

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Кафедра Электроника и Робототехника

«ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ»

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
« \_\_\_\_\_ » 201\_\_ г.  
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Разработка технологического процесса на базе  
преимуществом компании Samsung

Специальность Трибостроение 5B071600  
Выполнил (а) Тамгалина Ратмира Маратовна Группа ПС-15-3  
(Ф.И.О.)

Научный руководитель ст. преп. Джамсидинов Д. Ж.  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

Консультанты:

по экономической части:

к. э. н., доцент Бекмурзаев А. Ч.  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
« 29 » 05 2019 г.  
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Д. Х. Н., профессор Бреховский И. Г.  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
« 29 » 05 2019 г.  
(подпись)

Нормоконтролер: к. т. н., доцент Битимбаев Т. Д.  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
« 7 » 06 2019 г.  
(подпись)

Рецензент: \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
« \_\_\_\_\_ » 201\_\_ г.  
(подпись)

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Институт Космической инженерии и телекоммуникаций

Кафедра Электроники и робототехники

Специальность 55071600 - Приборостроение

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение дипломного проекта

Студенту Самушкин Ратмир Маратович

(Ф.И.О.)

Тема проекта Разработка технологического процесса на  
базе пневмоавтоматики компании Samozzi.

Утверждена приказом по университету № 124 от «26» 10 2018 г.

Срок сдачи законченного проекта «05» 06 2019 г.

Исходные данные к проекту (требуемые параметры результатов исследования (проектирования) и исходные данные объекта):

Разработать учебно-методическое пособие для студентов  
на базе учебного стандарта фирмы Samozzi.

Перечень вопросов, подлежащих разработке в дипломном проекте, или краткое содержание дипломного проекта: Для разработки дипломного

- проекта, необходимо решить задачи
- 1) Изучить основы пневматики и пневмоавтоматики
  - 2) Детальной разбор входящих в комплект элементов
  - 3) Практическое выполнение лабораторных работ
  - 4) Сборка их в учебное пособие для студентов

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): Путь прохождения статого воздуха. Состав и принцип работы пневматического. Разрешения давлений. Матричные циклы одностороннего и двустороннего действия. Типы распределителей. Логические функции и их уравнения. Условные обозначения для схемы. Обозначения логических элементов и распределителей. Правила содания схем. Примеры циклов. Таблицы. Устройства реле. Общий вид схемы. Основание механические характеристики и параметры

#### Основная рекомендуемая литература:

1. Бабин А.И., Савилов С.П. Автоматизация технологических процессов
2. Пире Г., Шава Д. Трансформирование.
3. Сатозэ. Пневматика для всех. От теоретических основ к практике
4. Тришар В.Г. Пневмопривод
5. Заминин А.А. Промышленные пневматические приборы контроля и управления.

Консультации по проекту с указанием относящихся к ним разделов проекта

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Эксперт. часть	Бекендеев А.И.	12.09-29.05	Бекендеев
ВУД	Брихадеев Н.Г.	12.02-29.05.13	Брихадеев
Технологическая часть	Александров Д.И.	12.02-29.05.13	Александров
Проектная часть	Александров Д.И.	12.02-03.06.13	Александров



### График

## ПОДГОТОВКИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

[illegible]

Дата выдачи задания « 04 » марта 201 9 г.

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

Научный руководитель  
проекта

(подпись)

(Ф.И.О.)

Задание принял к  
исполнению студент

(подпись)

(Ф.И.О.)

## **Аңдатпа**

Бұл дипломдық жобада пневматикалық автоматты стенд негізінде университет студенттері үшін оқу құралы жасалды.

Бұл құрылғының ішінде толық ауа дайындау процессі көрсетілді. Пневматикалық автоматтандыруда логикалық элементтердің жұмыс үрдісі қарастырылды. Пневматикалық және схемалық диаграммаларды құру ережелері зерттелді.

Дипломдық жобаны әзірлеу кезінде өмірлік қауіпсіздік тұрғысынан оқу орнымен жұмыс істеу үшін ең қолайлы жағдайлар анықталды.

Дипломдық жобаның әлеуметтік-экономикалық әсері де анықталды.

## **Аннотация**

В даннос дипломном проекте разработано учебно-методическое пособие для студентов университета на базе пневмоавтоматического стенда.

Описан полный процесс подготовки воздуха, необходимые для этого устройства. Рассмотрен процесс работы логических элементов в пневмоавтоматике. Изучены и разъяснены правила создания пневматических и принципиальных схем.

В ходе разработки дипломного проекта были определены максимально комфортные условия для работы с учебным стендом в части безопасности жизнедеятельности.

Был так же найден социально-экономический эффект дипломного проекта.

## **The summary**

In this diploma project developed a teaching aid for university students on the basis of pneumatic stand.

The complete air preparation process required for this device is described. The process of logic elements operation in pneumatic automation is considered. Studied and explained the rules of creating pneumatic and circuit diagrams.

During the development of the diploma project, the most comfortable conditions for working with the training stand in terms of life safety were determined.

The socio-economic effect of the diploma project was also found.

## Содержание

Введение	7
1 Понятие пневмоавтоматики	8
1.1 Актуальность пневмоавтоматики и использование в промышленности	8
1.2 Подготовка воздуха	8
1.3 Пневмоцилиндры	10
1.4 Распределители	17
1.5 Схемотехника	30
1.6 Электропневматика	37
2 Техническая часть	39
2.1 Выбор оборудования. Учебный стенд	39
2.2 Инструкция по программированию	46
3 Составление лабораторных работ	49
3.1 Управление пневматическими приводами	49
3.2 Управление пневматическими приводами с несколькими цилиндрами	50
3.3 Управление электропневматическими приводами	52
3.4 Управление электропневматическими приводами с помощью ПЛК	55
4 Технико-экономическое обоснование проекта	58
4.1 Расчет капитальных вложений	58
4.2 Расходы на оплату труда	59
4.3 Расчет социальных отчислений	61
4.4 Расчет амортизационных отчислений	61
5 Безопасность жизнедеятельности	64
5.1 Оценка условий труда	64
5.2 Анализ производственного освещения	65
5.3 Расчет шума	69
Заключение	72
Список литературы	73

## Введение

В связи с постоянным развитием технического прогресса, производство необходимо непрерывно изменять и модернизировать. Это возможно осуществить путем обновления методов изготовления продукта, позволяющим во многом упрощать и ускорять сам технологический процесс.

На данный момент автоматизация представляет собой наиболее перспективное направление развития промышленности.

В данном дипломном проекте будет разработан учебно-методический комплекс для студентов университета на базе пневмоавтоматического стенда компании Samozzi. Учебно-методический комплекс позволит студентам университета повысить уровень знаний в области пневматики, электроники и других областях. Так же направление пневмоавтоматика особо актуально в промышленности и с помощью данного стенда можно будет произвести сопоставление с процессом какого-либо технологического процесса. Так же здесь будут рассмотрены принципы построения схем и изучены способы управления цилиндрами. Стоит отметить, что с помощью различных элементов, представленных в комплекте стенда, можно разработать индивидуальный технический процесс и воспроизвести его на учебном стенде. Более того, комплекс даёт возможность работы со стендом в режиме реального времени с использованием автоматизированной среды программирования TIA Portal с использованием программируемого логического контроллера Siemens.

Дипломный проект содержит в себе теоретическую часть, включающую в себя основные понятия пневматики, необходимые условия подготовки воздуха и т.д. Техническая часть состоит из подробного рассмотрения учебного стенда DID-BASE и его комплектующих. Далее идет технико-экономическая часть, рассматривающая затраченные средства на покупку и эксплуатацию оборудования. Часть безопасности жизнедеятельности подразумевает под собой анализ комфортных условий труда для работающих с учебным стендом.

## **1 Понятие пневмоавтоматики**

В общепринятом смысле под пневматикой понимается процесс сжатия и управления потоками воздуха. Соответственно, под пневмоавтоматикой будет подразумеваться процесс автоматизации управления потоками сжатого воздуха. Так же пневматика изучает газы, их движение и равновесие. Сюда же относится изучение использования разности давления газа для работы.

### **1.1 Актуальность пневмоавтоматики и ее применение**

В условиях растущего спроса к освоению все более сложных автоматических систем, объединяющих технологии и компоненты различной физической природы и имеющих различные функциональные назначения, Samozzi предлагает структурированные образовательные программы, включающие широкий спектр знаний - от физических основ пневмоавтоматики, электроники и программирования ПЛК до мехатроники, кибернетики, робототехники и теории решения изобретательских задач.

Знание - наша самая большая ценность, и когда знание, воображение и креативность соединяются, рождаются идеи, стимулирующие изобретательность, прогресс и рост. Автоматизация средствами пневмоавтоматики уникальна для каждого отдельного сектора промышленности. Скорость развития технологий требует от производителей пневматики глубокого понимания условий её интеграции в разные промышленные сегменты, из которых вытекают жесткие требования к эксплуатационным свойствам, качеству и надежности выпускаемых пневматических изделий [1].

В дипломном проекте представлены физические основы функционирования пневмосистем, описаны конструктивные особенности современных пневмокомпонентов, подробно рассмотрена структура привода, и приведена методика синтеза его силовой части, начиная от изучения свойств объектов движения и заканчивая выбором элементов привода, компрессорных станций и магистралей питания.

### **1.2 Подготовка воздуха**

Каждая единица объема, обладающая массой и пространственными размерами, определяется как материя и состоит из частиц, называемых молекулами. Материя существует в следующих формах:

- а) твердая, то есть обладающая определенным объемом и формой: молекулы тесно привязаны друг к другу;
- б) жидкая, то есть с определенным объемом, но не формой: молекулы заполняют форму емкости, которая их содержит;
- в) газообразная материя не имеет определенной формы и объема: молекулы свободно перемещаются в пространстве.



Поскольку воздух обладает массой, он подвержен действию силы земного тяготения и имеет вес. При отсутствии веса воздух стремился бы занять максимально возможный объем, что привело бы к его рассеиванию.

### 1.2.1 Компрессоры

При помощи велосипедного насоса можно увеличить давление воздуха с атмосферного до большего значения, то есть можно сжать его и сохранить внутри велосипедного колеса с требуемым значением давления.

Как известно, повышение давления воздуха является прямым следствием уменьшения объема, которое он занимает, или увеличения количества молекул воздуха в определенном объеме [2].

Машины, сжимающие воздух по этому принципу, называются объемными компрессорами. Одним из основных и важных элементов учебного стенда является компрессор.

Далее, сжатый воздух на выходе из компрессора не может быть использован немедленно, а должен быть подготовлен, а должен быть подготовлен с целью исключения примесей, таких как твердые частицы, водяной пар и масляный туман. Хорошо проветриваемое помещение, возможность закачивать «очищенный» воздух, своевременное техническое обслуживание и уход за компрессором представляют собой простые меры по уменьшению количества таких загрязнений.

На рисунке 1.1 рассмотрим процесс прохода воздуха через ряд промежуточных устройств, до поступления в резервуар.

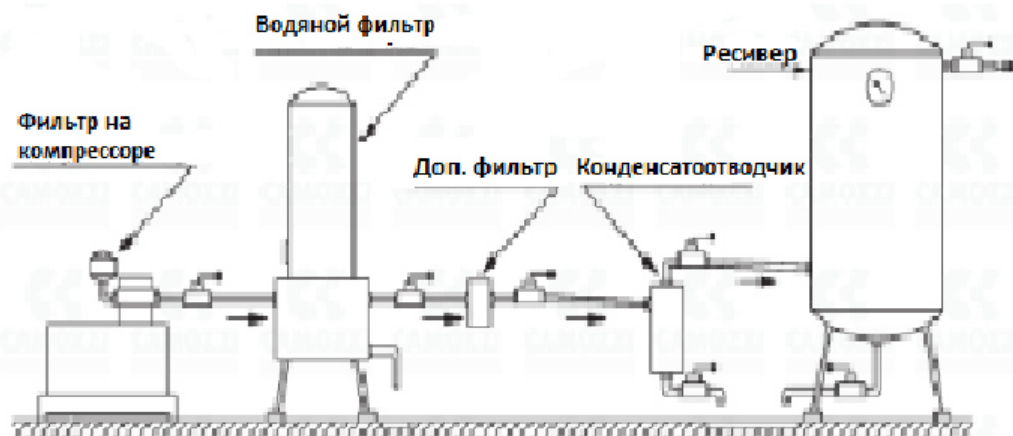


Рисунок 1.1- Путь прохождения сжатого воздуха

Входной фильтр необходим для удерживания твердых частиц определенного размера большей части примесей, имеющихся во всасываемом воздухе. Охладитель требуется для снижения температуры воздуха, так как

при сжатии он может нагреваться до 200 градусов Цельсия, он преобразовывает присутствующий пар в воду.

Ресивер или резервуар должен меть сертификат, он подлежит периодическим проверкам и наделен вентилем, который автоматически спускает воздух при повышении определенного давления.

Необходимо так же проводить очистку, из-за того, что присутствующие в сжатом воздухе мельчайшие частицы пыли, влаги и масляных паров являются основными врагами пневматических устройств, вызывая неисправности и выход из строя.

Наиболее частыми проблемами являются:

а) повреждение уплотнителей элементов, увеличение трения, которые влияют на энергетические потери и временно приводящие к потере работоспособности элементов;

б) увеличение расходов на техническое обслуживание и уход за элементами привода;

в) увеличение времени работы цикла;

г) возрастание перепада давлений в пневмоэлементах.

Эти загрязнения должны быть удалены из магистрали подачи сжатого воздуха. Фильтра, установленного на выходе из компрессора, как правило, бывает недостаточно, особенно когда речь идет о протяженной магистрали между компрессором и потребителями. Следовательно, необходимо установить локальные блоки очистки воздуха.

Устройства фильтрации должны обеспечивать требуемую очистку воздуха, уменьшая потери давления между своими входами и выходами для повышения энергетической эффективности системы.

Загрязнения, содержащиеся в воздухе, могут быть различного типа, и в зависимости от области применения, существуют различные требования к очистке. Учебный стенд, включающий в себя компрессор с устройствами фильтрации соответствует международному стандарту ISO-DIN 8573-1;2010, который определяет характеристики рабочего тела на основе классов и по характерным примесям.

## **1.3 Пневмоцилиндры**

### **1.3.1 Принцип действия пневмоцилиндра**

Пневмоцилиндр- это двигатель, рабочим телом которого является сжатый газ. Как в любом двигателе в пневмоцилиндре осуществляется преобразование исходной энергии в механическую энергию движения объекта управления. Для пневмоцилиндра источником энергии является сжатый до требуемого давления воздух [3].

Принцип действия пневмоцилиндра противоположен действию обычного велосипедного насоса, в котором мускульная сила человека оказывает воздействие на подвижный поршень, при этом в камеру насоса за

счет разрежения поступает воздух с атмосферным давлением. В цилиндре же, наоборот, присутствует давление сжатого воздуха, значительно превышающее атмосферное. Давление питания воздействует на поверхность поршня одной из полостей, при этом создается усилие, приводящее его в движение.

Для того, чтобы давление воздуха могло создавать максимально возможное усилие на поршень, полость цилиндра должна быть абсолютно герметичной, т.е. сжатый воздух не должен проходить в противоположную полость через поршень и не должен выходить в атмосферу в месте соединения крышки и пневмоцилиндра. Подробнее рассмотреть работу пневмоцилиндра можно на рисунке 1.2.

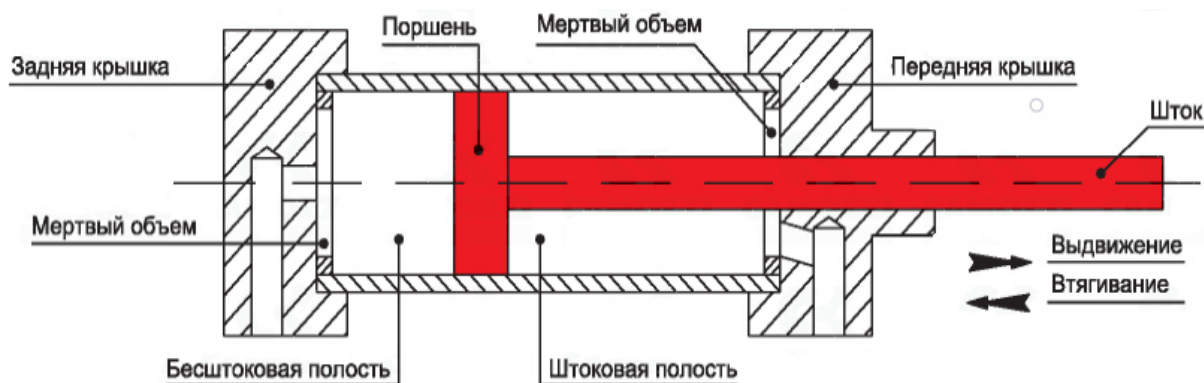


Рисунок 1.2 - Принцип работы пневмоцилиндра

### 1.3.2 Основные понятия

Ниже на рисунке 1.3 будет показано различие оказываемого давления на штоковую и бесштоковую полость. Соответственно, та часть, где шток отсутствует будет иметь большее значение давления, так как площадь, на которую оно оказывается больше.

Область со штоком будет иметь меньшее давление, так как площадь ее поверхности гораздо меньше, из-за наличия в ней штока.

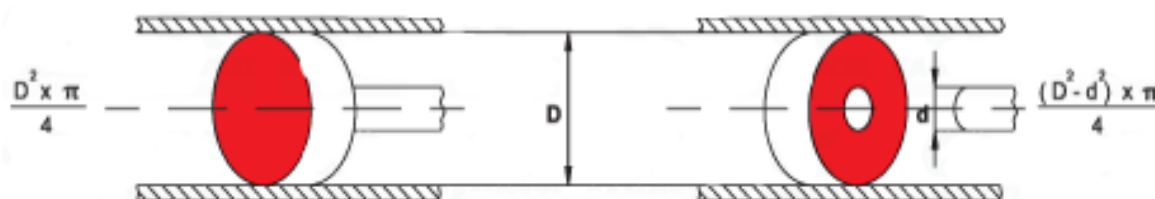


Рисунок 1.3- Состав пневмоцилиндра

Гильза — часть пневмоцилиндра, заключенная между двумя торцами крышек, внутри которой перемещается поршень. Внутренний диаметр гильзы соответствует диаметру поршня, его значение является определяющим при выборе цилиндра.

Поршень - подвижный элемент, снабженный, как правило, двумя уплотнениями, гарантирующими отсутствие перетекания воздуха между полостями. Часто в поршень вставляют магнитное кольцо для определения его положения с помощью датчиков. Перемещение поршня является линейным.

Шток - металлический стержень, соединенный с поршнем и предназначенный для передачи усилия на объект управления за счёт жесткой механической связи с поршнем.

Полость наполнения - полость, связанная с давлением питания.

Передняя и задняя крышки - элементы, которые обеспечивают механическую фиксацию гильзы и поршня в сборе со штоком, а также пневматическую непроницаемость полостей пневмоцилиндра за счет встроенных уплотнений. В крышках располагаются отверстия для подвода и сброса сжатого воздуха, они могут быть оснащены винтом и внутренними каналами для регулирования интенсивности торможения в конце хода, а также элементами, необходимыми для фиксации цилиндра. Передняя крышка оснащена направляющей втулкой для перемещения штока.

Бесштоковая полость - пространство, заключенное между поршнем и задней крышкой цилиндра с односторонним штоком. Её объем варьируется от минимального, определяемого ходом поршня при выдвижении.

Штоковая полость - пространство, заключенное между поршнем и передней крышкой. Её объем варьируется от минимального значения мертвого объема до максимального, определяемого ходом поршня при втягивании.

Полость сброса - полость, связанная с атмосферой. Часто отверстие, связывающее полость с атмосферой, называют отверстием выхлопа.

Выдвижение - направление движения штока к выходу из гильзы цилиндра.

Втягивание - направление движения штока внутрь корпуса цилиндра.

Положительный ход - выдвижение штока цилиндра.

Отрицательный ход - втягивание штока цилиндра.

Площадь поршня в бесштоковой полости - поверхность, на которую воздух оказывает рабочее давление в бесштоковой полости. Соответствует внутреннему сечению гильзы.

Площадь поршня в штоковой полости - поверхность, на которую воздух оказывает давление в штоковой полости. Она меньше, чем в бесштоковой полости из-за наличия штока.

Цилиндр одностороннего действия с возвратной пружиной реализован таким образом, что его возвращение происходит посредством внутренней пружины. Сжатый воздух оказывает действие на одну поверхность поршня, а другая подвергается воздействию пружины и атмосферного давления.

Цилиндр двустороннего действия реализован таким образом, что давление имеет возможность воздействовать на обе поверхности поршня при разных направлениях движения. Таким способом достигается перемещение в

двух направлениях с возможностью использования силы цилиндра в обоих направлениях движения.

Для представления полной картины о работе пневмоцилиндров рассмотрим изменение давлений в полостях пневмоцилиндра двустороннего действия при выдвижении штока.

В цилиндре двустороннего действия с двумя полостями, связанными с атмосферой, поршень может свободно перемещаться по всей длине хода в двух направлениях, не встречая на своём пути особого сопротивления движению.

Ниже, на рисунке 1.4, будет изучен характер изменения давлений в полостях цилиндра двустороннего действия при его выдвижении.

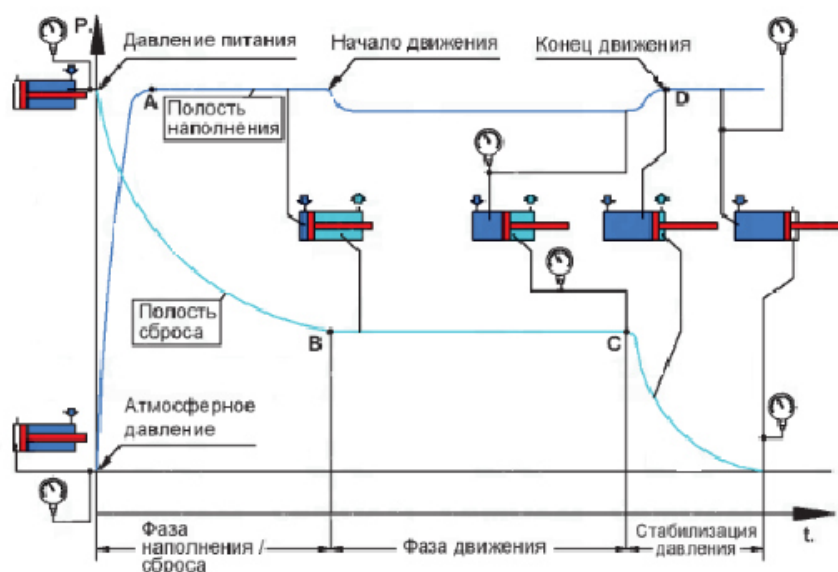


Рисунок 1.4- Фазы изменения давлений

Фаза 1: Поршень расположен у задней крышки. В этой фазе бесштоковая полость находится под атмосферным давлением, манометр показывает нулевое давление. Штоковая же полость находится под давлением питания, манометр показывает значение давления внутри полости.

Фаза 2: Наполнение/сброс. Наполнение бесштоковой полости сжатым воздухом происходит за счет небольшого мертвого объема бесштоковой полости, её наполнение до давления питания происходит очень быстро (точка A), однако цилиндр еще не начинает двигаться. Сброс воздуха из штоковой полости происходит одновременно с объемом штоковой полости значительно больше, чем бесштоковой т.к. складывается из мертвого объема и объема воздуха, определяемого ходом поршня, поэтому скорость сброса давления воздуха значительно меньше, чем скорость наполнения бесштоковой полости, особенно в случае дросселирования отверстия выхлопа в штоковой полости.

Фаза 3: Движение поршня. Когда значение толкающей силы  $F_S$ , определяемой перепадом давления в полостях, становится больше суммы сил



сопротивления движению (силы трения в цилиндре и усилия от приложенной к штоку нагрузки, т.е.  $F_s > (F_t + \text{нагрузка})$ ), начинается движения поршня цилиндра. Рассмотрим детально характер изменения давлений в полостях. В этот момент в бесштоковой полости падение давления питания происходит за счёт начала движения, сопровождающегося постоянным увеличением объема бесштоковой полости. Такое состояние сохраняется до окончания хода.

Фаза 4: Стабилизация давлений. Завершив перемещение, цилиндр больше не нуждается в подаче воздуха для компенсации увеличения объема. Бесштоковая полость достаточно быстро наполняется до давления питания. В бесштоковой полости давление достигло первоначального абсолютного значения, возвращаясь к значению, зарегистрированному в точке А. В штоковой полости давление в мертвом объеме и в соединенном трубопроводе продолжает сбрасываться до атмосферного [4].

### 1.3.3 Конструктивные параметры цилиндров

Существует многообразие исполнений пневмоцилиндров и их типоразмеров, поэтому при выборе материалов и комплектующих пневмоцилиндра требуется индивидуальный подход.

Крышки, как правило, изготавливаются из алюминия. При работе цилиндра в присутствии солевого тумана или агрессивных средах, крышки могут быть дополнительно обработаны, например, покрыты лаком.

Шток в основном изготавливается из нержавеющей стали. Гильза в основном из анодированного алюминия или стали.

В уплотнениях очень важными являются геометрическая форма и рабочий материал, т.к. кроме обеспечения герметичности, материал должен иметь химическую стойкость к смазке, низкое трение и отсутствие склонности к склеиванию, износоустойчивость и сопротивляемость внешним воздействиям.

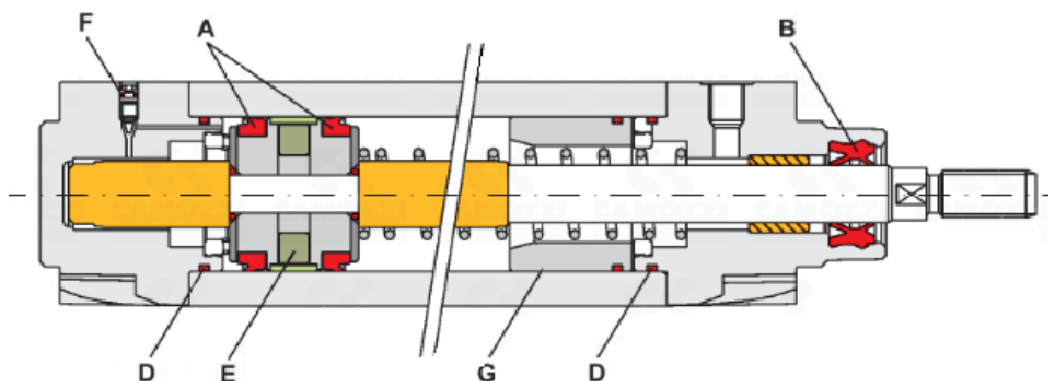


Рисунок 1.5 - Магнитный цилиндр одностороннего действия

На поршнях цилиндра обычно два уплотнения А по краям, манжет С в устройстве торможения, уплотнения В, которые выполняют двойную функцию, герметизация штоковой полости и очистка штока от загрязнений при втягивании. Так же в состав цилиндра входят крышка D и демпферный винт F. Магнит Е, имеющий хорошо распознаваемое магнитное поле, позволяет определить положение поршня с помощью датчиков, устанавливаемых на гильзе.

Цилиндр одностороннего действия содержит внутреннюю пружину для возврата поршня в выдвинутое или втянутое положение. Все цилиндры одностороннего действия способны преодолевать действие внешних сил только в одном направлении и возвращаться на холостом ходу.

Внутри цилиндра устанавливается распорный элемент G, который позволяет правильно расположить возвратную пружину. Диаметр и ход цилиндров одностороннего действия ограничен для различных типов конструктивных исполнений.

На рисунке 1.6 будет показан цилиндр двустороннего действия.

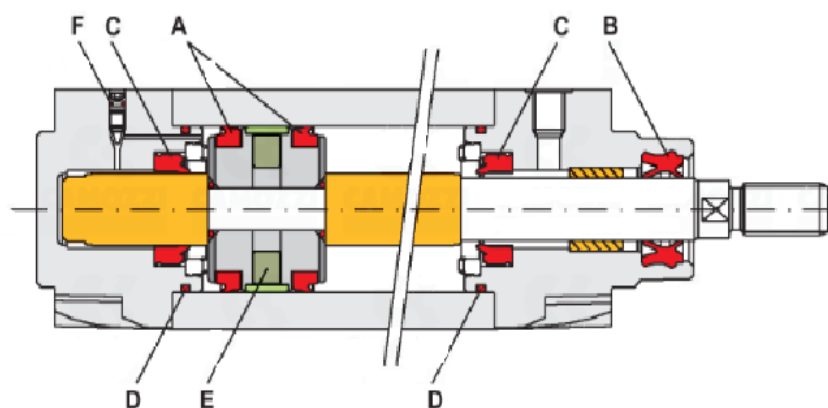


Рисунок 1.6 - Цилиндр двустороннего действия

Цилиндр двустороннего действия может оснащаться средствами торможения в конце хода. В отличие от цилиндра одностороннего действия, средства торможения в конце хода располагаются в обеих полостях и позволяют плавно затормозить объект без удара поршня о крышку, что особенно актуально при управлении массивными механическими объектами.

Наиболее распространенной задачей при автоматизации производственных процессов с помощью пневмопривода является цикловое перемещение объекта между двумя точками, часто эти точки совпадают с крайними положениями поршня цилиндра вблизи его крышек, а иногда отделены на некоторое расстояние по оси движения, меньшее величины рабочего хода цилиндра.

### 1.3.4 Магнитные цилиндры

При автоматизации производства встречаются задачи, где требуется точно идентифицировать положение поршня цилиндра в фазе его движения на центральном участке. Для этого применяются магниточувствительные датчики положения, а поршень пневматического цилиндра снабжается постоянным магнитом. Конструкция и ориентация магнита обеспечивает максимальную концентрацию силовых линий магнитной индукции в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра. Компоненты, из которых состоит цилиндр, должны при этом быть из немагнитного материала. Окружение пневматического цилиндра не должно повлиять на силовые линии, созданные магнитом.

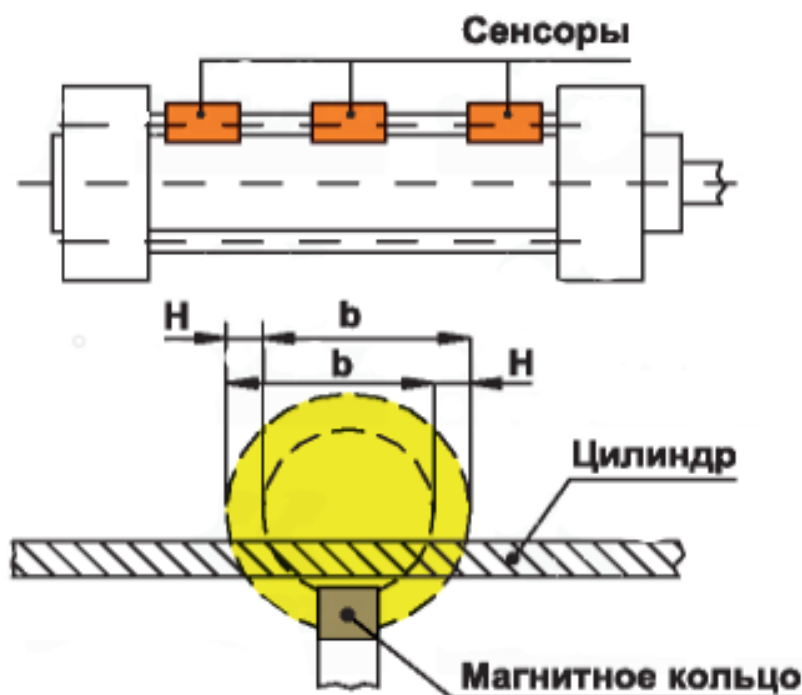


Рисунок 1.7 - Конструкция поршня

Конструкция поршня с магнитным кольцом представлена на рисунке 1.7. Геометрия и расположение постоянного магнита крайне важны для корректного срабатывания датчика. Слишком сильное магнитное поле увеличивает зону чувствительности датчика, что может привести к ложному срабатыванию исполнительных механизмов, например, когда цилиндр еще не закончил движение. Слабое магнитное поле может дать недостаточный сигнал для срабатывания датчика. Поэтому производители пневматических цилиндров, как правило, в своих каталогах имеют и магнитные датчики с необходимой и достаточной для срабатывания чувствительностью.

Датчик, показанный на рисунке 1.7, имеет особый тип электрического выключателя. Контакты выполнены из магнитных материалов, обшитых по краям дугостойким слоем. В большинстве случаев, когда датчик находится

вне магнитного поля, контакт разомкнут, и электрический ток через него не протекает. Датчики могут быть установлены на кронштейнах или непосредственно на гильзе цилиндра, если на ней предусмотрены Т-образные канавки, позволяющие закрепить датчик без помощи адаптеров или хомутов.

Рисунок под буквой *b* обозначает амплитуду магнитного поля, в котором происходит замыкание контакта. Размер *H* представляет гистерезис, т.е. разницу хода намагничивания и размагничивания контактов датчика, зависящую от формы и амплитуды магнитного поля.

Для корректного применения таких датчиков стоит учитывать, что срок их службы зависит от характеристик электрической нагрузки и количества срабатывания контактов. Требуется всегда учитывать значение максимального тока, протекающего через контакты датчика. На датчик могут оказывать действие магнитные поля, вызванные близостью больших электрических двигателей, а также электрического поля в корпусе при движении.

Уплотнения пневматических цилиндров не могут быть полностью совместимы с маслами, используемыми в гидравлических тормозах или демпферах, по этой причине, они применяют как независимые от пневматического цилиндра устройства.

Гидравлический демпфер сконструирован в виде гидравлического цилиндра с соответствующей компенсирующей емкостью и может быть оснащен регуляторами потока для изменения скорости при: выдвигании, втягивании, а также в обоих направлениях и пропускными клапанами. Клапаны предназначены для регулирования процесса торможения [5].

#### **1.4 Распределители**

Управление потоками сжатого воздуха осуществляют распределители, регуляторы давления и расхода, а также разнообразные блокирующие и автоматические клапаны. Если рассматривать применение таких устройств в различных областях, то можно прийти к выводу, что в электрических цепях реле давления позволяет реализовать переключение электрических контактов цепи при достижении давлением определенного порогового уровня. В двигателестроении клапанные распределители позволяют реализовать переключение фаз двигателя внутреннего сгорания: впуск, сжатие, сгорание и выхлоп. В теплотехнике регуляторы и датчики давления позволяют предотвратить достижение критических давлений из-за высоких температур внутри паровых котлов.

В пневмоавтоматике дискретные распределители, пропорциональные регуляторы контролируют и регулируют расходы, давление и направление потока сжатого воздуха в магистралях, каналах пневмоавтоматических элементов и рабочих полостях исполнительных элементов пневмосистемы [6].

### 1.4.1 Управление воздухом

Управление воздухом осуществляется устройствами, представленными на рисунке 1.8.

Элементом А обозначены распределители предназначенные для открытия, закрытия воздушных каналов и изменения направления движения потоков сжатого воздуха в соответствии с сигналом управления, который может быть ручным, механическим, пневматическим, электрическим или комбинированным. Распределители управляют движением пневматических цилиндров, осуществляя пуск, останов и изменение направления движения поршня за счёт потока сжатого воздуха от источника питания в рабочую полость цилиндра и сброса отработанного воздуха из противоположной полости через выхлопные отверстия в атмосферу.

Элементом В обозначены регуляторы давления и расходы, которые позволяют регулировать значение давления и расхода сжатого воздуха. Механические и ручные регуляторы расхода называют также дросселями, а процесс изменения параметров сжатого воздуха при его движении через дроссель называют дросселированием.

Для регулирования скорости выдвижения или втягивания штока пневмоцилиндра необходимо установить дроссель между распределителем и цилиндром, при этом регулировать требуется расход сжатого воздуха, вытекающего из полости.

Уменьшение расхода на выхлопе увеличивает время сброса давления из полости, что приводит к уменьшению скорости движения поршня. Увеличение расхода наоборот уменьшает время сброса давления, т.е. увеличивает скорость движения пневмоцилиндра [7].

Регулятор давления с ручным управлением чаще всего предназначен для уровня давления питания на входе распределителя, тем самым достигается стабилизация скоростных характеристик привода. Другая задача, которую решает ручной регулятор давления- это регулирование усилия, которое может развивать пневматический цилиндр.

Элементом С обозначены блокирующие и автоматические клапаны, которые устанавливаются между цилиндром и распределителем, основное их назначение- предотвратить самопроизвольное выдвижение штоков пневматических цилиндров при снятии давления питания. Автоматические клапаны изменяют свое состояние в зависимости от того, подведен к ним сжатый воздух или нет.

Показанный на рисунке элемент С является клапаном быстрого выхлопа, позволяющим получить максимально возможную скорость выдвижения поршня пневматического цилиндра за счёт сброса воздуха из полости с максимальным расходом непосредственно за полостью цилиндра.



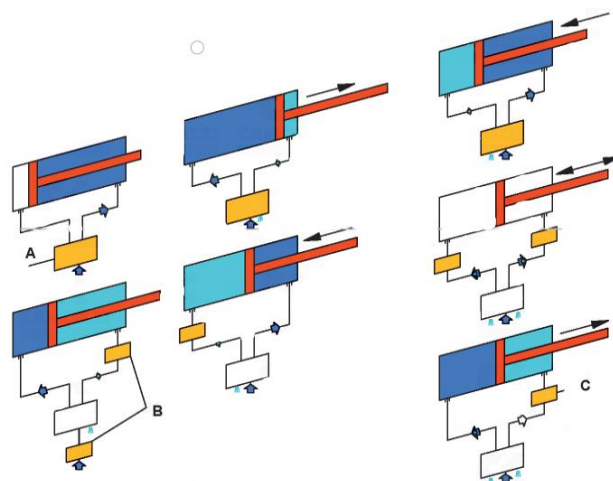


Рисунок 1.8- Элементы регулирования потоков воздуха

### 1.4.2 Распределители клапанного типа

Выбор конструктивного исполнения пневматических распределителей обусловлен не только количеством позиций и линий, определяющих их функциональные возможности, а, в значительной степени, статическими характеристиками, такими как пропускная способность и диапазон рабочих давлений, и эксплуатационными характеристиками: тип сигналов управления, габаритные и присоединительные размеры, соответствие стандартам, воздействие внешней среды (температурный диапазон, агрессивность окружающей среды и рабочего тела и т.д.).

Количество линий (отверстий) для одной позиции всегда равно 2,3,4 или 5. Как правило, распределитель имеет 2 или 3 позиции, существуют также распределители с большим количеством позиций, но они имеют очень ограниченную область применения.

Переключение позиций распределителя всегда связано с перемещением внутреннего запорно-регулирующего элемента(ЗРЭ). Наиболее часто встречаются следующие типы: клапан, золотник, мембрана тарельчатый клапан.

Некоторые конструкции ЗРЭ позволяют легко реализовать те или иные функции распределителей. Так клапан позволяет легко реализовать структуры 2/2 и 3/2, золотник- 5/2, 5/3, 3/2 и т.д.

В пневматике наибольшее распространение получили распределители клапанного типа. Все распределители клапанного типа подразделяются на нормально открытые (Н.О.) и нормально закрытые (Н.З.). Под нормальным состоянием понимается то, которое активно за счёт действия запорной пружины при отсутствии сигнала управления. В нормальном состоянии во всех Н.З. распределителях канал питания 1 закрыт, а у Н.О. распределителей канал питания 1 связан с потребителем 2.

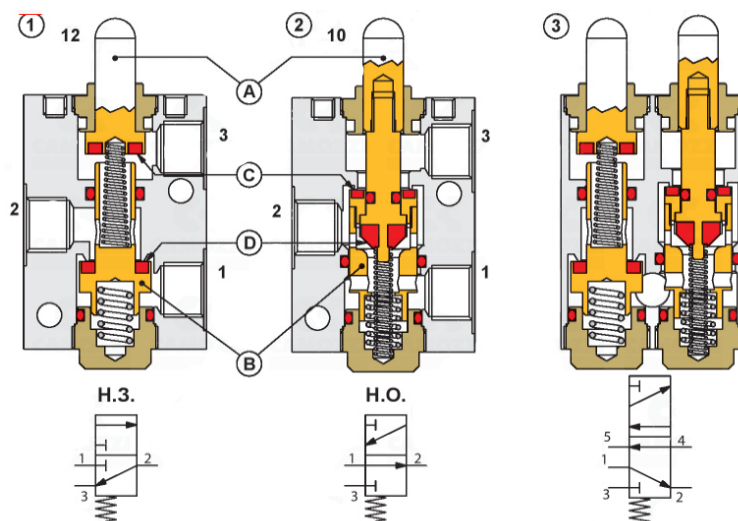


Рисунок 1.9- Типы распределителей

На рисунке 1.9 под номером 1 представлен нормально закрытый распределитель Н.З. структуры 3/2.

Клапан- элемент, обозначенный на схеме буквой В, состоит из корпусного элемента и закрепленного в нем уплотнения D. В состоянии покоя клапан В прижат нижней возвратной (запорной) пружиной к «седлу», уплотнение блокирует канал и не позволяет сжатому воздуху поступить из отверстия входа 1 в отверстие входа 2.

В верхней части клапана установлена вторая пружина, создающая усилие, отделяющее клапан В от плунжера А. данная пружина имеет меньшую жесткость по сравнению с нижней запорной пружиной и позволяет соединить выход 2 с выхлопом 3 при отсутствии механического воздействия на плунжер.

Клапан переключается, если оказать механическое воздействие на плунжер А. При этом сначала перекрывается канал, связывающий отверстия 2 и 3 распределителя за счет контакта уплотнения плунжера С с клапаном В и сжатия верхней менее жесткой пружины. Дальнейшее перемещение плунжера приводит к перемещению клапан В от «седла» и течению сжатого воздуха от входа 1 в выход 2. При снятии механического воздействия с плунжера А, пружины возвращают запорные элементы (клапан и плунжер) в исходные состояния, клапан закрывается, сначала блокируя течения воздуха в канале 1, затем активируя сброс из полости выхода 2 в полость выхлопа 3.

Под номером 2 на рисунке 1.9 показан нормально открытый распределитель Н.О. структуры 3/2. В состоянии покоя уплотнение D не контактирует с клапаном В, сжатый воздух, присутствующий на входе 1, свободно проходит к выходу 2, выхлоп 3 при этом перекрыт уплотнением С. При воздействии на плунжер А клапан переключается, при этом в начале уплотнение D плунжера вступает в контакт с клапаном В, при этом перекрывается канал, связывающий отверстия 1 и 2. При дальнейшем

механическом воздействии на плунжер уплотнение С отрывается от седла, открывая связь между выходом 2 и выхлопом 3.

Конструкция распределителей клапанного типа с механическим управлением выполнена таким образом, что в случае приложения механического воздействия свыше допустимого уровня, усилие передается на корпус элемента, а не на уплотнение клапана, обеспечивая все необходимые условия, не позволяющие повредить клапан. На условных графических обозначениях распределителей приведены номера отверстий, а также возвратная пружина, соединенная с позицией, в которую распределитель переключается при отсутствии сигнала управления, т.е. механического воздействия на плунжер. Именно к этой, чаще всего, правой позиции двухпозиционных структур принято подводить линии от различных устройств при составлении принципиальных пневматических схем [8].

На 3 рисунке показан распределитель клапанного типа структуры 5/2. Данный распределитель реализован с помощью объединения в едином корпусе распределителей объединяются.

Независимо от того, есть возвратная пружина или нет, распределители структуры 5/2 не бывают нормально открытыми или нормально закрытыми, потому что вход 1 всегда связан с каким-либо 2, либо выходом 4.

### **1.4.3 Типы пневматического управления распределителем**

Пневматические распределители могут иметь как прямое, так и не прямое управление.

Под прямым управлением понимается то управление, когда смена позиции распределителя, т.е. механическое переключение клапана или золотника происходит за счет силы воздействия на подвижный элемент ручного, механического или электрического сигнала управления.

Непрямое управление- это когда внутренняя подвижная часть клапана приводится в движение сжатым воздухом. Рассматривая структуры распределителей с пневматическим управлением, всегда имеется ввиду не прямое управление, так как подобные распределители требуют наличия в схеме как минимум одного устройства, способного создавать и направлять пневматический сигнал на управляющий вход или сбрасывать его. Пневматический сигнал управления принято делить на два уровня: высокое давление (несколько бар) – сигнал подан, и низкое давление (атмосферное) – сигнал отсутствует. Однако, используя разные конструкции распределителей, уровень высокого давления нуждается в дополнительном контроле, гарантирующем точное переключение распределителя. Если распределитель бистабильный, то усилие, создаваемое давлением воздуха на подвижный элемент, должно быть больше силы трения золотника или клапан внутри корпуса элемента. Если распределитель моностабильный, то управляющее давление должно быть еще больше, так как необходимо преодолеть еще и силу сжатия возвратной пружины [9].

Пневматическое управление моностабильным распределителем с возвратной пружиной происходит так, что при отсутствии сигнала управления пружина удерживает золотник в состоянии покоя. При подаче пневматического сигнала небольшой поршень слева перемещается вправо, сдвигая с места золотник, который, преодолев сопротивление возвратной пружины, сжимает ее. Клапан переключается и остается в таком положении, пока есть сигнал управления. При сбросе сигнала управления реакция пружины возвращает золотник в начальное положение.

При пневматическом управлении бистабильными распределителями используются два поршня одинаковой площади для управления распределителем. При отсутствии команд управления золотник находится в состоянии, в которое был установлен последним сигналом. При подаче сигнала с левой стороны поршень перемещается направо, сдвигая золотник и поршень с правой стороны. Распределитель переключается. При сбросе сигнала управления распределитель остается в последнем положении. При подаче сигнала управления с правой стороны поршень перемещается влево, сдвигая золотник и поршень, находящийся слева. Распределитель переключается.

Если присутствует одинаковый по уровню сигнал управления одновременно с двух сторон, то положение золотника не меняется. Силы, развиваемые обоими поршнями, равны и противоположны по направлению, поэтому они взаимно компенсируются и аннулируются.

При пневматическом управлении дифференциальными распределителями золотник находится в состоянии, в которое был переведен последним управляющим сигналом. При подаче сигнала управления с левой стороны больший поршень перемещается направо, сдвигая золотник и малый поршень правой стороны распределитель переключается. При сбросе сигнала управления распределитель остается в последнем положении. При подаче сигнала управления с правой стороны поршень передвигается влево, сдвигая золотник и поршень, находящийся слева. Распределитель переключается.

При одновременной подаче одинаковых по уровню давлений слева и справа, создается разница сил давлений с двух сторон, и золотник перемещается в сторону поршня с меньшей площадью, однозначно определяя доминирующее положение распределителя.

На рисунке 1.10 графически будут показаны принципы пневматического управления вышеуказанными распределителями.

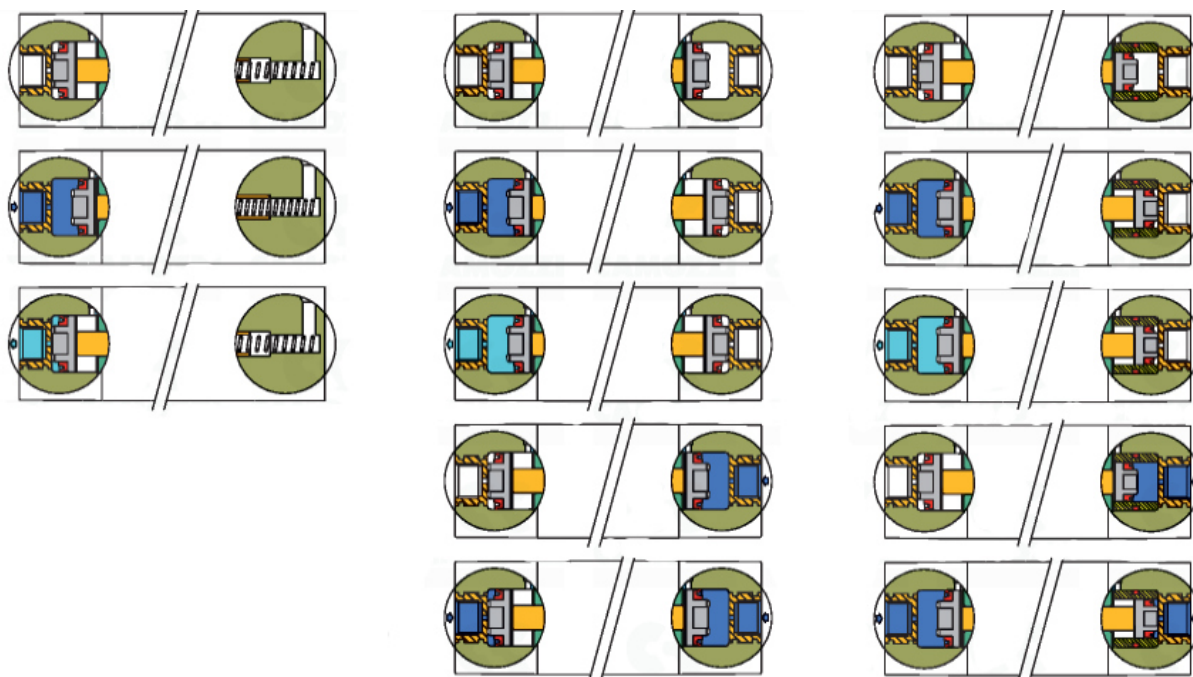


Рисунок 1.10 - Управление распределителями

Так как в настоящее время в современных производствах наибольшее распространение имеют распределители с электрическим управлением, рассмотрим их ниже. Преобразование электрического сигнала в пневматический осуществляет электропневматический распределитель прямого действия, который состоит из электрической части - электромагнита и пневматической части с запорным элементом клапанного типа.

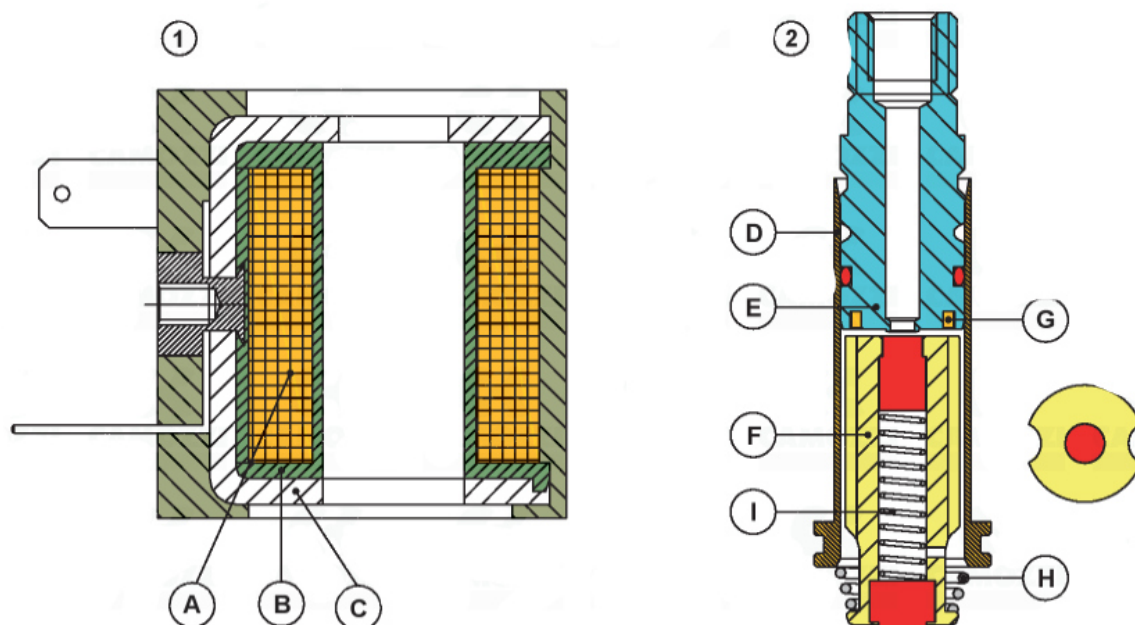


Рисунок 1.11 - Электропневматический распределитель



На рисунке 1.11 под номером 1 показан соленоид. Он состоит из обмотки А, выполненной чаще всего из медной проволоки, покрытой лаком, намотанной на катушку В, заключенную в магнитопровод С, обычно выполняемый из ферромагнитного материала. Зачастую соленоид заключают в изоляционный корпус, выполненный из штампованного материала, или заливают компаундом, что придает соленоиду требуемую форму и размеры. Из соленоида выступают два или три вывода, предназначенных для подвода электрических сигналов. Расположение и форма этих выводов определяется стандартом, в соответствии с которым изготовлен соленоид.

Под номером 2 на рисунке 1.11 представлен подвижный якорь и неподвижный сердечник. Неподвижный сердечник Е жестко зафиксирован в гильзе D, которая выполнена из немагнитного материала: нержавеющей стали или латуни. На сердечник насаживается соленоид. Неподвижный сердечник Е выполняет следующие функции: удерживает медное кольцо G, выполняющее функцию короткозамкнутого витка, называемое «кольцом фазового сдвига», которое служит для сглаживания пульсации электромагнитного поля при работе на переменном токе; ограничивает ход якоря F, является частью магнитного контура. В сердечнике Е часто выполняют один из пневматических каналов.

Подвижный якорь F также выполняет несколько различных функций: при подаче напряжения на соленоид он становится частью магнитного контура, в нем формируется магнитное поле, притягивающее его к сердечнику Е.

Уплотнение в верхней части перекрывает отверстие пневматического канала в неподвижном сердечнике Е. Цилиндрическая пружина в якоря I оказывает выталкивающее действие на это уплотнение, обеспечивая более плотное перекрытие отверстия. Нижнее уплотнение, приподнимаясь вместе с подвижным сердечником, открывает один из каналов нижней части распределителя.

Снимая напряжение, действие магнитного поля прекращается, возвратная пружина Н возвращает якорь в нижнее положение. Два боковых выреза на подвижном якоре позволяют сжатому воздуху проходить по направлению к верхней части гильзы для достижения канала сброса в неподвижном сердечнике.

#### **1.4.4 Логические клапаны обработки сигналов**

«Логические клапаны», «логические элементы» или «логические функции» - клапаны с пневматическим управлением, имеющие компактное исполнение, рассчитанные на использование в цепях управляющей части привода. Логические элементы имеют прецизионные исполнения и рассчитаны на реализацию логических функций как на высоких, так и на низких уровнях давления.

Информацию о текущем, которые способны обработать и передать логические элементы, можно воспринимать в виде логических нулей «0» и логических единиц «1». Тогда пневматическое давление, равное атмосферному, сформированное на входе или выходе логического элемента воспринимается как «0», а избыточное давление – как «1» [10].

#### **1.4.4.1 Логическая функция «НЕТ»**

Логическая операция «НЕТ» реализует функцию одной переменной. Функция клапана идентична функции моностабильного нормально открытого клапана 3/2 с пневмоуправлением. Таблица истинности для элемента «НЕТ» будет выглядеть так: если в канале питания 1 клапана есть высокое давление, а на управляющем входе 10 низкое давление, то на выходе 2 будет высокое давление, по уровню разное давление в канале питания. Если в канале питания 1 клапана есть высокое давление и на управляющем входе 10 тоже высокое давление, то на выходе 2 будет низкое давление, по уровню равное атмосферному.

Различие между обычным Н.О. клапаном 3/2 и логическим элементом «НЕТ» в том, что последний является элементом порогового срабатывания. Для элемента «НЕТ» пороговое давление равно 0,3 бара, давление выше порогового на управляющем входе 10 воспринимается как логическая единица, ниже- логический ноль.

Одним из типовых применений этого логического элемента является реализация предупреждения остановки цилиндра в конце хода. Пока цилиндр движется, обычно, при дросселировании выхлопа значение давления в полости сброса воздуха остается высоким, а при входе в зону демпфирования или остановке снижается до атмосферного. В завершающей стадии движения, когда давление из цилиндра сброшено в атмосферу почти полностью (до 0,3 бара), элемент «НЕТ» выдаст сигнал, который можно использовать для реверса движения или запуска следующего привода системы взамен механического концевого выключателя. Для того, чтобы гарантировать касание поршнем крышки цилиндра сброс с управляющего входа 10 элемента «НЕТ» делают через дроссель, а, если необходимо обеспечить регулируемое время простоя поршня в крайнем положении, то между дросселем и входом 10 ставят небольшой ресивер.

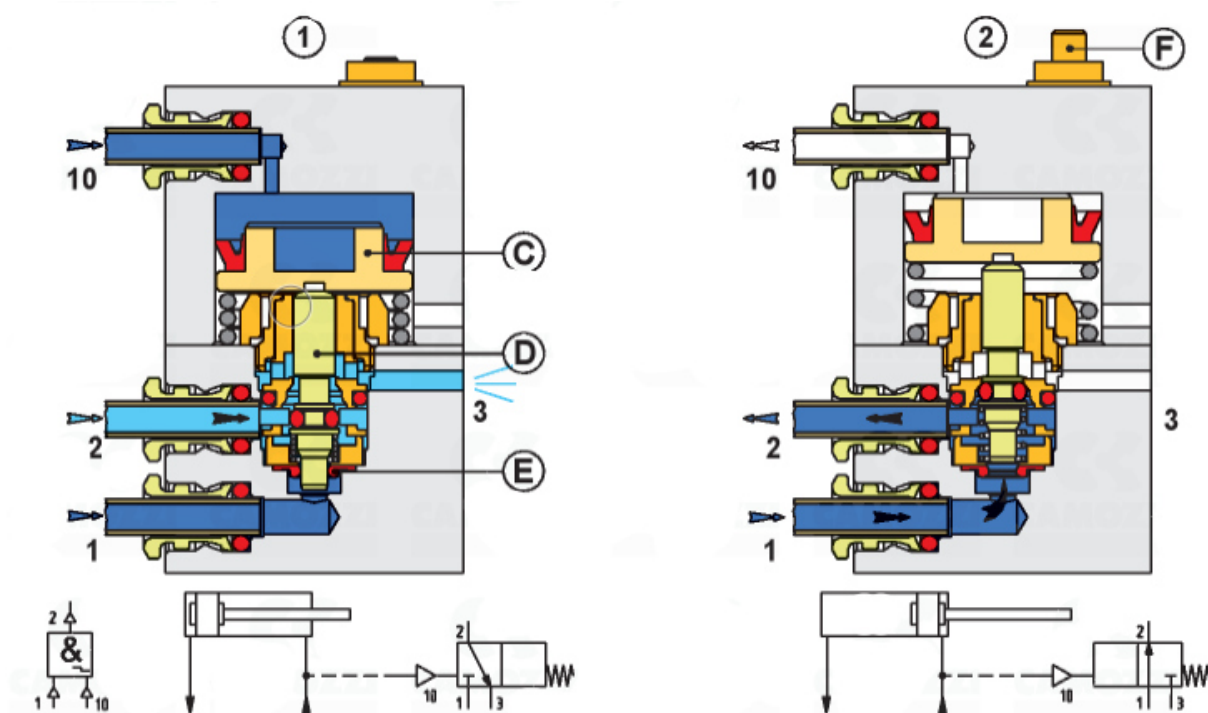


Рисунок 1.12 - Функция «НЕТ»

На рисунке 1.12 показан пневматический вариант логической функции «НЕТ» и обозначение элемента в комплекте стенда. Под номером 1 показана схема при наличии сигнала управления, в это время вход 1 закрыт и канал потребителя 2 сообщается с каналом сброса 3. Внутри клапана есть подпружиненная пара поршень с- шток d, которая под действием управляющего пневматического сигнала 10 находится в нижнем положении. Площадь поршня подобрана таким образом, чтобы гарантировать сжатие возвратной пружины и блокировку канала 1 посредством уплотнения e при точном уровне давления 0,3 бара и выше. Открыт проход воздуха от канала потребителя 2 к каналу сброса 3.

Под номером 2 сигнал управления отсутствует, вход 1 соединен с каналом потребителя 2. При отсутствии или сбросе управляющего сигнала 10 пара поршень-шток поднимаются вверх за счет запорной пружины, шток открывается от седла, и воздух поступает в отверстие выхода 2 к потребителю. Канал сброса 3 блокируется уплотнением на штоке. Присутствие сигнала высокого давления на выходе 2 визуально дублируется с помощью индикатора f.

С применением логической функции «НЕТ» в пневматических системах решается много разных задач. Пневмоклапан «НЕТ», являясь элементом порогового срабатывания, помимо возможностей замены в цикловых системах механических концевых выключателей применяется в одно- и мультивибраторах, во времязадающих устройствах для преобразования нарастающих сигналов в ступенчатые, для инверсии сигналов управления и т.д.

#### 1.4.4.2 Логическая функция «ДА»

Логическая операция «ДА» также реализует функцию переменной. Функция клапан идентична функции моностабильного нормально закрытого клапана 3/2 с пневмоуправлением и инверсна по отношению к функции рассмотренного элемента «НЕТ».

Таблица истинности для элемента «ДА» выглядит так: если в канале питания 1 клапана есть высокое давление, а на управляющем входе 10 низкое давление, то на выходе 2 будет низкое давление, равное атмосферному; если в канале питания 1 клапана есть высокое давление и на управляющем входе 12 высокое давление, то на выходе 2 тоже будет высокое давление, по уровню равное давлению в канале питания.

Логический элемент «ДА» является также элементом порогового срабатывания. Пороговый уровень давления равен 0,6 бара. Данный элемент менее востребованный, чем логический элемент «НЕТ», но и он находит применение в схемах с пневматической логикой.

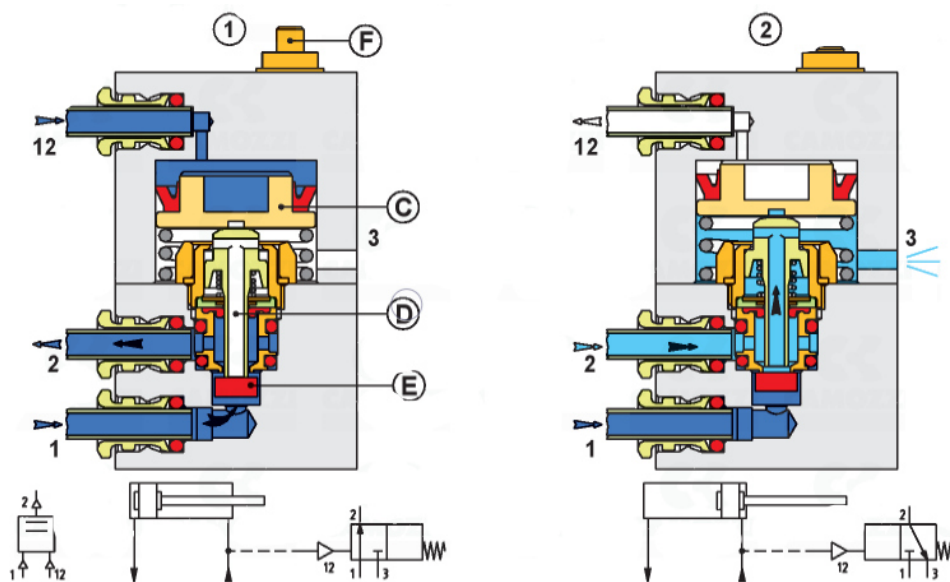


Рисунок 1.13 - Логический элемент «ДА»

На рисунке 1.13 под номером 1 показан элемент при наличии сигнала управления, вход 1 связан с выходом 2 потребителя, канал сброса отсечен. Внутри клапана также есть подпружиненная пара поршень с- полный шток d, которая под действием управляющего пневматического сигнала 12 находится в нижнем положении. В линии питающего входа 1 расположен еще один запорный элемент е, представляющий собой подвижный поршень с уплотнением. Подвижный поршень давлением канала 1 прижат к проточке в штоке, а нижнее положение штока высвобождает канал для течения воздуха в полость 2. Канал сброса отсечен соответствующим уплотнением. Площадь поршня подобрана таким образом, чтобы гарантировать сжатие возвратной пружины и перемещение штока в нижнюю точку при точном уровне давления

0,6 бара и выше. Открыт проход воздуха от канала питания 1 к каналу потребителя 2.

Под номером 2 сигнал отсутствует, вход 1 заблокирован, выход 2 соединен со сбросом 3. При отсутствии или сбросе управляющего сигнала 12 пара поршень-шток поднимаются вверх за счет запорной пружины, нижний подвижный поршень давление в канале 1 прижимается к седлу клапана, блокируя канал питания, а торец штока с полным каналом за счет запорной пружины подняты выше верхней грани подвижного поршня, что позволяет через проточку в штоке давлению из канала 2 сбрасываться через отверстие канала 3 в атмосферу.

#### 1.4.4.3 Логическая функция «ИЛИ»

Логические функции «И» и «ИЛИ» используются при реализации двух переменных. У таких клапанов есть два равноправных входа и один выход, являющийся результатом логической обработки состояний входов.

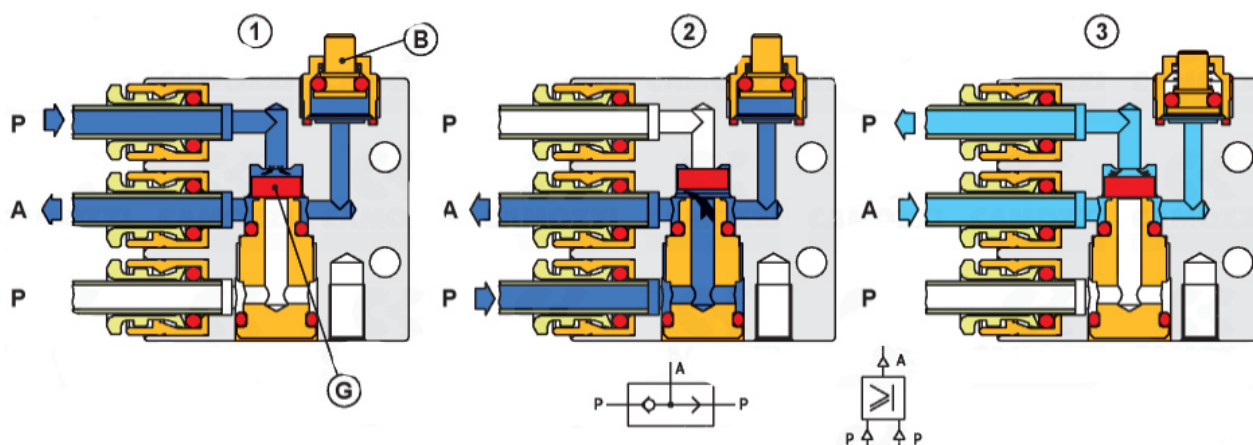


Рисунок 1.14 - Логическая функция «ИЛИ»

На рисунке 1.14 представлен логический элемент «ИЛИ». Этот элемент реализует функцию селекторного переключателя схемы. Выход логического элемента будет соответствовать состоянию логической единицы, если хотя бы на одном из входов или на обоих входах присутствует логическая единица. Элемент «ИЛИ» не является аналогом разветвителя трех сигналов.

На первой картинке показано наличие давления на одном из входов P1. Сжатый воздух на входе толкает поршень с уплотнением G вниз против сопла, выполненного на вставке, закрывается проход воздуха к нижнему входу P2. Открывается проход от верхнего канала P1 к каналу пользователя A. Наличие сигнала высокого уровня в канале пользователя A дублируется на корпусе визуальным индикатором B.

На втором рисунке присутствует наличие давления на другом входе P2. Сжатый воздух на входе поднимает поршень с уплотнением G, закрывая сопло, встроенное в корпус клапана, закрывается проход к верхнему входу P1. Открывается проход к каналу потребителя A. Наличие сигнала в канале



пользователя А также дублируется на корпусе визуальным индикатором В. При одновременном присутствии двух разных по уровню управляющих сигналов на двух входах поршень переместится в сторону от большего давления, которое и окажется на входе.

Состояние перехода сигнала на выходе А в логический ноль при сбросе последнего сигнала с входов показано на рисунке 3. В этом состоянии поршень с уплотнением находится в прижатом положении к соплу входа, где не было сигнала, или откуда сигнал ушел первым. При сбросе сигнала второго входа давление из канала потребителя А будет сброшено через отверстие второго входа.

#### 1.4.4.4 Логическая функция «И»

Чтобы на выходе логического элемента «И» появился сигнал высокого давления, нужно подать постоянные сигналы на оба входа. Синхронизация передних фронтов входных сигналов не обязательна.

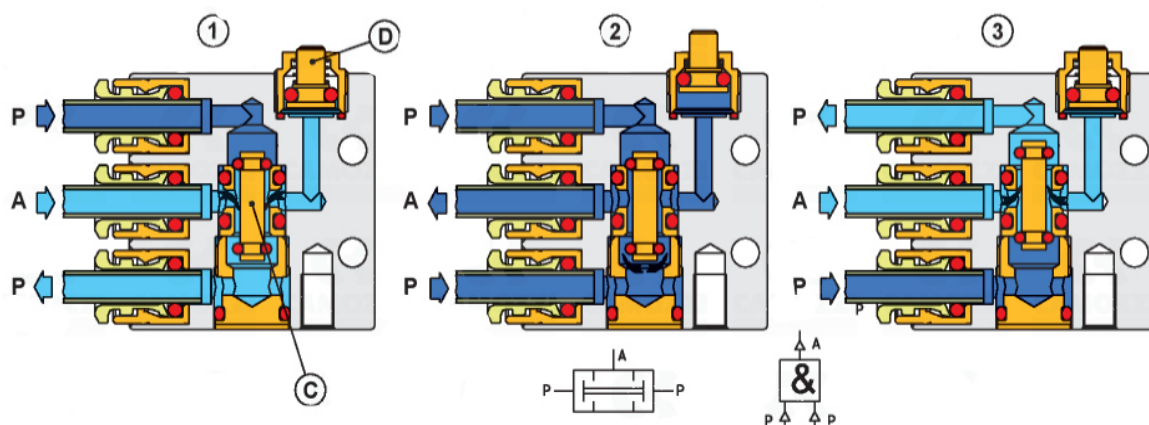


Рисунок 1.15 - Логическая функция «И»

На рисунке 1.15 под номером 1 показана схема функции «И» при наличии единственного сигнала в канале верхнего входа P1. Пневматический сигнал на верхнем входе P1 толкает запорный элемент С и его уплотнение вниз и, воздействуя на сопло, имеющееся на вставке, закрывает проход воздуха от канала входа к каналу пользователя А.

На картинке 2 присутствуют сигналы на обоих пневматических входах. Когда запорный элемент находится в положении, определенном первым сигналом управления, второй сигнал управления проходит в канал пользователя А. При наличии сигналов на двух входах Р с различными уровнями давления, подвижный элемент переместится в сторону от большего давления, своей торцевой частью перекроет этот канал, и на выходе А будет сигнал с меньшим уровнем давления. Присутствие сигнала на выходе А обнаруживается индикатором D.

Третья картинка показывает состояние перехода сигнала на выходе А в логический ноль при сбросе сигнала хотя бы с одного из входов Р. В этот

момент подвижный элемент перемещается в сторону от большего давления, блокируя канал движения воздуха к выходу А и в то же время связывая полость выхода А с противоположным входом Р, т.е. с давлением низкого уровня.

## 1.5 Схемотехника

### 1.5.1 Условные обозначения в пневматике

В предыдущих разделах были приведены иллюстрации конструкций и принципов функционирования пневматических элементов. Там же можно было встретить их условные обозначения на принципиальных пневматических схемах. Далее будут рассмотрены наиболее часто встречающиеся из них.

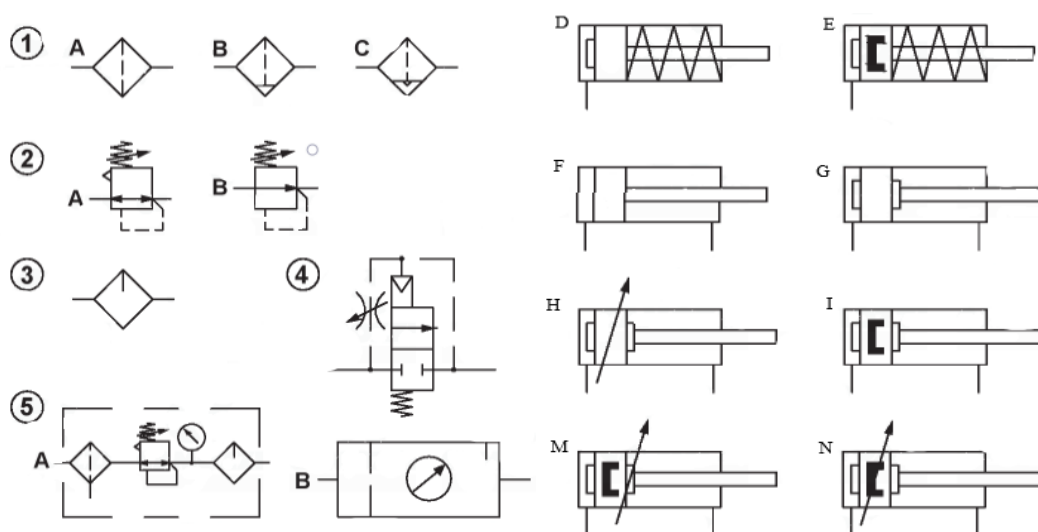


Рисунок 1.16 - Условные обозначения

На рисунке 1.16 представлены условные обозначения для подготовки воздуха.

Под буквой А обозначен фильтр. Латинской буквой В обозначен фильтр с ручным сбросом конденсата, а под С- фильтр с автоматическим сбросом конденсата. А- регулятор давления со сбросом избыточного давления. Линия с двумя стрелками обозначает направление потока сжатого воздуха и направление сброса избыточного давления. В- регулятор давления без сброса избыточного давления. Номер 3 показывает маслораспылитель, а 4- клапан мягкого пуска, когда открывается магистраль питания, клапан постепенно увеличивает давление в пневматической системе до 50 процентов от входного значения, после чего величина давления скачком увеличивается до магистрального (100 %). Стрелка показывает направление потока. Под номером 5 и буквой А располагается блок подготовки воздуха (фильтр, регулятор давления, манометр, маслораспылитель), полное обозначение, а под буквой В показывается упрощенное обозначение.

Под буквой D подразумевается пневматический цилиндр одностороннего действия, немагнитный и с возвратной пружиной. Е- это цилиндр одностороннего действия, магнитный и с возвратной пружиной. Под F показан пневматический цилиндр двустороннего действия, немагнитный, без торможения в конце хода, в то время как под G такой же цилиндр, только с нерегулируемым торможением в конце хода, а Н- с регулируемым торможением в конце хода. I- это пневматический цилиндр двустороннего действия, магнитный и с нерегулируемым торможением в конце хода, а М такой же цилиндр, только с регулируемым торможением при выдвижении и N с регулируемым торможением в обоих направлениях.

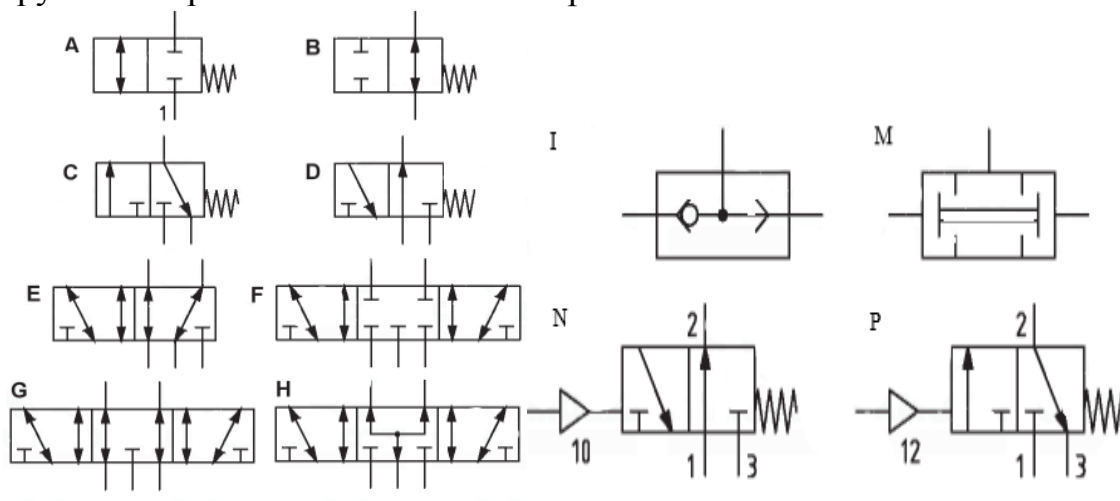


Рисунок 1.17 - Обозначения логических элементов и распределителей

На рисунке 1.17:

А- двухлинейный двухпозиционный моностабильный нормально закрытый (2/2 Н.З.);

В- двухлинейный двухпозиционный моностабильный нормально открытый (2/2 Н.О.);

С- трехлинейный двухпозиционный моностабильный нормально закрытый (3/2 Н.З.);

Д- трехлинейный двухпозиционный моностабильный нормально открытый (3/2 Н.О.);

Е- пятилинейный двухпозиционный бистабильный (5/2);

F- пятилинейный трехпозиционный с закрытым центром (5/3 З.Ц.);

G- пятилинейный трехпозиционный с открытым центром (5/3 О.Ц.);

Н- пятилинейный трехпозиционный с подачей давления в обе полости (центр под давлением) (5/3 Ц.Д.);

I- логический элемент «ИЛИ»;

М- логический элемент «И»;

N- логический элемент «НЕТ»;

Р- логический элемент «ДА».

## 1.5.2 Правила создания схемы

Схема, независимо от типа (пневматическая, электрическая), является условной совокупностью линий и символов, при помощи которых можно изобразить имеющиеся функции, их соединения и состояние команд в конце цикла.

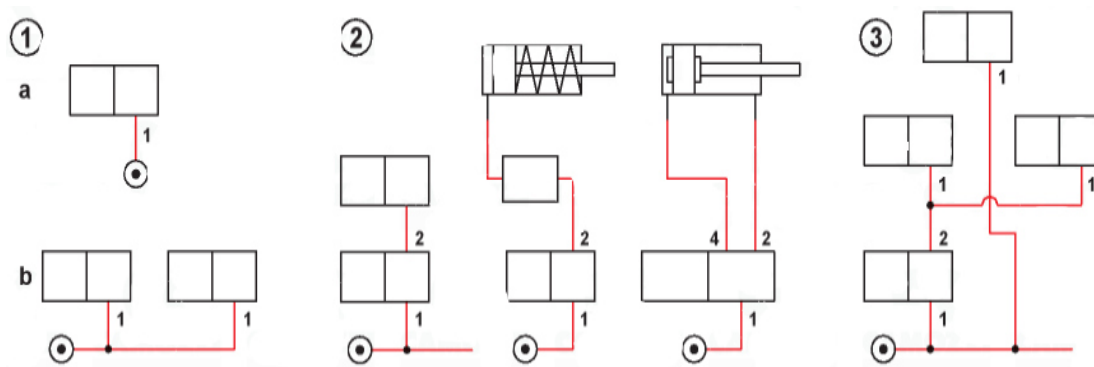


Рисунок 1.18 - Создание схемы

На рисунке 1.18 показан пример создания схемы, где источник обозначается кругом с точкой в центре. Он может быть обозначен относительно каждого элемента, которому он требуется. Соединение между источником питания и элементом осуществляется при помощи линии, обозначающей трубопровод. Источник питания может быть отображен отдельно на схеме и затем соединен с различными элементами, как на схеме под буквой b.

Под номером 2 показано как изображаются магистральные и силовые трубопроводы, они изображаются непрерывной линией.

На схемах лучше избегать лишних пересечений линий соединения. Там, где это не представляется возможным, следует прервать одну из двух линий и изобразить маленькую арку для того, чтобы обозначить пересечение трубопроводов без соединения. В случае пересечения с соединением оно отмечается хорошо заметной точкой.

Цилиндры обозначаются при помощи прямоугольника, внутри которого находится поршень со штоком. Втянутое или выдвинутое положение поршня со штоком определяется их положением на схеме. (Рис. 1.19)

Распределители отображены в виде расположенных рядом квадратов, в конце цикла определяющих положения (позиции), в которых может находиться распределитель. Стрелки внутри квадратов обозначают направление потока сжатого воздуха [11].

Пневматические соединения и соответствующие номера указывают рядом с графическим обозначением той позиции (квадратом), которая включена в начальном (исходном) состоянии пневматического привода.

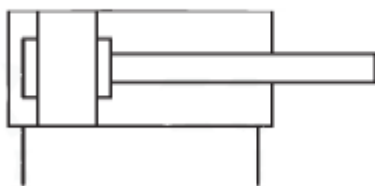
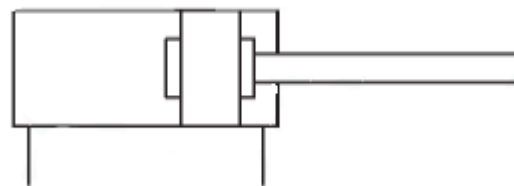
**ВТЯНУТОЕ ПОЛОЖЕНИЕ****ВЫДВИНУТОЕ ПОЛОЖЕНИЕ**

Рисунок 1.19 - Положения штока цилиндра

Ниже, на рисунке 1.20, будут приведены наиболее распространенные обозначения распределителей в схемах.

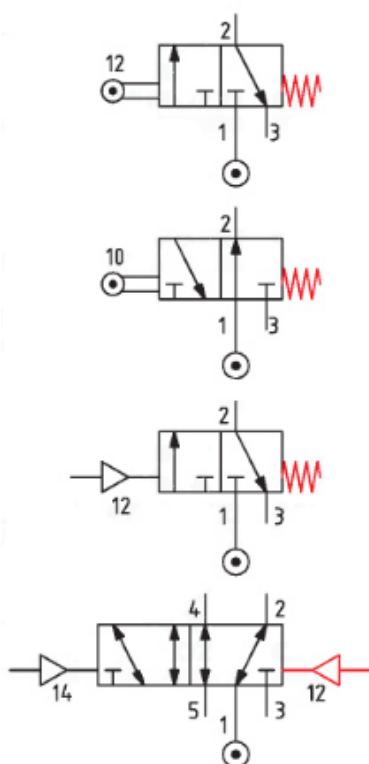
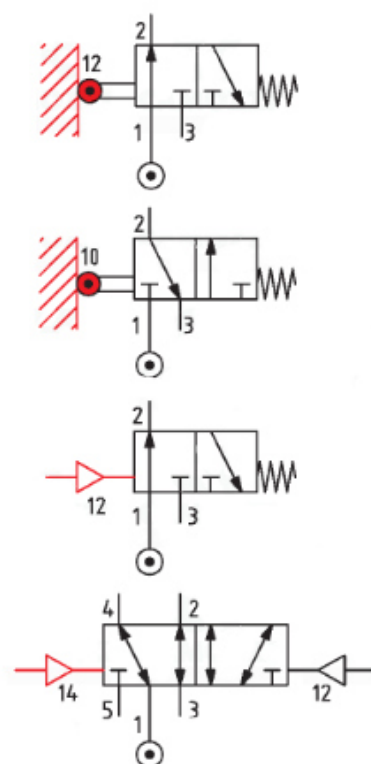
**НЕ ЗАДЕЙСТВОВАННЫЕ****ЗАДЕЙСТВОВАННЫЕ**

Рисунок 1.20 - Условные обозначения распределителей

Выше, на рисунке 1.20 под номером 1, показан распределитель 3/2 Н.З. с механическим управлением и возвратом при помощи пружины, под номером 2 распределитель 3/2 Н.О. с механическим управлением и возвратом при помощи пружины. Распределитель 3/2 Н.З. с пневматическим управлением и возвратом при помощи пружины изображен на рисунке 3. Наличие ручного дублирования не отображается, если это не требуется для понимания работы схемы. Условное обозначение бистабильного распределителя 5/2 с пневматическим управлением показано на рисунке под номером 4. Управление его подводится к торцам распределителя от двух разных

трубопроводов. С какой бы стороны оно не поступало, один из двух выходных каналов 2 или 4 всегда соединен с источником питания 1.

Источник питания отображается условным обозначением с указанием номера линии.

### **1.5.3 Одиночный или полуавтоматический цикл**

При выполнении лабораторных работ студентами следует учитывать, что будут встречаться понятия циклов. Поэтому, далее будет рассматриваться различных циклов.

Движение приводов в схемах в различные моменты времени определяется логической последовательностью. Различные фазы, которые образуют последовательность, происходят при поступлении сигналов подтверждения движения. Эти сигналы подтверждения формируются с помощью распределителей с механическим управлением, связанных непосредственно с приводом или через механические приспособления. Поскольку они могут быть размещены в любом месте вдоль хода, то и работать могут в определенной момент [12].

Основные функции оператора - подача сигналов «Пуск» и «Стоп». Для простоты в этом примере будет использован один привод, реализующий последовательность в один полуавтоматический цикл. Под этим термином понимается, что при ручном задействовании кнопки выполняется одиночный цикл.

На рисунке 1.21 под номером 1 команда «Пуск» подается с помощью моностабильного распределителя 3/2 Н.З. с ручным управлением. В качестве силового распределителя используется 5/2 бистабильный распределитель с пневматическим управлением. Команда на возврат штока подается с помощью концевого выключателя 3/2 Н.З. с механическим управлением.

Под номером 2 на рисунке 1.21 бистабильный распределитель 5/2 не имеет определенного начального положения и может иметь активным выход 2 или 4. В случае, когда нет сигналов ни с кнопки «Пуск», ни с концевого выключателя, силовой распределитель должен подавать воздух в полости цилиндра так, чтобы шток с поршнем был втянут.

Номером 3 обозначена ситуация при нажатии на кнопку «Пуск» и в то время, силовой распределитель получает сигнал управления 14 (слева), вход 1 соединяется с выходом 4, выход 2 соединяется с выхлопом 3. Сжатый воздух наполняет бесштоковую полость, шток с поршнем полностью выдвигается.

При достижении штоком полностью выдвинутого положения, на что указывает вертикальный отрезок, шток воздействует на механическую часть концевого выключателя, вход 1 соединяется с выходом 2, обеспечивая тем самым поступление сигнала управления 12 (справа) на силовой распределитель, как показано на картинке под номером 4 на рисунке 1.21, приведенным ниже.



Под номером 5 на рисунке 1.21 показана схема для переключения силовым распределителем сигнала, не должно быть сигнала от кнопки «Пуск».

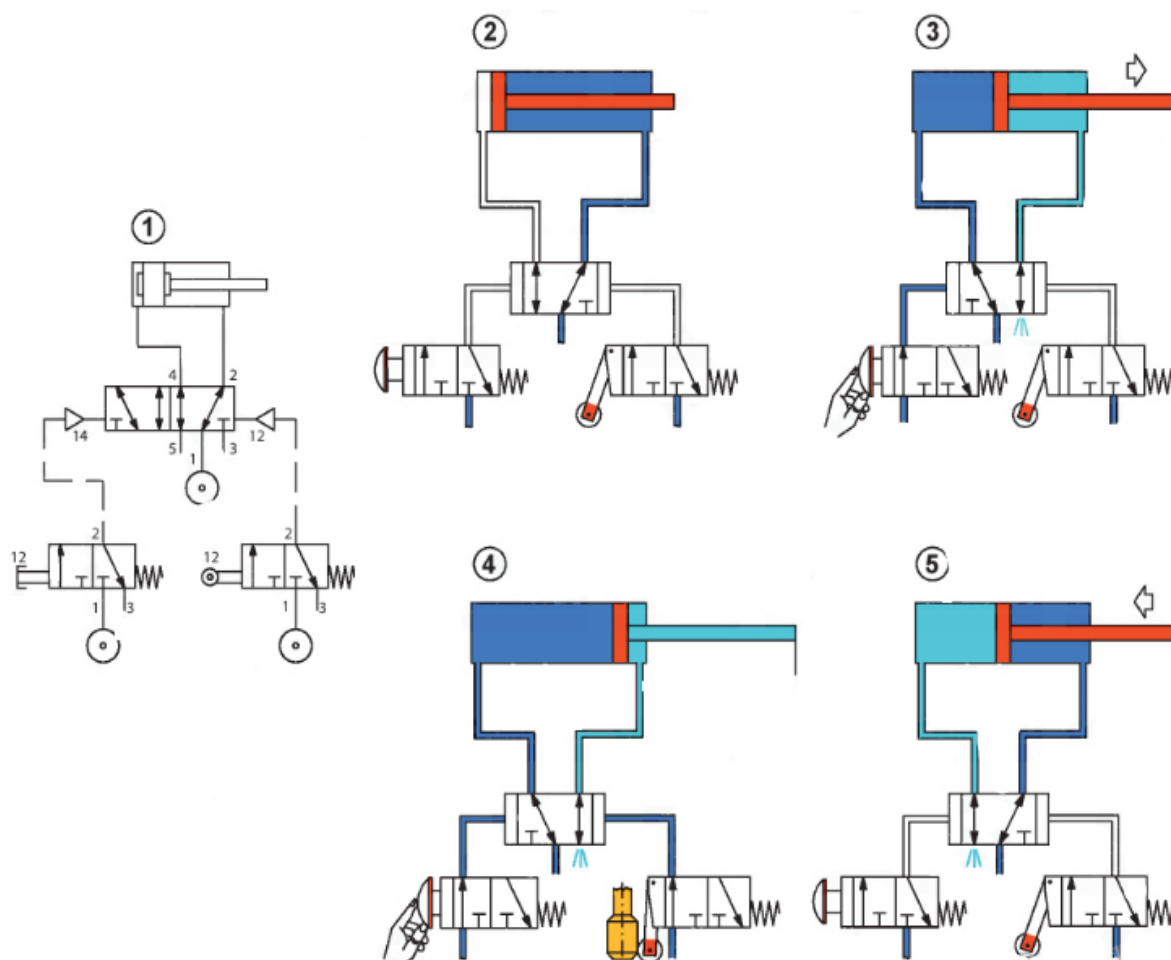


Рисунок 1.21 - Пример одиночного цикла

#### 1.5.4 Непрерывный или автоматический цикл

В предыдущем подразделе в схеме с помощью распределителя с механическим управлением в конце выдвижения был получен автоматический возврат штока с поршнем. Для получения автоматического цикла нам нужно задействовать еще один распределитель с механическим управлением в качестве команды начала выдвижения штока. Команды «Начало» / «Конец цикла» всегда подаются оператором.

Также в этом примере будет использован один привод, реализующий последовательность непрерывного (автоматического) цикла. Под этим термином будет пониматься повторение цикла автоматически, пока оператор не подаст команду «Конец цикла».

На рисунке 1.22 под номером 1 в отличие от одиночного (полуавтоматического) цикла в этом случае кнопка «Пуск» заменяется на бистабильный распределитель 3/2 с ручным управлением для подачи команды

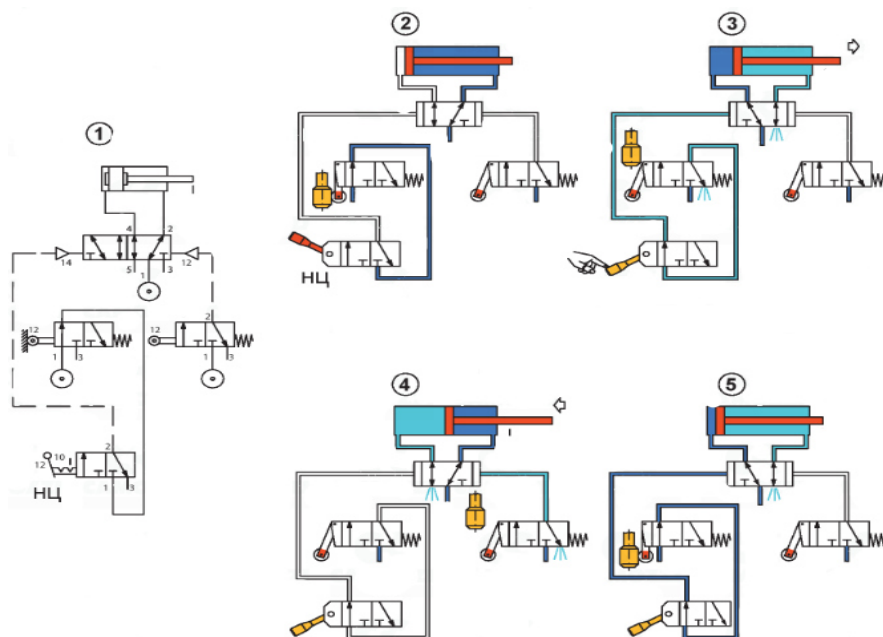
«Начало» / «Конец цикла», у которого присутствие сигнала на входе зависит от полностью втянутого положения штока. В роли силового распределителя используется бистабильный распределитель 5/2 с пневматическим управлением.

Под номером 2, сжатый воздух из магистрали проходит через силовой распределитель 5/2, наполняя штоковую полость цилиндра. Сработавший концевой выключатель втянутого положения штока, также подключенный к магистрали, пропускает сигнал к распределителю «Начало», который не подает сигнал начала цикла.

Ситуация, которая показана на рисунке 1.22 под номером 3, при переключении рычага распределителя «Начало» сжатый воздух проходит в канал управления 14 силового распределителя, тем самым позволяя штоку с поршнем выдвинуться. Шток с поршнем, двигаясь, перестает воздействовать на концевой выключатель, который перекрывает подачу сжатого воздуха на управление силовым распределителем. Переключатель на распределителе «Начало» может быть передвинут в любое положение, так как силовой бистабильный распределитель поддерживает свое последнее положение.

Шток с поршнем достигает концевой выключатель выдвинутого положения, в результате сигнал через его выход 2 поступает в канал управления 12 силового распределителя, который изменяет каналы подвода сжатого воздуха к полостям цилиндра, как показано на рисунке 4. Шток с поршнем начинает втягиваться, концевой выключатель выключается.

На рисунке 5 шток с поршнем, достигая втянутого положения, приводит в действие соответствующий концевой выключатель. С выхода 2 этого концевой выключателя сжатый воздух подается на распределитель «Начало», и, если оператор не переключал его, цикл повторяется в автоматическом режиме.



## **1.6 Электropневматика**

### **1.6.1 Обозначения в электрике**

В терминологии пневматики и электрики существуют такие определения как: Нормально Открытый Н.О. и Нормально Замкнутый Н.З.

Для различных областей техники эти определения имеют различные значения. В пневматике клапан открыт, когда сжатый воздух проходит через его каналы с входа на выход, и закрыт, когда прохода нет. В электрике нет клапанов, но есть контакты, каждый из которых состоит из двух металлических частей, одна из которых подвижна. Определение «Открытый» или «Размыкающий» контакт подразумевает, что ток не проходит через него, поскольку две части не соединены, нет механической связи. Определение «Замкнутый» или «Замыкающий» контакт подразумевает, что ток проходит через него, благодаря наличию механической связи между частями [13].

Контакты могут коммутироваться по-разному: ручным, механическим или электрическим воздействием. Такие устройства нашли применение во множестве электрических компонентов, таких как переключатели, девиаторы, кнопки, реле, дистанционные выключатели, хронометрические устройства (таймеры) и т.д. Электрическое соединение в этих элементах обычно выполнено с использованием клемм или фастонов (плоский вставляющийся неизолированный наконечник).

На пневматических схемах силовые линии распределения сжатого воздуха отображаются непрерывными линиями, а линии управления – штриховыми линиями. Электрический источник питания отображается двумя непрерывными горизонтальными отрезками, выделенными жирно, линии электрических цепей более тонкие и могут отражать функции катушек дистанционных выключателей или реле, соответствующих контактов, кнопок, датчиков и т.д.

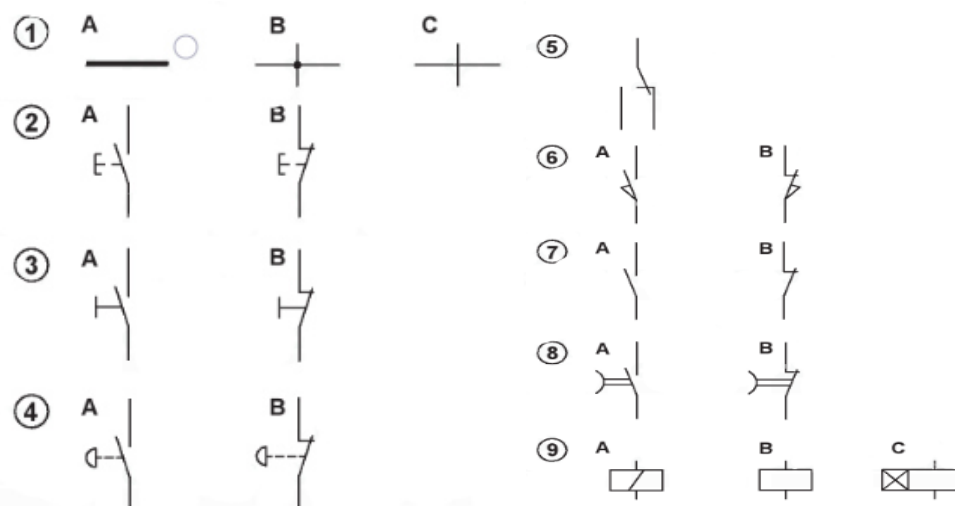


Рисунок 1.23 - Обозначения линий

На рисунке 1.23 цифрами и буквами обозначены силовые линии. Под номером 1 показаны силовая линия, соединение линий и пересечение линий. Номер 2 представляет управление кнопкой с нормально разомкнутым контактом и управление кнопкой с нормально замкнутым контактом. Картинка 3 показывает изображение управления селектором с нормально разомкнутым и нормально замкнутыми контактами. Рисунок 4 так же управление кнопкой безопасности с разными контактами. Под номером 5 показан переключающийся контакт. Далее, под номером 6, идет переключатели концевого выключателя. Номер 7 изображение нормально разомкнутого и замкнутого контактов реле. Хронометрические устройства с различными контактами, например таймеры, показаны под номером 8. Следующими, под номером 9, идут: катушка электропневматического или электромагнитного распределителя, катушка реле и катушка хронометрического устройства, например, электромеханического таймера.

### 1.6.2 Цепи с реле

Электромеханическое (электромагнитное) реле – это элемент, который под воздействием электрического сигнала создает магнитное поле, обеспечивающее притяжение якоря к катушке, что приводит к замыканию нормально разомкнутых контактов и размыканию нормально замкнутых контактов. В контуре входной цепи реле присутствует катушка электромагнита, ключ и электрический источник питания, в контуре выходной цепи – группы подпружиненных контактов, электрический источник питания и нагрузка [14].

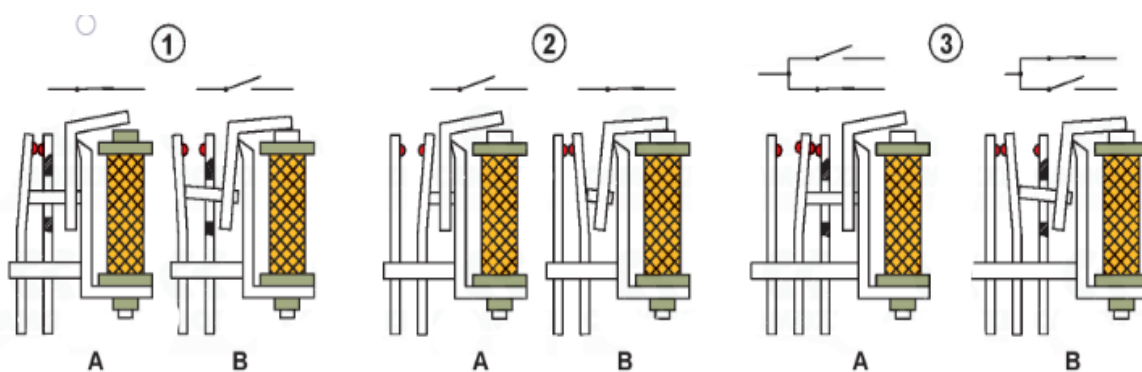


Рисунок 1.24 - Реле

На рисунке 1.24 показаны состояния электрического реле. Первое изображение, под номером 1, показывает момент, когда катушка обесточена и контакт нормально замкнут, электрический сигнал может проходить; второе изображение показывает катушку под напряжением притягивает механизм переключения, который, воздействуя на контакт, открывает его. Электрический сигнал проходить в это время не может.

## 2 Техническая часть

### 2.1 Выбор оборудования. Учебный стенд

Учебный стенд итальянской фирмы Camozzi DID-BASE предназначен для изучения основ пневматической и электрической схемотехники, релейной логики, программирования логических контроллеров и основ мехатроники.

Учебный стенд может иметь различные варианты комплектаций, общий вид которых показан на рисунках 2.1 (а), 2.1 (б). Комплектации состоят из мобильного основания на колесах с возможностью блокировки движения колес, центральной панели с фиксированным набором элементов на центральной панели или панели с гибким размещением элементов на профильной панели DID-BASE-T, левой панели с источниками сжатого воздуха, средствами запуска приводов и останова, управления давлением и блокировки аварийных режимов, правой панели с управлением от программируемого логического контроллера и реле, электрических кнопок задействования приводов, комплектов элементов пневматики «Р», комплектов элементов электропневматики «Е», тумбы на колесах для хранения элементов, комплектов электрических кабелей DID-WARE, набора DID-STAR-KIT.



а - стенд с фиксированным набором элементов



б - стенд с алюминиевой плитой с Т-образными пазами

Рисунок 2.1 - Общий вид стенда

В состав комплекта элементов пневматики входят цилиндры одностороннего и двустороннего действия, различные распределители, дроссель с обратным клапаном, логический элемент «НЕТ», сборка с двумя логическими элементами «ИЛИ», сборка с двумя логическими элементами «И» и ресивер.

В электропневматический комплект входят цилиндр двустороннего действия с двумя герконами, цилиндр двустороннего действия с тремя герконами, распределители, концевой выключатель, емкостные и оптические датчики приближения объекта и датчик давления с дисплеем.

В комплект DID-STAR-KIT входят: клапан быстрого выхлопа, втулка для клапана VSO, заглушка для цанги, трубопроводы фитинги и ножницы для трубки.

В таблице 2.1 будут приведены основные технические характеристики и параметры учебного стенда.

Таблица 2.1 - Основные технические характеристика и параметры

№	Параметр, единица изм.	Значение
Общие характеристики		
1	Габаритные размеры, мм	
	Ширина, мм	1520
	Глубина, мм	780
	Высота, мм	1834
2	Температура рабочей среды, °C	от 0 до 50
3	Крепление	Мобильное основание на колесах с возможностью блокировки движения



		колес
Пневматические параметры		
4	Рабочая среда	Очищенный воздух без необходимости маслораспыления. Требуется установка центробежного фильтра 25 мкм, обеспечивающего класс очистки воздуха по стандарту
5	Рабочее давление, бар	от 2 до 10
6	Использование лубриката	не требуется
7	Присоединение	Быстроразъемная розетка 5054/8
8	Расход воздуха, Нл/мин	от 10
Электрические параметры		
9	Напряжение питания	85 ~ 264V AC
10	Диапазон частот питания, Гц	от 47 до 63
11	Потребляемый ток	1.8A/115V AC, 1A/230V AC
12	Подключение	Безопасный кабель питания 220V

### 2.1.1 Принцип работы учебного стенда DID-BASE

Рабочая область изделия находится на центральной панели стенда с фиксированным набором элементов на центральной панели DID-BASE-F (см. рисунок 2.2) или панели с гибким размещением элементов на профильной панели DID-BASE-T (см. рисунок 2.3). На профильную панель с Т-образными пазами монтируют элементы из комплектов пневматики «Р» и/или электропневматики «Е» с помощью специальных креплений, обеспечивающий быстрый и надежный монтаж.

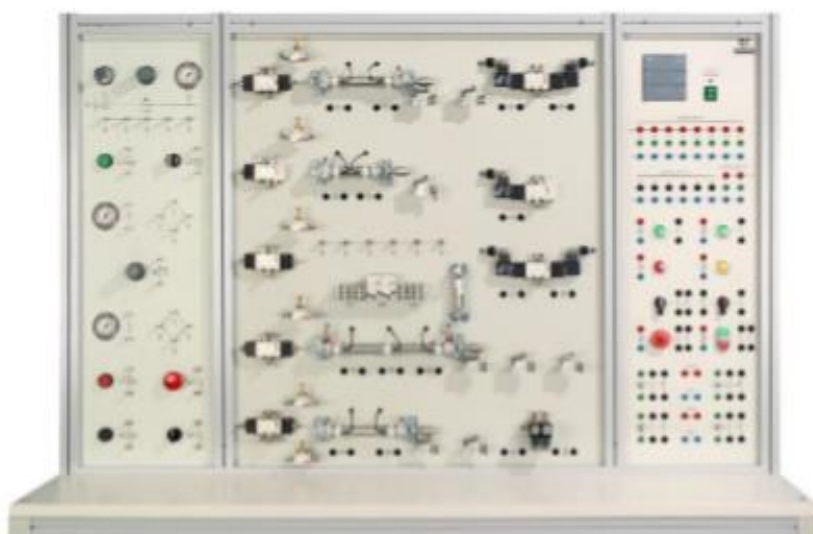


Рисунок 2.2 - Стенд с фиксированным набором элементов центральной панели

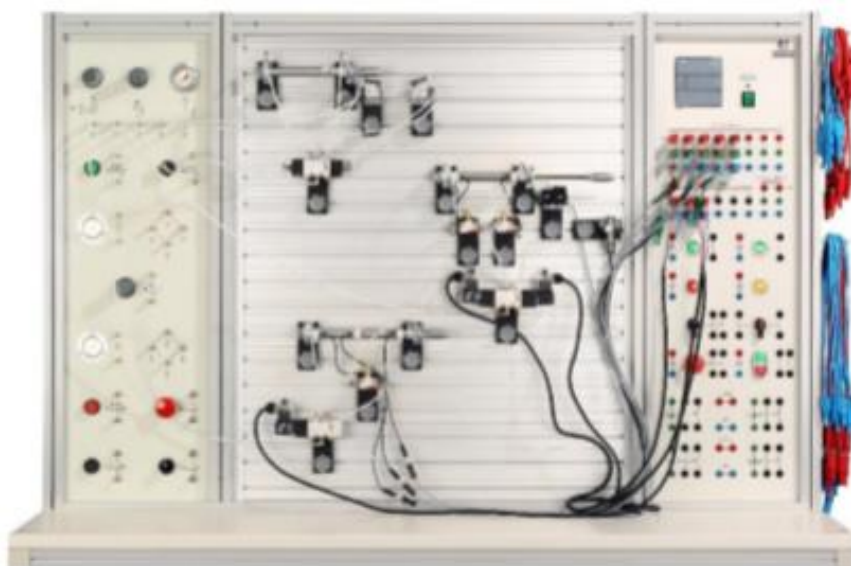


Рисунок 2.3 - Стенд с гибким размещением элементов на профильной панели

С помощью левой панели обеспечивается подключение элементов из комплекта пневматики и управление пневматическими приводами. С помощью левой панели обеспечивается подключение элементов из комплекта электропневматики и управление собранной электропневматической системой. На левой панели расположены источник сжатого воздуха, средства запуска приводов и останова, управления давлением и блокировки аварийных режимов. На правой панели расположены программируемый логический контроллер и реле, электрические кнопки задействования приводов.

### 2.1.2 Датчики положений

Герконовый датчик положения предназначен для обнаружения объекта (поршня цилиндра) бесконтактным способом. На рисунке 2.4 показан сам датчик и кабель.

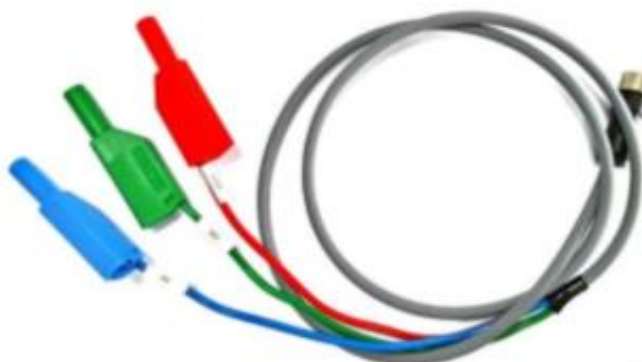


Рисунок 2.4 - Кабель герконового датчика

Датчик имеет свой комплект, куда входит кабель, который присоединяется к геркону разъемом M8, на другой стороне кабель имеет в своем составе три контакта «+24V», «0V», «DO».

Контакт «DO» является дискретным выходом герконового датчика. Его следует подключать ко входу ПЛК, входу другого датчика или исполнительному элементу (катушке электропневматического распределителя, реле и т.д.).



Рисунок 2.5 - Концевой электрический датчик положения

На рисунке 2.5 изображен концевой электромеханический выключатель, который предназначен для контроля крайних или промежуточных положений исполнительного механизма при его передвижении, путем подачи управляющего сигнала.

Концевой выключатель имеет в своем составе три контакта «+24V», «NC» и «NO».

Контакт «+24V» является входным и на него следует подавать 24 В от источника питания или от другого датчика для реализации логических функций.

Контакт «NC» является нормально замкнутым относительно входного контакта. Его следует подключать ко входу программируемого логического контроллера, входу другого датчика или исполнительному элементу.

Контакт «NO» является нормально разомкнутым относительно входного контакта. Его так же следует подключать ко входу ПЛК, входу другого датчика или исполнительному элементу.



Рисунок 2.6 - Оптический датчик

Оптический датчик положения, изображенный на рисунке 2.6, предназначен для определения положения объекта бесконтактным способом на большом расстоянии.

Оптический датчик имеет в своем составе четыре контакта «+24V», «0V», «CTRL» и «DO».

Контакты «0V» и «+24V» являются контактами электрического питания на них необходимо подать 24 В от источника питания на красный и синий контакты соответственно.

Контакт «DO» является дискретным входом оптического датчика. Его следует подключать ко входу ПЛК, входу другого датчика или исполнительному элементу.

Контакт «CTRL» является входным контактом для конфигурации выхода оптического датчика. На его вход необходимо подать напряжение от источника питания. Если подать на контакт «CTRL» 24 В, то на выходе будет появляться при наличии объекта; если подать 0 В – напряжение на выходе будет появляться при отсутствии объекта.



Рисунок 2.7 - Индуктивный датчик

Индуктивный датчик положения предназначен для контроля положения объектов из металла представлен на рисунке 2.7.

Индуктивный датчик имеет в своем составе три контакта «+24V», «0V» и «DO».

Контакты «+24V» и «0V» являются контактами электрического питания на них необходимо подать 24 В и 0 В от источника питания на красный и синий контакты соответственно.

Контакт «DO» является дискретным выходом индуктивного датчика. Его следует подключать ко входу ПЛК, входу другого датчика или исполнительному элементу.



Рисунок 2.8 - Емкостной датчик

Емкостной датчик положения представлен на рисунке 2.8.

Емкостной датчик предназначен для определения положения объекта бесконтактным способом.

Датчик имеет в своем составе три контакта «+24V», «0V» и «DO».

Контакты «+24V» и «0V» являются контактами электрического питания на них необходимо подать 24 В и 0 В от источника питания на красный и синий контакты соответственно.

Контакт «DO» является дискретным выходом индуктивного датчика. Его следует подключать ко входу ПЛК, входу другого датчика или исполнительному элементу.

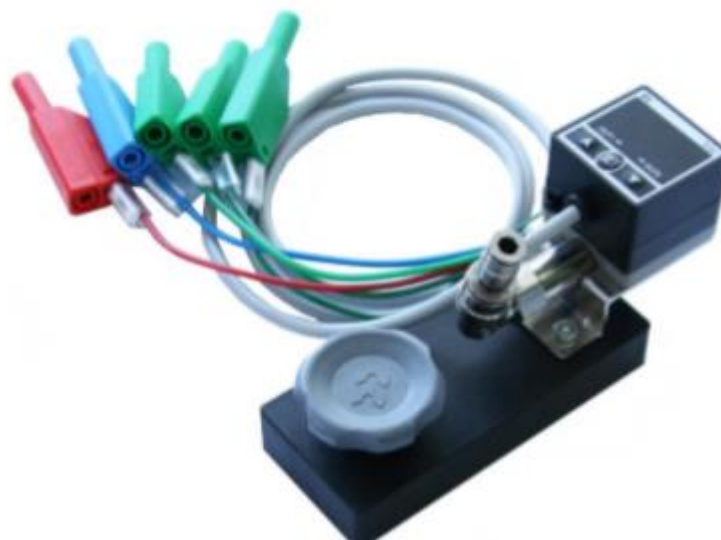


Рисунок 2.9 - Датчик давления

Датчик давления изображен на рисунке 2.9, он предназначен для измерения давления.

Датчик давления имеет в своем составе пять контактов «+24V», «0V», «DO1», «DO2» и «AO».

Контакты «+24V» и «0V» являются контактами электрического питания, на них необходимо подать от 12 до 24 В и 0 В от источника питания на красный и синий контакты соответственно.

Контакты «DO1» и «DO2» являются дискретными выходами датчика давления. Их следует подключать ко входам ПЛК, входам других датчиков или исполнительным элементам.

Контакт «АО» является аналоговым выходом датчика давления. Его необходимо подключать к аналоговому входу ПЛК.

### **2.1.3 Характеристики малошумного компрессора**

Компрессор малошумный итальянской фирмы имеет масляный тип. Рабочим телом которого является воздух. Максимальное давление в данном компрессоре соответствует 800 кПа, а производительность равна 50 л/мин и емкость составляет 24 л. Компрессор создает шум, уровнем 40 Дб. Вес компрессора составляет 26 кг. Ниже, на рисунке 2.10, показан его внешний вид.





Рисунок 2.10 - Малошумный компрессор

## 2.2 Инструкция по программированию

Программирование ПЛК и осуществление последующей его работы осуществляется с помощью среды программирования TIA PORTAL. Здесь и далее под названием TIA PORTAL V14 и STEP 7 Basic V14 подразумевается одно и то же программное обеспечение. TIA PORTAL является внешней программной оболочкой; в нее могут интегрироваться другие программные продукты, в том числе и SIMATIC STEP 7 Basic V14.

Для программирования контроллера SIMATIC S7-1200 необходим компьютер с установленным программным обеспечением STEP 7 Basic V14 или более поздние версии.

Перед началом процесса программирования контроллера стоит убедиться в правильности подключения контроллера.

Далее запустите программу TIA PORTAL V14. Появится стартовое окно программы с предложением создать новый проект.

Для создания нового проекта необходимо кликнуть «Create new project». Программа автоматически заполнит поля информации о проекте значениями по умолчанию.

Имя проекта выбрать стоит так, чтобы его было невозможно спутать с другими проектами. Путь к директории для хранения проектов выбирают на свое усмотрение.

После ввода необходимой информации и нажатия кнопки создается новый проект.

Далее откроется окно первых шагов по созданию проекта.

В открывшемся окне следует выбрать целевой контроллер. Ниже, на рисунке 2.11, будет показан способ создания нового проекта и выбора целевого контроллера для дальнейшего программирования.

Если версия контроллера отличается от указанной ниже, необходимо выбрать ту версию, которая находится у вас.

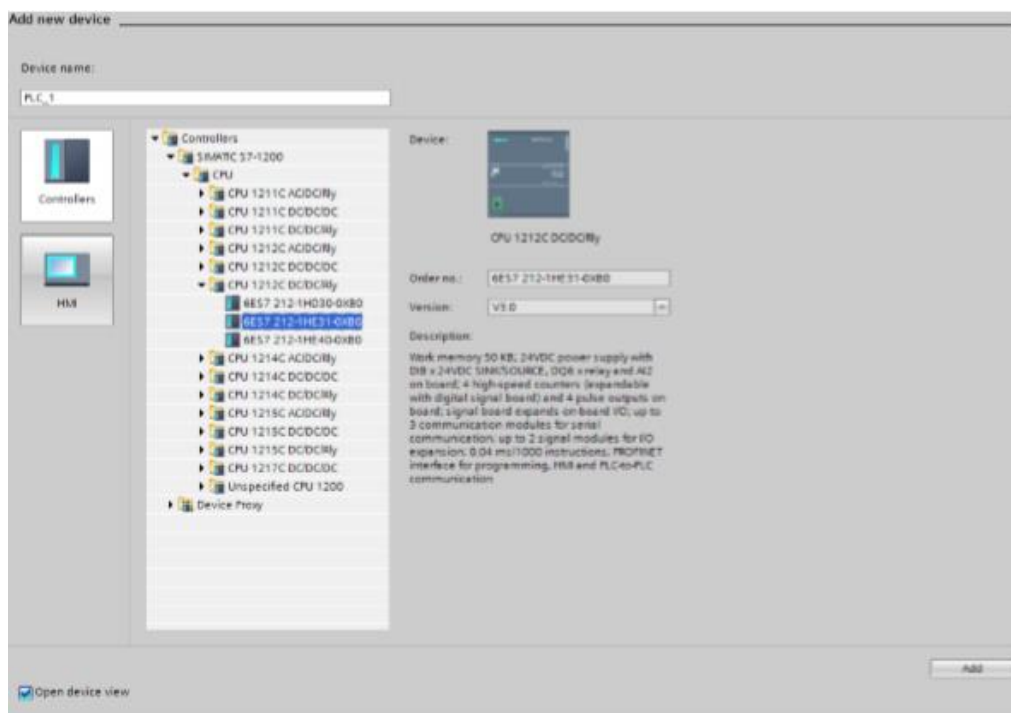


Рисунок 2.11 - Выбор целевого контроллера

Интерфейс программы после выбора контроллера автоматически переключается на «Проектный» вид, как показано на рисунке 2.12.

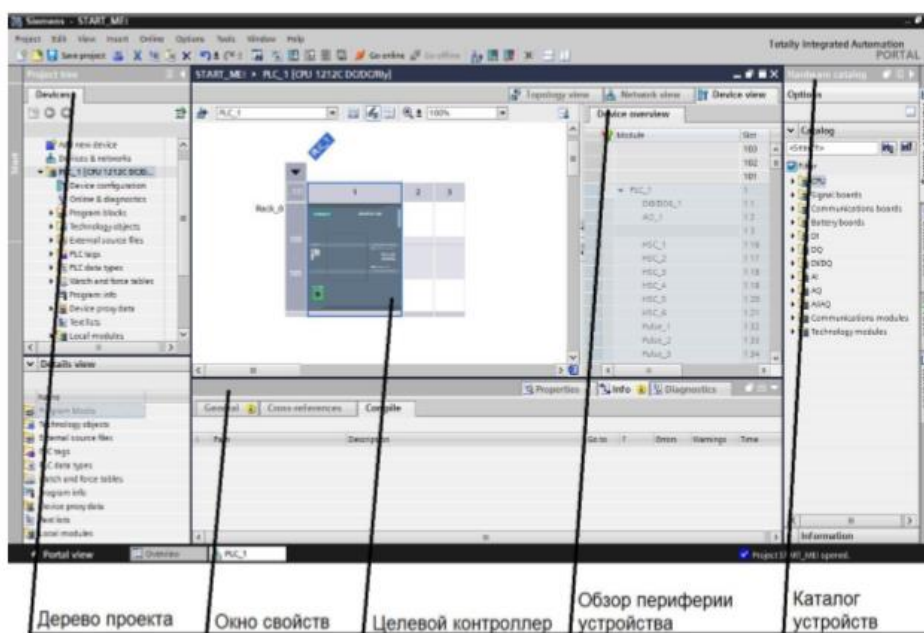


Рисунок 2.12 - Вид интерфейса

Контроллер добавлен в проект, однако необходимо настроить связь контроллера с компьютером. Сначала необходимо определить, каким именно образом компьютеры и контроллеры связаны физически: напрямую, когда один компьютер связан с одним контроллером, объединены ли несколько

контроллеров или компьютеров в сеть, а если объединены, то связаны ли они через манипулятор.

На панели инструментов следует нажать кнопку «Accessible Devices». В центре экрана появится список доступных устройств, как показано на рисунке 2.13. В данном списке отображаются все контроллеры, связанные физически с компьютером. Если пуст, то проверьте подключение, а также включен ли сетевой адаптер на компьютере. В примере, на рисунке 2.13, к компьютеру подключен один контроллер с заводскими настройками. На этом рисунке можно увидеть MAC адрес, то есть физический адрес сетевой карты контроллера.

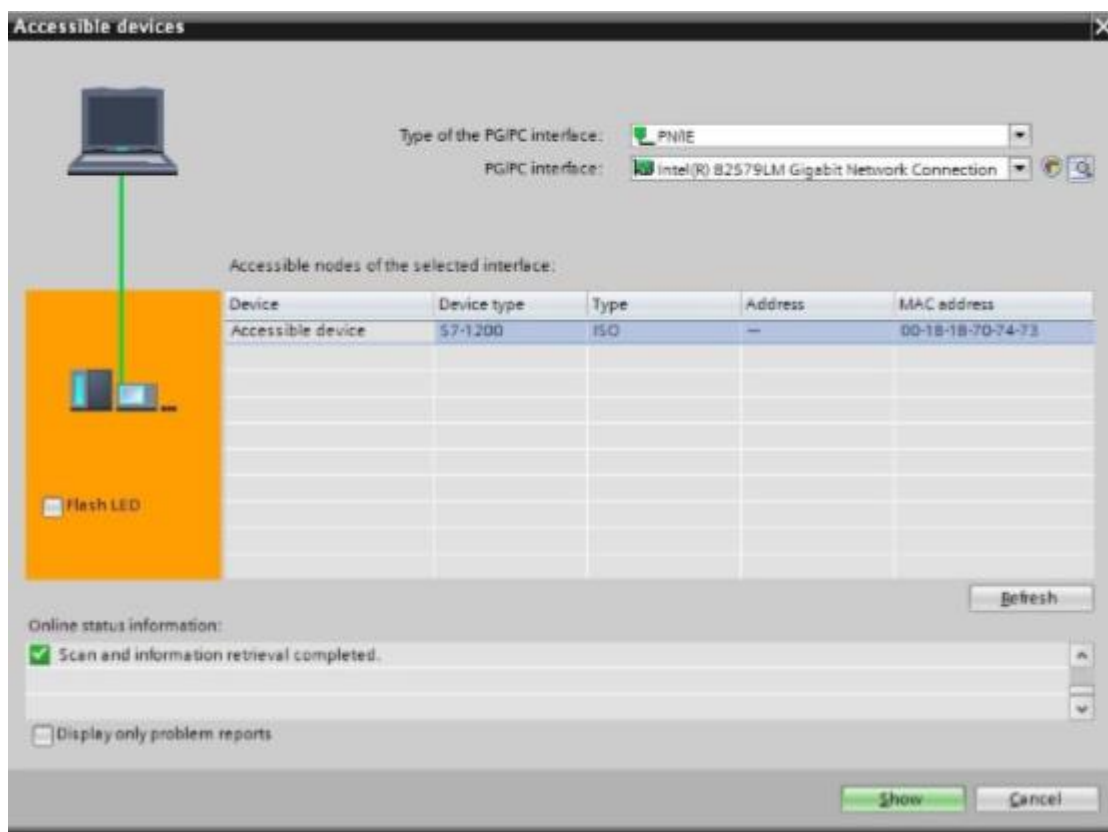


Рисунок 2.13 - Список доступных устройств

### 3 Составление лабораторных работ

#### 3.1 Управление пневматическими приводами

Темой первой лабораторной работы будет прямое управление пневматическим цилиндром одностороннего действия с помощью моностабильного распределителя. Моделирование цилиндра одностороннего действия с помощью цилиндра двустороннего действия и подключенного в штоковую полость регулятора давления.

Заданием будет самостоятельная разработка принципиальной пневматической схемы.

Стоит отметить, что для того, чтобы проделать данную лабораторную работу необходимо знать некоторые определения и понятия. Например, что управлением будет прямым, если приведение в движение пневматического цилиндра осуществляется с помощью одного распределителя воздействием мускульной силы оператора или механического органа без усиления сигнала в канале управления. А распределитель называется моностабильным, когда при отсутствии сигнала в канале управления распределителя механическая или пневматическая возвратная пружина активирует начальное нормальное состояние.

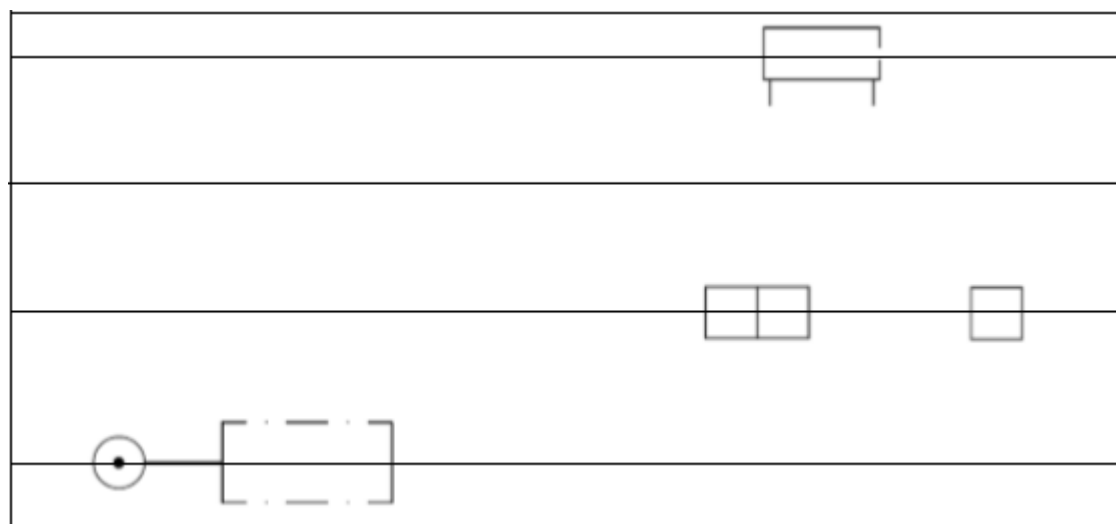


Рисунок 3.1 – Исходные данные для студентов

На рисунке 3.1 показаны данные, которые будут представлена студентам для выполнения лабораторных работ. Линиями изображены пазы, на которые необходимо расположить элементы для управления приводом.

Это задание можно выполнить двумя одновременными перемещениями, имея на стенде два цилиндра. В этом случае необходимо использовать один 5/2 моностабильный распределитель, выходы которого будут имитировать выхода 3/2 Н.З. и Н.О. распределителей.

Для модификации цилиндра двустороннего действия в цилиндр одностороннего действия необходимо подать воздух в камеру

соответствующей полости с помощью регулятора давления, настроенного на меньшее давление по сравнению с рабочим давлением (3-4 бара). При перемещении штока цилиндра избыточное давление из полости опустошения будет сброшено через отверстие сброса в регуляторе давления.

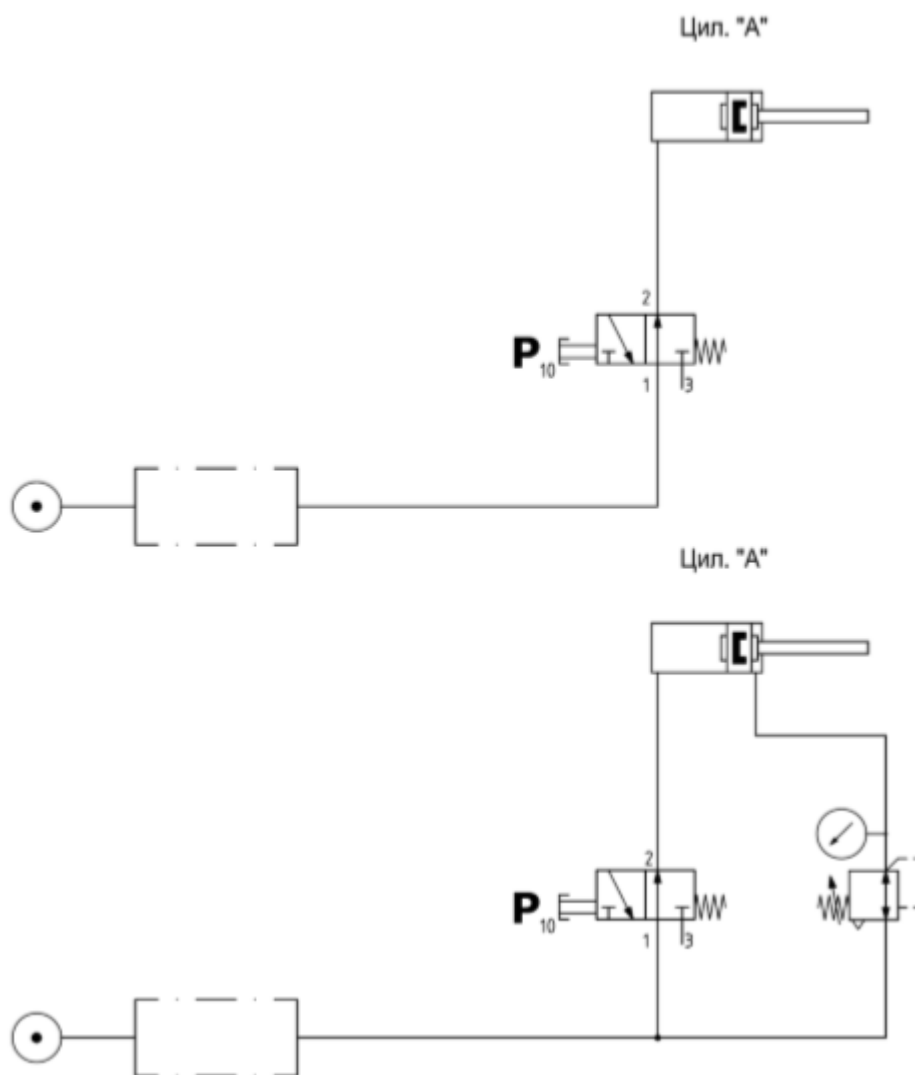


Рисунок 3.2 - Пневматическая схема

На рисунке 3.2 показана схема, являющаяся единственным правильным и окончательным решением схемы, показанной на рисунке 3.1.

### 3.2 Управление цилиндрами с несколькими приводами

Темой второй лабораторной работы является последовательная работа двух цилиндров двустороннего действия при работе в одиночном (ОЦ) и автоматическом (АЦ) цикле с отдельными командами начала (НЦ) и конца (КЦ).

Заданием будет пронумеровать фазы и во втором цикле повторить нумерацию. В первом цикле необходимо внести обозначения конечных

выключателей по порядку их срабатывания и стрелками обозначить направление образуемых сигналов.

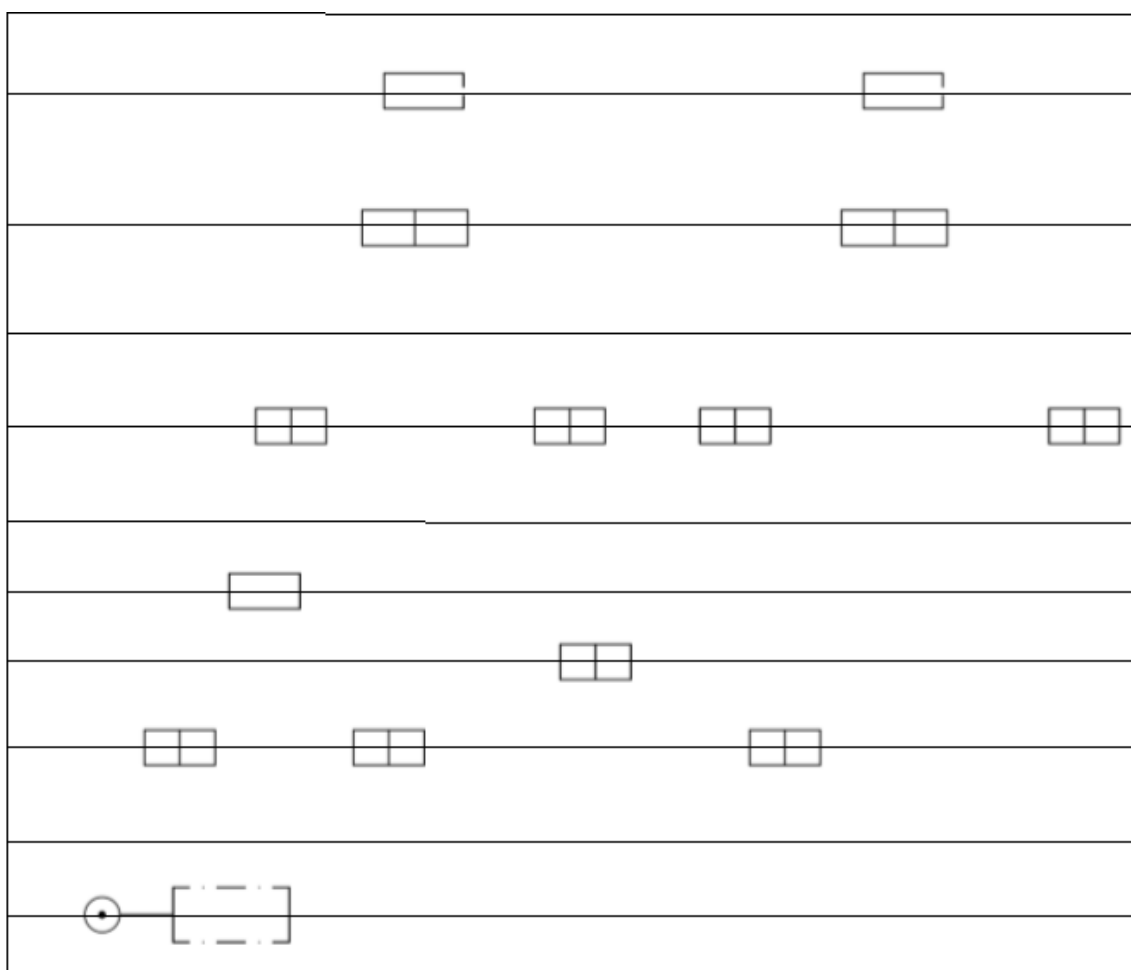


Рисунок 3.3 – Возможное расположение пневматических элементов и источника избыточного давления на профильной панели

Условием получения одиночного и автоматического цикла работы системы пневмоприводов является применение логической функции «ИЛИ». Одиночный цикл начинается по команде моностабильного распределителя 3/2 Н.З. с кнопкой. Автоматический цикл начинается по команде бистабильного распределителя 3/2 (логический элемент «Память»), управляемого двумя моностабильными распределителями 3/2 Н.З. с кнопками.

Логический элемент «Память» (бистабильный распределитель 3/2) получается модификацией бистабильного распределителя 5/2. В начале цикла проверяется положение золотника распределителя.

В данной последовательности золотник распределителя цилиндра В автоматически занимает свое положение, так как на него приходит сигнал кольцевого выключателя а0, активированного штоком цилиндра А в исходном положении. Для установки золотника распределителя цилиндра А подать давление в систему и перед запуском цикла включить ручную концевой выключатель b1.



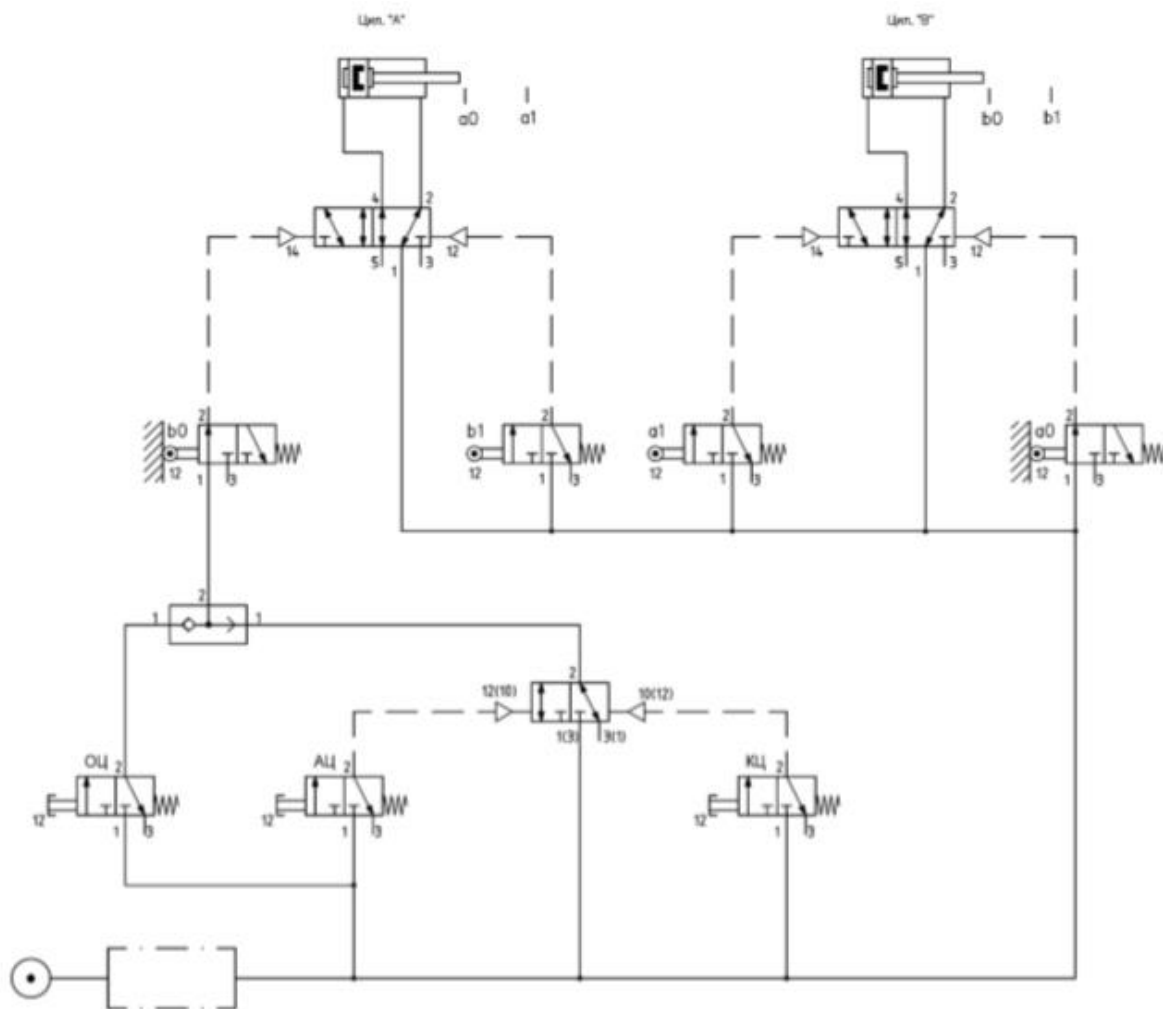


Рисунок 3.4 - Пневматическая схема

На рисунке 3.4 представлен окончательный вид пневматической схемы.

### 3.3 Управление электропневматическими приводами

Целью третьей лабораторной работы является ознакомление с системами автоматизации технологических процессов на базе электропневмоавтоматики, изучение вопросов организации управления пневмоприводами с помощью релейно-контактных схем.

Темой данной лабораторной работы будет изучение принципов построения и способов управления электропневмоавтоматическими приводами с помощью релейно-контактных схем. Здесь будет производиться реализация логических функций с помощью реле.

В задание лабораторной работы входит реализация логических функций «И»- «ИЛИ»- «НЕТ» с помощью реле, написать логические уравнения.

Далее, на рисунках 3.5, 3.6 и 3.7 будут представлены схемы для заданий с логическими элементами.

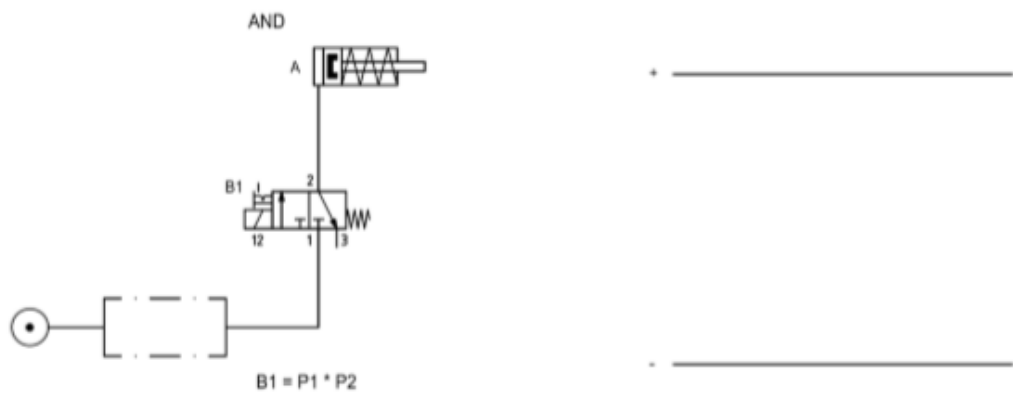


Рисунок 3.5 – Данные для создания схемы с элементом «И»

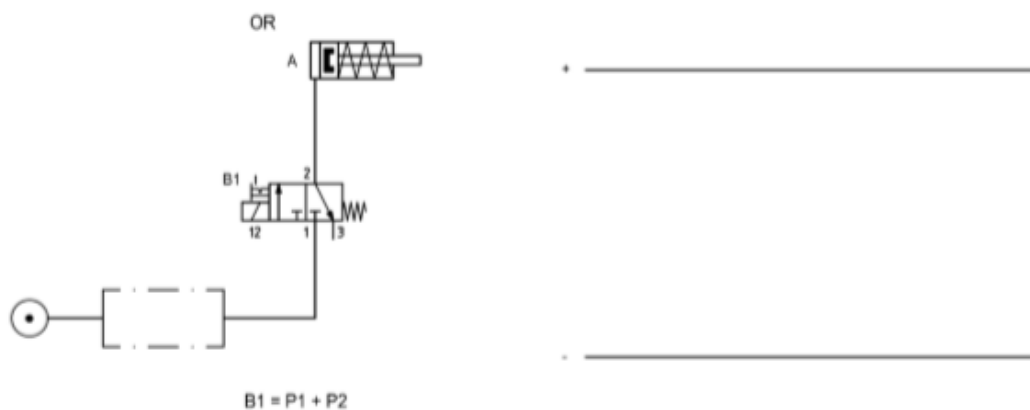


Рисунок 3.6 – Данные для создания схемы с элементом «ИЛИ»

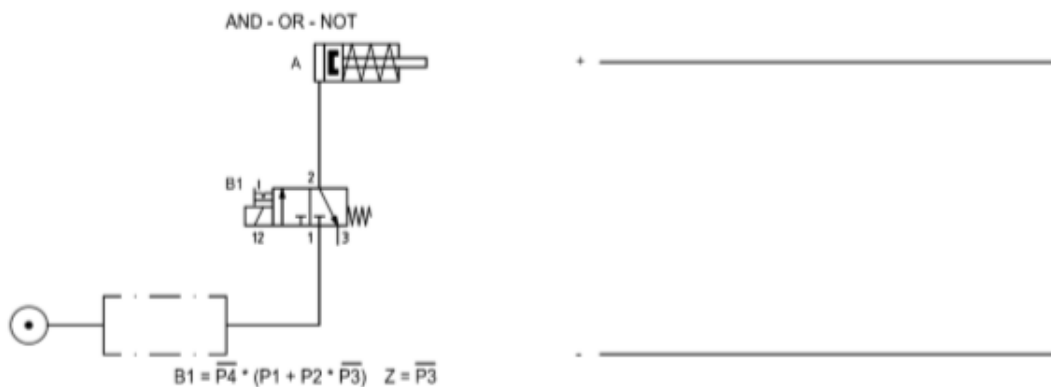


Рисунок 3.7 – Данные для создания схемы с элементами «И – ИЛИ - НЕ»

Для выполнения данной лабораторной необходимо произвести одновременное образование двух или более независимых сигналов. Оно может быть выполнено прямым и непрямым образом. Прямым образом подразумевает под собой последовательное или параллельное соединение соответствующих контактов. Непрямой образ - с помощью контактов реле, в свою очередь последовательно или параллельно соединенных и установленных в цепях электропневматического распределителя.

В цепи электропневматического моностабильного распределителя могут находиться контакты кнопок и датчиков, соединенных последовательно или параллельно с контактами реле.

Цилиндр А, в функции «И» (AND), может начать движение только при наличии сигналов Р1 и Р2. Их срабатывание, тем не менее, является непрямым, так как катушка В1 возбуждается в результате последовательного соединения контактов реле.

Логические уравнения отдельных функций:

$$X = P1 \quad Y = P2 \quad B1 = x \cdot y = P1 \cdot P2.$$

Цилиндр А, в функции «ИЛИ» (OR), может начать движение в результате нажатия кнопки Р1 или Р2. Катушка В1 возбуждается при замыкании Н.Р. контактов х.у.

Логические уравнения отдельных функций будут выглядеть следующим образом:

$$X = P1 \quad Y = P2 \quad B1 = x + y = P1 + P2.$$

Следующим шагом будет изучение функции «И – ИЛИ – НЕТ» (AND – OR – NOT).

Выполнение условия можно осуществить при одновременном нажатии бистабильной кнопки Р1 и кнопки Р4, функционально связанной с Н.Р. контактом реле.

Либо, другой вариант, когда бистабильная кнопка Р4 не нажата, кнопка Р2 функционально связана с Н.Р. связана с контактом реле Y нажата и кнопка Р3 функционально не связано с Н.З. контактом реле Z не нажата. Логическое уравнение вышеописанного будет выглядеть:

$$X = P1 \quad Y = P2 \quad Z = \bar{P}3 \quad B1 = \bar{P}4 (x + y \cdot \bar{z}) = \bar{P}4 (P1 + P2 \cdot \bar{P}3).$$

Ниже, на рисунках 3.8, 3.9 и 3.10 , будут приведены окончательные варианты пневматических схем для успешного выполнения данной лабораторной работы.

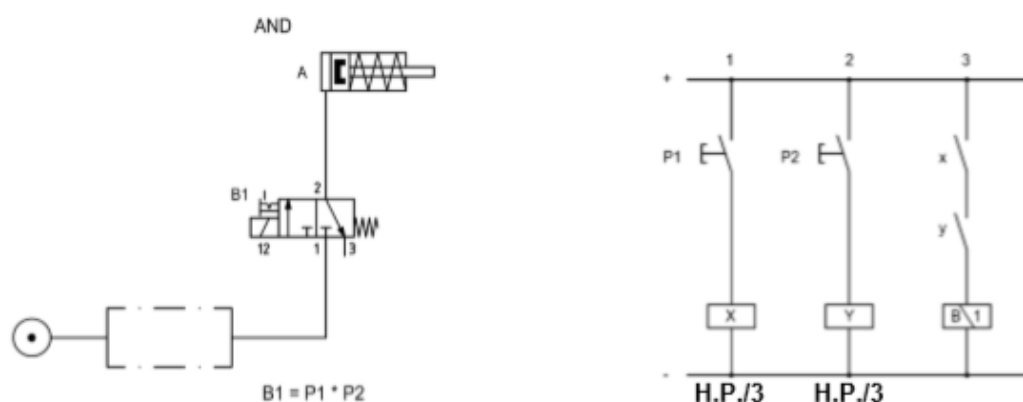


Рисунок 3.8 – Схема с элементом «И»

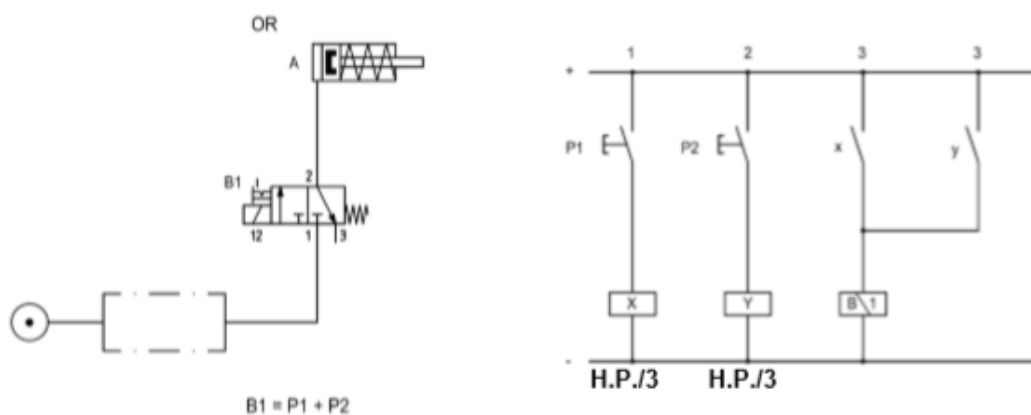


Рисунок 3.9 – Схема с элементом «ИЛИ»

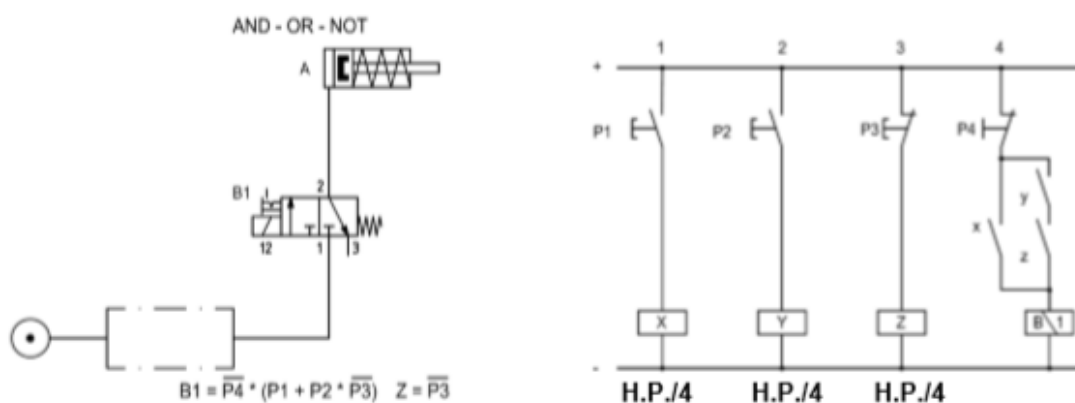


Рисунок 3.10 – Схема с элементами «И – ИЛИ – НЕ»

### 3.4 Управление электропневматическими приводами с ПЛК

Целью лабораторной работы является ознакомление студентов с системами автоматизации технологических процессов на базе электропневмоавтоматики, изучение вопросов организации управления пневмоприводами с помощью программируемого логического контроллера.

Темой является использование счетчика и таймера в программе управления электропневматическими приводами [15].

Необходимо разработать пневматическую схему и электрическую принципиальную схему электропневматического привода.

На рисунке 3.7 показаны подключенные внешние устройства. Это: кнопка «ПУСК», 2 датчика и катушка ЭПР.

При нажатии кнопки «ПУСК» осуществляется циклическая работа, заключающаяся в полном выдвижении штока и возврате его в исходное состояние. После 5 циклов система завершает свою работу автоматически. При достижении выдвинутого положения штока происходит временная задержка штока в этом положении на 2 секунды.

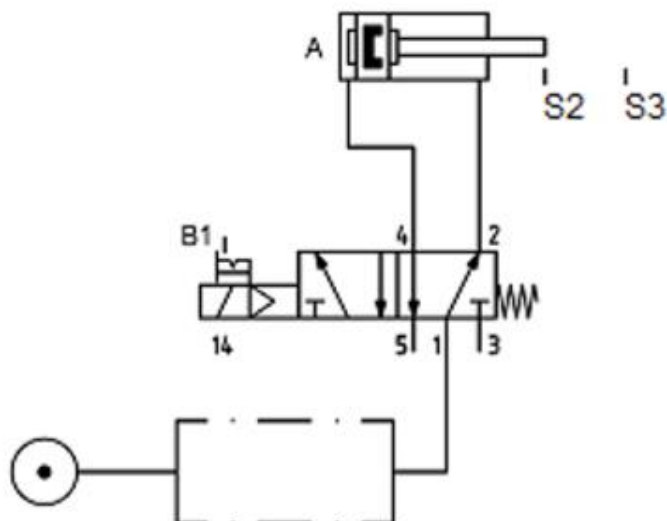


Рисунок 3.7 - Исходная схема

На исходной схеме имеются три элемента управления. Электрическая кнопка без фиксации P1 «ПУСК» определяет начало цикла. Суммарное время наличия сигнала с кнопки равно времени воздействия на нее. Датчик S2, отвечающий за крайнее втянутое положение штока, вместе с кнопкой P1 отвечают за начало выдвижения штока цилиндра. Датчик S3, отвечающий за крайнее выдвинутое положение штока, инициирует втягивание.

Ниже будут приведены рисунок 3.8 и рисунок 3.9., на которых с пояснением будет показана внешний вид среды программирования ПЛК - TIA PORTAL V14.

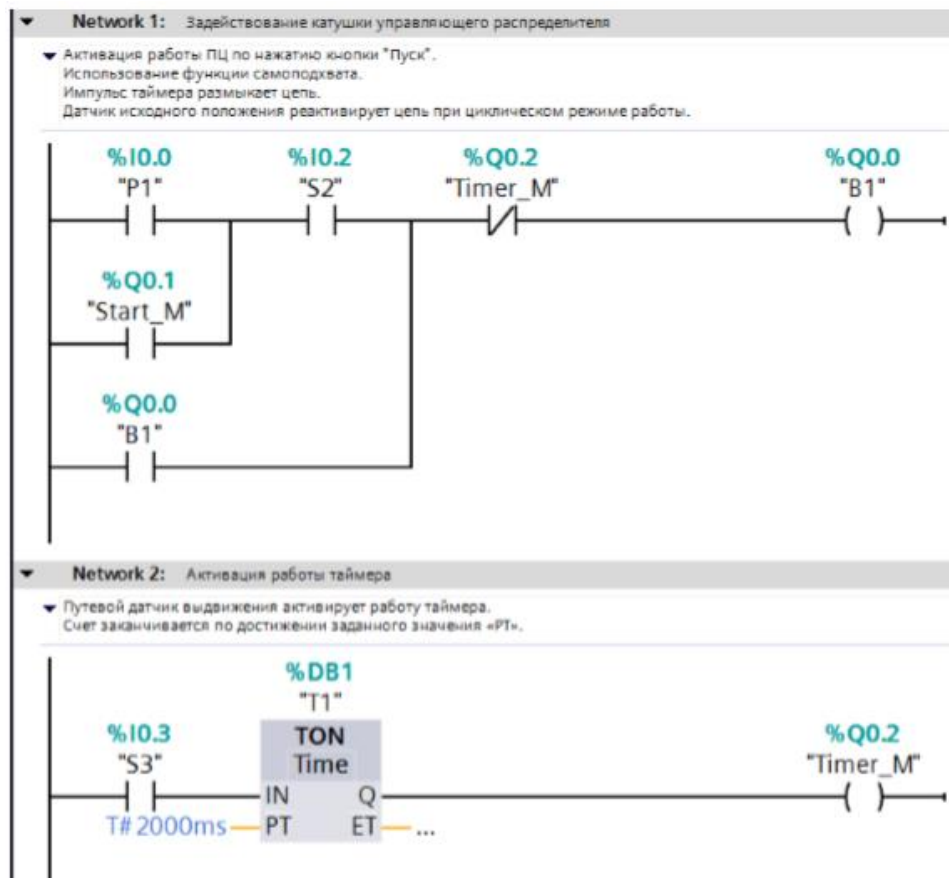


Рисунок 3.8 - Активация таймера

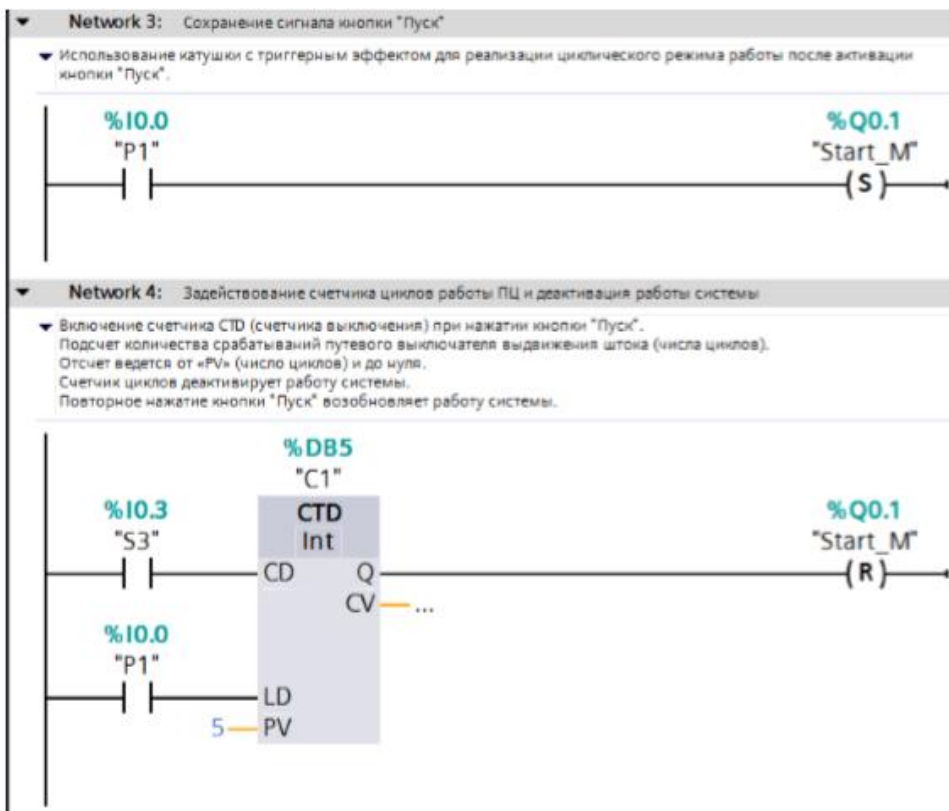


Рисунок 3.9 - Активация счетчика



## 4 Технико-экономическое обоснование проекта

Главной целью проекта является разработка учебно-методического комплекса для студентов университета на базе пневмоавтоматического стенда компании Camozzi.

### 4.1 Расчет капитальных вложений

Капитальные затраты включают в себя затраты на оборудование и его эксплуатацию. В данном дипломном проекте будут предусмотрены затраты только на учебный стенд фирмы Camozzi стоимостью 10000000 тенге. В эту стоимость так же входят все его комплектующие. Это: распределители воздуха, цилиндры различного действия, электрическое реле, логические элементы и другие элементы.

Затраты на персональные компьютеры, мониторы, системные блоки, клавиатуру и мышь не предусмотрены, так как все вышеперечисленное уже имеется в учебной аудитории.

Строительство инженерных сооружений не предусмотрено, так как устройство будет находиться в существующем здании, площадь подходящий для данного типа единицы размещения и удовлетворения необходимых стандартов.

Стоимость оборудования для разрабатываемого методического комплекса представлена в таблице 4.1

Таблица 4.1 - Наименование и стоимость оборудования

№	Наименование оборудования	Количество, шт.	Цена за ед., тенге	Сумма, тенге
1	Учебный стенд Did-Base, Camozzi	1	10000000	10000000

Так как в капитальные затраты входит только стоимость самого учебного стенда и ничего более. Следовательно, рассчитаем капитальные затраты по формуле:

$$\sum K_{\text{кап}} = K_{\text{обор}}$$

(4.1)

где  $K_{\text{обор}}$  — вложения на приобретения учебного стенда.

Так как в стоимость капитальных затрат не входят ни стоимость монтажа, ни стоимость перевозки оборудования, а входит только покупка пневмоавтоматического оборудования, т.е. стенда, на котором будут проводиться все занятия; исходя из этого, рассчитаем окончательную сумму капитальных затрат. Следовательно, она составляет:

$$K = 10000000 \text{ тенге.} \quad (4.2)$$

## 4.2 Расходы на оплату труда

В расходы по оплате труда будут учитываться расходы на оплату труда инженерам, занимающихся с учебным стендом. Эти же люди будут проводить лабораторные занятия со студентами в аудитории.

Расходы на оплату включают в себя затраты на основную и дополнительную заработную плату. Дополнительная заработная плата подразумевает под собой выплату за часы, проведенные за изучением принципов работы стенда, сборку схем и т.д. Рассчитываются эти расходы по формуле:

$$\text{ФОТ} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.3)$$

Основная заработная плата будет состоять из оплаты за количество проведенных занятий, часов по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = \sum_{i=1}^n Z_i * T_i, \quad (4.4)$$

где  $Z_i$ - зарплата  $i$ -го работника в день, тенге;

$T_i$ - затраты времени  $i$ -го работника, дней.

Рассмотрим формулу дополнительной зарплаты:

$$Z_{\text{доп}} = 0.1 * Z_{\text{осн}}, \quad (4.5)$$

Для вычисления фонда оплаты труда приведем среднюю заработную плату сотрудников, которую поместим в таблицу 4.2.

Таблица 4.2- Сведения для расчета ФОТ

Наименование должности	Месячная заработная плата, тг	Число работников, (чел)	Итоговая заработная плата, тг
Ассистент	80000	2	160000
Старший преподаватель	120000	2	240000
Доцент	150000	2	300000
Итого		6	700000

Стоимость человека-дня рассчитаем по формуле:

$$Д = \frac{ЗП_{\text{м}}}{Д_{\text{р}}} \quad (4.6)$$

В формуле 4.6 под «ЗП<sub>м</sub>» понимается заработная плата за месяц в тенге, а за «Д<sub>р</sub>» принимается среднемесячное количество дней, принято считать среднемесячное количество в 24 дня.

Заработная плата ассистента, следуя формуле (4.6) составит:

$$Д = \frac{80000}{24} = 3333 \text{ тенге.}$$

Заработная плата старшего преподавателя, согласно формуле (4.6) будет:

$$Д = \frac{120000}{24} = 5000 \text{ тенге.}$$

Заработная плата доцента кафедры, в соответствии с формулой (4.6) составит:

$$Д = \frac{150000}{24} = 6250 \text{ тенге.}$$

На основе вышеперечисленных данных стоимости дня одного рабочего рассчитываем расходы на оплату труда для отдельной категории работников (таблица 4.3).

Таблица 4.3- Затраты на заработную плату

Наименование должности	Дневная заработная плата, тенге	Количество дней	Сумма, тенге
Ассистент	3333	30	99990
Старший преподаватель	5000	30	150000
Доцент	6250	30	187500

Основная заработная плата рассчитывается, с использованием формулы (4.4), как сумма оплаты труда всех сотрудников, которые будут работать с учебным стендом:

$$З_{\text{осн}} = (3333 * 30) + (5000 * 30) + (6250 * 30) = 437490 \text{ тенге.}$$

10 % от основной заработной платы составляет дополнительная заработная плата. Её рассчитывают с помощью формулы (4.5):

$$З_{\text{доп}} = 0,1 * 437490 = 43749 \text{ тенге} .$$

Исходя из всех вышеуказанных вычислений, согласно формуле (4.3), вычислим суммарный фонд оплаты труда:

$$\text{ФОТ} = 437490 + 43749 = 481239 \text{ тенге} .$$

#### **4.3 Расчет социальных отчислений**

Социальные отчисления (далее СО) – обязательные платежи, уплачиваемые в Государственный фонд социального страхования (ГФСС), предоставляющие возможность участнику системы обязательного социального страхования, за которого производились социальные отчисления, а в случае утраты кормильца членам его семьи, находившимся на его попечении, получать социальные выплаты [16].

Социальные отчисления составляют 11% от фонда оплаты труда с учетом выплат в пенсионный фонд, и рассчитываются следующим образом:

$$O_c = 0,11 * (\text{ФОТ} - \text{ПО}), \quad (4.7)$$

где ПО- отчисления в пенсионный фонд;

ФОТ- фонд оплаты труда.

Начисления в пенсионный фонд будут составлять 10% от фонда оплаты труда. Они не облагаются социальным налогом и вычисляются по формуле:

$$\text{ПО} = 0,1 * \text{ФОТ}, \quad (4.8)$$

Пенсионные отчисления, исходя из формулы (4.8), будут равны:

$$\text{ПО} = 0,1 * 481239 = 48123,9 \text{ тенге};$$

следовательно, исходя из формулы (4.7), социальный налог будет:

$$O_c = 0,11 * (481239 - 48123,9) = 433115,1 \text{ тенге}.$$

#### **4.4 Расчет амортизационных отчислений**

В этот раздел будут включены расчеты, с учетом износа оборудования, т.е. персональные компьютеры и само оборудование.

Амортизационные отчисления рассчитываются:

$$A = \left( \frac{H_A * K_{\text{обор}} * 30}{365 * 100\%} \right), \quad (4.9)$$

где  $H_A$  - норма амортизации.

Амортизационные отчисления выделяются из стоимости основных фондов на случай износа оборудования, для их возмещения и составляют 25%.

Тогда, амортизационные отчисления составят:

$$A = \left( \frac{25 * 10000000 * 30}{365 * 100\%} \right) = 205479,45 \text{ тенге.}$$

#### 4.5 Расчет затрат на электроэнергию

Так как мы имеем дело с аудиторией, в которой находятся компьютеры, учебный стенд и прочие потребители электрической энергии, необходимо будет рассчитать издержки электричества. Рассчитываются они по формуле:

$$Z_{\text{эл.эн.}} = W * T * S \quad (4.10)$$

где  $W$  - затрачиваемая емкость;

$S$  - цена за киловатт-час электроэнергии (16,65 тг);

$T$  - время работы оборудования ( $T=2750$  ч).

Согласно формуле (4.10) рассчитаем затраты на электричество:

$$Z_{\text{эл.эн.}} = 0,9 * 2750 * 15,39 = 34281,225 \text{ тенге.}$$

#### 4.6 Расчет затрат на накладные расходы

Накладные затраты включают в себя 70% от полной суммы понесенных затрат и рассчитываются следующим образом:

$$H_p = (\Phi OT + A + Z_{\text{эл.эн.}} + O_{\text{сн}}) * 70\%. \quad (4.11)$$

Тогда, подставляем уже высчитанные нами ранее значения в формулу (4.11) и получаем:

$$H_p = (481239 + 205479,45 + 34281,225 + 433115,1) * 70\% = 807880,34 \text{ тг.}$$

#### Выводы по технико-экономической части:

Так как дипломный проект сам по себе является не очень выгодным в экономическом плане, рассмотрим его социальный эффект.

Стоит выделить, что данный дипломный проект будет оказывать локальный социальный эффект. Под локальным эффектом понимается

местный эффект, возникший в рамках группы, на которую направлена программа. В данном случае целевой программой являются студенты, так как в ходе изучения и работы с учебно-методическим комплексом они будут получать знания, которые в дальнейшем они смогут применить на практике в различных сферах промышленности [17].

Так же, можно отметить, что будет происходить повышение образовательного уровня наших студентов в сфере пневмоавтоматики и электроники, которое тоже можно отнести к положительному социально-экономическому эффекту.

Социальный эффект делится на 2 вида: позитивный и негативный. Без каких-либо сомнений, можно утверждать, что разработанный дипломный проект повлечет за собой только позитивный эффект.



## 5 Безопасность жизнедеятельности

### 5.1 Оценка условий труда

В данном дипломном проекте разрабатывается учебно-методический комплекс для студентов университета, которые будут работать с пневмоавтоматическим стендом. Следовательно, в части безопасности жизнедеятельности будет производиться анализ потенциально опасных и вредных факторов, воздействующих в процессе проектирования эксплуатации и монтажа объекта.

Основное влияние на трудоспособность человека, так же на самочувствие, оказывает локальный климат в помещениях, который можно охарактеризовать составом воздуха, его температурой, скоростью воздушного потока, влажностью и т.д.

Не стоит забывать и про комфортное, для работающего, место работы. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Воздух рабочей зоны, общие санитарно-гигиенические требования», приведены в таблице 5.1. Работа людей в этом помещении относится ко второй категории (Iб) [18].

Таблица 5.1 - Характеристика категорий работ

Категории работ	Энергозатраты организма, ккал/час	Характеристика работы
Физическая (Iб)	138-172	Производится стоя, сидя или связана с ходьбой и сопровождается физическими нагрузками

На самочувствие и результаты работы трудящегося влияет температура. Слишком низкая температура может вызвать переохлаждение организма человека и может способствовать возникновению различных заболеваний. Наоборот, при высокой температуре, случается перегрев организма, это ведет к повышенному потовыделению и снижению работоспособности человека. Это и является главной причиной, оказывающей большое влияние на продуктивность людей, работающих с компьютером и учебными стендами.

В таблице 5.2 показаны максимально комфортные микроклиматические условия согласно ГОСТ 12.0.003-88. В таблице указаны стандарты и нормы для легкой тяжести физической работы. Техника в общем является источником достаточно сильных тепловыделений, это может привести к увеличению температуры в помещении и уменьшению относительной влажности. В помещениях, где установлены компьютеры и учебные стенды, должны соблюдаться необходимые условия микроклимата.

Таблица 5.2 – Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений.

Период года	Температура воздуха, С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	20-22	60-40	0,2
Холодный	20-22	60-40	0,2

При оборудовании комфортного рабочего места работника необходимо в обязательном порядке рассмотреть системы, предусматривающие необходимые климатические условия в воздухе рабочей зоны. Автономные кондиционеры являются такими системами. Устанавливать их следует только после того, как будут проведены все нужные расчеты. Результатом которых будет определение всех необходимых характеристик и требований.

Большое воздействие на глаза, их работоспособность, моральное состояние и физическое оказывает искусственное освещение, и поэтому, от этого страдает производительность труда и травматизм, возникший на производстве. В помещении будет установлено комбинированное освещение, т.е. искусственное и естественное.

## 5.2 Анализ производственного освещения

Одним из наиболее главных вопросов является организация подходящего рабочего места для студента или преподавателя. При плохом освещении очень сильно уменьшается работоспособность, так же возможны случаи возникновения экстренных ситуаций и несчастных случаев, ухудшение зрения, быстрая утомляемость.

Учебный стенд и компьютеры должны быть в аудитории с комфортным, для работающего студента или преподавателя, естественным и искусственным освещением. За такое принимается освещение в рабочей зоне в 300 - 500 лк.

За счет бокового освещения помещения будет осуществляться естественное освещение. Другое освещение в помещениях будет осуществляться в виде системы комбинированного освещения с внедрением источников света в виде люминисцентных светильников общего освещения. Люминесцентные лампы типа ЛБ и ДРЛ с индексами цветопередачи не менее 70 ( $R \geq 70$ ) используются как источники освещения, а в качестве светильников – установки с преимущественно отраженным или рассеянным светораспределением.

Лампы для общего освещения необходимо расположить над рабочими поверхностями в равномерном и прямоугольном порядке.

Во избежание прямого попадания прямого света в глаза работающего со стендом, расположим источники света прямо.

Таблица 5.3 - Коэффициент естественного освещения

Характеристика зрительной работы	Меньший линейный размер значений	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
		Верхнее	Боковое	Верхнее	Боковое
Высокой точности	0,3- 0,5	5	2	3	1,2

По методу использования коэффициента светового потока производится расчет освещения, в данном случае искусственного. Разряд зрительной зоны работы определен IV-ой средней точности, поэтому мы выбираем систему общего освещения, при которой источники света будут в верхней зоне, так как она более экономична.

На основе вышеприведенных требований произведем расчет системы освещения. Расчет будет производиться по световому потоку, в следствие того, что имеется данное заранее значение освещенности 300 лк.

Нормируемая минимальная освещенность определяется по формуле:

$$E_{min} = \frac{F_{\lambda} n \eta Z}{SK}, \quad (5.1)$$

где  $F_{\lambda}$  – световой поток для одной лампы;

$n$  - количество ламп в помещении;

$\eta$ -коэффициент использования светового потока, т.е. доля светового потока всех ламп, падающая на освещаемую поверхность;

$Z$ -значение неравномерности освещения;

$S$  – площадь всего поля освещаемого помещения;

$K$ -коэффициент запаса, в который входят снижение освещенности в процессе эксплуатации системы освещения (загрязнение светильников, старение ламп).

В коэффициент использования светового потока входят: отношение светового потока, достигающего освещаемой поверхности, к полному световому потоку в помещении. Зависит от коэффициентов отражения стен  $\rho_c$  и потолка  $\rho_{\Pi}$ , показателя помещения, который вычисляется по формуле:

$$\varphi = \frac{AB}{H_p(A+B)}, \quad (5.2)$$

где  $A$ - длина аудитории;

$B$ - ширина аудитории;

$H_p$ - высота подвеса светильников над рабочей поверхностью (на 0.8 м от пола).

На высоте 3 м будут находиться люминесцентные лампы.

Интенсивность освещения в всеобщие освещения в углах излучения от 50 по 90 градусов к вертикали в продольной и поперечной плоскостях, не может никак превышать 200 кд / м<sup>2</sup>, необходимые угловые лампы должны быть целесообразно последней мерке в 40 градусов. Вибрация, существующая в лампах, не может быть свыше 5%.

Из-за нормализации минимальной освещенности поверхности вводится Z, коэффициент нормализации. Для люминесцентных ламп он составляет 0.9.

Установив число светильников, из формулы (5.1) имеем

$$F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{min}} SK}{Z \eta}. \quad (5.3)$$

Для работы на нашем стенде наименьшая освещенность составляет  $E_{\text{min}}=300$  лк (люкс).

Коэффициент пульсации не должен превышать 15%.

Коэффициент запаса(K) составляет 1.5.

Коэффициент неравномерности освещения  $Z=0.9$ .

Определяем необходимое число ламп при общей системе освещения для рабочей аудитории.

Исходное помещение имеет следующие размеры: длина A=6 м, ширина B=4 м. Площадь помещения:  $S=24$  м<sup>2</sup>.

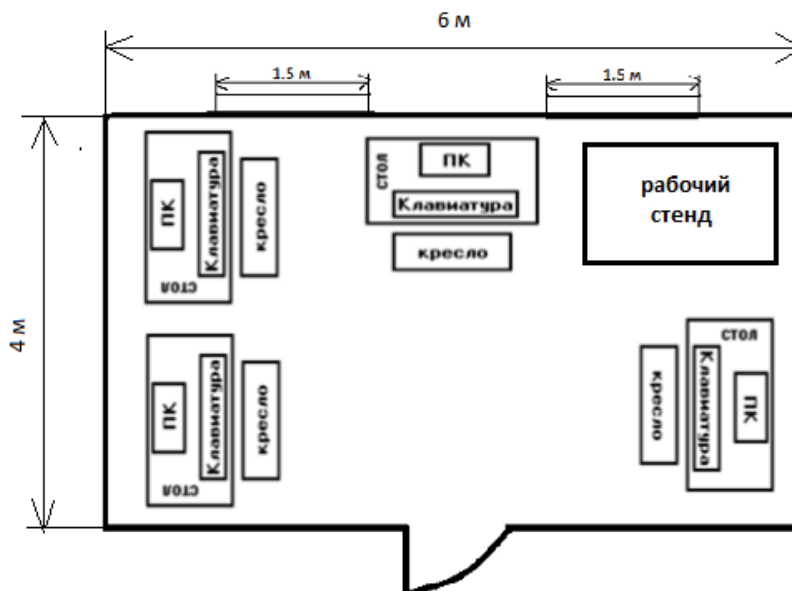


Рисунок 5.1- План рабочего помещения

Подвесной потолок оснастим двухламповыми светильниками АОД с люминесцентными лампами естественной цветности с улучшенной

цветопередачей ЛЕЦ 40. В таблице 5.4 приведены характеристики этой лампы.

Коэффициенты отражения светового потока от стен и потолка соответственно равны:  $\rho_{\text{ст}}=50\%$ ,  $\rho_{\text{пт}}=70\%$ . Для аудитории со стендом и компьютерами уровень рабочей поверхности над полом составляет 0.8 м. При этом  $H_p=2.8$  (расположение над рабочей поверхностью).

Таблица 5.4 - Характеристики лампы ЛЕЦ 40

Тип, марка	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Длина, мм	Диаметр, мм	Средняя продолжительность горения, час	Температура, К
ЛЕЦ 40	40	2200	1213,6	40	10000	3900

Светильники с люминесцентными лампами должны быть размещены в ряд либо в ряд с небольшими промежутками, так же высота подвески не должны превышать половину высоты подвески светильников над рабочей поверхностью.

Для светильников АОД с лампами ЛЕЦ 40 световой поток, создаваемый одной лампой  $F_{\text{л}}=2200$  лм (люмен).

Для начала вычислим показатель помещения по формуле 5.2:

$$\varphi = \frac{6 * 4}{2.8 * (6 + 4)} = 0.86.$$

Далее, для полученного показателя помещения, коэффициентов отражения потолка и стен находим по таблице коэффициент использования светового потока  $\eta = 0,63$ .

Исходя из ранее использованной формулы 5.1 получаем формулу для вычисления необходимого количества ламп (по две лампы):

$$\eta = \frac{300 * 32.49 * 1.5}{2 * 2200 * 0.63 * 0.9} = 2.$$

По значениям средней мощности рассчитаем освещение для нашей аудитории. Далее определяем мощность установки света (4.4):

$$W = W_0 * S, \quad (5.4)$$

$$W = 12.24 = 288, \text{ Вт.}$$

где  $W_0 = 11 \div 15$  Вт/м<sup>2</sup> – средняя удельная мощность лампы.

Нужное количество светильников с лампами необходимой мощности равно (5.5):

$$n = \frac{W}{2W_0}, \quad (5.5)$$

$$n = \frac{288}{2 * 40} = 4.87 < 6.$$

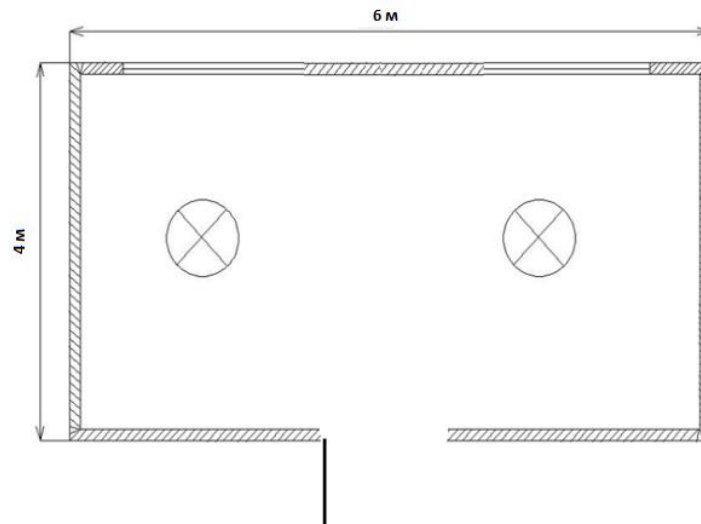


Рисунок 5.2 - Размещение ламп в аудитории

Определяем по формуле 4.1  $E_{расч}$ :

$$E_{расч} = \frac{2 * 2200 * 6 * 0.63 * 0.9}{32.49 * 1.5} = 307.15, \text{лк} > E_{min} = 300 \text{ лк}.$$

Таким образом, для осуществления системы искусственного освещения аудитории устанавливаем два светильника типа АОД с лампами ЛЕЦ 40.

Есть возможности для увеличения количества ламп и смены их расположения, все зависит от дизайна аудитории. Следовательно, практическая численность ламп  $N$  никак не должна отличаться от расчетной  $N$ , не менее чем 10%, но и более чем на 20%. Для сохранности искусственного освещения нужно часто проводить очистку их от грязи, своевременный уход и замена предохранит или увеличит срок службы лампы.

### 5.3 Расчет шума

Рассмотрим каждый из источников шума. В данном дипломном проекте ими являются: блок ПК, то есть его составляющие и компрессор станда. По очереди изучим отдельные составляющие блока питания компьютера.

Системный блок использует жесткий диск. Этот диск работает на холостом ходу. И создает 25-28 Дб шума. За счет заключения в

изолированную систему, он может заглушать некоторые звуки. В различных ситуациях шум может возрасти на 4-6 Дб [19].

DVD диски. Системный блок имеет один диск - DVD-RW. Максимальное значение шума, производимое им, не может превышать и 50 дБ. В связи с возрастанием вспышек, производимых дисками, они не будут приняты во внимание.

Кулеры. Кулеры служат вентиляторами всего системного блока. Для достаточного охлаждения внутри корпусов установлено 5 вентиляторов разных размеров и скорости. Подробное описание в таблице 5.5. В аудитории будут присутствовать четыре компьютера, и переключатель, но он не будет принят в расчет, так как его уровень шума менее 35 Дб (рис 5.3).

Так же в помещении будет находиться компрессор, который содержит в себе воздух, для подачи необходимого давления на стенд. Он имеет достаточно высокий уровень шума.

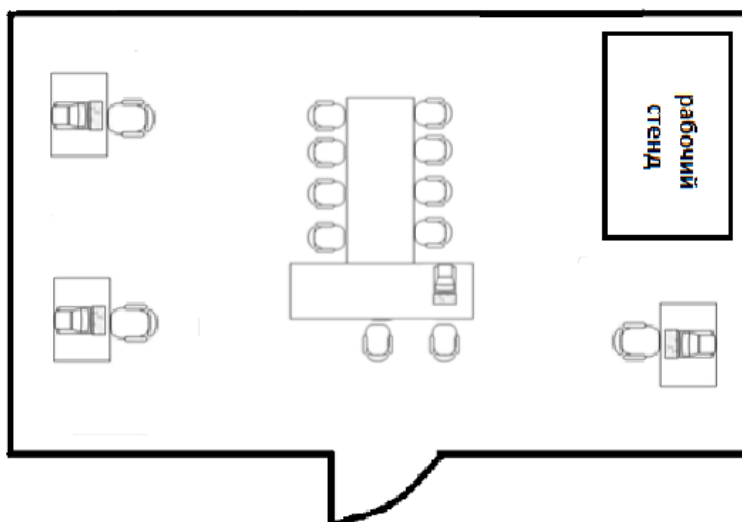


Рисунок 5.3 - План расположения компьютеров в кабинете

Таблица 5.6 - Описание установленных изделий системного блока

Название изделия	Количество изделия, шт	Уровень шума, дБ	Скорость вращения, об/мин
Компрессор	1	40	-
Жесткий диск	1	25/28	7200
Кулер на корпусе	2	28	2500
Кулер процессора	1	22	4200
Кулер видеокарты	1	8/10	2200

Рассчитаем шум, оказываемый одним персональным компьютером:



$$L_1 = 10 * \lg \left( 10^{\frac{33}{10}} + 10^{\frac{22}{10}} + 10^{\frac{10}{10}} + 10^{\frac{28}{10}} \right) = 37.24 \text{ дБ.}$$

Далее рассчитываем суммарный шум для, находящихся в аудитории, 4 компьютеров и компрессора:

$$L_{\text{сум}} = 37.24 + 10 \lg 4 + 10 \lg 10^{\frac{40}{10}} = 49.17 \text{ дБ.}$$

В соответствии с ГОСТ 12.1.003-76, уровень шума в рабочем месте инженеров-программистов и операторов не должен превышать 50 дБА, а в залах обработки информации компьютеры - 65 дБА. Согласно вычисленным данным, уровень шума для четырех компьютеров и компрессора в аудитории не превышает максимально допустимый уровень шума. Для снижения шума стены и потолок помещений, где есть источники шума, можно обложить звукопоглощающими материалами [20].

## Заключение

В данном дипломном проекте было разработано учебно-методическое пособие для студентов университета на базе пневмоавтоматического стенда итальянской компании Samozzi.

Были рассмотрены и изучены основные понятия пневмоавтоматики, выявлены необходимые фундаментальные знания для грамотного пользования стендом. Так же был описан процесс работы логических элементов в области пневмоавтоматики. Описаны правила создания принципиальных и пневматических схем.

Был подробно рассмотрен весь процесс подготовки воздуха и все, участвующие в этом процессе элементы, такие как цилиндры, распределители, компрессор и т.д.

С точки зрения экономической части, выявлен социально-экономический эффект в виде повышения уровня знаний студентов в сфере пневмоавтоматики.

В части безопасности жизнедеятельности дипломного проекта было изучено оказываемое влияние ПК и учебного стенда пневмоавтоматического стенда. Так же были рассмотрены вопросы организации рабочего места, были сформированы наиболее удобные условия работы с компьютером и стендом. Следующим шагом было рассмотрение, расчет и подбор максимально комфортного освещения, количество светильников и высота их расположения.

Так как дипломный проект сам по себе является не очень выгодным в экономическом плане, рассмотрим его социальный эффект.

Под социальным или общественным эффектом проекта понимается влияние, которое оказывает сформированная деятельность на участников этой деятельности и непосредственно на общество через них. Так же, под социальным эффектом можно понимать общественную выгоду (суммарную выгоду от какой-либо деятельности) и внешний эффект (виды дополнительной экономии или дополнительных издержек, которые оказывают влияние на результаты экономического агента, но не зависят от него).

Стоит выделить, что данный дипломный проект будет оказывать локальный социальный эффект. Под локальным эффектом понимается местный эффект, возникший в рамках группы, на которую направлена программа. В данном случае целевой программой являются студенты, так как в ходе изучения и работы с учебно-методическим комплексом они будут получать знания, которые в дальнейшем они смогут применить на практике в различных сферах промышленности.

## Список литературы

- 1 Бабин А.И., Санников С.П. Автоматизация технологических процессов. Элементы и устройства пневмогидроавтоматики. Учебное пособие. –Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. -144 с.
- 2 Преде Г., Шольц Д. Электропневмоавтоматика. Учебник. – Москва, 2003. -295 с.
- 3 Samozzi. Пневматика для всех. От теоретических основ к практическим навыкам. Учебно-научный центр C-Competence, 2015. -268 с.
- 4 Гринчар В.Г. Пневмоприводы. Учебное пособие. - Москва: МГУПС, 2010. -114 с.
- 5 Залмазон Л.А. Проточные элементы пневматических приборов контроля и управления. - Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1961. -249 с.
- 6 Герц Е.В., Крейнин Г.В. Расчет пневмоприводов. Справочное пособие. - Москва: Машиностроение, 1975. -272 с.
- 7 Губарев А.П., Левченко О.В. Мехатроника: от структуры системы к алгоритму управления. - Киев: НТУУ, 2007. – 180 с.
- 8 Кудрявцев А.И. Системы пневмоавтоматики. Методические рекомендации. - Москва: НИИМАШ, 1977. -84 с.
- 9 Келлерман Ю.И. Проектирование пневматических и пневмогидравлических систем управления. – Москва: Научно-исследовательский институт информации по машиностроению, 1975. -52 с.
- 10 Айзерман М.А. Новое в пневмогидравлической автоматике. - Москва: Издательство академии наук СССР, 1962. -160 с.
- 11 Рутковский Ю.А. Пневмоэнергетические системы промышленных предприятий. – Алчевск: ДонГТУ, 2008. -250 с.
- 12 Эдельман А.И. Редукторы давления газа. - Москва: Машиностроение, 1980. -167 с.
- 13 Булгаков Б.Б, Кубрак А.И. Пневмоавтоматика. - Киев: Техника, 1977. -192 с.
- 14 Кисельников В.Б. Пневматические приводы. - Москва: Машиностроение, 1978. -200 с.
- 15 Пашков Е.В., Осинский Ю.А., Четверкин А.А. Электропневматика в производственных процессах. - Москва: Издательство СенВТУ, 2003. -496 с.
- 16 Бекишева А.И. Методические указания к выполнению экономической части дипломной работы для бакалавров специальности 5В071600 – Приборостроение - Алматы: АУЭС, 2014. -24 с.
- 17 Карлик А.Е., Шухгалтер М.Л. Экономика предприятия. Учебник. - Москва: ИНФРА, 2007.
- 18 Белов С.В., Девисилов А.В. Безопасность жизнедеятельности. - Москва: Высшая школа, 2009. -156 с.

19 Юдин Е.Я., Борисов Л.А. Борьба с шумом на производстве. Справочник. - Москва: Машиностроение, 1985. -400 с.

20 Кобевник В.Ф. Охрана труда. - Киев: Высшая школа, 1990. – 237 с.