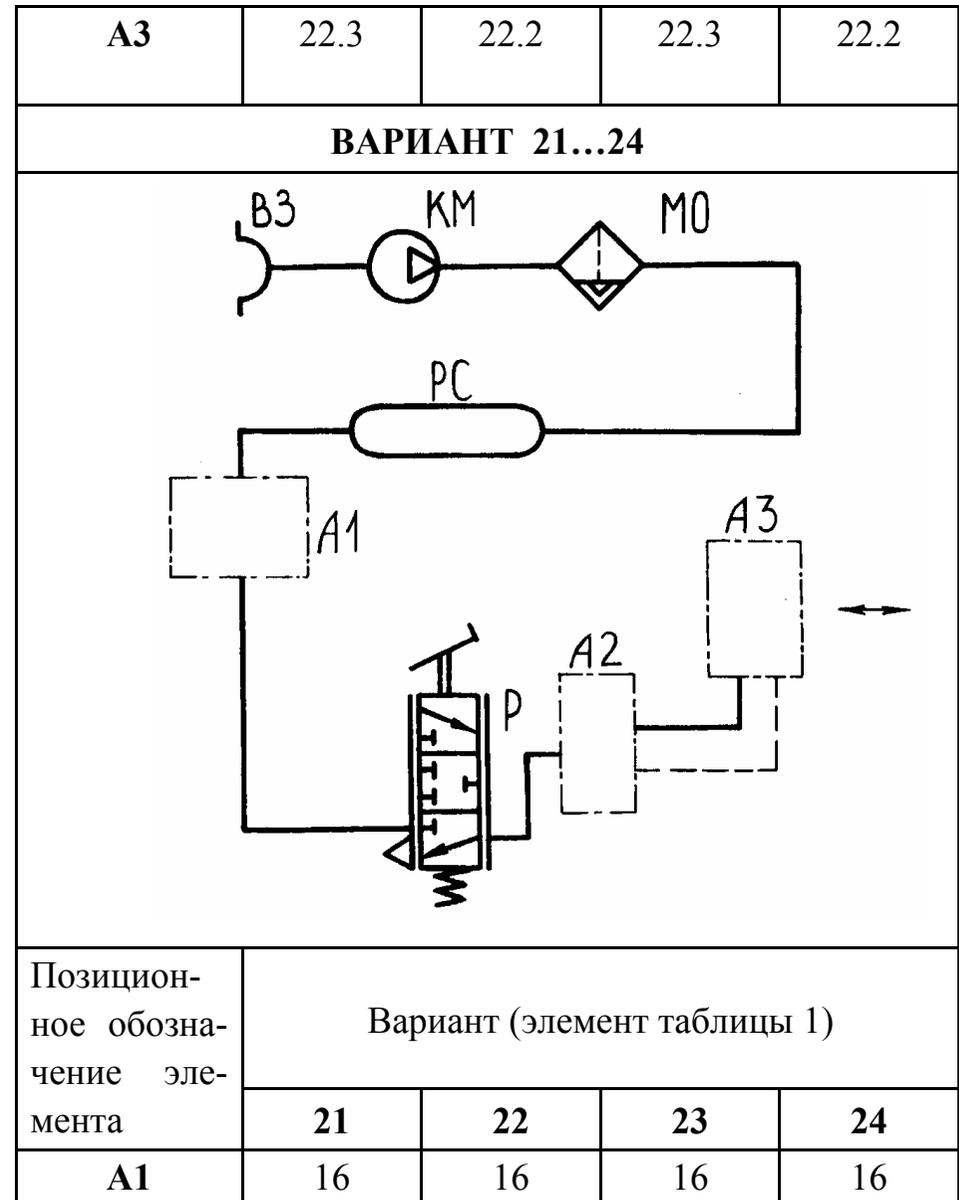
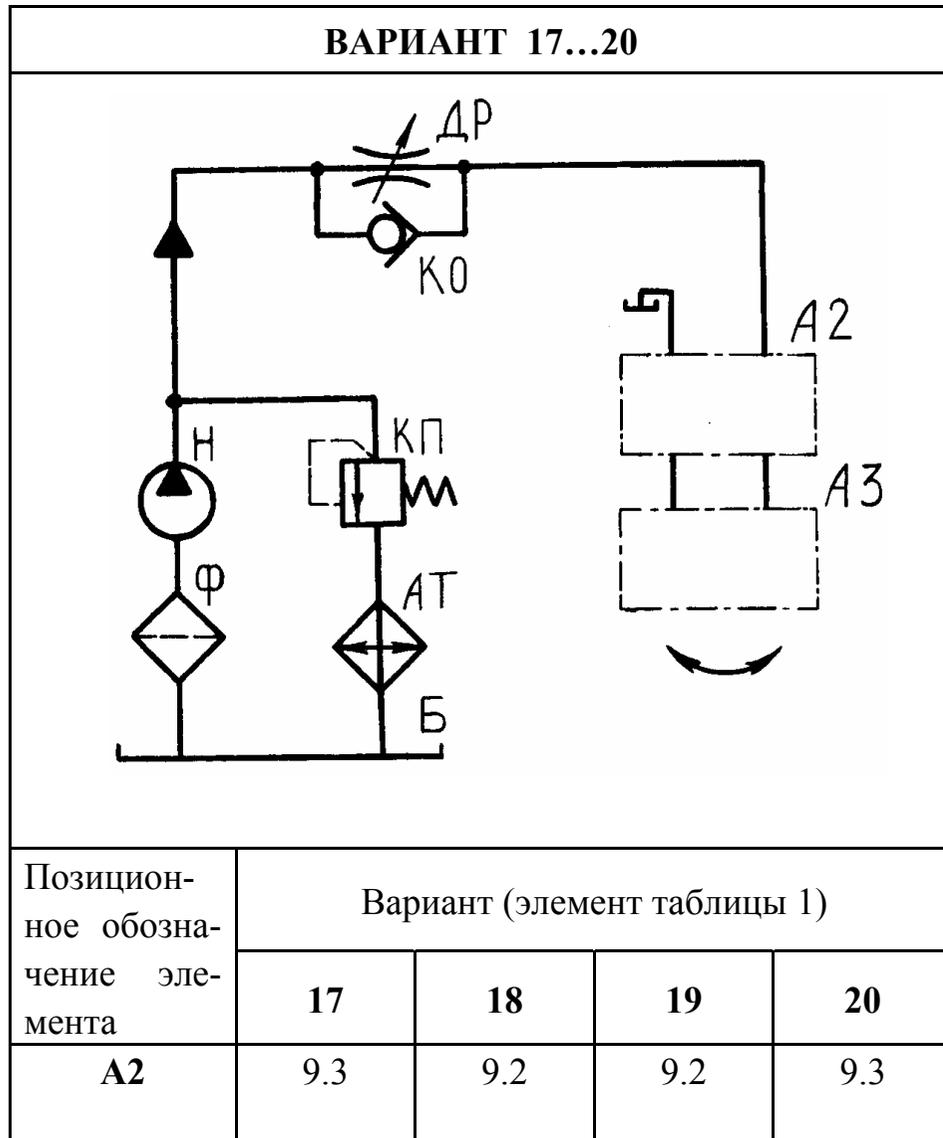


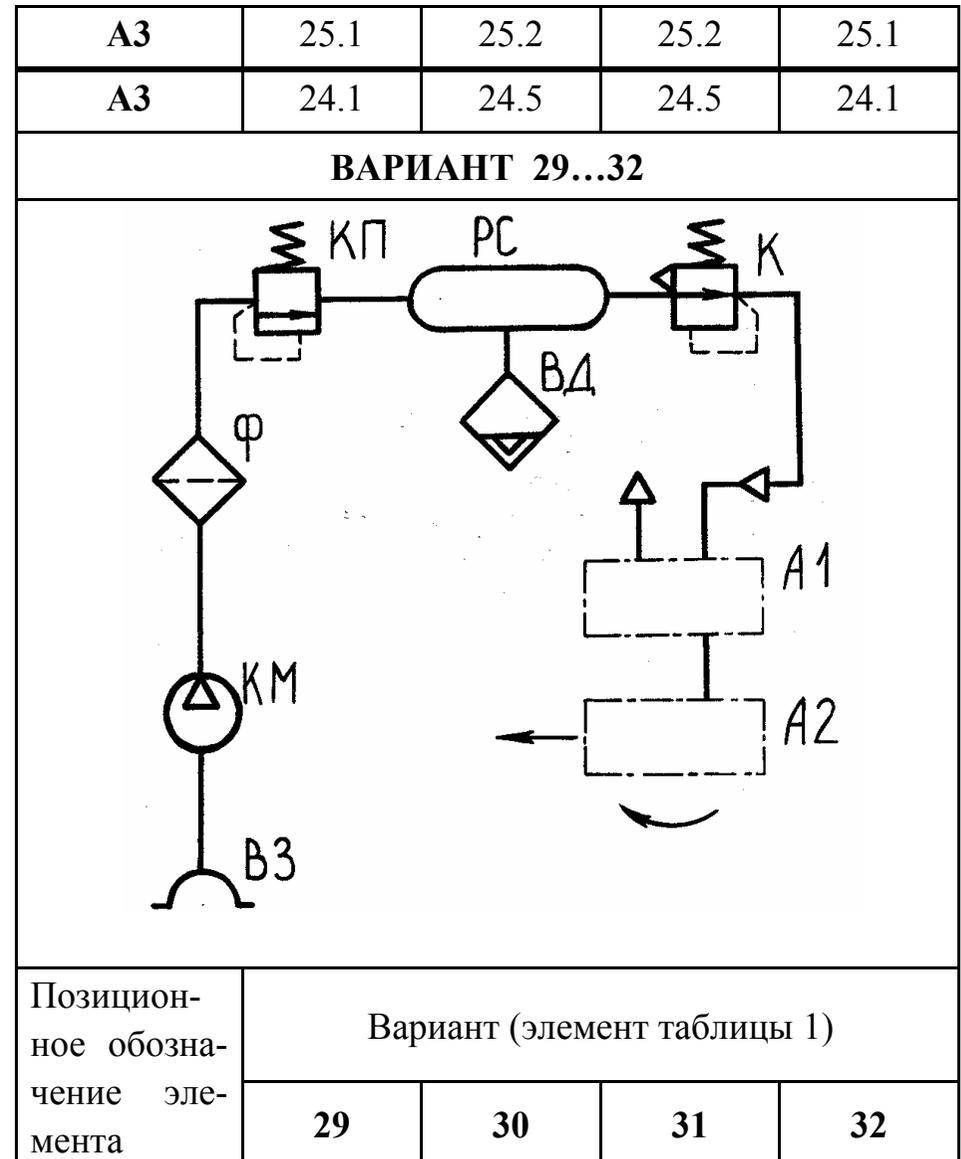
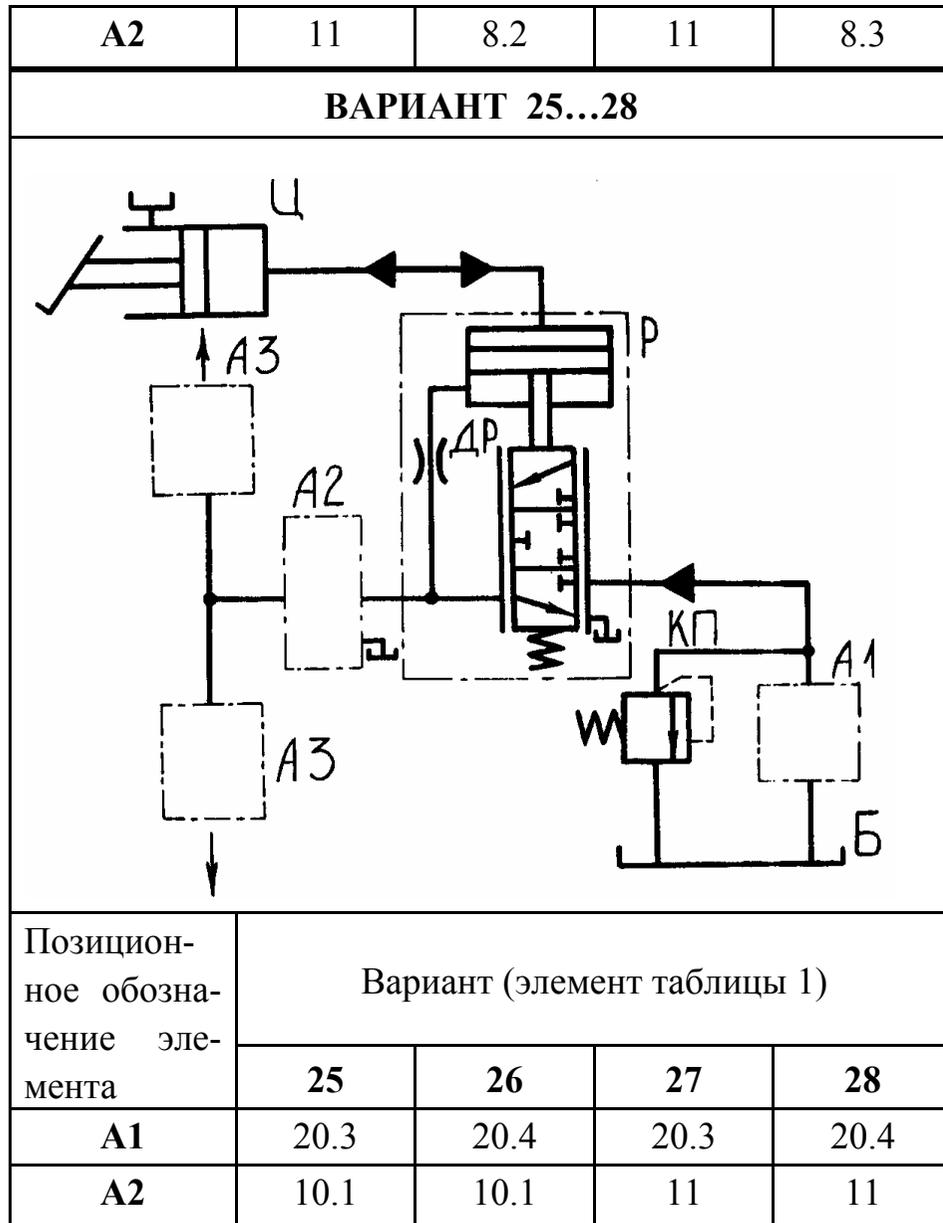


Позицион- ное обозна- чение эле- мента	Вариант (элемент таблицы 1)			
	9	10	11	12
<b>A1</b>	24.1	24.2	24.1	24.2
<b>A2</b>	2.2	2.3	-	-
<b>A3</b>	13	13	14	14



Позицион- ное обозна- чение эле- мента	Вариант (элемент таблицы 1)			
	13	14	15	16
<b>A1</b>	16	18	16	18
<b>A2</b>	8.1	8.2	9.1	9.2
<b>A3</b>	4.1	4.2	4.1	4.2





<b>A1</b>	10.1	11	10.1	11
<b>A2</b>	23.1	24.1	24.5	25.1

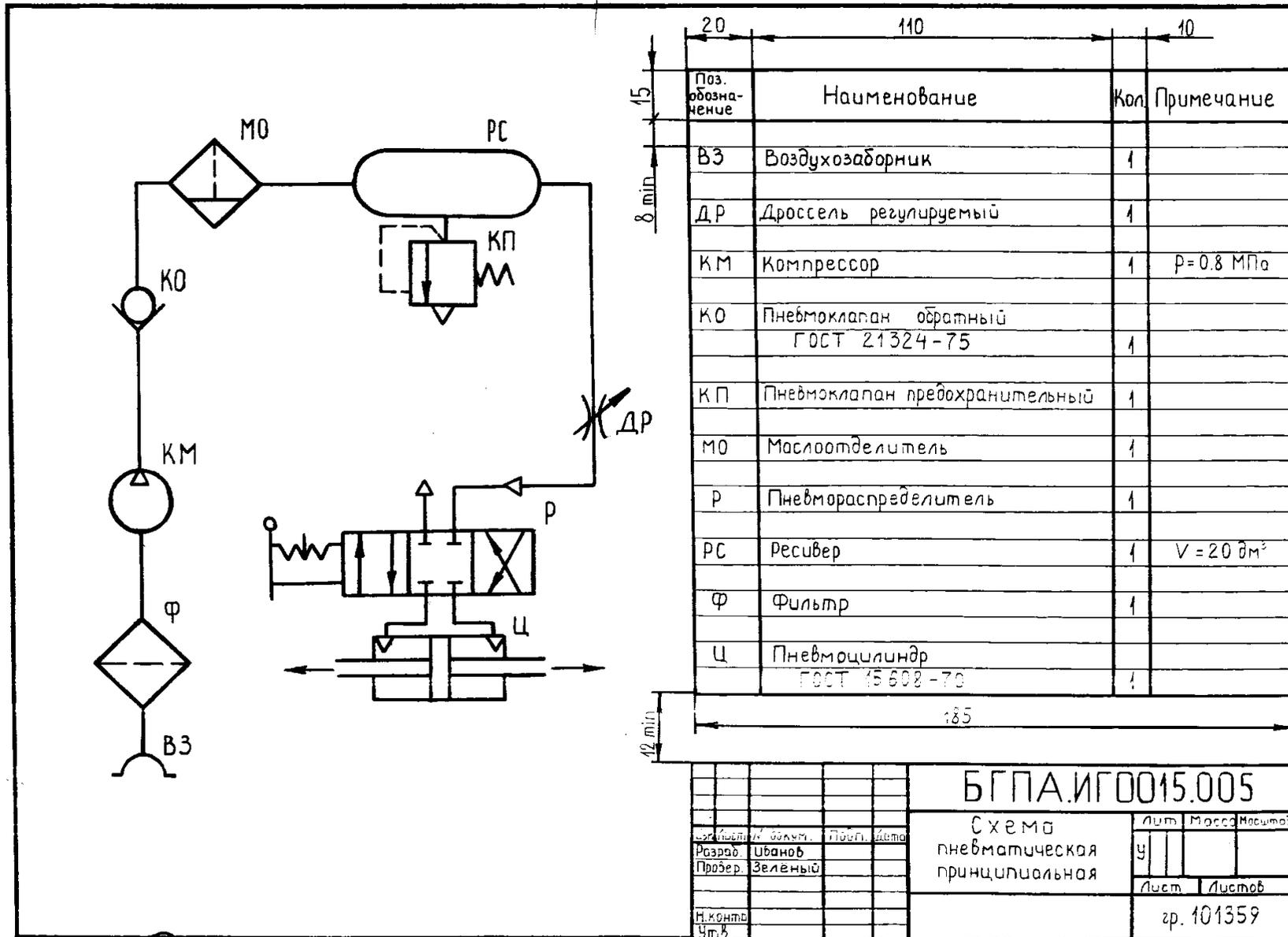


Рис. 3.1. Образец выполнения индивидуального задания. Схема пневматическая принципиальная.

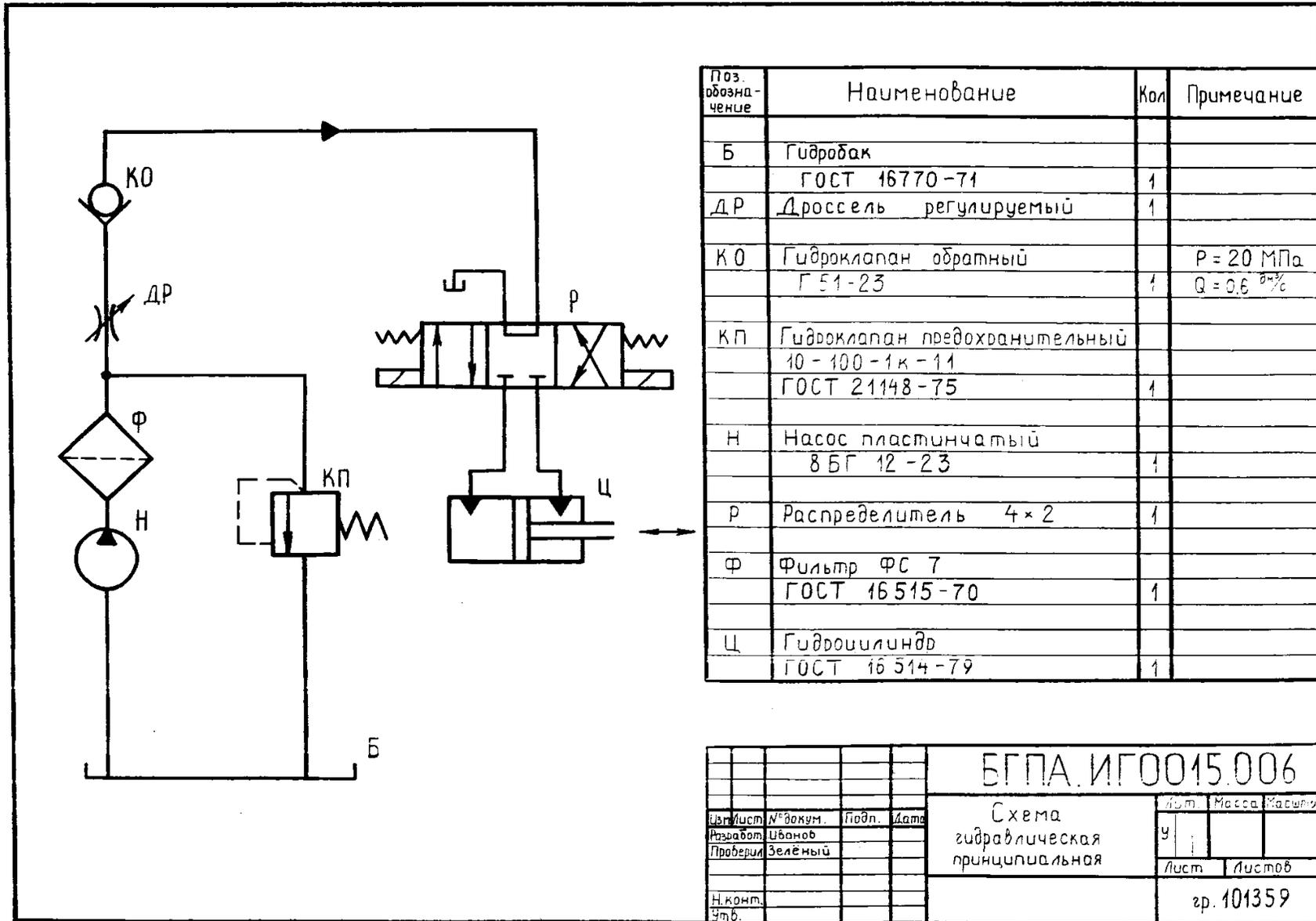


Рис. 3.2. Образец выполнения индивидуального задания. Схема гидравлическая принципиальная.

## Литература

1. Новичихина Л.И. Черчение. Учебное пособие.- Мн.: Выш. школа, 1986.- 304 с.
2. Автушко В.П., Метлюк Н.Ф., Бартош П.Р., Палазова В.В. Пневматические тормозные приводы автомобилей. Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Мн.: БПИ, 1982.- 62 с.
3. Метлюк Н.Ф., Автушко В.П. Динамика пневматических и гидравлических приводов автомобилей.- М.: Машиностроение, 1980.- 231 с.
4. Башта Т.М. Объёмные насосы и гидравлические двигатели гидросистем.- М.: Машиностроение, 1974, -606 с.
5. Автушко В.П., Капустин В.В., Метлюк Н.Ф. Гидравлические тормозные приводы автомобилей. Методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию. – Мн.: БПИ, 1983.- 44 с.
6. Лешкевич А.Ю. и др. Задания и методические указания по курсу "Начертательная геометрия и черчение" для студентов машиностроительных специальностей. 4. III. Машиностроительное черчение.- Мн.: БПИ, 1985,- 60 с.
7. ГОСТ 2.704 – 76. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.
8. ГОСТ 2.721 – 74. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
9. ГОСТ 2.780 – 96. Обозначения условные графические в схемах. Элементы гидравлических и пневматических сетей.
10. ГОСТ 2.781 – 96. Обозначения условные графические в схемах. Аппаратура распределительная и регулирующая гидравлическая и пневматическая.
11. ГОСТ 2.782 – 96. Обозначения условные графические в схемах. Насосы и двигатели гидравлические и пневматические.
12. ГОСТ 2.784 – 96. Обозначения условные графические в схемах. Элементы трубопроводов.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	4
2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	12
2.1. Пневматические системы.....	13
2.2. Гидравлические системы.....	19
3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО СИНТЕЗУ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ.....	23
ЛИТЕРАТУРА.....	32