

В.С. Сидоренко,  
В.И. Грищенко, Д.Д. Дымочкин

# СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЙ ПОИСК И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПНЕВМОПРИВОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ростов-на-Дону  
2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В.С. Сидоренко,  
В.И. Грищенко, Д.Д. Дымочкин

# СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЙ ПОИСК И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПНЕВМОПРИВОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Учебное пособие

Ростов-на-Дону  
2013

УДК 621.1.016

С 34

*Рецензент*

кандидат технических наук, профессор *В.А. Чернавский* (ДГТУ)

**Сидоренко В.С.**

С 34 Схематический поиск и моделирование пневмопривода технологического оборудования: учеб. пособие / В.С. Сидоренко, В.И. Грищенко, Д.Д. Дымочкин. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 64 с.

ISBN 978-5-7890-0797-6

На конкретных примерах показана методология схематического поиска автоматизированных пневматических приводов технологического оборудования, описано построение принципиальных схем, циклограмм, даны схемы и алгоритмы управления.

Во второй части пособия даны практические задания к лабораторным работам по дисциплине «Пневматический привод и средства автоматизации».

Рекомендуется для студентов технических вузов, аспирантов, научно-технических работников предприятий и организаций.

УДК 621.1.016

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета.

ISBN 978-5-7890-0797-6

© Сидоренко В.С., Грищенко В.И.,  
Дымочкин Д.Д., 2013

© Издательский центр ДГТУ, 2013

## **Предисловие**

В металлообработке автоматизированные пневматические приводы (АПП) наиболее перспективны в зажимных, фиксирующих, ориентирующих и транспортирующих, сборочных, контрольно-измерительных устройствах, что позволяет ограничить или исключить участие оператора в тяжелых и монотонных операциях. При этом производительность труда такого оборудования увеличивается в 1,5-4 раза.

Характерной особенностью развития АПП является применение пневматических устройств не только для решения силовых задач, но и в системах управления для программирования, контроля и управления рабочими процессами машин и агрегатов. Использование единого энергоносителя – сжатого воздуха в силовом и управляющем каналах автоматизированных пневматических приводов – приближает его к электрическим приводам и расширяет возможности применения.

В этих условиях возникает необходимость совершенствования действующих и разработки новых схмотехнических решений АПП. Поэтому работы, посвященные методологии синтеза таких приводов на современных подходах и технических средствах, включая и предлагаемую авторами, приобретают самостоятельное значение.

## **I. УПРАВЛЕНИЕ ПНЕВМОПРИВОДАМИ. ВЫБОР ВИДА ПРИВОДА И СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ**

Пневматический привод – совокупность технических средств, осуществляющих управляемое преобразование энергии сжатого газа в энергию механического движения объекта управления в соответствии с требованиями автоматизированного технологического процесса.

Обобщённая структурная схема пневматического привода представлена на рис.1.1.

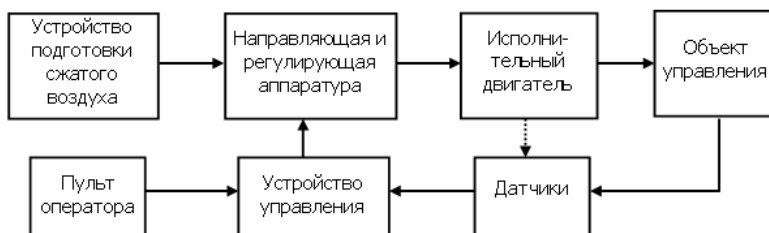


Рис.1.1. Обобщенная структурная схема пневмопривода

По виду реализуемых движений объекта управления пневмоприводы подразделяются на цикловые, позиционные, следящие.

*Цикловые приводы* характеризуются тем, что объект управления (ОУ) имеет ограниченное количество точек позиционирования (как правило, это его крайние положения). В таком приводе датчики являются дискретными и выдают сигнал о наличии или отсутствии ОУ в данной позиции. Устройство управления (УУ) также является дискретным и выдаёт сигналы, включающие или выключающие исполнительный двигатель (ИД) или изменяющие направление его движения.

*Позиционные приводы* характеризуются тем, что ОУ может быть остановлен с заданной точностью в любой точке своего диапазона перемещения. В позиционном приводе датчики, которые могут быть как дискретными (цифровыми), так и аналоговыми, выдают сигнал, пропорциональный положению ОУ. Устройство управления на основе анализа сигналов датчиков осуществляет включение или выключение ИД или изменение направления его движения.

У *следящих приводов* ОУ не только должен быть остановлен в заданной точке, но и должен прийти в эту точку по заданной траектории. В таких приводах используется пропорциональная регулирующая аппаратура, а устройство управления имеет возможность не только включать или выключать ИД, но и изменять скорость его движения. Следящие приводы являются наиболее сложными и дорогими.

Девяносто пять процентов пневмоприводов являются цикловыми, рассмотрим способы управления ими. В цикловых пневмоприводах в качестве исполнительного двигателя используется пневмоцилиндр, в качестве направляющих и регулирующих устройств – дроссели, клапаны, распределители. Устройство управления может быть построено как на основе пневматических элементов (логические клапаны «НЕ», «ИЛИ», «И», «ПАМЯТЬ»; струйные логические элементы серии «ВОЛГА»), так и на основе электронных компонентов (электромагнитные реле, цифровые электронные микросхемы, программируемые логические контроллеры). В первом случае используются пневматические датчики и распределители с пневматическим управлением, во втором – электрические датчики и распределители с электрическим управлением. В наиболее простых цикловых пневмоприводах управляющее устройство как отдельный блок может отсутствовать, его роль выполняет распределитель.

Для примера рассмотрим простейший вариант циклового пневмопривода (**задача 1**). Разработать схему управления пневматическим цилиндром двустороннего действия, осуществляющим следующий алгоритм работы (рис.1.2):

1. При кратковременном нажатии кнопки “ПУСК” шток пневмоцилиндра выдвигается.

2. При достижении штоком крайнего положения он автоматически втягивается и остаётся в исходной позиции.

На работу пневмопривода накладывается следующее ограничение: если шток цилиндра ещё не вернулся в исходную позицию, нажатие кнопки «ПУСК» не должно приводить к повторному срабатыванию привода.

Управление пневмоцилиндром осуществляется от 5/2 бистабильного распределителя с пневматическим управлением. В качестве кнопки будем использовать 3/2 моностабильный распределитель с механическим управлением, а в качестве датчика – такой же распределитель с нажатием от ролика.

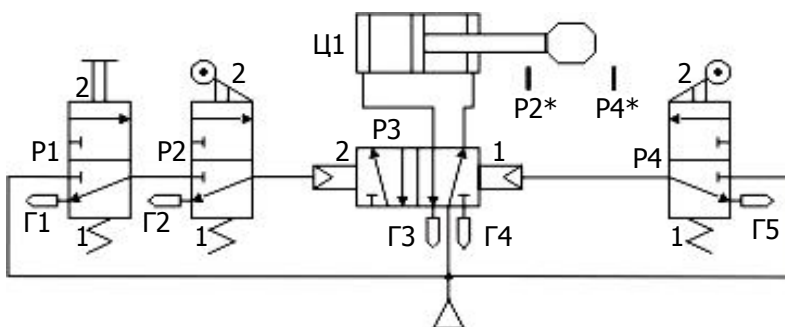


Рис.1.2. Схема пневматического привода к задаче 1: Г1 – Г5 – глушители; Р1 – Р4 – распределители; 1, 2 – позиции распределителя; штрихами (здесь и далее) обозначено конструктивное расположение распределителей Р2 и Р4

В исходном положении (рис.1.3) распределитель Р3 находится в позиции 1. При этом бесштоковая полость цилиндра соединена с атмосферой по цепи: бесштоковая полость цилиндра (БПЦ1) - распределитель Р3 - глушитель Г3, а штоковая полость соединена с узлом подготовки воздуха (УПВ) по цепи: УПВ – Р3 – ШПЦ1. Шток цилиндра втянут. Соответственно нажат ролик распределителя Р2, и распределитель находится в позиции 2.

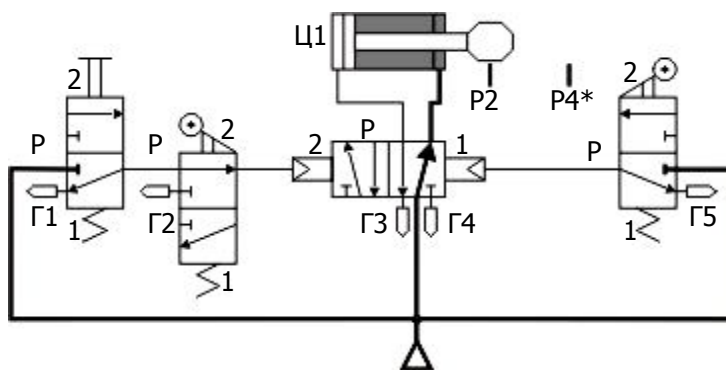


Рис.1.3. Исходное состояние пневмопривода в задаче 1

Управляющие входы распределителя Р3 (У1Р3 и У2Р3) соединены с атмосферой: У1Р3 - Р4 – Г5 и У2Р3 - Р2 – Р1 – Г1.

При нажатии на кнопку распределителя P1 он перемещается в позицию 2 (рис.1.4). При этом на управляющий вход поз. 2 распределителя P3 поступает сжатый воздух от УПВ по цепи: УПВ – P1 – P2 – У2P3. Распределитель P3 переключается в позицию 2. Штоковая полость цилиндра соединяется с атмосферой по цепи: ШПЦ1 – P3 – Г4, а бесштоковая – с УПВ по цепи УПВ – P3 – БПЦ1. Шток цилиндра начинает выдвигаться.

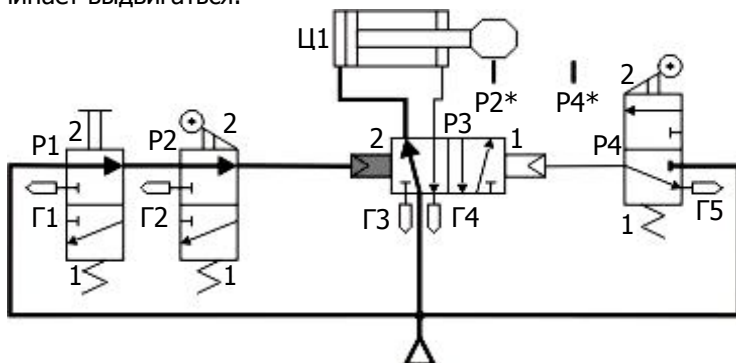


Рис.1.4. Состояние пневмопривода в задаче 1 после нажатия кнопки распределителя P1 («ПУСК»)

Как только шток цилиндра отходит от своего крайнего положения, ролик распределителя P2 отжимается, и распределитель под действием пружины возвращается в позицию 1 (рис.1.5).

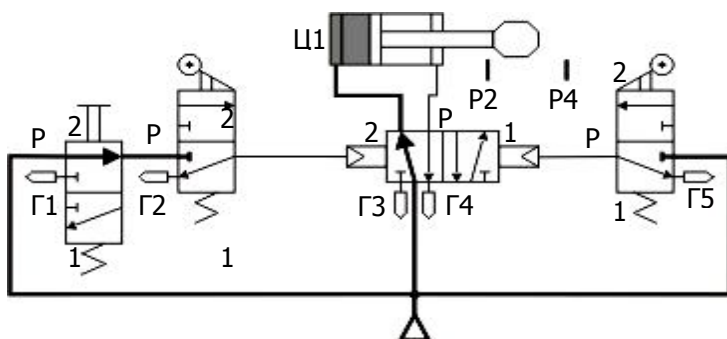


Рис.1.5. Состояние пневмопривода в задаче 1 после начала выдвижения штока пневмоцилиндра



Однако бистабильный распределитель РЗ останется в позиции 2, поэтому шток цилиндра будет продолжать выдвижение. В этой ситуации распределитель Р1 уже не играет никакой роли и его кнопку можно отпустить. Причём пока шток цилиндра не вернётся в исходную позицию, повторное нажатие кнопки распределителя Р1 никак не повлияет на работу привода. Таким образом выполняется ограничение на работу пневмопривода (см. условие задачи 1).

При выдвижении в крайнее правое положение шток цилиндра нажимает на рычаг распределителя Р4 и переводит его в позицию 2 (рис.1.6). При этом управляющий вход 1 распределителя РЗ подключается к узлу подготовки воздуха по цепи: УПВ – Р4 – У1РЗ и РЗ переключается в позицию 1. Бесштоковая полость соединяется с атмосферой (БПЦ1 – РЗ – ГЗ), а штоковая - с УПВ (УПВ – РЗ – ШПЦ1). Шток цилиндра втягивается, и привод возвращается в исходное положение.

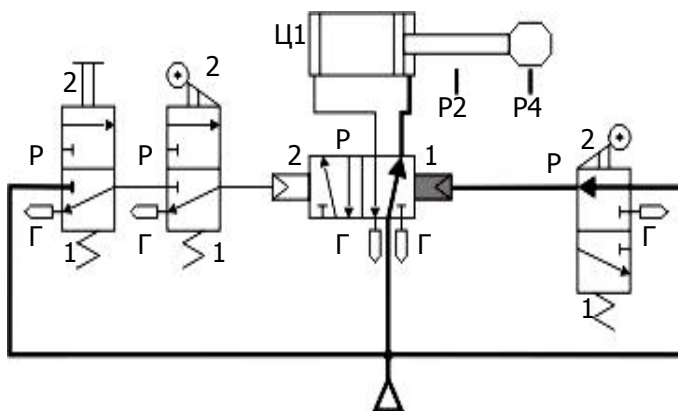


Рис.1.6. Состояние пневмопривода в задаче 1 при достижении штоком цилиндра крайнего вытянутого положения

В этом примере распределитель выполняет функции управляющего устройства, принимая сигналы от оператора, нажимающего кнопку распределителя Р1, и от датчиков Р2 и Р4. На основе полученных сигналов осуществляется переключение потоков сжатого воздуха и, соответственно, изменение направления движения штока пневмоцилиндра, который приводит в движение какой-либо технологический объект (заслонку, манипулятор, толкатель и т.п.).

Однако не всегда алгоритм работы пневмопривода является таким простым. Даже для цикловых пневмоприводов (особенно при управлении несколькими пневмоцилиндрами) условия переключения распределителя могут быть достаточно сложными. В этом случае для построения системы управления используют пневмоклапаны, которые выполняют логические функции. Иногда такие клапаны называют логическими элементами.

Логической функцией называют функцию, которая зависит от логических переменных. Логической переменной называют переменную, которая может принимать только два значения, например «0» или «1». Применительно к пневматическому приводу за «0» будем считать низкий уровень давления, недостаточный для срабатывания клапана или переключения распределителя. Соответственно под «1» понимают высокий уровень давления, достаточный для срабатывания клапана или переключения распределителя. Логическая функция, как правило, задаётся при помощи таблицы, называемой таблицей истинности.

Логические элементы выполняют простейшие логические функции: НЕ, И, ИЛИ. Условные графические обозначения логических клапанов и выполняемые ими логические функции показаны на рис.1.7.

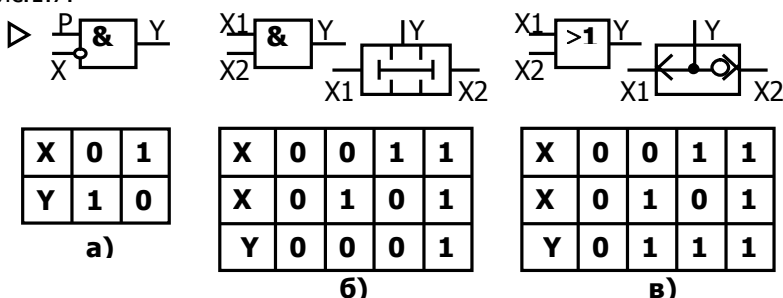


Рис.1.7. Условные графические обозначения и таблицы истинности логических функций пневмоклапанов: а - пневмоклапан «НЕ»; б - пневмоклапан «И»; в - пневмоклапан «ИЛИ»

Принципы работы логических пневмоклапанов легко запомнить при помощи следующих фраз\*:

для клапана «НЕ»: Y **НЕ** X;

для клапана «И»: Y равен 1, если X1=1 **И** X2=1;

для клапана «ИЛИ»: Y равен 1, если X1=1 **ИЛИ** X2=1.

\* Здесь и далее предлоги **НЕ, И, ИЛИ**, выделенные жирным шрифтом, означают одновременно логическую операцию.

Для того чтобы клапан «НЕ» выполнял логическую функцию НЕ по отношению ко входу X, на вход P должен подаваться сжатый воздух (см. рис.1.7, а).

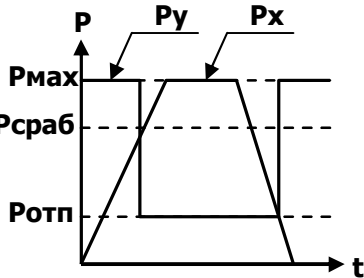


Рис.1.8. Изменение давления на выходе Y ( $P_y$ ) клапана «НЕ» в зависимости от изменения давления на входе X

Следует заметить, что логический клапан «НЕ» имеет одну особенность. Если давление на его входе X будет постепенно возрастать (рис.1.8), то срабатывание клапана произойдёт при некотором давлении, называемом давлением срабатывания ( $P_{сраб}$ ). Если давление на входе X будет постепенно уменьшаться от максимального значения, то обратное переключение произойдёт при давлении, которое называется давлением отпускания ( $P_{отп}$ ). Причём  $P_{сраб}$  больше, чем  $P_{отп}$ .

Устройство управления, которое принимает логические (дискретные) сигналы, обрабатывает их и выдает управляющие логические (дискретные) воздействия. Все логические автоматы делятся на комбинационные и последовательностные. У комбинационных авто-

матов значение выходных сигналов («0» или «1») в данный момент времени зависит только от значения входных сигналов в этот же момент времени. Описанные выше логические пневмоклапаны «НЕ», «И», «ИЛИ» являются простейшими комбинационными логическими автоматами.

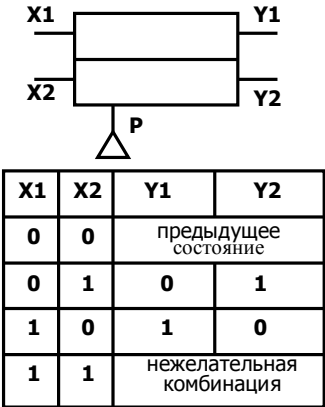


Рис.1.9. Условное графическое обозначение пневмоклапана «ПАМЯТЬ» и таблица его переключений

У последовательностных автоматов значение выходных сигналов в данный момент времени зависит не только от значения входных сигналов в этот же момент времени, но и от предыдущего состояния автомата. Простейшим последовательностным логическим автоматом является клапан «ПАМЯТЬ» (рис.1.9).

Пневмоклапан «ПАМЯТЬ» работает следующим образом. Если на вход X1 подать «1», а на X2 – «0», то на выходе Y1 будет «1», а на выходе Y2 – «0». Если после этого убрать сигнал со входа X1, на обоих входах будут «0», то на выходе Y1 останется «1», а на выходе Y2 – «0», т.е. клапан как бы сохраняет своё предыдущее состояние. Если теперь на вход X2 подать «1», а на входе X1 останется «0», то на выходе Y1 будет «0», а на выходе Y2 – «1». Если теперь со входа X2 убрать «1» и на обоих входах будет 0, то клапан снова сохраняет предыдущее состояние: на выходе Y1 – «0», на выходе Y2 – «1».

Таким образом, при одной и той же комбинации входных сигналов ( $X1=0$ ,  $X2=0$ ) на выходе могут быть разные комбинации (либо  $Y1=1$ ,  $Y2=0$ ; либо  $Y1=0$ ,  $Y2=1$ ) в зависимости от предыдущего состояния. Иногда такое устройство называют триггером.

Если на оба входа подать единицы, то клапан либо останется в предыдущем состоянии (если давление на обоих входах одинаково), либо 1 установится на том выходе, на входе которого больше давление. Чтобы в работе схемы не возникло неоднозначности, такое состояние допускать не рекомендуется.

Следует заметить, что бистабильный 5/2 распределитель также выполняет функцию «ПАМЯТЬ», если управляющие входы рассматривать как входы X1 и X2.

В качестве примера, иллюстрирующего *применение логических элементов*, рассмотрим **задачу 2**. Разработать схему пневмопривода, осуществляющего управление пневмоцилиндром по следующему алгоритму:

1. При кратковременном нажатии одной из двух кнопок «Пуск» шток цилиндра начинает совершать возвратно-поступательные движения.

2. При кратковременном нажатии кнопки «Стоп» шток цилиндра втягивается и останавливается.

Для управления направлением движения штока использовать бистабильный 5/2 распределитель с пневматическим управлением. В качестве кнопок и датчиков - моностабильные 3/2 распределители с механическим управлением.

Силовая часть привода будет иметь схему, приведённую на рис.1.10.

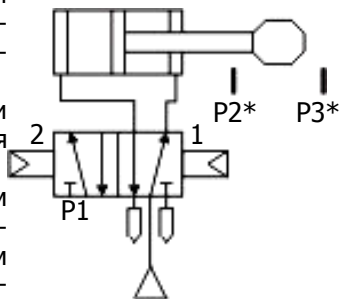


Рис.1.10. Силовая часть привода к задаче 2

Для разработки управляющей части схемы необходимо определить условия, при которых распределитель Р1 должен переключаться из одной позиции в другую (т.е. в каких случаях должны поступать сигналы на соответствующие управляющие входы).

Шток цилиндра должен выдвигаться в том случае, если он находится в исходной позиции (т.е. нажат ролик распределителя Р2) и если была нажата кнопка «Пуск 1» или «Пуск 2». Если же была нажата кнопка «Стоп», шток цилиндра должен оставаться втянутым. Таким образом, необходим клапан «ПАМЯТЬ», который бы «запомнил», какая из кнопок была нажата последней.

На вход Х1 клапана «ПАМЯТЬ» сигнал должен поступить в том случае, если нажата кнопка «Пуск1» **или** «Пуск2», а на вход Х2 – если нажата кнопка «Стоп» (рис.1.11).

В исходном состоянии все кнопки отжаты, соответственно на обоих входах Х1 и Х2 клапана К2 «ПАМЯТЬ» будет «0». Если нажата кнопка «Пуск 1» **или** «Пуск 2», то на выходе У клапана К1 «ИЛИ» появляется «1», которая поступает на вход Х1 клапана К2. Соответственно на выходе У1 будет «1», а на выходе У2 – «0».

Если нажать кнопку «Стоп», то на входе Х2 клапана К2 появится «1», и тогда на выходе У2 также будет «1», а на выходе У1 – «0».

Таким образом, на выходе У1 появляется сигнал, если была нажата кнопка «Пуск 1» **или** «Пуск 2», а на выходе У2 – если была нажата кнопка «Стоп».

Согласно алгоритму работы привода на управляющий вход 2 распределителя Р1 (см. рис.1.11) должен прийти сигнал, если нажат ролик распределителя Р2 **и** была нажата кнопка «Пуск1» **или** «Пуск2».

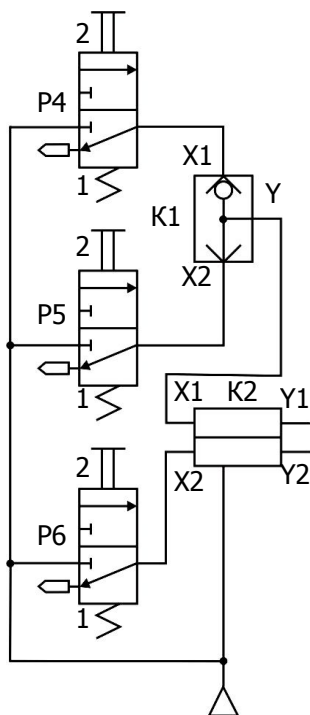


Рис.1.11. Применение клапана «ПАМЯТЬ» для «запоминания» последней нажатой кнопки

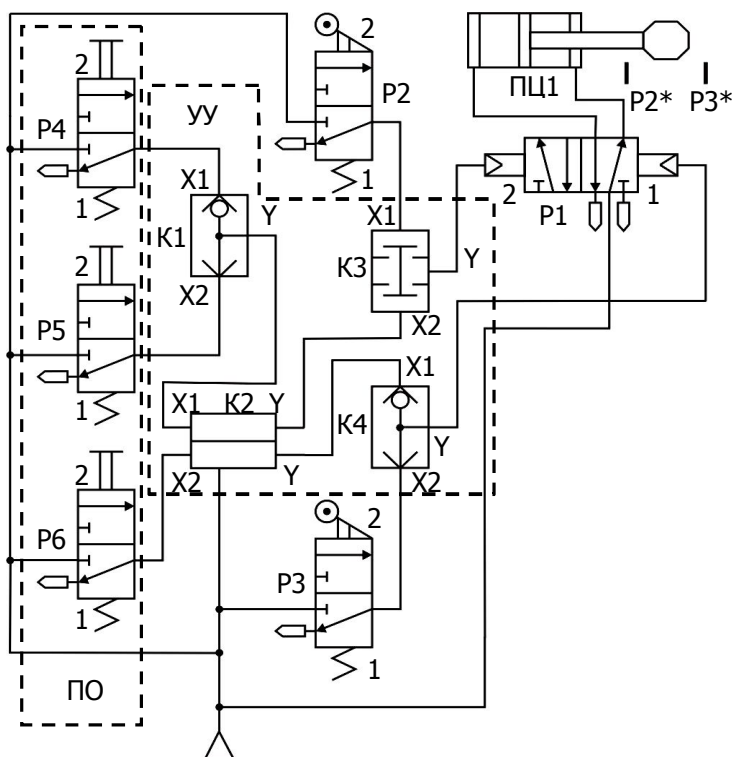


Рис.1.12. Схема пневмопривода к задаче 2.  
ПО – пульт оператора, УУ – устройство управления

На управляющий вход 1 должен прийти сигнал, если была нажата кнопка «Стоп» **ИЛИ** нажат ролик распределителя Р3.

Объединив выходы Y1 и Y2 клапана К2 «ПАМЯТЬ» с выходами распределителей Р2 и Р3 (рис.1.12) через соответствующие логические клапаны К3 («И») и К4 («ИЛИ»), получим полную схему привода.

В соответствии с рис.1.1, в разработанной схеме пневмопривода можно выделить: пульт оператора, состоящий из распределителей (пневмокнопок) Р4, Р5, Р6; устройство управления, представляющее собой последовательный логический автомат, собранный из логических клапанов К1 – К4; датчики – распределители Р2 и

P3; направляющая и регулирующая аппаратура – распределитель P1; исполнительный двигатель – пневмоцилиндр ПЦ1.

Следует заметить, что функция **И** может быть реализована последовательным включением устройств. Например, на рис.1.2 по-

следовательное включение распределителей P1 и P2 обеспечивает подачу сигнала на управляющий вход 2 распределителя P3 только в том случае, если нажата кнопка распределителя P1 **И** нажат ролик распределителя P2.

Функция **ИЛИ** в некоторых случаях может быть реализована путём параллельного включения пневмоустройств, однако при такой реализации нужно быть очень осторожным. Например, рассмотрим ситуацию, если на рис.1.11 убрать клапан K1 и распределители P4 и P5 соединить параллельно (рис.1.13).

При переключении в позицию 2 только одного из распределителей P4 **ИЛИ** P5 вход X1 клапана K2 будет соединён с атмосферой либо через Г1, либо через Г2. Это может привести к тому, что клапан K2 не сработает.

При разработке схемы пневмопривода с более сложным алгоритмом работы (особенно при управлении несколькими пневмоцилиндрами) определённую помощь может оказать составление циклограммы работы привода.

На циклограмме по горизонтальной оси откладывают время, а по вертикальной – состояние элементов (вкл./выкл.; нажато/отжато; движение вперёд/назад и т.п.). Иногда стрелками указывают причинно-следственные связи (т.е. нажатие какой кнопки или срабатывание какого датчика должно приводить к переключению распределителя и т.д.).

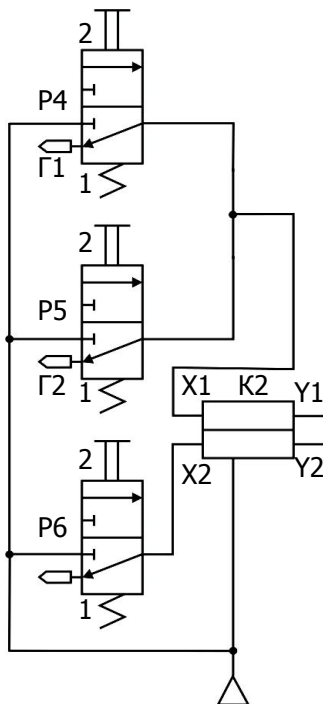


Рис.1.13. Неудачная реализация функции **ИЛИ** при параллельном соединении распределителей P4 и P5

Проиллюстрируем применение циклограммы на примере **задачи 3**. Разработать схему пневмопривода, управляющего двумя пневмоцилиндрами по следующему алгоритму:

1. При нажатии кнопки «Пуск» выдвигается шток первого цилиндра.
2. При достижении штоком первого цилиндра крайнего вытянутого положения выдвигается шток второго цилиндра.
3. После достижения штоком второго цилиндра крайнего вытянутого положения он автоматически втягивается.
4. После того как шток второго цилиндра полностью втянут, втягивается шток первого цилиндра.
5. После того как оба штока втянуты, они останавливаются до следующего нажатия кнопки «Пуск».

На работу схемы накладывается одно ограничение: если цикл работы привода ещё не завершён, нажатие кнопки «Пуск» не должно приводить к началу нового цикла.

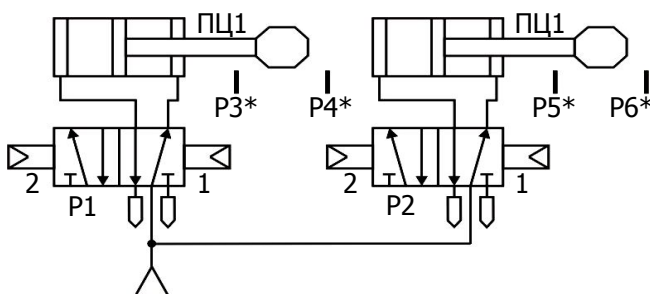


Рис.1.14. Схема силовой части привода к задаче 3

Для управления направлением движения штока пневмоцилиндра использовать 5/2 бистабильные распределители с пневматическим управлением. Тогда силовая часть привода будет иметь схему, показанную на рис.1.14. В качестве датчиков (P3 – P6) использовать 3/2 моностабильные распределители с механическим управлением.

Составим циклограмму работы привода (рис.1.15). В исходном состоянии (момент времени  $t_0$ ) штоки обоих цилиндров втянуты. Ролики распределителей P3 и P5 нажаты, и на их выходах есть сигнал. При нажатии кнопки «Пуск» (момент времени  $t_1$ ) шток первого



цилиндра должен выдвигаться, т.е. должен быть подан сигнал на второй управляющий вход распределителя Р1. Согласно ограничению, условием подачи сигнала является нажатие пневмокнопки «Пуск» **И** нажатие ролика распределителя Р3, что отражено на рис.1.15 стрелками.

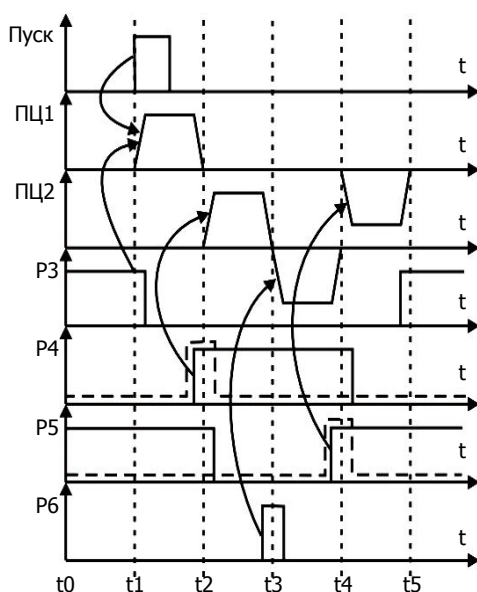


Рис.1.15. Циклограмма работы пневмопривода к задаче 3

При отходе штока от крайнего втянутого положения ролик распределителя Р3 отождётся, и сигнал на его выходе пропадёт.

При достижении штоком цилиндра ПЦ1 крайнего вытянутого положения (момент t2) происходит нажатие ролика распределителя Р4, что должно привести к выдвиганию штока цилиндра ПЦ2. Для этого должен быть подан сигнал на второй управляющий вход распределителя Р2. При отходе штока ПЦ2 от крайнего втянутого положения ролик распределителя Р5 отождётся, и сигнал на его выходе пропадёт.

При достижении штоком ПЦ2 крайнего вытянутого положения (момент t3) срабатывает распределитель Р6, в результате чего шток ПЦ2 должен втянуться, т.е. должен быть подан сигнал на первый управляющий вход распределителя Р2.

После того как шток ПЦ2 втянется (момент t4), снова появится сигнал на выходе Р5. Это должно привести к подаче сигнала на первый управляющий вход распределителя Р1 и втягиванию штока ПЦ1. После втягивания штока ПЦ1 (t5) рабочий цикл завершается (или повторяется).

На первый взгляд, для обеспечения требуемого алгоритма работы необходимо соединить выходы распределителей Р4, Р5, Р6 со входами У2Р2, У1Р1, У1Р2 соответственно (рис.1.16).

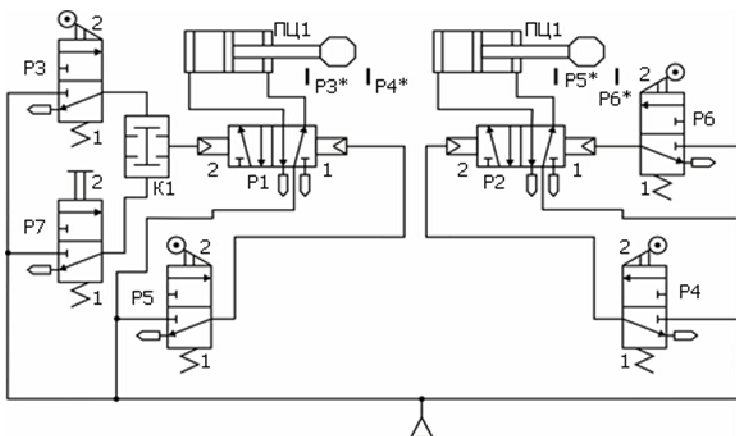


Рис.1.16. Первый (нерабочий) вариант схемы пневмопривода к задаче 3

Однако если внимательно проанализировать циклограмму, то можно увидеть, что при такой схеме включения привод не запустится, так как в исходном состоянии (момент времени  $t_0$  на циклограмме) на вход У1Р1 подаётся сигнал по цепи: УПВ – Р5 – У1Р1 (в исходном состоянии штоки цилиндров втянуты, ролик распределителя Р5 нажат). Соответственно при нажатии кнопки «Пуск» (распределителя Р7) в момент времени  $t_1$  распределитель Р1 не сможет переключиться в позицию 2.

Если же всё-таки удастся каким-то образом выдвинуть шток цилиндра ПЦ1, то в момент  $t_3$ , когда Р2 должен переключиться в поз. 1, он не сможет этого сделать, так как управляющий вход У2Р2 будет соединён с УПВ по цепи: УПВ – Р4 – У2Р2.

Таким образом, для того чтобы привод работал по заданному алгоритму, необходимо, чтобы сигнал на выходе распределителей Р4, Р5 (на входах У2Р2 и У1Р1) имел вид, показанный на рис.1.15 пунктирной линией. Для формирования такого сигнала можно использовать одно-вибратор (рис.1.17).

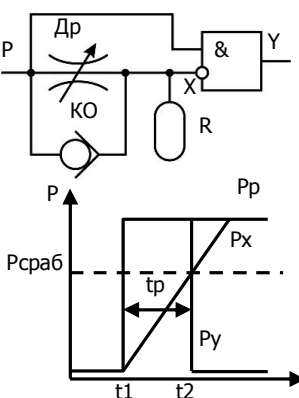


Рис.1.17. Одновибратор

Включив одновибраторы между выходами распределителей Р4, Р5 (см. рис.1.16) и входами У2Р2, У1Р1, получим схему привода, работающую согласно заданному в задаче 3 алгоритму. Схема показана на рис.1.18.

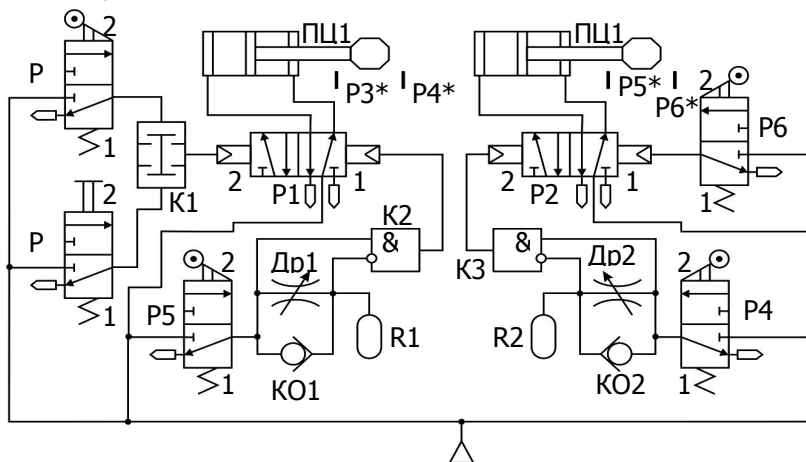


Рис.1.18. Схема пневмопривода к задаче 3

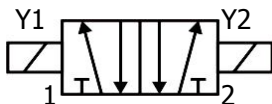


Рис.1.19. Условное графическое обозначение распределителя с электромагнитным управлением

18

герконы; датчики, основанные на эффекте Холла, индуктивные, ёмкостные, оптические). Система управления строится при помощи электромагнитных реле, цифровых электронных микросхем или программируемых логических контроллеров. Для изменения направления потока сжатого воздуха используются пневматические распределители с электромагнитным управлением (рис.1.19). Работа такого распределителя аналогична работе распределителя с пневматическим управлением, с той лишь разницей, что для переключения распределителя из одной позиции в другую необходимо подавать электрический сигнал (напряжение) на электромагниты Y1 и Y2.

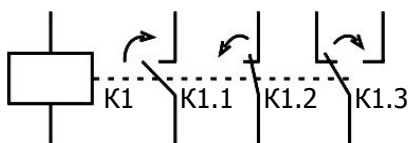


Рис.1.20. Условное графическое обозначение электромагнитного реле.  
Контакты показаны в исходном состоянии. Стрелками показано направление переключения при подаче напряжения на рабочую обмотку K1

Если привод работает по несложному алгоритму, то для управления такими распределителями используют электромагнитные реле (рис.1.20). Электромагнитное реле имеет одну рабочую обмотку (K1) и один или несколько контактов (K1.1 – K1.3). Контакты бывают нормально-разомкнутые (K1.1), нормально-замкнутые (K1.2) и парные (K1.3), представляющие собой комбинацию нормально-разомкнутого и нормально-замкнутого контактов.

Если на рабочую обмотку реле подать напряжение, то нормально-разомкнутый контакт замыкается, нормально-замкнутый – размыкается, парный – переключается.

На электрической схеме контакты реле изображают в исходном состоянии, т.е. когда на рабочую обмотку реле напряжение не подаётся.

При помощи реле так же, как и при помощи логических пневмоклапанов, могут быть реализованы логические функции (рис.1.21).

Логическая функция НЕ (рис.1.21, а) реализуется при помощи нормально-замкнутого контакта реле. В исходном состоянии, когда на входе X «0» (т.е. напряжение не подаётся), через замкнутый контакт K1.1 на выход Y подаётся напряжение  $U_n$  (т.е. на выходе –

«1»). При подаче напряжения на вход  $X$  ( $X=1$ ) контакт  $K1.1$  размыкается, и напряжение на выход  $Y$  не поступает ( $Y=0$ ).

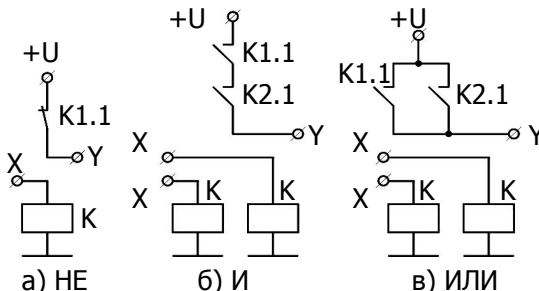


Рис.1.21. Реализация логических функций при помощи реле

включением нормально-разомкнутых контактов (рис.1.21, б). На выходе  $Y$  будет «1» только в том случае, если замкнуты оба контакта:  $K1.1$  и  $K2.1$ . Это произойдёт только в том случае, если подано напряжение на обе рабочие обмотки реле:  $K1$  и  $K2$ , т.е. если  $X1=1$  **И**  $X2=1$ . Если хотя бы на одну рабочую обмотку напряжение не подаётся (например,  $X1=0$ ), то соответствующий контакт ( $K1.1$ ) разомкнут, и на выход  $Y$  напряжение не поступает ( $Y=0$ ).

Логическая функция **ИЛИ** реализуется параллельным соединением нормально-разомкнутых контактов (рис.1.21, в). Если  $X1=1$  **ИЛИ**  $X2=1$ , то замыкается контакт  $K1.1$  **ИЛИ**  $K2.1$ , соответственно на выход  $Y$  подаётся напряжение ( $Y=1$ ).

Очень часто в релейных схемах используется так называемая функция «самоблокировки» (или «самоудержания»). Рассмотрим эту функцию на примере привода, приведённого на рис.1.22. Привод состоит из двух частей (схем) – пневматической (силовой) и электрической (управляющей). Иногда такой привод называют комбинированным пневмоэлектрическим, или электропневматическим.

При нажатии кнопки «Пуск» (с нормально-разомкнутым контактом) её контакт замыкается, и через рабочую обмотку реле  $K1$  проходит ток по цепи:  $+Un$  – «Пуск» – «Стоп» –  $K1$  – общий провод. При этом контакты реле  $K1.1$  и  $K1.2$  замыкаются.

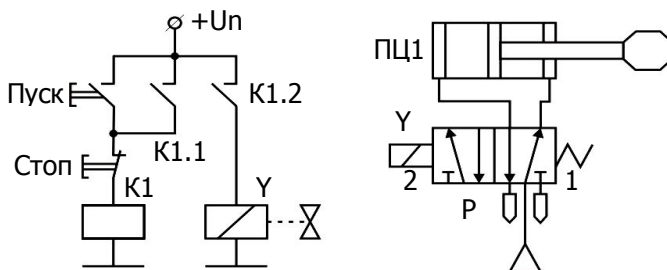


Рис.1.22. Схема пневмоэлектрического привода с функцией «самоблокировки» на реле K1

Контакт K1.1 включён параллельно кнопке «Пуск», поэтому при отпускании кнопки (когда её контакт разомкнётся) ток всё равно будет проходить через рабочую обмотку реле по цепи:  $+Un - K1.1 - \text{«Стоп»} - K1 - \text{общий провод}$ , т.е. реле как бы само удерживает себя во включённом состоянии своим контактом K1.1. Отсюда и название: схема «самоудержания» или «самоблокировки».

При замыкании контакта K1.2 ток проходит через электромагнит Y распределителя P1 по цепи:  $+Un - K1.2 - Y - \text{общий провод}$ . При этом распределитель переключается в позицию 2 и шток цилиндра выдвигается.

При нажатии кнопки «Стоп» (с нормально-замкнутым контактом) её контакт размыкается, цепь для прохождения тока через рабочую обмотку реле K1 разрывается, контакты K1.1 и K1.2 размыкаются. Соответственно прекращается прохождение тока через электромагнит Y1. Распределитель P1 под действием пружины возвращается в позицию 1, шток цилиндра втягивается.

**Для иллюстрации возможностей реле** рассмотрим схему пневмоэлектрического привода, выполняющего такие же функции, что и пневмопривод в задаче 2. Для управления направлением движения штока цилиндра будем использовать 5/2 бистабильный распределитель с электроуправлением (рис.1.23).

В исходном состоянии реле K1 выключено, соответственно контакт K3.1 замкнут, и через электромагнит Y1 проходит ток по цепи:  $+Un - K1.3 - Y1 - \text{общий провод}$ . Распределитель P1 находится в позиции 1, шток цилиндра втянут. При этом нажат ролик контактного датчика Д1 и его контакт замкнут.

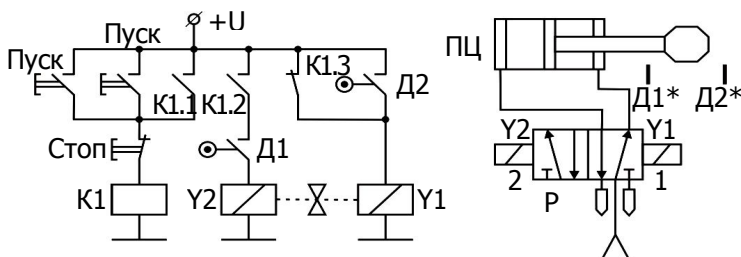


Рис.1.23. Схема пневмоэлектрического привода к задаче 2

При нажатии кнопки «Пуск1» **или** «Пуск2» через рабочую обмотку реле K1 проходит ток (в данном случае функция **или** реализована параллельным соединением кнопок). При этом замыкается контакт K1.1 и ставит реле K1 на самоблокировку. Кроме того, замыкается контакт K1.2, а контакт K1.3 – размыкается. Соответственно электромагнит Y1 отключается, а через электромагнит Y2 проходит ток по цепи:  $+Un - K1.2 - D1 - Y2$  – общий провод. Распределитель P1 переключается в позицию 2, шток цилиндра выдвигается.

При достижении штоком крайнего вытянутого положения нажимается ролик датчика D2, и его контакт замыкается. Включается электромагнит Y1, и распределитель P1 переключается в позицию 1 (электромагнит Y2 в этот момент отключён, так как при выдвигении штока размыкается контакт датчика D1). Шток цилиндра втягивается.

При втягивании штока вновь замыкается контакт датчика D1, и распределитель снова переключается в позицию 2. Так происходит возвратно-поступательное движение штока.

При нажатии кнопки «Стоп» отключается реле K1, контакт K1.2 размыкается, а K1.3 замыкается. Включается электромагнит Y1, и шток цилиндра втягивается.

Таким образом, контакт K1.2 замкнут в том случае, если последней была нажата кнопка «Пуск», а K1.3 – если нажата кнопка «Стоп». Контакт датчика D1 включён последовательно с K1.2, т.е. реализуется функция **И**. Электромагнит Y2 включается, если замкнут контакт датчика D1 **и** последней была нажата кнопка «Пуск». Электромагнит Y1 включается, если замкнут контакт датчика D2 **или** последней была нажата кнопка «Стоп».

Следует заметить, что хотя схема на рис.1.23 выполняет возложенную на неё задачу, она имеет один недостаток: в состоянии останова (после нажатия кнопки «Стоп») электромагнит Y1 постоянно находится под напряжением.

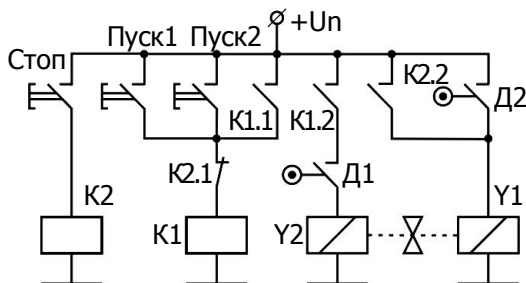


Рис.1.24. Изменённая электрическая схема пневмоэлектропривода к задаче 2

Желательно составлять электрические схемы таким образом, чтобы напряжение на электромагниты подавалось кратковременно. Это повышает долговечность и безопасность работы оборудования. На рис.1.24 дана электрическая схема, лишённая этого недостатка. В схеме при нажатии кнопки «Стоп» замыкается контакт K2.2, через электромагнит Y1 протекает ток, распределитель переключается в соответствующую позицию. При отпускании кнопки контакт K2.2 размыкается, напряжение с электромагнита снимается.

**Для создания электрической схемы пневмоэлектропривода применяют также электронные реле.** По своему принципу действия они аналогичны электромагнитным реле, но вместо электрических контактов имеют электронные (транзисторные, тиристорные или симисторные) ключи. Электронные реле имеют более высокое быстродействие и надёжность по сравнению с электромагнитными, но, как правило, меньшее количество контактов.

При необходимости реализации временных интервалов (например, как в задаче 3) используют реле времени. Реле времени представляют собой несколько более сложные электронные устройства и могут работать в различных режимах: задержка включения, задержка выключения, одновибратор и т.п.

Если требуется управлять несколькими цилиндрами по сложному алгоритму, то для создания системы управления используют программируемый логический контроллер (ПЛК), который представляет собой сложное микропроцессорное устройство, имеющее несколько логических входов и выходов. На входы контроллера поступают логические электрические сигналы от датчиков или кнопок. К выходам контроллера подключают электромагниты распределителей, рабочие обмотки реле, сигнальные лампы и другие исполнительные



устройства. Контроллер обрабатывает входные сигналы по заданному алгоритму и, в соответствии с задачей управления, включает или выключает необходимые выходы.

Алгоритм работы ПЛК определяется программой, записанной в его память. Программа составляется при помощи персонального компьютера и записывается в память контроллера через специальный коммуникационный интерфейс. Для составления программ используется несколько языков программирования ПЛК:

1. Язык инструкций (STL) – использование этого языка требует знания внутренней структуры контроллера и основ микропроцессорной техники.

2. Язык функциональных схем (FBD) – использование этого языка требует знания основ цифровой электроники.

3. Язык лестничных диаграмм (LAD) – требует знания принципов работы электромагнитных реле. Другое название этого языка – язык релейно-контактных схем (РКС).

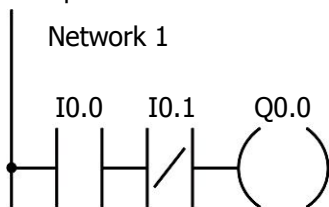


Рис.1.25. Фрагмент программы (вычислительная цепочка) на языке LAD

Программа на языке РКС представляет собой набор вычислительных цепочек (network). Каждая цепочка (рис.1.25) начинается от виртуальной шины питания (ВШП), состоит из набора нормально-разомкнутых (I0.0) и нормально-замкнутых (I0.1) контактов и заканчивается выходной обмоткой (Q0.0). Здесь I0.0 и I0.1 – номера входов, а Q0.0 – номер выхода контроллера.

Если от виртуальной шины питания проходит сигнал (виртуальный ток) до выходной обмотки, то на соответствующий выход контроллера подаётся напряжение (он устанавливается в «1»). Нормально-разомкнутый контакт «замыкается» в том случае, если на соответствующий вход ПЛК подаётся напряжение «1». Нормально-замкнутый контакт «размыкается», если на соответствующий вход ПЛК подаётся напряжение «1».

Таким образом, во фрагменте программы, приведённом на рис.1.25, сигнал на обмотку Q0.0 проходит в том случае, когда на входе I0.0 есть напряжение (контакт I0.0 замыкается), а на входе I0.1 напряжения нет ( $I0.1=0$ ). В этом случае контакт I0.1 находится в исходном состоянии, т.е. замкнут.

Контакты могут обозначаться также по номерам выходов (буквой Q). В этом случае нормально-разомкнутый контакт замыкается, если соответствующий выход установлен в «1».

Есть также обмотки и контакты, обозначаемые буквой М (M0.0, M0.1, M1.0 и т.д.). Такие обмотки можно представить как рабочие обмотки «внутренних» реле контроллера, контакты которых переключаются при прохождении на обмотку сигнала от виртуальной шины питания.

Рассмотрим пример применения ПЛК для реализации задачи 2. В данном случае привод будет состоять из электрической и пневматической частей и управляющей программы (рис.1.26).

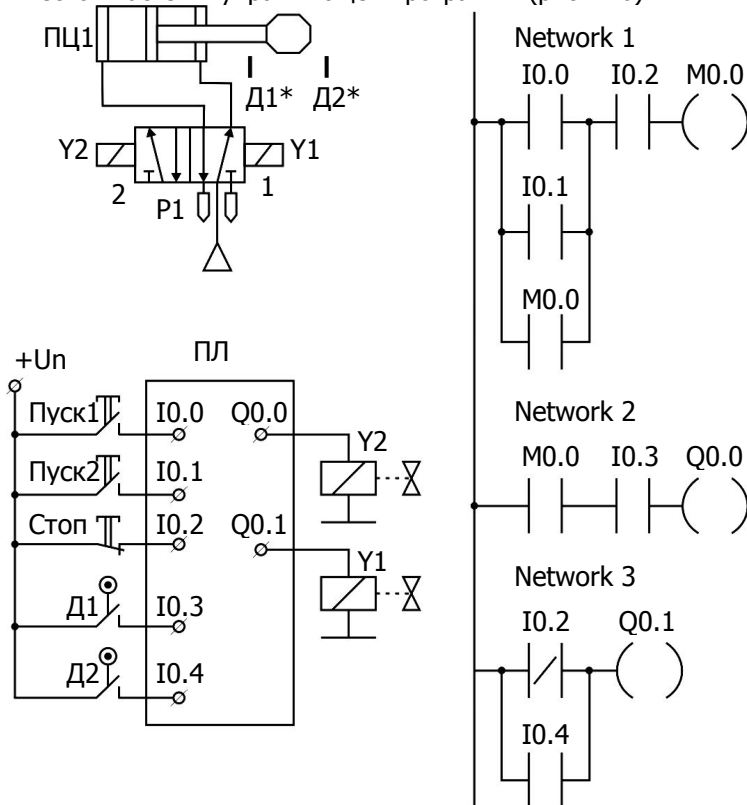


Рис.1.26. Схема пневмоэлектрического привода к задаче 2 с устройством управления на основе ПЛК

В исходном состоянии шток цилиндра втянут, кнопки «Пуск» и «Стоп» отжаты. Напряжение на входы I0.0 и I0.1 не поступает, соответственно в вычислительной цепочке Network 1 контакты I0.0 и I0.1 разомкнуты, следовательно, сигнал на обмотку M0.0 не поступает. В то же время при отжатой кнопке «Стоп» поступает «1» на вход I0.2, соответственно контакт I0.2 в цепочке Network 1 замкнут (а в цепочке Network 3 - разомкнут). Кроме того, при втянутом штоке нажат ролик датчика D1, соответственно замкнут контакт I0.3 в цепочке Network 2.

При нажатии одной из кнопок «Пуск» «1» поступает на вход I0.0 или I0.1, замыкается один из соответствующих контактов в цепочке Network 1, и на обмотку M0.0 поступает сигнал по цепи: ВШП - I0.0 или I0.1 - I0.2 - M0.0.

При этом замыкается контакт M0.0 в цепочке Network 1 и ставит обмотку M0.0 на самоблокировку. В Network 2 M0.0 также замыкается, поэтому поступает сигнал на обмотку Q0.0 (I0.3 замкнут, так как нажат ролик D1). На выходе Q0.0 контроллера появляется напряжение, включается электромагнит Y2, распределитель P1 переключается в позицию 2, шток цилиндра выдвигается.

При достижении штоком крайнего вытянутого положения замыкается контакт датчика D2, поступает напряжение на вход I0.4, и в Network 3 контакт I0.4 замыкается. При этом сигнал проходит на обмотку Q0.1, на соответствующем выходе контроллера появляется напряжение и включается электромагнит Y1. Распределитель P1 переключается в позицию 1 (Y2 выключен, так как при выдвигении штока размыкается контакт D1), шток цилиндра втягивается.

Когда шток втянут, контакт D1 замкнут, D2 разомкнут. Соответственно I0.3 в Network 2 замкнут, I0.4 в Network 3 разомкнут. Снова включается Y2, а Y1 - выключается. Шток цилиндра выдвигается. Таким образом, шток цилиндра будет совершать возвратно-поступательные движения.

При нажатии кнопки «Стоп» её контакт размыкается, напряжение на вход I0.2 не поступает, контакт I0.2 в Network 1 размыкается, а в Network 3 - замыкается. При этом обмотка M0.0 отключается, распределитель P1 переключается в позицию 1, рабочий цикл завершается (или повторяется).

Следует отметить, что помимо контактов и обмоток, язык LAD содержит ещё целый ряд блоков, позволяющих реализовывать поддержку времени, подсчёт количества событий и множество других функций. Важным преимуществом программируемого логического контроллера является также возможность изменения алгоритма ра-

боты только за счёт изменения программы, без изменения электрических и пневматических соединений.

Однако при выборе варианта построения устройства управления следует в первую очередь ориентироваться на требования техники безопасности, условия окружающей среды и стоимость устройств для создания системы управления.

## II. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

### 2.1. Общие методические указания

#### 2.1.1. Лабораторная установка

Лабораторные работы выполняются на универсальном пневматическом стенде «Camozzi», который представлен на рис.2.1.

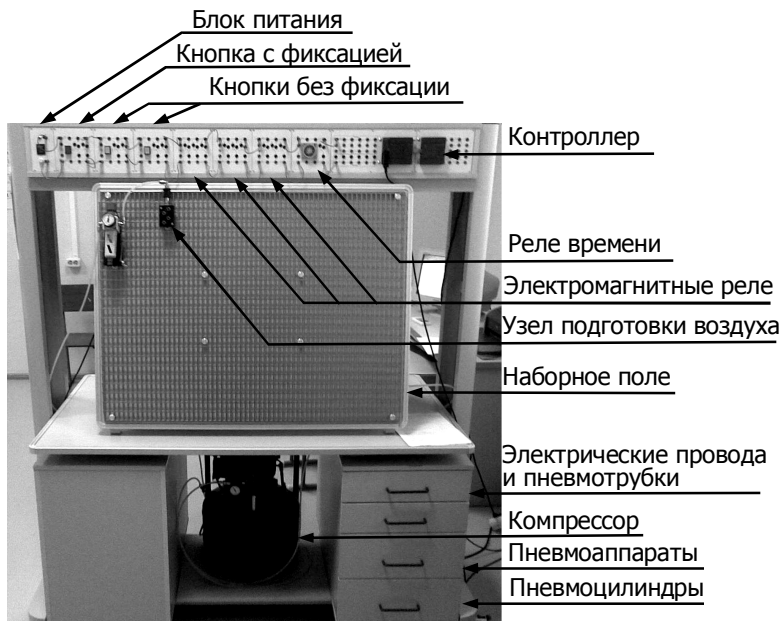


Рис.2.1. Универсальный пневматический стенд «Camozzi»

Стенд представляет собой двухстороннюю конструкцию. Внизу, в центре станда располагается компрессор с ресивером, который осуществляет питание сжатым воздухом обеих сторон станда. Внизу справа расположена тумба с выдвижными ящиками, в которых размещены пневматические аппараты. Все пневмоаппараты являются реальными промышленными образцами, выпускаемыми компанией «Camozzi».

В верхнем ящике – пневмопроводы и электрические провода, во втором сверху – пневматические аппараты с пневмоуправлением, в третьем - пневматические аппараты с электроуправлением и электрические датчики, в нижнем – пневмоцилиндры. Все пневмоаппараты оснащены быстроразъёмными соединениями серии «Sprint» производства «Camozzi». После выполнения лабораторной работы пневмоаппараты необходимо разложить по своим ящикам.

Над тумбой в центре станда расположено наборное поле (рис.2.2). Пневмоаппараты крепятся на нём при помощи специальных зажимов. На наборном поле также расположен узел подготовки воздуха, подсоединённый к компрессору и включающий фильтр-регулятор, пневмоклапан и распределительную плиту с четырьмя быстроразъёмными фитингами с самозапириением.

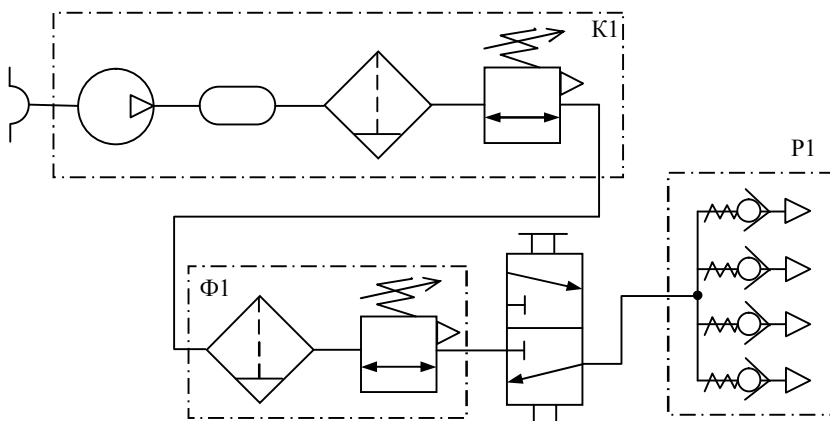


Рис.2.2. Пневматическая схема узла подготовки воздуха:  
K1 – компрессорная установка; Ф1 – фильтр-регулятор;  
P1 - распределительная плита

Для присоединения трубопровода к пневмоаппарату или узлу подготовки необходимо вставить его в фитинг до лёгкого щелчка. Для отсоединения необходимо нажать на цангу и вытащить трубопровод.

Над наборным полем расположена электронная линейка, включающая блок питания 24 В, одну кнопку с фиксацией, две кнопки без фиксации, три электромагнитных реле, реле времени (таймер) и программируемый логический контроллер (ПЛК).

Все блоки снабжены электрическими разъёмами и могут соединяться при помощи электрических проводов. ПЛК имеет разъём для подключения к персональному компьютеру и программирования.

Блок питания имеет защиту от короткого замыкания. При нормальной работе сигнальная лампа блока питания светится красным светом. При возникновении короткого замыкания напряжение на выходе блока питания отключается и уменьшается яркость свечения сигнальной лампы. После устранения короткого замыкания для возобновления работы блока питания его необходимо выключить на 1 мин., а затем снова включить.

### **Правила техники безопасности при работе на универсальном пневматическом стенде «Camozzi»**

1. Приступать к работе на стенде разрешается только после внимательного изучения настоящих правил.

2. Прежде чем приступить к макетированию пневмосистем, необходимо выключить питание электронной линейки (перевести красный выключатель в положение «0») и отключить подачу сжатого воздуха (черная втулка пневмораспределителя перед коллектором должна быть отведена до упора в положение, противоположное направлению стрелки).

3. Включать электропитание или подачу сжатого воздуха разрешается только после проверки правильности пневматической и электрической схем преподавателем или инженером. При работе пневмосистемы существует опасность поражения глаз человека при вырыве трубки из соединения. Во избежание такой ситуации необходимо перед подачей сжатого воздуха проверить надежность всех пневматических соединений. Запрещена работа мокрыми руками на стенде во избежание поражения электрическим током.

4. Любая коммутация пневматических или электрических линий разрешается только при отключенном электропитании и отключённой подаче сжатого воздуха.

5. После завершения макетирования необходимо отключить электропитание и подачу сжатого воздуха, разобрать пневмосистему и сложить все пневмоэлементы, трубки и провода в ящики.

6. В случае возникновения нестандартных ситуаций (дым, запах гари, искры и т.п.) по возможности отключить стенд от электросети и сообщить преподавателю или инженеру о происшествии.

### 2.1.2. Номер индивидуального задания студента

Последняя цифра зачетной книжки	Номер задачи															
	лабораторной работы №1					лабораторной работы №2				лабораторной работы №3			лабораторной работы №4			
1	1	2	4	6		1	2	4		1	3	5,6	1,2	3	5	7
2	1	2	4	6		1	2	4		1	3	5,6	1,2	3	5	7
3	1	2	4	6		1	2	4		1	3	5,6	1,2	3	5	7
4	1	2	4	6		1	2	4		1	3	5,6	1,2	3	5	7
5	1	2	4	6		1	2	4		1	3	5,6	1,2	3	5	7
6	1	3	5	6		1	3	4		2	4	5,6	1,2	4	6	7
7	1	3	5	6		1	3	4		2	4	5,6	1,2	4	6	7
8	1	3	5	6		1	3	4		2	4	5,6	1,2	4	6	7
9	1	3	5	6		1	3	4		2	4	5,6	1,2	4	6	7
0	1	3	5	6		1	3	4		2	4	5,6	1,2	4	6	7

## 2.2. Лабораторная работа №1

### УПРАВЛЕНИЕ СКОРОСТЬЮ И ПОЛОЖЕНИЕМ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПНЕВМОПРИВОДА

Выполнил студент гр. \_\_\_\_\_

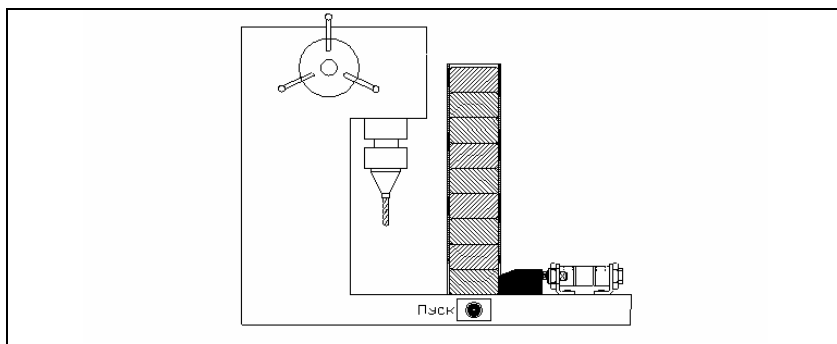
Проверил \_\_\_\_\_

**Цель работы:** Изучение основных способов и схемотехнических решений для регулирования положения, направления и скорости движения поршней пневмоцилиндров одностороннего и двустороннего действия при применении моностабильных и бистабильных распределителей, дросселей, клапанов быстрого выхлопа и клапанов, выступающих в роли конечных выключателей.

#### Задача 1

**Постановка задачи:** обеспечить подачу с помощью пневматического цилиндра заготовок из накопителя на рабочую позицию сверлильного станка. При нажатии на пневматическую кнопку «Пуск»

шток цилиндра должен выдвинуться и переместить заготовку из накопителя в рабочую позицию.



### *Задание:*

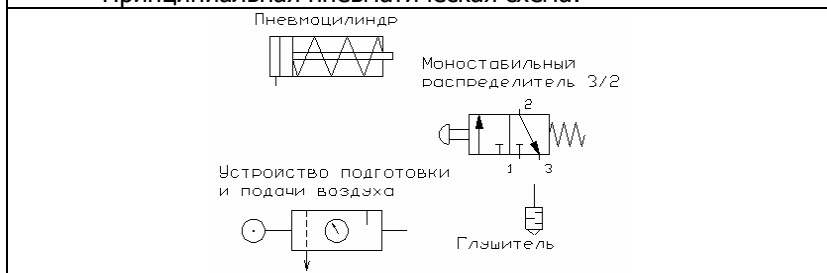
1) разработать принципиальные пневматические схемы привода на базе пневмоцилиндров одностороннего и двустороннего действия с использованием трёхлинейных и пятилинейных пневматических распределителей. Применить прямое управление пневмоцилиндрами;

2) смоделировать варианты пневмопривода подачи заготовок на тренажёре.

### *Решение 1*

Использование пневмоцилиндра одностороннего действия и трёхлинейного двухпозиционного моностабильного пневмораспределителя

Принципиальная пневматическая схема:



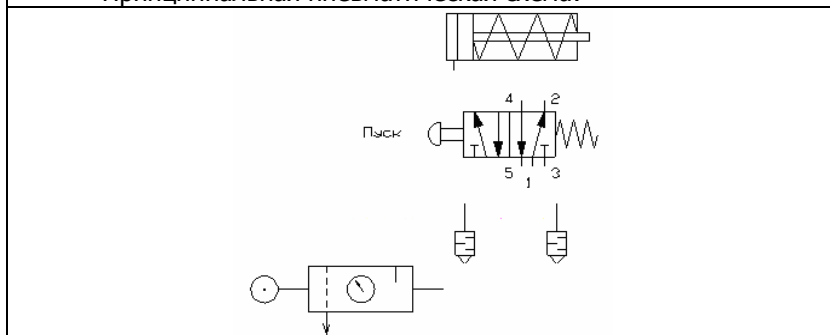


### Решение 2

Из соображений унификации используемой элементной базы при проведении экстренных ремонтных работ и в условиях отсутствия нового 3/2 распределителя целесообразно использовать схему с 5/2 распределителем с одним заглушенным каналом потребителя.

Использование пневмоцилиндра одностороннего действия и пятилинейного двухпозиционного моностабильного пневмораспределителя

Принципиальная пневматическая схема:

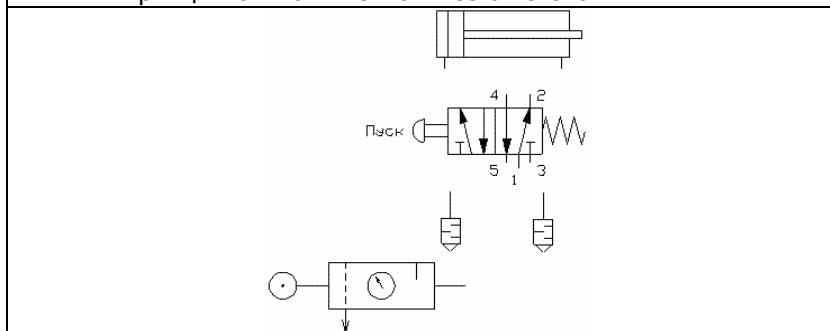


*Примечание:* 1-5 здесь и далее номер позиции пневмораспределителя.

### Решение 3

Использование пневмоцилиндра двустороннего действия и пятилинейного двухпозиционного моностабильного пневмораспределителя

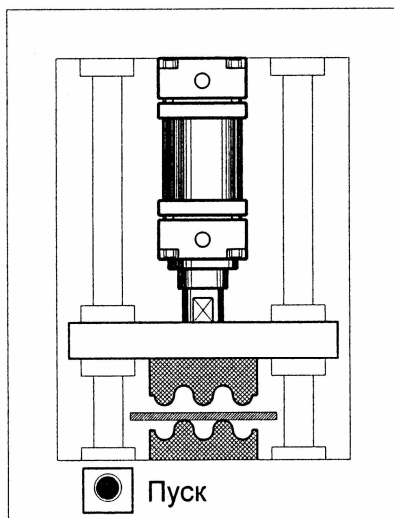
Принципиальная пневматическая схема:



## Задача 2

*Постановка задачи:* снабдить пресс для штамповки гофрированного металлического листа пневматическим приводом. При нажатии на пневматическую кнопку «Пуск» шток цилиндра должен выдвинуться и, опуская пуансон, произвести операцию штамповки. После отпускания пусковой кнопки шток должен возвратиться в исходную позицию.

Схема пресса, оснащённого пневматическим приводом, для гофрирования металлического листа:

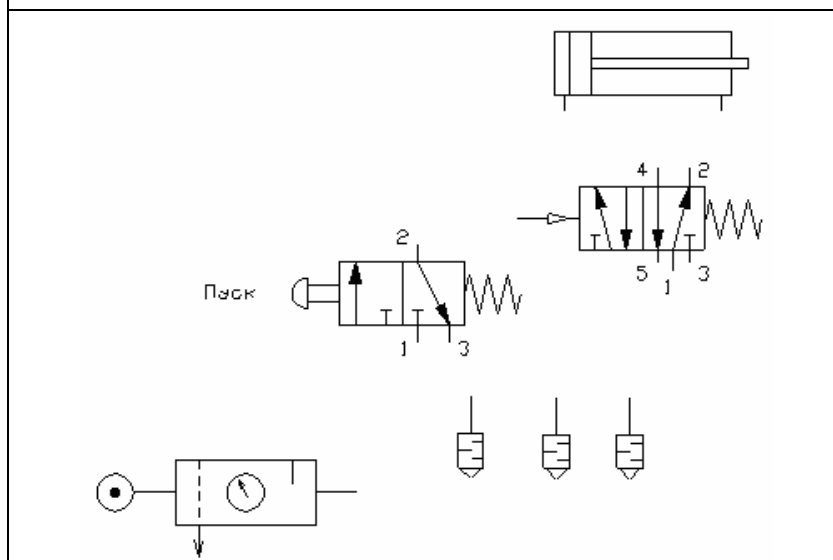


*Задание:*

- 1) разработать принципиальную пневматическую схему системы управления пресса на базе пневмоцилиндра двустороннего действия и моностабильного 5/2 пневмораспределителя;
- 2) смоделировать систему управления на тренажере.

*Решение:* для обеспечения необходимого усилия прессования должен быть использован цилиндр достаточно большого диаметра. При прямом управлении расход сжатого воздуха через пневматическую кнопку будет недостаточен для обеспечения быстрого выдвижения штока цилиндра, следовательно, необходимо применить не-  
 прямое управление пневмоцилиндром.

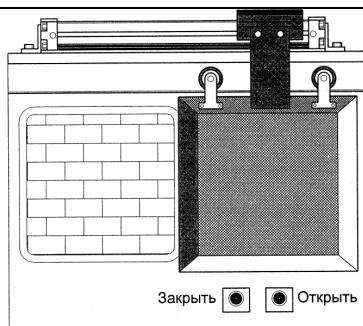
Применение непрямого управления пневмоцилиндром двустороннего действия с использованием моностабильных распределителей:



### Задача 3

*Постановка задачи:* дверь муфельной печи должна приводиться в движение пневмоприводом на базе бесштокового пневмоцилиндра. Закрытие и открытие двери производить кратковременным нажатием пневмокнопок «Открыть» и «Закрыть».

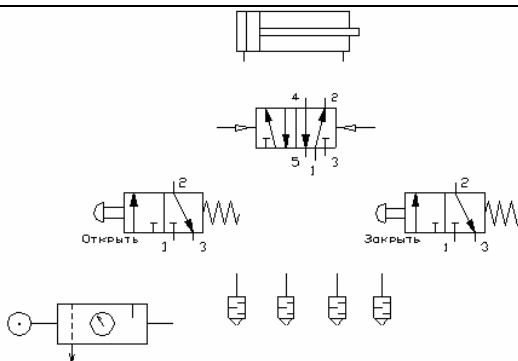
Схема муфельной печи с дверью, открываемой пневмоприводом:



**Задание:** разработать принципиальную пневматическую схему привода для управления дверью муфельной печи на базе пневмоцилиндра двустороннего действия. Смоделировать пневмопривод на тренажере.

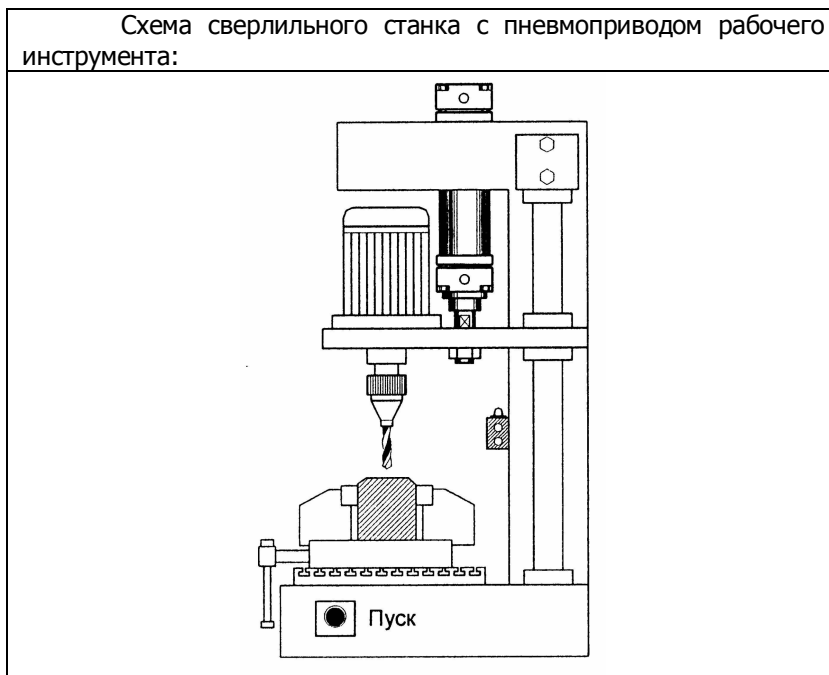
**Рекомендации:** для того чтобы дверь муфельной печи оставалась в положении «открыто» или «закрыто» после кратковременного нажатия соответствующих кнопок, управлять приводным пневмоцилиндром рекомендуется с помощью бистабильного 5/2 распределителя. Если в составе стенда-тренажера отсутствует бесштоковый пневмоцилиндр, то предлагается моделировать схему, используя пневмоцилиндр двустороннего действия традиционной конструкции.

Применение непрямого управления пневмоцилиндром двустороннего действия на основе бистабильного пневмораспределителя:



#### Задача 4

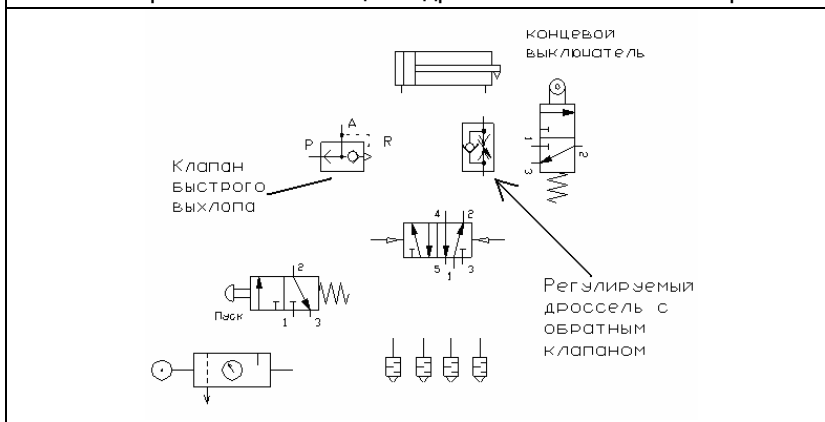
*Постановка задачи:* осуществить подачу рабочего инструмента сверлильного станка с помощью пневмопривода. При кратковременном нажатии на пневмокнопку «Пуск» патрон с инструментом совершает рабочую операцию и после ее выполнения автоматически возвращается в исходную позицию.



*Задание:* разработать принципиальную пневматическую схему системы управления подачей рабочего инструмента на основе пневмоцилиндра двустороннего действия. Обеспечить регулирование скорости рабочей подачи инструмента и максимальную возможную скорость отвода инструмента. Смоделировать систему на тренажере.

## Решение

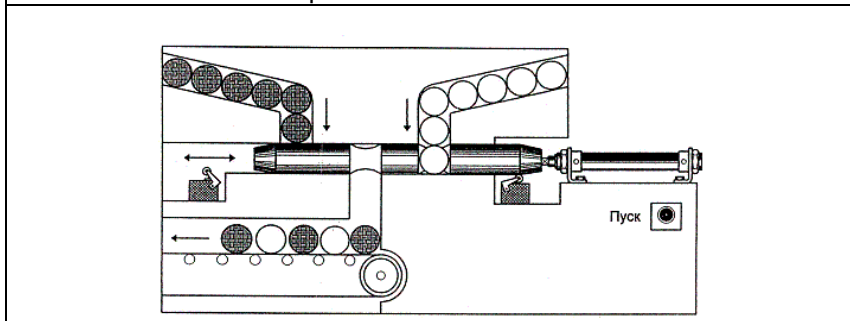
### Управление пневмоцилиндром по положению и скорости:



## Задача 5

**Постановка задачи:** оснастить пневмоприводом устройство для поочерёдной подачи деталей из двух накопителей на конвейер. При включенной пневмокнопке «Пуск» плунжер загрузки совершает возвратно-поступательные движения в автоматическом режиме. После отпускания кнопки «Пуск» происходит остановка плунжера в любом крайнем положении. Обеспечить независимое регулирование скоростей выдвижения и втягивания штока пневмоцилиндра.

Схема устройства для поочередной подачи деталей из двух накопителей на конвейер:

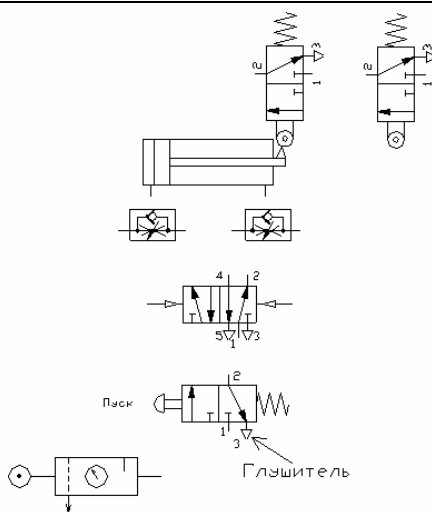


*Задание:*

- 1) разработать принципиальную пневматическую схему пневмопривода на основе цилиндра двустороннего действия с применением клапанов, выступающих в роли конечных выключателей;
- 2) смоделировать пневматическую систему управления на тренажере.

*Решение*

Управление приводом по положению и скорости движения с использованием конечных выключателей:

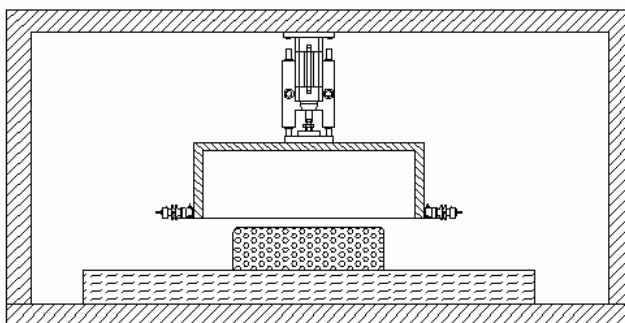


**Задача 6**

*Постановка задачи:* оснащённое пневмоприводом устройство разрезания блоков из пенопласта должно обеспечить движение нагретой струны, играющей роль режущего элемента, с разными скоростями на различных участках траектории. Запуск устройства производится кратковременным нажатием на кнопку «Пуск». Для повышения производительности при движении вниз из исходного положения

ния струна должна двигаться с большой скоростью до заданного положения, зависящего от высоты разрезаемого блока. Затем движение вниз продолжается с более низкой рабочей скоростью, необходимой для качественного разрезания пенопласта. При достижении крайнего нижнего положения струна должна автоматически подниматься с высокой регулируемой скоростью. При повторном нажатии кнопки «Пуск» описанные движения повторяются.

Схема устройства для разрезания блоков из пенопласта:



*Задание:*

1) дополнить недостающими соединительными линиями принципиальную пневматическую схему пневмопривода на основе цилиндра двустороннего действия с применением моностабильных и бистабильных распределителей и клапанов, выступающих в роли конечных выключателей;

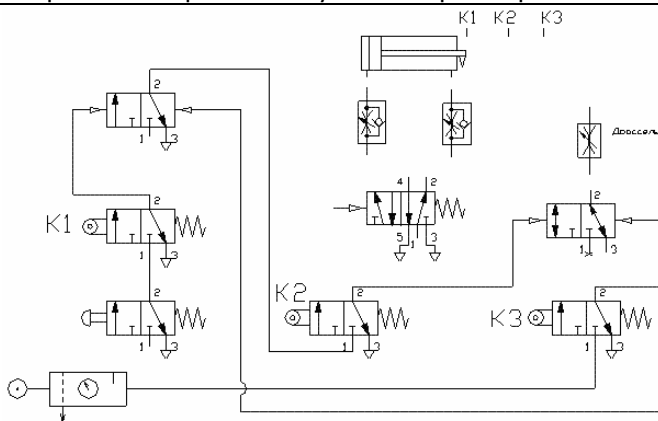
2) обеспечить регулирование скоростей выдвижения и втягивания штока пневмоцилиндра.

3) смоделировать пневматическую систему управления на тренажере.



Схема пневмопривода, обеспечивающая движение с разными скоростями на различных участках траектории:

Схема пневмопривода, обеспечивающая движение с разными скоростями на различных участках траектории:



## Лабораторная работа №2

## УПРАВЛЕНИЕ ПНЕВМОПРИВОДОМ ПО СРЕДСТВАМ ПНЕВМОЛОГИКИ

Выполнил студент гр. \_\_\_\_\_  
Проверил \_\_\_\_\_

*Цель работы:* Изучение пневматических компонентов и типовых схмотехнических решений для реализации логических функций при управлении пневмоприводами.

### Задача 1

*Постановка задачи:* с помощью стенда-тренажёра изучить особенности функционирования пневматических логических клапанов «И», «ИЛИ» и «НЕТ».

**Задание:**

1) собрать на стенде-тренажёре и испытать пневматические устройства в соответствии с приведёнными ниже элементами принципиальных пневматических схем;

2) убедиться в том, что функционирование логических устройств происходит в соответствии с указанными ниже таблицами истинности.

## Виды пневматических логических клапанов и таблицы истинности:

**нет**

X	0	1
A	1	0

**да**

X	0	1
A	0	1

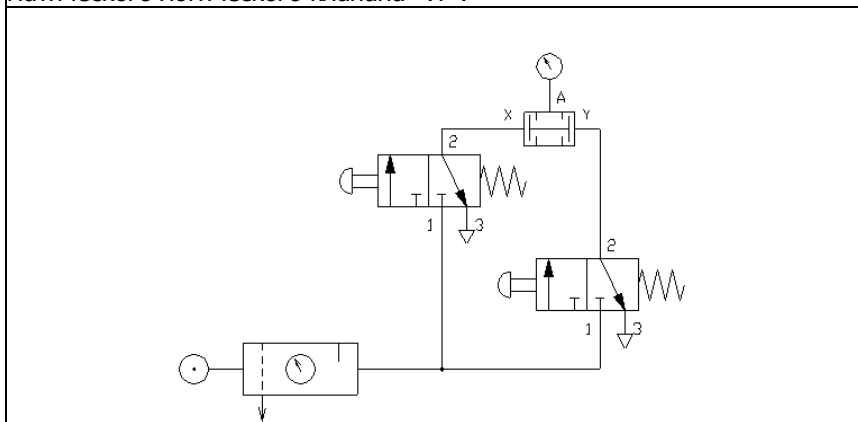
**или**

P <sub>1</sub>	0	1	0	1
P <sub>2</sub>	0	0	1	1
A	0	1	1	1

**и**

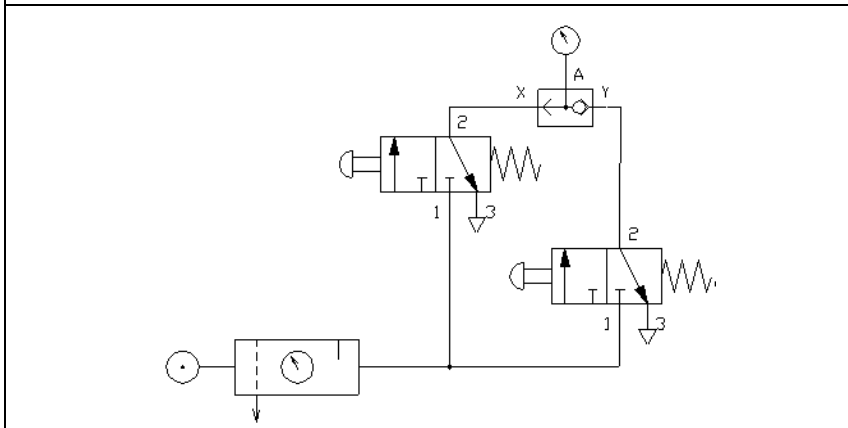
P <sub>1</sub>	0	1	0	1
P <sub>2</sub>	0	0	1	1
A	0	0	0	1

Реализация функции логического умножения с помощью пневматического логического клапана «И»:

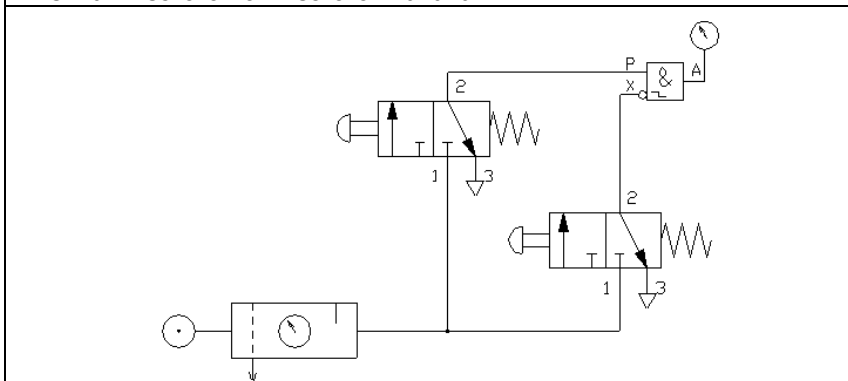


*Примечание:* 1-5 – здесь и далее номер линии пневмораспределителя.

Реализация функции логического сложения с помощью пневматического логического клапана «ИЛИ»:

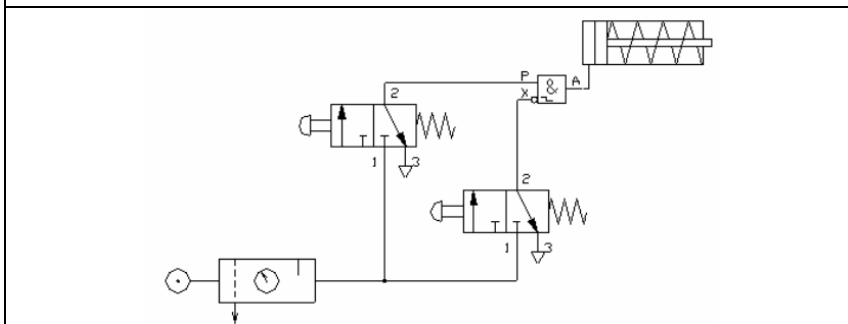


Реализация функции логического отрицания с помощью пневматического логического клапана «НЕТ»:



Обратите внимание на то, что логические элементы «НЕТ» и «ДА» создают на выходе достаточно большой расход воздуха и поэтому могут использоваться для непосредственного управления цилиндрами.

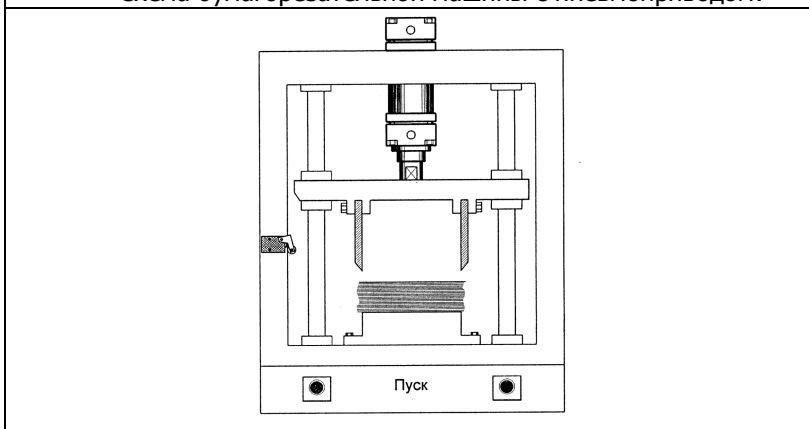
Непосредственное управление пневматическим цилиндром с помощью логического элемента «ИЕТ»:



## Задача 2

*Постановка задачи:* машина для обрезки листов бумаги до заданного формата снабжена пневматическим приводом на основе цилиндра двустороннего действия. Для обеспечения безопасности работы оператора пуск должен производиться только при нажатии двух кнопок. Возврат резака осуществляется автоматически после выполнения рабочей операции.

Схема бумагорезательной машины с пневмоприводом:



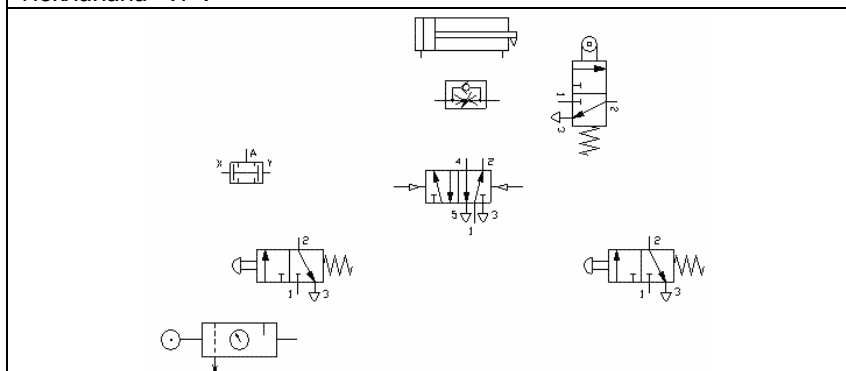
*Задание:*

1) разработать два варианта принципиальных пневматических схем бумагорезательной машины на базе пневмоцилиндра двустороннего действия и бистабильного 5/2 распределителя. В первом варианте использовать логический клапан «И», во втором не использовать;

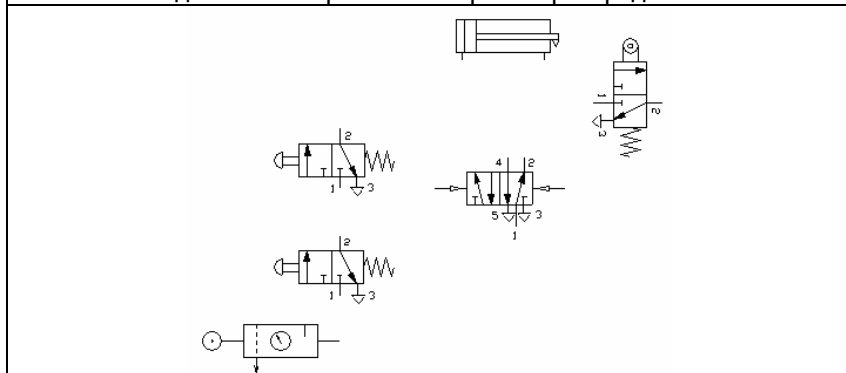
2) смоделировать привод на тренажёре.

*Решение*

Схема пневмопривода с использованием логического пневмоклапана «И»:



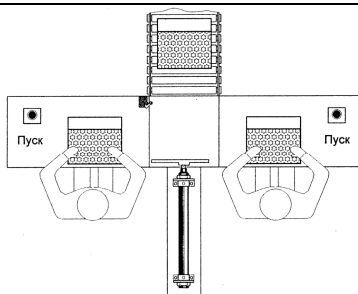
Реализация логической функции «И» с помощью последовательно соединённых нормально закрытых распределителей:



### Задача 3

**Постановка задачи:** коробки с конфетами подаются на транспортный конвейер с двух упаковочных рабочих мест с помощью пневматического толкателя. Выдвижение штока толкателя должно производиться с левого или с правого рабочего места при кратковременном нажатии на любую из двух кнопок «Пуск». Возврат толкателя в исходную позицию осуществляется автоматически.

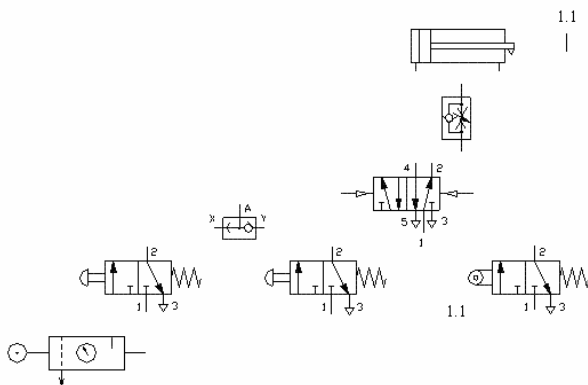
Схема пневматического толкателя, обслуживающего два рабочих места:



**Задание:**

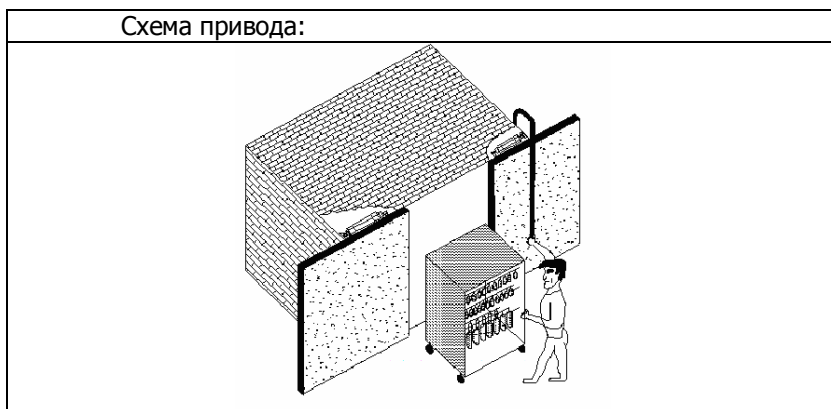
- 1) разработать принципиальную пневматическую схему системы управления толкателем с двумя альтернативными пусковыми кнопками на базе пневмоцилиндра двустороннего действия;
- 2) исследовать работу пневмосистемы на тренажере.

Схема пневмопривода с использованием логического пневмоклапана «ИЛИ»:



#### Задача 4

*Постановка задачи:* на заводе по производству колбасных изделий в копильную камеру человек-оператор вкатывает тележку с подвешенными внутри колбасами. При подходе к копильной камере оператор дергает за веревочный шнур, при этом срабатывает пневмопривод, открывающий двери камеры. Двери закрываются тем же пневмоприводом при повторном воздействии на веревочный шнур. Разработать схему пневмопривода, шток которого выдвигается и втягивается при поочерёдном нажатии одной и той же пусковой кнопки. Обеспечить работу привода при использовании логических элементов и без применения конечных выключателей.



*Задание:*

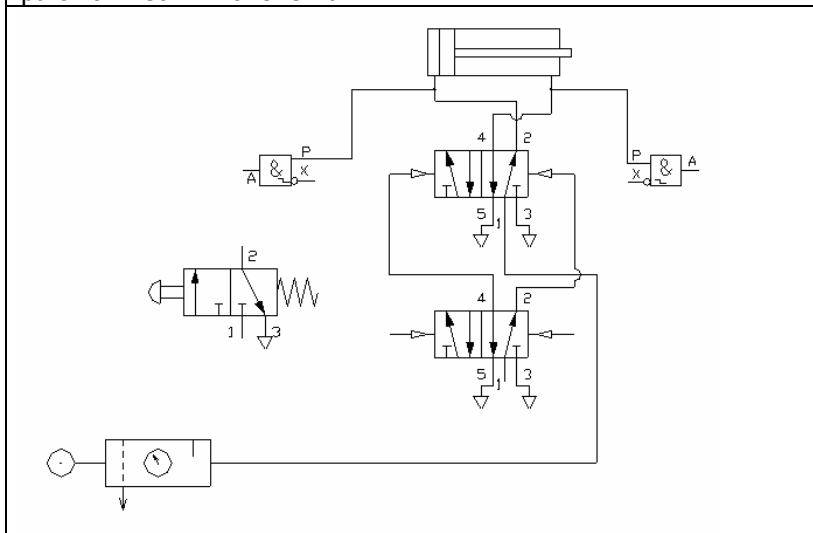
1) дополнить соединительными линиями принципиальную пневматическую схему привода на основе цилиндра двустороннего действия и логических клапанов;

2) исследовать работу привода на стенде-тренажере.

*Решение.*

Для решения поставленной задачи необходимо сформировать привод в виде пневматического счётного триггера, построенного на основе двух логических элементов «НЕТ».

Схема привода в виде пневматического счётного триггера с логическими элементами:



### Лабораторная работа №3

#### УПРАВЛЕНИЕ ПНЕВМОПРИВОДОМ ПО ВРЕМЕНИ И ДАВЛЕНИЮ

Выполнил студент гр. \_\_\_\_\_

Проверил \_\_\_\_\_

*Цель работы:* изучение принципов построения и принципиальных пневматических схем устройств для формирования пневмомеханических таймеров, генераторов импульсов и средств управления пневмоприводами по времени и давлению, а также методов настройки их параметров.

#### Задача 1

*Постановка задачи:* необходимо обеспечить задержку на 3 секунды между моментом переключения тумблера и моментом начала выдвижения штока пневмоцилиндра одностороннего действия. Для



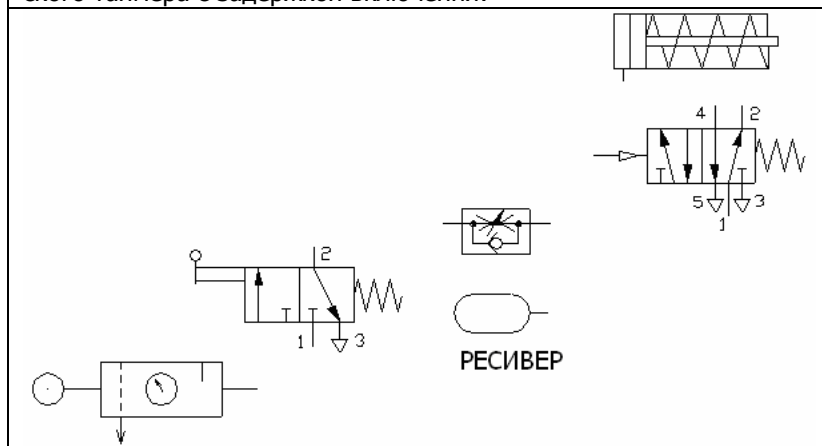
этого требуется реализовать в составе привода пневмомеханический таймер с задержкой включения.

*Задание:*

1) собрать на стенде-тренажёре пневмопривод с пневмомеханическим таймером в соответствии с приведёнными ниже элементами принципиальной пневматической схемы;

2) изучить особенности его работы и правила настройки времени задержки срабатывания путём изменения настройки дросселя и объёма ресивера. В качестве ресивера предлагается использовать отрезок трубы.

Пневматическая принципиальная схема пневмомеханического таймера с задержкой включения:



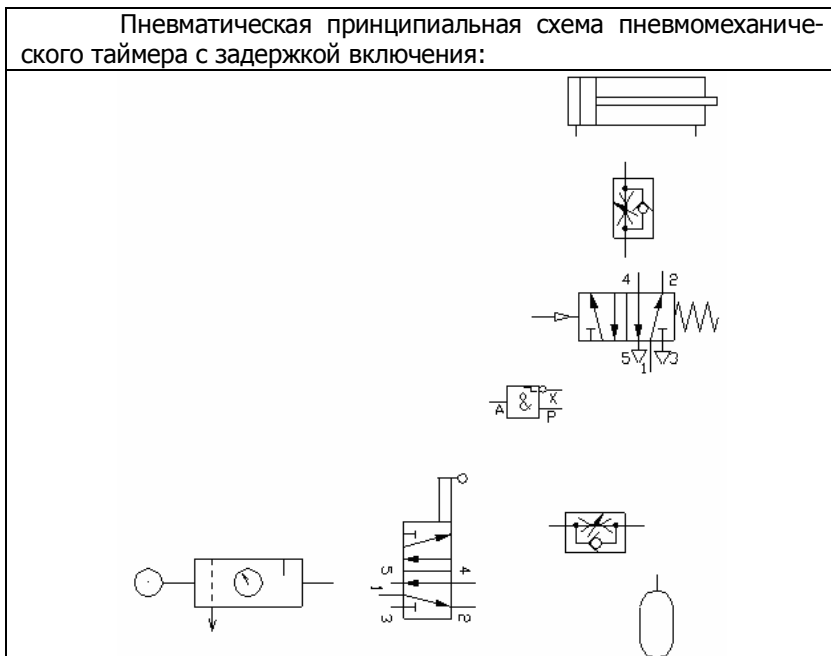
*Примечание:* 1-5 – здесь и далее номер позиции пневмораспределителя.

## Задача 2

*Постановка задачи:* необходимо обеспечить задержку момента начала выдвижения штока пневмоцилиндра двустороннего действия после включения пневмокнопки на 2 с. Предусмотреть возможность регулирования скорости выдвижения штока.

**Задание:**

- 1) разработать принципиальную пневматическую схему пневмопривода;
- 2) собрать привод на стенде-тренажёре и изучить его работу;



**Задача 3**

**Постановка задачи:** в машине для литья под давлением металл подается в пресс-форму поршнем, который приводится в движение пневмоцилиндром. При кратковременном нажатии на кнопку «Пуск» поршень опускается и вытесняет металл из камеры прессования в пресс-форму. В выдвинутом положении шток находится 5 секунд для того, чтобы образовалась отливка. После временной выдержки поршень возвращается в исходную позицию.

В крайнем выдвинутом положении шток воздействует на конечный выключатель, который запускает таймер.

Схема машины для литья под давлением с пневмоприводом подачи металла:



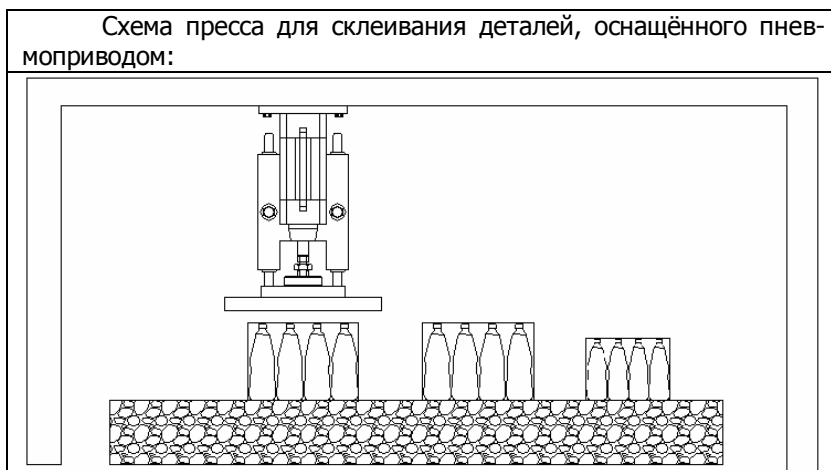
- 1) разработать принципиальную пневматическую схему машины для литья под давлением (соединить нижеприведенные элементы линиями) на базе пневмоцилиндра двустороннего действия и пневмомеханического таймера;
- 2) собрать систему на тренажере и изучить её работу.

Пневматическая принципиальная схема привода:



#### Задача 4

*Постановка задачи:* пневматический привод пресса с регулируемой скоростью должен выдвигать шток для склеивания сжимаемых заготовок и оставаться в таком положении в течение 2...2,5 с. После этого шток должен автоматически вернуться в исходное состояние. Скорость обратного хода также должна быть регулируемой. Применение конечных выключателей в конце хода штока недопустимо, так как размеры сжимаемых деталей могут колебаться в больших пределах.



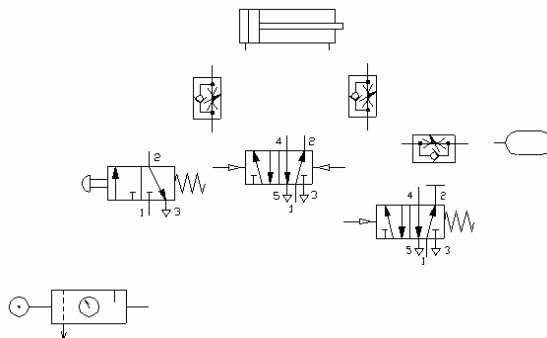
#### *Задание:*

1) разработать принципиальную пневматическую схему привода на базе пневмоцилиндра двустороннего действия и пневмомеханического таймера без использования конечных выключателей.

2) собрать привод на тренажере и исследовать его работу.

*Решение.* Задержку по времени проще реализовать, используя распределитель с механической возвратной пружиной, так как он имеет более высокий порог переключения.

Пневматическая принципиальная схема бездатчикового привода с автоматическим возвратом в исходное положение:



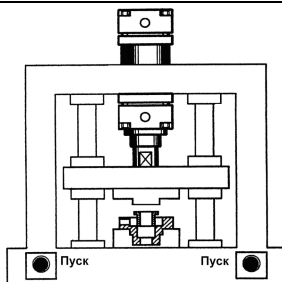
### Задача 5

**Постановка задачи:** запрессовка бронзовой втулки в крышку цилиндра осуществляется с помощью пресса, оснащённого пневмоприводом с регулируемой скоростью. Для того чтобы не допустить попадание рук оператора в опасную зону при рабочем ходе пресса, его пуск осуществляется нажатием двух кнопок.

С целью исключения попытки управления прессом одной пусковой кнопкой (при принудительно зафиксированной во включенном положении второй кнопке) интервал между нажатием пусковых кнопок не должен превышать 0.5 с.

При отпуске одной или обеих кнопок шток приводного цилиндра немедленно вытягивается.

Схема пресса с двуручным управлением, оснащённого пневмоприводом:



**Задание:**

1) разработать принципиальную пневматическую схему привода пресса с двуручным управлением;

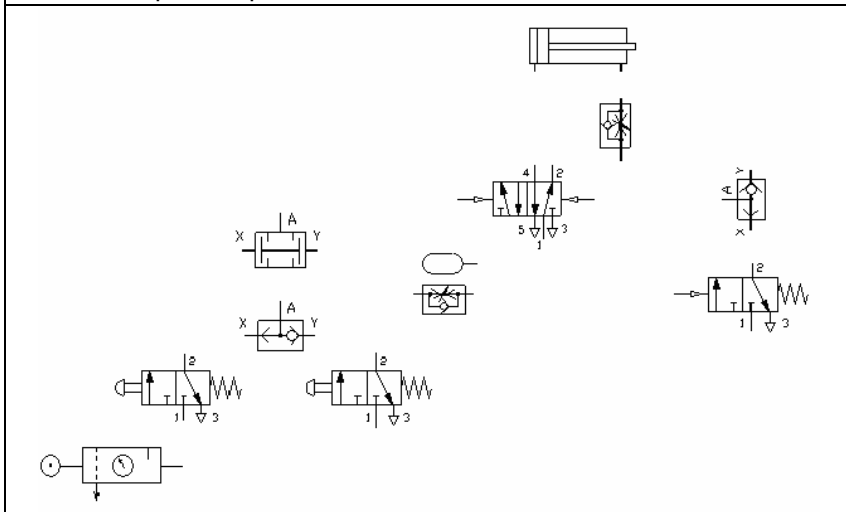
2) собрать привод на стенде-тренажёре, настроить и исследовать особенности его работы.

**Рекомендация:** решение может быть основано на свойстве бистабильных распределителей оставаться в позиции, которая вызвана действием того из двух управляющих сигналов, который поступил первым.

Первый управляющий сигнал может быть сформирован как результат логического умножения сигналов от кнопок задействования привода. Второй сигнал формируется при нажатии любой из этих кнопок и задерживается таймером на 0,5 с.

**Решение**

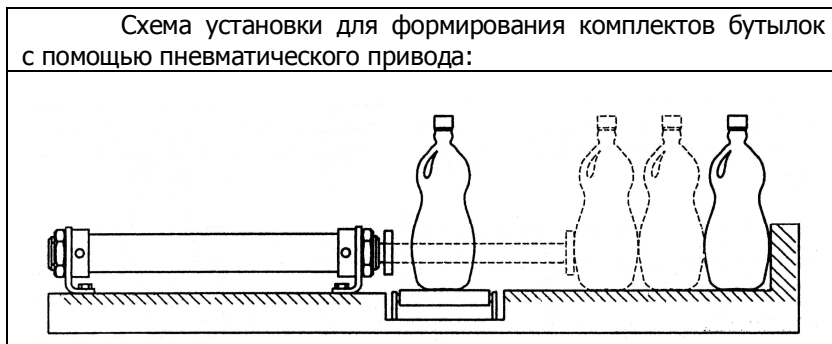
Схема привода пресса с двуручным управлением, содержащего таймер с задержкой включения:



**Задача 6**

**Постановка задачи:** пластиковые бутылки, поступающие по конвейеру в рабочую зону установки, сдвигаются в позицию упаковки по команде оператора. Команда на возврат цилиндра в исходную

позицию формируется автоматически при достижении давления в бесштоковой полости, равного 1,5 бар.



*Задание:*

- 1) разработать принципиальную пневматическую схему установки для формирования комплектов бутылок;
- 2) смоделировать пневмопривод на тренажере и изучить особенности его функционирования.

*Рекомендация:* при моделировании привода предлагается воспользоваться трехлинейным редукционным клапаном и бистабильным распределителем с пневматическим управлением, выступающим в роли пневматического триггера.

Решение может быть основано на свойстве бистабильных распределителей при одновременной подаче двух управляющих сигналов переключаться в позицию, определяемую сигналом с большим давлением.

*Примечание:* для более удобного контроля процесса изменения давления в бесштоковой полости цилиндра управление скоростью выдвижения штока предлагается осуществлять путём дросселирования потока воздуха, поступающего в бесштоковую полость.

Уровень давления в бесштоковой полости, при котором начинается возврат поршня в исходное положение, необходимо обеспечить настройкой редукционного клапана.

Схема привода, управляемого по давлению, с редукционным клапаном и пневматическим триггером:

The diagram illustrates a pressure-controlled drive system. It includes a pneumatic trigger (a 3/2-way valve), a pressure-reducing valve (a valve with a spring and a pressure-sensing line), a pressure gauge (labeled 'Манометр'), and a pressure regulator (labeled 'Регулятор давления'). The system is connected to a cylinder (represented by a rectangle with a piston rod) and a pressure source (represented by a circle with a dashed line). The pressure source is connected to the pressure-reducing valve, which is then connected to the pressure regulator. The pressure regulator is connected to the pneumatic trigger, which in turn controls the cylinder. The pressure gauge is connected to the line between the pressure-reducing valve and the pressure regulator.

## УПРАВЛЕНИЕ ПНЕВМОПРИВОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ ИМПУЛЬСОВ

Выполнил студент гр. \_\_\_\_\_  
Проверил \_\_\_\_\_

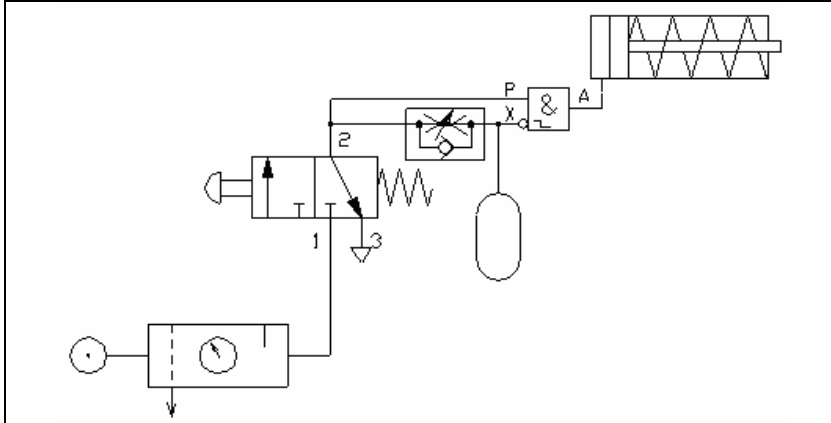
55



## Задача 1

*Постановка задачи:* привод должен совершать короткие импульсные движения при однократном нажатии на пусковую кнопку. При этом шток должен выдвигаться и автоматически возвращаться в исходное положение. Интенсивность движений штока задаётся длительностью импульса давления на выходе пневматического одновибратора.

Схема привода с пневматическим одновибратором:



Примечание: 1-5 – здесь и далее номер линии пневмораспределителя.

**Задание:**

- 1) смоделировать пневмопривод с пневматическим одновибратором на стенде-тренажере;
- 2) изучить особенности его функционирования и способы настройки длительности импульсов.

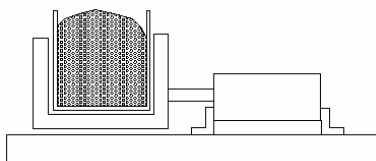
*Рекомендация:* в качестве ресивера времязадающего элемента может выступать внутреннее пространство соединительного трубопровода.

## Задача 2

*Постановка задачи:* после включения кнопки «Пуск» шток пневмопривода устройства упаковки чая должен совершать периодические импульсные движения для создания наиболее плотного состава

ва чая в упаковке. Интенсивность и частота повторения движений штока задаётся длительностью и частотой следования импульсов давления на выходе пневматического мультивибратора.

Схема пневмопривода устройства упаковки чая:



*Задание:*

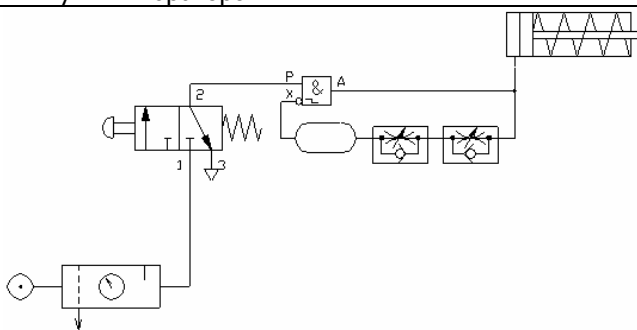
1) смоделировать пневмопривод с пневматическим мультивибратором на стенде-тренажере, изучить особенности его функционирования, предложить способы настройки длительности и частоты следования импульсов;

2) объяснить назначение двух регулирующих блоков, состоящих из дросселей с обратными клапанами.

3) определить диапазоны регулирования частоты и амплитуды колебаний штока привода.

*Рекомендация:* в качестве ресиверов времязадающих элементов могут выступать внутренние пространства соединительных трубопроводов.

Пневматическая принципиальная схема привода с пневматическим мультивибратором:



### Задача 3

*Постановка задачи:* после включения кнопки «Пуск» пневмопривод должен совершать периодические импульсные движения в результате работы пневматического генератора импульсов. При этом шток, в основном находящийся в выдвинутом состоянии, на короткое время совершает движение внутрь и затем вновь выдвигается и возвращается в исходное выдвинутое положение. При выключении пусковой кнопки шток должен оставаться в выдвинутом положении.

**Задание:**

- 1) разработать пневматическую принципиальную схему пневмопривода;
- 2) смоделировать пневмопривод на стенде-тренажере, изучить особенности его функционирования и способы настройки параметров.

**Решение:**



### Задача 4

*Постановка задачи:* при включении источника пневмопитания поршень пневмопривода должен совершать периодические движения из одного крайнего положения в другое, причём в крайних положениях поршень должен оставаться неподвижным в течение заданных промежутков времени. При этом применение конечных выключателей не допускается.

Должны регулироваться период колебаний и длительность движений в обоих направлениях.

Предусмотреть возможность регулирования длительностей нахождения поршня в крайних положениях.

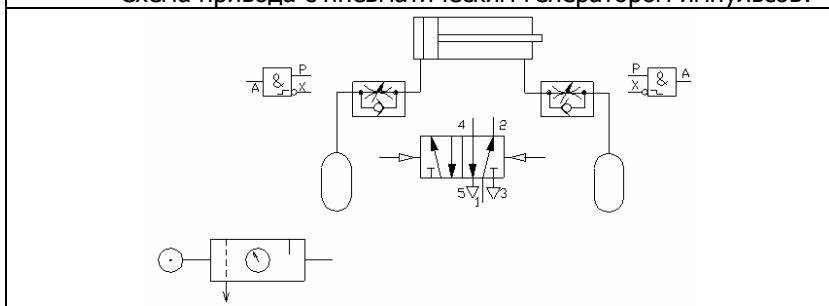
**Задание:**

1) разработать пневматическую принципиальную схему пневмопривода;

2) смоделировать пневмопривод на стенде-тренажере, изучить особенности его функционирования и предложить способы настройки параметров.

**Решение:**

Схема привода с пневматическим генератором импульсов:

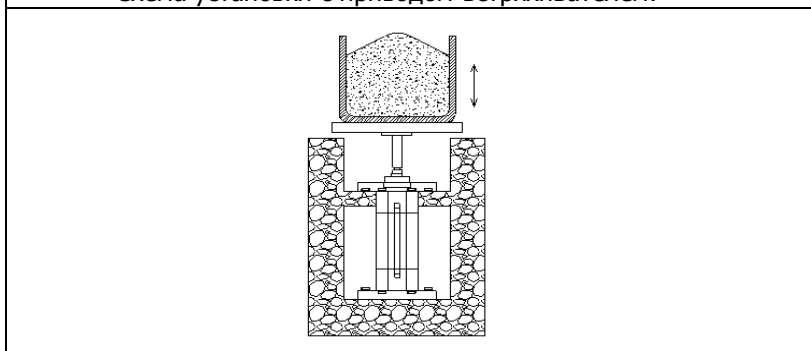


**Задача 5**

**Постановка задачи:** для осуществления правильной упаковки цемента в мешки большого размера пневмопривод-встряиватель должен выдвинуть шток с заданной скоростью при нажатии кнопки «Пуск», а затем автоматически и с большой скоростью вернуть шток в исходное втянутое положение.

Скорость выдвижения и перемещение штока должны быть регулируемыми, а скорость втягивания – максимально возможной. Конечные выключатели применяться не должны.

Схема установки с приводом-встряивателем:



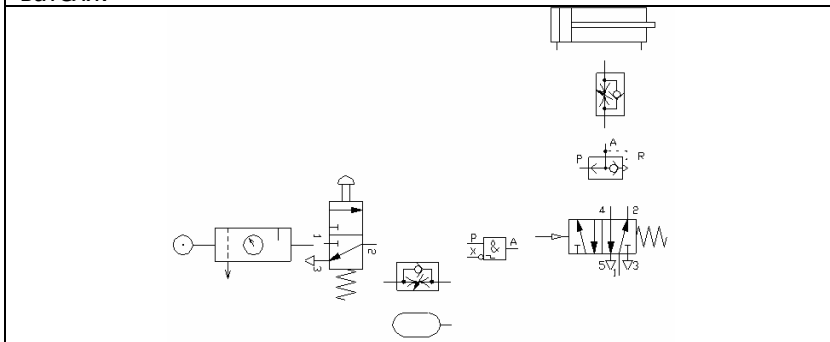
**Задание:**

1) разработать пневматическую принципиальную схему пневмопривода;

2) смоделировать пневмопривод на стенде-тренажере, изучить особенности его функционирования и предложить способы настройки параметров.

**Решение**

Пневматическая принципиальная схема привода - встряхивателя:

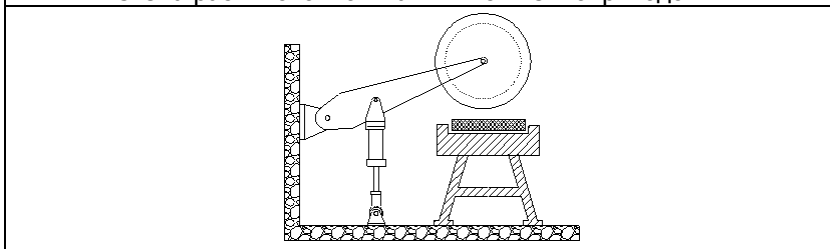


**Задача 6**

**Постановка задачи:** при включении пневматического тумблера пневмопривод инструмента распиловочной машины должен переместить пилу из исходного положения в положение резки доски, предварительно подаваемой в рабочую позицию с помощью второго привода (на схеме не показан). После этого поршень должен автоматически вернуться в исходное втянутое положение.

Скорости выдвижения и втягивания штока, а также время нахождения инструмента в крайних положениях должны быть регулируемы. Конечные выключатели применяться не должны.

Схема распиловочной машины с пневмоприводом:



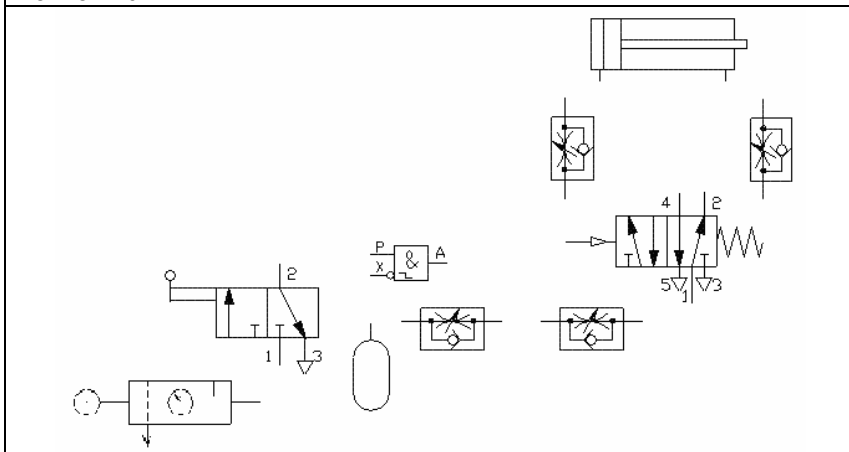
*Задание:*

1) разработать пневматическую принципиальную схему пневмопривода;

2) смоделировать пневмопривод на стенде-тренажере, изучить особенности его функционирования и предложить способы настройки параметров.

*Решение*

Пневматическая принципиальная схема привода распиловочной машины:



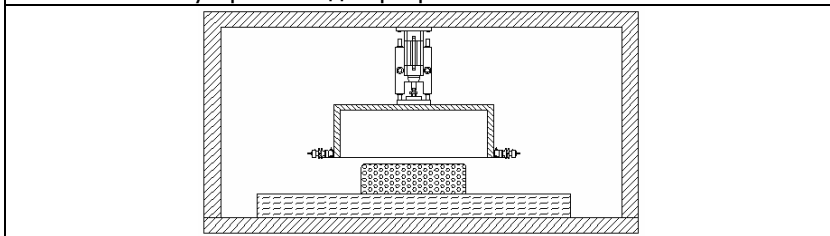
**Задача 7**

*Постановка задачи:* в задаче 6, рассмотренной в лабораторной работе 1, речь шла об оснащённом пневмоприводом устройстве разрезания блоков из пенопласта, которое должно обеспечить движение нагретой струны, играющей роль режущего элемента, с разными скоростями на различных участках траектории.

Недостатком рассмотренной ранее схемы привода, содержащего бистабильные распределители, является неопределённость его поведения при первоначальном включении после монтажа пневмосистемы.

Требуется обеспечить автоматическое приведение системы в исходное состояние при подаче питания.

Схема устройства для разрезания блоков из пенопласта:



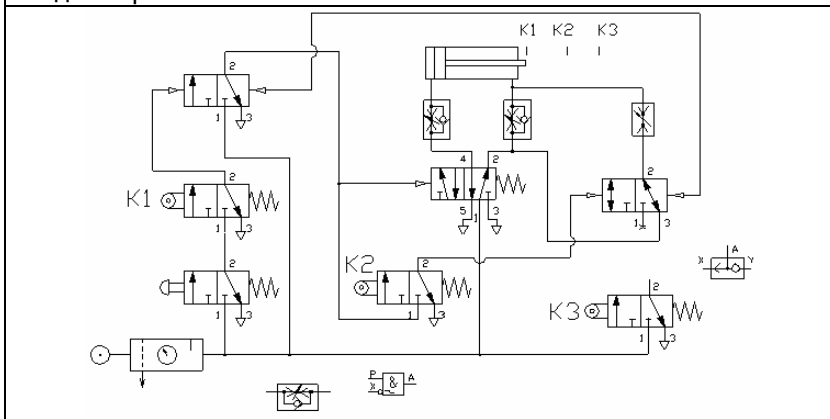
*Задание:*

1) разработать пневматическую принципиальную схему пневмопривода;

2) смоделировать пневмопривод на стенде-тренажере, изучить особенности его функционирования и предложить способы настройки параметров.

*Решение*

Пневматическая принципиальная схема привода устройства для нарезания блоков из пенопласта:



## Содержание

Предисловие .....	3
I. УПРАВЛЕНИЕ ПНЕВМОПРИВОДАМИ. ВЫБОР ВИДА ПРИВОДА И СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ .....	4
II. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ .....	27
2.1. Общие методические указания .....	27
2.2. Лабораторная работа №1. Управление скоростью и положением объекта управления с помощью пневмо- привода .....	30
2.3. Лабораторная работа №2. Управление пневмоприво- дом по средствам пневмолוגики .....	40
2.4. Лабораторная работа №3. Управление пневмоприво- дом по времени и давлению .....	47
2.5. Лабораторная работа №4. Управление пневмоприво- дом с использованием пневматических генераторов импульсов .....	55



Учебное издание

**Сидоренко** Валентин Сергеевич,  
**Грищенко** Вячеслав Игоревич,  
**Дымочкин** Денис Дмитриевич

# СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЙ ПОИСК И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПНЕВМОПРИВОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Учебное пособие

Редактор Г.А. Бешун  
Компьютерная обработка: И.В. Кикичева

Тем. план 2013 г.

---

В печать 20.05.2013.  
Объём 4,0 усл. п.л. Офсет. Формат 60х84/16.  
Бумага тип №3. Заказ № 466. Тираж 100 экз. Цена свободная

---

Издательский центр ДГТУ  
Адрес университета и полиграфического предприятия:  
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1.