

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

С. Н. СЫСОЕВ

ГИДРОПНЕВМОАВТОМАТИКА И ПРИВОДЫ

Лабораторный практикум



Владимир 2018

УДК 62-8
ББК 34.447
С95

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор
профессор кафедры гидропневмоавтоматики и гидропривода
Ковровской государственной технологической академии
имени В. А. Дегтярева
С. А. Воронов

Доктор технических наук, профессор
профессор кафедры мехатроники и электронных систем автомобилей
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
О. В. Веселов

Издается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Сысоев, С. Н. Гидропневмоавтоматика и приводы : лаб.
С95 практикум / С. Н. Сысоев ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г.
Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2018. – 84 с.
ISBN 978-5-9984-0906-6

Представляет собой составную часть дисциплины «Гидропневмоавтоматика и приводы» и основан на материалах дисциплин «Технические средства автоматизации и управления», «Технологические процессы автоматизированных производств». Содержит методические указания к лабораторным работам по силовой и управленческой составляющим гидравлического и пневматического автоматизированного оборудования.

Предназначен для студентов вузов дневной и заочной форм обучения по направлению подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств.

Ил. 66. Табл. 1. Библиогр.: 16 назв.

УДК 62-8
ББК 34.447

ISBN 978-5-9984-0906-6

© ВлГУ, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Пневматическое и гидравлическое оборудование, например силовые цилиндры, было изобретено в III в. до н. э. александрийским механиком Ктесибием.

В Древнем Риме мембранные клапаны использовали для регулирования расхода воды и температуры в горячих ваннах.

В 1928 г. южноафриканский горный инженер П. К. Саундерс изобрел промышленный мембранный клапан. В дальнейшем его конструкция совершенствовалась путем применения новых форм мембран и материалов.

При этом принцип работы устройств, используемых в промышленности, не изменился. В настоящее время, как и в древности, требуемую силу на штоке устройства регулируют величиной давления текущей среды в рабочей камере.

В 2015 г. в ВлГУ был разработан новый принцип работы приводов оболочкового типа и изобретены способы управления мембранными и оболочковыми приводами, основанные на использовании эффективной площади камеры для регулирования силового воздействия на подвижный рабочий орган привода. Применение данного принципа расширяет функциональные возможности пневматических и гидравлических приводов, а также создает предпосылки создания принципиально новых технологий и оборудования, например безнасосных клапанов.

В лабораторном практикуме используются как традиционные, широко применяемые в промышленности гидравлические и пневматические устройства, так и оригинальные современные устройства, например мембранные приводы с переменной эффективной площадью, а также приводы колебательного типа.

ПРАВИЛА ОХРАНЫ ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. К лабораторной работе допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности, знакомые с принципом работы и конструкцией гидропривода.

2. Перед началом работы из рабочей зоны необходимо убрать все посторонние предметы и ознакомиться с методическими указаниями к лабораторной работе.

3. Запрещается работать на незаземленном оборудовании.

4. Все работы по ремонту и наладке гидропривода производят только после отключения от питающей сети и при отсутствии давления в гидроприводе.

5. Перед началом работы проверить наличие и исправность у оборудования предохранительных и блокирующих устройств.

6. К лабораторной работе допускают студентов, знакомых с вопросами техники безопасности и изучивших конструкцию гидропривода и его систему управления.

7. Не допускаются на рабочее место лица, не имеющие отношения к выполняемой работе.

8. Во время работы студент обязан:

8.1. Обеспечивать постоянный контроль за исправностью оборудования, обращая особое внимание на наличие и исправность предохранительных и блокирующих устройств.

8.2. Быть внимательным, не отвлекаться и не отвлекать других.

8.3. Не прикасаться к находящимся в движении механизмам и вращающимся частям оборудования.

8.4. Не прикасаться к токоведущим частям и выполнять ремонтные и другие работы на функционирующем оборудовании.

8.5. В случае плохого самочувствия работающий обязан прекратить работу и поставить об этом в известность преподавателя.

Лабораторная работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ЦИКЛОВЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗАГРУЗКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА БАЗЕ АВТООПЕРАТОРА СТАНКА МОД. ГС 3-12

Часть 1. Составление циклограммы работы автооператора

Цель работы: изучение лабораторной установки и построение циклограммы работы автооператора

Теоретические основы

Понятие *автооператора* стандартизовано: он определяется как «автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора или совокупности манипулятора и устройства передвижения и неперепрограммируемого устройства управления» (ГОСТ 25686-85). При этом *манипулятором* называют «управляемое устройство или машину для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека».

Основные особенности автооператора:

- выполнение операций, подобных ручным;
- работа по одной и той же жесткой программе, т. е. совершение одной и той же последовательности движений.

Автооператоры обычно предназначаются для загрузки заранее сориентированных заготовок в зажимные устройства станков (например, в патроны токарных автоматов) и переноса обработанных заготовок из зоны обработки. Автооператоры, как правило, бывают специальными, т. е. проектируются для вполне определенного обслуживаемого оборудования. Обычно автооператоры способны брать объекты только за поверхности одной и той же конфигурации и размера (например, за одинаковые поверхности хвостовиков сменных инструментов станков), однако иногда в них используются такие же устройства, как у промышленных роботов, позволяющие захватывать предметы различных размеров. Переналадка автооператоров обычно допустима, но она занимает относительно много времени: иногда для перехода на другие размеры заготовок требуется замена деталей.

Узкая специализация автооператоров позволяет создавать простые и надежные механизмы.

Рабочие органы автооператоров выполняются с одним, двумя и более схватами, причем в одних случаях схваты крепятся на одной раме, а в других перемещаются самостоятельно.

Приводы большинства автооператоров гидравлические. Это целесообразно тогда, когда обслуживаемое оборудование также имеет гидравлические устройства. Двигателями в этом случае становятся гидроцилиндры, задающие перемещения прямо на звенья или через простейшие шарнирные механизмы. Меньшее распространение получил пневмопривод. Если допускает компоновка, к простым и надежным конструктивным решениям приводит использование механического привода обслуживаемого оборудования.

Движения обычно программируют так, что перемещения по степеням подвижности осуществляются последовательно, друг за другом. Линейные перемещения звеньев автооператоров, установленных на оборудовании, обычно невелики (порядка 0,2 – 0,4 м), скорости перемещения обычно не превышают 0,1 – 0,2 м/с. При этом время цикла достигает 10 – 20 с. Конструкции манипуляторов автооператоров выполняются жесткими, поэтому могут быть достаточно точными.

Автооператоры нередко служили прототипами первых роботов для обслуживания металлорежущих станков.

Работу выполняют на макете автооператора металлорежущего станка мод. ГС 3-12 (рис. 1.1, 1.2).

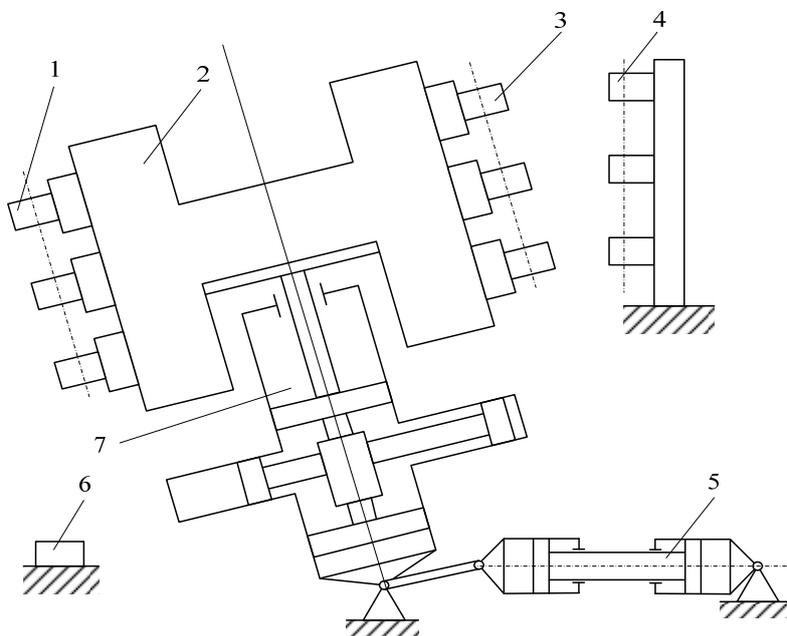


Рис. 1.1. Макет автооператора металлорежущего станка мод. ГС 3-12: 1 – захваты первой группы; 2 – кисть руки автооператора; 3 – захваты второй группы; 4 – магазин инструментов; 5 – гидроцилиндр; 6 – упор; 7 – механическая рука автооператора

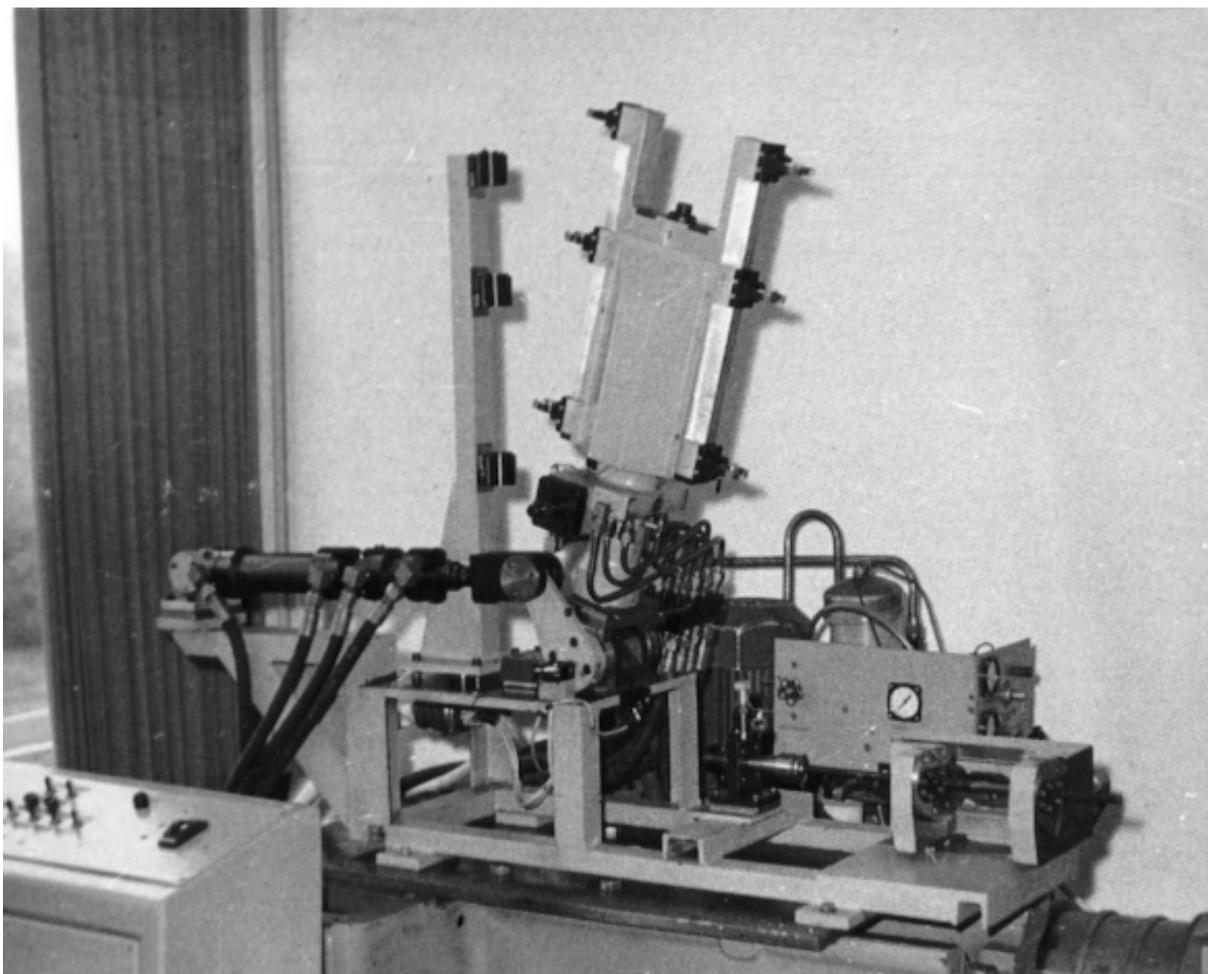


Рис. 1.2. Общий вид автооператора металлорежущего станка ГС 3-12

Автооператор предназначен для автоматической смены инструментов на станке глубокого сверления. В исходном положении рука автооператора расположена под углом 30° к вертикальной оси, кисть втянута, захваты первой группы разжаты, а захваты второй группы держат инструмент, который необходимо установить в шпиндель. По команде из системы управления станка рука 7 опускается к оси шпинделя, захваты 1 зажимают инструмент, находящийся в шпинделе: после опускания его шпинделем кисть 2 выдвигается, вынимая инструмент из шпинделя, поднимается в исходное положение, разворачивается на 180° , опускается к оси шпинделя, кисть 2 втягивается, шпинделем зажимается замененный инструмент, разжимаются захваты 3, рука 7 поднимается в исходное положение.

Порядок выполнения работы

1. Изучить принцип работы и конструкцию автооператора, используя описание и реальную конструкцию.
2. Составить циклограмму работы автооператора.

Часть 2. Демпфирование гидропривода при позиционировании исполнительного органа на жесткий упор

Цель работы: изучение демпфирования гидропривода при позиционировании исполнительного органа на жесткий упор.

Теоретические основы

Позиционирование исполнительных органов механизмов по упорам связано с возникновением ударных явлений. Плавность выхода исполнительного органа на жесткий упор, безударная работа механизма осуществляются двумя способами:

- установкой перед упором демпфирующих систем;
- остановка исполнительного органа осуществляется торможением приводного механизма по определенному закону.

Наибольшая скорость выхода исполнительного органа на жесткий упор ограничена возможностью возникновения ударных явлений. Торможение гидропривода может осуществляться различными способами: изменением характеристики насосной установки, сопротивлений магистралей, эффективной площади поршня, схемы гидросистемы, увеличением сил сопротивления и комбинированными способами. Особенно широко как наиболее простой способ применяется в гидроприводах торможение дросселированием на выходе гидросистемы. При этом сопротивление дросселей изменяется в зависимости от положения исполнительного органа, т. е. осуществляется управление по пути. Закон торможения приводного механизма, например поршня со штоком в гидроцилиндре, определяется профилем конуса 2, изготовленным заодно со штоком поршня 1 и выполняющим роль дросселя, перекрывая отверстие в крышке цилиндра 4. Отверстие предназначено для выхода масла из полости слива цилиндра 3 (рис. 1.3). В данной конструкции устанавливают регулируемый дроссель 5, предназначенный для тонкой настройки безударной работы механизма.

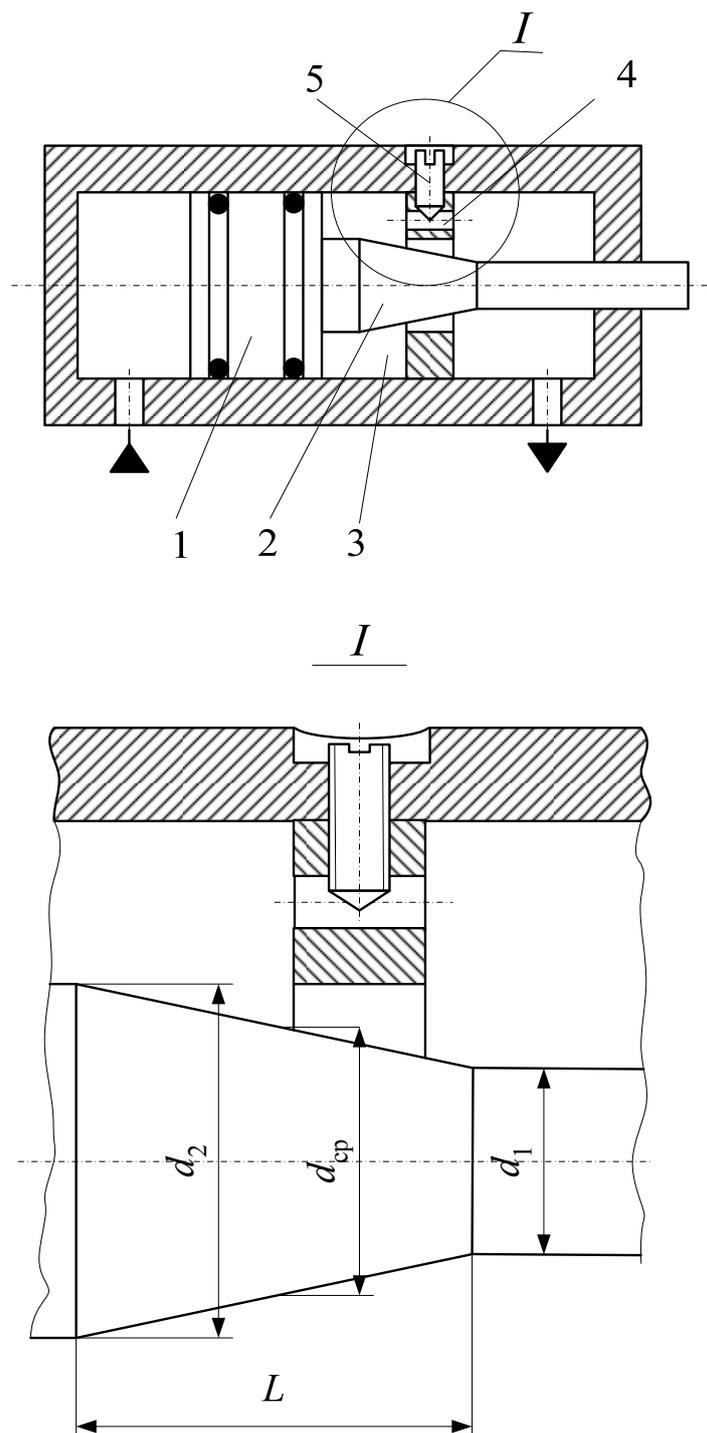


Рис. 1.3. Конструкция гидропривода:
 1 – поршень цилиндра; 2 – конус штока;
 3 – полость слива цилиндра; 4 – крышка
 цилиндра; 5 – регулируемый дроссель

Таким образом, в результате изменения площади дроссельной щели от максимального значения в начале торможения до минималь-

ного в конце происходит торможение исполнительного органа до безударной скорости его перемещения.

Приблизительно рассчитать площадь дроссельной щели можно исходя из следующего. Действующие силы описывает уравнение

$$ma + F_{\text{вн}} - p_2 f_2 + p_1 f_1 = 0,$$

где m – масса перемещаемого объема, кг; a – ускорение, м/с²; $F_{\text{вн}}$ – внешняя нагрузка, Н; p_2 – давление жидкости в рабочей полости, Па; f_1, f_2 – эффективные площади поршня рабочей и сливной полостей, м.

Путь торможения обычно принимается равным 5 – 25 мм. Давление в камере торможения принимается постоянным, не превышающим p по прочности цилиндра. Силы трения и давления на сливе не учитывают. Силы трения и давления на сливе не учитывают.

Скорость в конце торможения

$$V_T = (0,1 \dots 0,2)V_0,$$

где V_0 – средняя скорость движения, м/с.

Давление торможения

$$p_T = 1,25p = \text{const},$$

где p – рабочее давление гидросистемы, Па.

Время торможения

$$t_T = 2 \frac{x_T}{\Delta V} = 2 \frac{x_T}{(V_0 - V_T)},$$

где x_T – путь торможения, м.

Давление торможения

$$p_0 = \frac{ma + F_{\text{вн}}}{f_1} + p_2 f_2,$$

где f – эффективная площадь поршня сливной полости, м².

Ускорение торможения

$$a = \frac{V_0 - V_T}{t_T} = \frac{\Delta V^2}{2x_T}.$$

Площадь дроссельной щели, см², в начале торможения

$$f_{\text{др.0}} = \frac{V_0 f_1}{\mu} / \sqrt{\frac{2gp_1}{\rho}},$$

где μ – коэффициент расхода через дроссель (принять $\mu = 0,62$ для кольцевой щели); g – ускорение свободного падения, м/с²; ρ – плотность жидкости.

Площадь дроссельной щели, см^2 в конце торможения

$$f_{\text{др.Г}} = \frac{V_T f_1}{\mu} / \sqrt{\frac{2gp_T}{\rho}}.$$

Определив сечение дросселей в начале и в конце хода, можно найти геометрию демпфирующего устройства.

Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию гидропривода, используя описание и рис. 1.3.
2. Рассчитать площади дроссельной щели в начале и в конце торможения при $V_T = 0,1V_0$.
3. Сделать выводы по полученным результатам.

Исходные данные для расчета площадей дроссельной щели:

- плотность жидкости $\rho = 8,55 \cdot 10^{-3} \text{ кг/см}^3$;
- средняя скорость движения $V_0 = 10 \text{ м/мин}$;
- эффективная площадь поршневой полости гидроцилиндра $f_1 = 14,1 \text{ см}^2$;
- давление $p_1 = 89,3 \text{ кг/см}^2$.

Отчет должен содержать:

- описание назначения автооператора и циклограмму его работы;
- схему конструкции гидропривода;
- величины площадей дроссельной щели в начале и в конце хода;
- анализ результатов и выводы.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается автооператор от промышленного робота?
2. Каковы особенности программирования автооператоров?
3. Расскажите об особенностях кинематической схемы автооператора.
4. Сколько степеней подвижности имеет автооператор?
5. Каков способ управления гидроприводом?
6. Какую схему управления используют: на входе, выходе, параллельно?

Список рекомендуемой литературы

1. Производственное оборудование, наладка и эксплуатация : метод. указ. к курсовой работе / Владим. гос. ун-т ; авт.-сост.: С. Н. Сысов [и др.] ; Владимир : Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2003. – С. 4 – 11.
2. Башта Т. Н. Гидропривод и гидропневмоавтоматика / Т. Н. Башта. – М. : Машиностроение, 1972. – 123 с.
3. Левитский, Н. И. Расчет управляющих устройств для торможения гидроприводов / Н. И. Левитский, Е. Н. Цуханова. – М. : Машиностроение, 1971. – 231 с.
4. Челпанов, И. Б. Устройство промышленных роботов / И. Б. Челпанов. – М. : Машиностроение. 1990. – 132 с.

Лабораторная работа № 2

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ БЕЗУДАРНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА НА ЖЕСТКИЙ УПОР И НАЛАДКА УГЛОВОГО ПРИВОДА КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ТИПА

Цель работы: изучение способов безударного позиционирования исполнительного органа на жесткий упор, изучение углового привода колебательного типа.

Теоретические основы

Позиционирование исполнительного органа на жесткий упор

Значительная группа промышленных роботов (ПР) выполнена с позиционированием подвижного исполнительного органа на жесткий упор. Общность всех движений цикла исполнительного органа данных механизмов заключается в том, что каждое движение включает три фазы: разгон, установившееся движение с постоянной скоростью, торможение. При малой длине хода переходные процессы играют важную роль в формировании движения и составляют до 60 % от времени движения.

Позиционирование исполнительных механизмов по упорам связано с возникновением ударных явлений, и в этом случае основное ограничение по быстродействию – условие выхода исполнительного органа на жесткий упор на безударной скорости.

При традиционном способе позиционирования исполнительный орган разгоняют, перемещают к точке позиционирования на равномерной скорости, тормозят до безударной скорости и перемещают до выхода его на жесткий упор. Причем торможение исполнительного органа стремятся производить без колебаний относительно его статического равновесия. При этом требование по безударному позиционированию накладывает ограничения на ускорение торможения исполнительного органа, которое составляет $(0,3 - 0,4)g$ (g – ускорение свободного падения), тогда как допустимые ускорения для механизма без учета ударных явлений об упор значительно выше. Исходя из этого ускорение разгона задают выше ускорения торможения, и эта разница тем больше, чем меньше жесткость, длиннее кинематическая цепь, больше инерционность, зазоры и т. д.

Существует безударный способ позиционирования, основанный на использовании свойств колебательных систем. Способ заключается в том, что систему управления ПР настраивают на остановку исполнительного органа в смещенном положении от точки позиционирования на величину упругого отклонения от положения его статического равновесия. Фиксацию исполнительного органа на жесткий упор производят при его мгновенной скорости движения в точке позиционирования, близкой к нулю. При этом обеспечивается условие безударного позиционирования, а именно: выход исполнительного органа на жесткий упор на безударной скорости. Кроме возможности повышения быстродействия данный способ позволяет использовать принцип аккумуляции энергии.

Повышения быстродействия достигают за счет того, что исключают колебания исполнительного органа относительно точки позиционирования после остановки исполнительного органа, а также за счет увеличения допустимых ускорений при разгоне и торможении исполнительного органа. Этот принцип заключается в том, что при позиционировании кинетическая энергия подвижного исполнительного органа ПР преобразуется в потенциальную энергию отклонения исполнительного органа от его положения статического равновесия и аккумулируется при фиксации на жесткий упор, а затем может быть использована для дальнейшего движения. НИИ машиностроения разработал ряд конструкций ПР колебательного, маятникового, резонансного типов с безударным принципом позиционирования.

Однако данный способ позиционирования имеет ряд недостатков. Применяемые в ПР устройства позиционирования, реализующие данный способ, требуют точной настройки и не допускают значительных отклонений многочисленных параметров ПР, к которым относится и масса перемещаемых ПР предметов, изменяющих величину отклонения исполнительного органа от положения его статического равновесия при позиционировании. Кроме этого в момент фиксации исполнительного органа ПР на жестком упоре возникают значительные динамические перегрузки. Это связано с тем, что в момент позиционирования при мгновенной скорости исполнительного органа, близкой к нулю, ускорения близки к максимальным. В результате возникает удар второго рода, т. е. при позиционировании происходит резкое изменение ускорения движения исполнительного органа. Динамические нагрузки в момент позиционирования определяются временем нагружения исполнительным органом жесткого упора в зависимости от периода собственных колебаний системы: жесткий упор – исполнительный орган. Так как точность позиционирования исполнительного органа ПР в значительной мере зависит от жесткости упора, то уменьшать динамические нагрузки можно только путем увеличения времени нагружения исполнительным органом жесткого упора. Для этого необходимо силовое воздействие на упор начинать не в

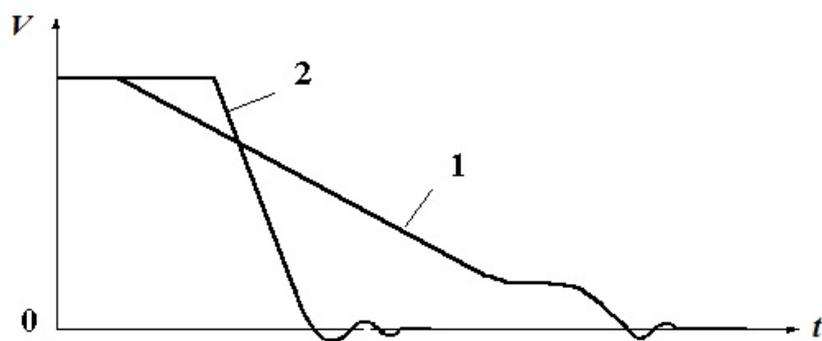


Рис. 2.1. Характер изменения скорости и координаты при аperiodическом переходном процессе

точке позиционирования, а при подходе к ней исполнительного органа. Реализуется данный способ путем подхвата исполнительного органа упором при приближении его к точке позиционирования, плавным нагружением

упора, принудительно выводя им исполнительный орган в точку позиционирования. Способ позиционирования с подхватом исполнительного органа жестким упором позволяет не только значительно

снизить динамические нагрузки при сохранении высокого быстродействия, но и расширить область применения данного способа в ПР. На рис. 2.1 и 2.2 показаны характеры изменения скорости и координаты исполнительного органа (ИО) при позиционировании его на жесткий упор при положении статического равновесия соответственно ближе и дальше точки позиционирования, где 1 – традиционный способ позиционирования; 2 – безударный способ позиционирования с подхватом исполнительного органа.



Рис. 2.2. Характер изменения скорости и координаты исполнительного органа при положении статического равновесия дальше точки позиционирования

Привод углового перемещения

Привод предназначен для перемещения исполнительного органа с позиционированием на жесткие упоры и может найти применение в холодной листовой штамповке, укладке, расфасовке деталей на предприятиях машиностроения и других отраслях промышленности для решения значительного класса задач, связанных с использованием простых позиционных механизмов, выполняющих заранее запрограммированные элементарные движения, где требуются такие технические характеристики, как максимальное быстродействие, плавность хода ИО, высокая точность позиционирования, низкое энергопотребление.

Привод (рис. 2.3) состоит из корпуса с установленным в нем исполнительным органом 4 с возможностью поворота относительно оси и подпружиненным пружиной 5 в среднем положении.

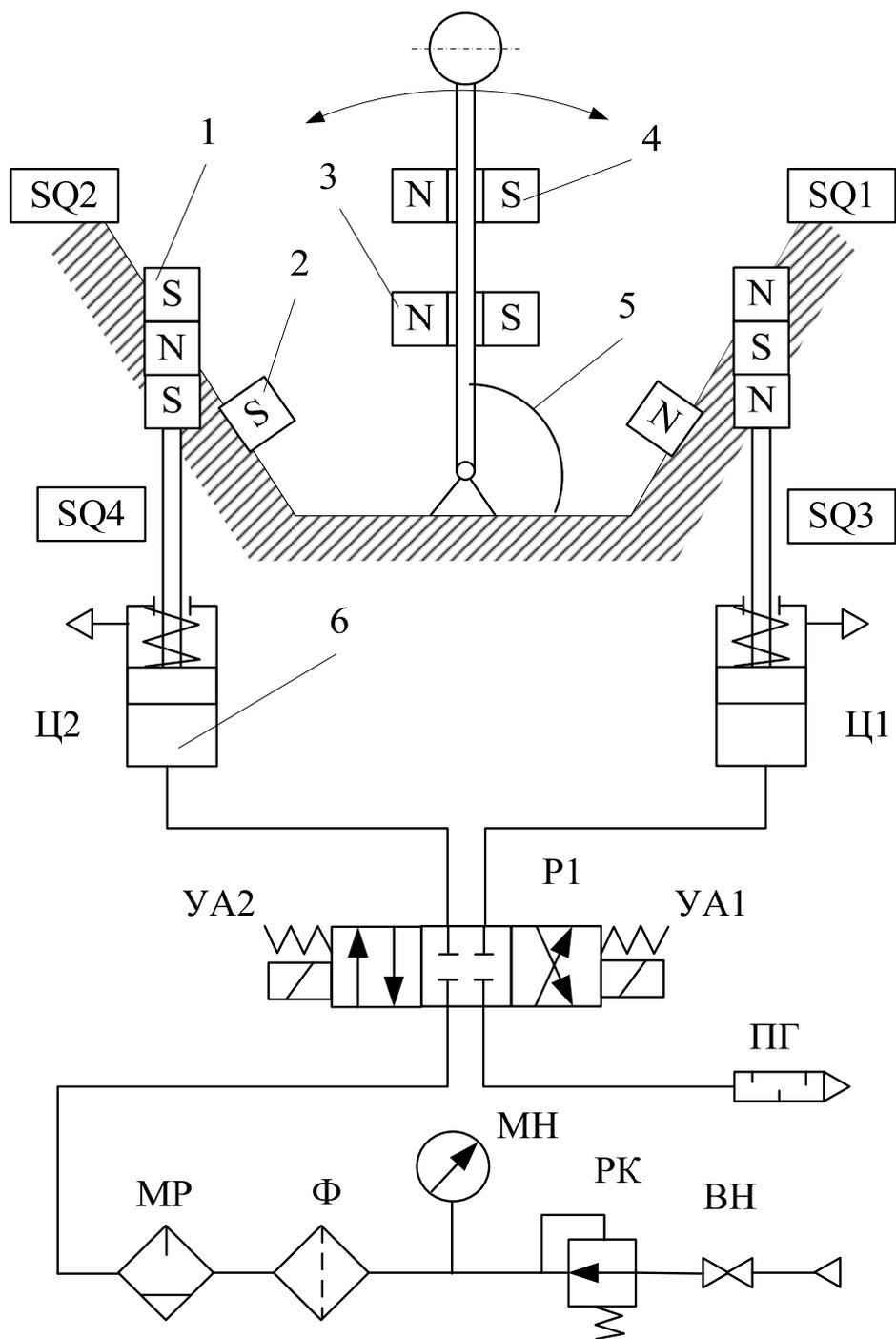


Рис. 2.3. Схема пневмокинематического привода углового перемещения

В конечных точках движения ИО конструкция оснащена управляемыми упорами-фиксаторами 2, выполненными в виде постоянных магнитов, установленных на корпусе привода, и постоянными магнитами 3, установленными на исполнительном органе, с возможностью силового взаимодействия их магнитных полей.

В приводе в фазе торможения в аккумуляторе запасается механическая энергия, а в фазе разгона эта энергия возвращается ИО, причем двигатель служит только для компенсации потерь, возникающих в системе. Функцию аккумулятора выполняет пружина, выходное звено которой соединено с ИО. Исполнительный орган совершает колебательные движения относительно положения статического равновесия, при этом энергия, затрачиваемая на разгон инерционной массы, не теряется, а переходит (рекуперируется) из кинетической в потенциальную и из потенциальной в кинетическую.

Устройство работает следующим образом. Перед началом работы ИО выводят в крайнее (например, левое) положение. В данном положении он фиксируется и удерживается магнитным полем постоянных магнитов. При подаче сигнала из системы управления на распределитель Р1 (см. рис. 2.3) включается электромагнит УА2, срабатывает пневмоцилиндр Ц2, смещая постоянные магниты на упоре относительно магнитов, установленных на исполнительном органе, в результате чего, взаимодействуя одноименными полюсами, происходит отталкивание магнита, установленного на ИО, а затем и отрыв от магнита-фиксатора. Кроме того, исполнительному органу добавляется энергия, которая впоследствии расходуется на преодоление диссипативных сил. Причем этой энергии должно быть достаточно для перемещения ИО из одного крайнего положения в другое, т. е. количество добавляемой энергии должно регулироваться. После отрыва магнита, установленного на исполнительном органе, от магнита-фиксатора механическая рука начинает перемещаться из крайнего левого положения в крайнее правое. Потенциальная энергия пружины переходит в кинетическую энергию исполнительного органа. После прохождения ИО среднего положения начинается торможение и кинетическая энергия исполнительного органа переходит в потенциальную энергию пружины. При подходе к крайнему правому положению ИО магнитные поля постоянных магнитов-фиксаторов и магнита-расфиксатора притягивают магниты, установленные на ИО. Исполнительный орган принудительно выводится в крайнее (правое) положение и фиксируется в нем.

Аналогично происходит расфиксация ИО в крайнем (правом) положении и его перемещение в крайнее левое.

Такая схема построения привода, выполнение упоров-фиксаторов в виде постоянных магнитов позволяет по сравнению с традиционными приводами в 6 – 8 раз повысить быстродействие, в 10 раз снизить энергопотребление, в 2 раза – стоимость и в 3 раза – металлоемкость.

Наладка углового привода колебательного типа

На рис. 2.4, 2.5 показан макет ПР с приводом колебательного типа.

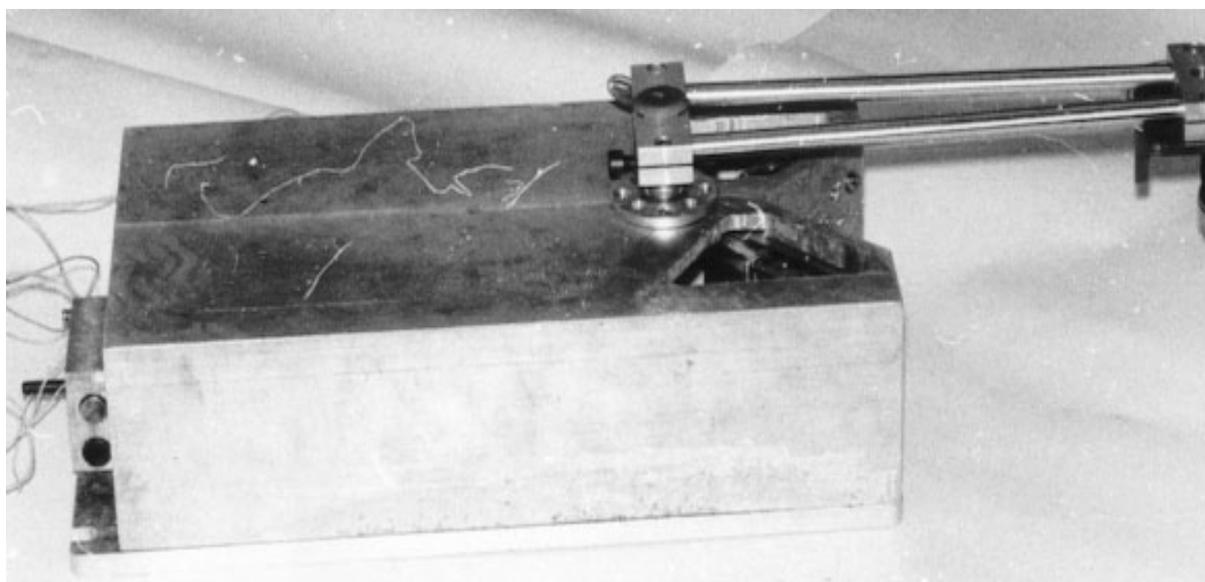


Рис. 2.4. Общий вид макета поворотного привода

Наладка привода осуществляется регулировочными винтами 5, 6, 10, 11 (рис. 2.5). Винтом 10 (рис. 2.5) регулируется натяжение пружины 5 (см. рис. 2.3), подпитывающей исполнительный орган энергией. Винт 9 регулирует положение статического равновесия. Винт 5 регулирует величину площади перекрытия магнитов на исполнительном органе (см. поз. 4 на рис. 2.3, поз. 3 на рис. 2.5) управляемыми магнитами-фиксаторами, установленными на упорах (см. поз. 1 на рис. 2.3, поз. 4 на рис. 2.5). Винт 6 регулирует плоскостность магнитной плиты.

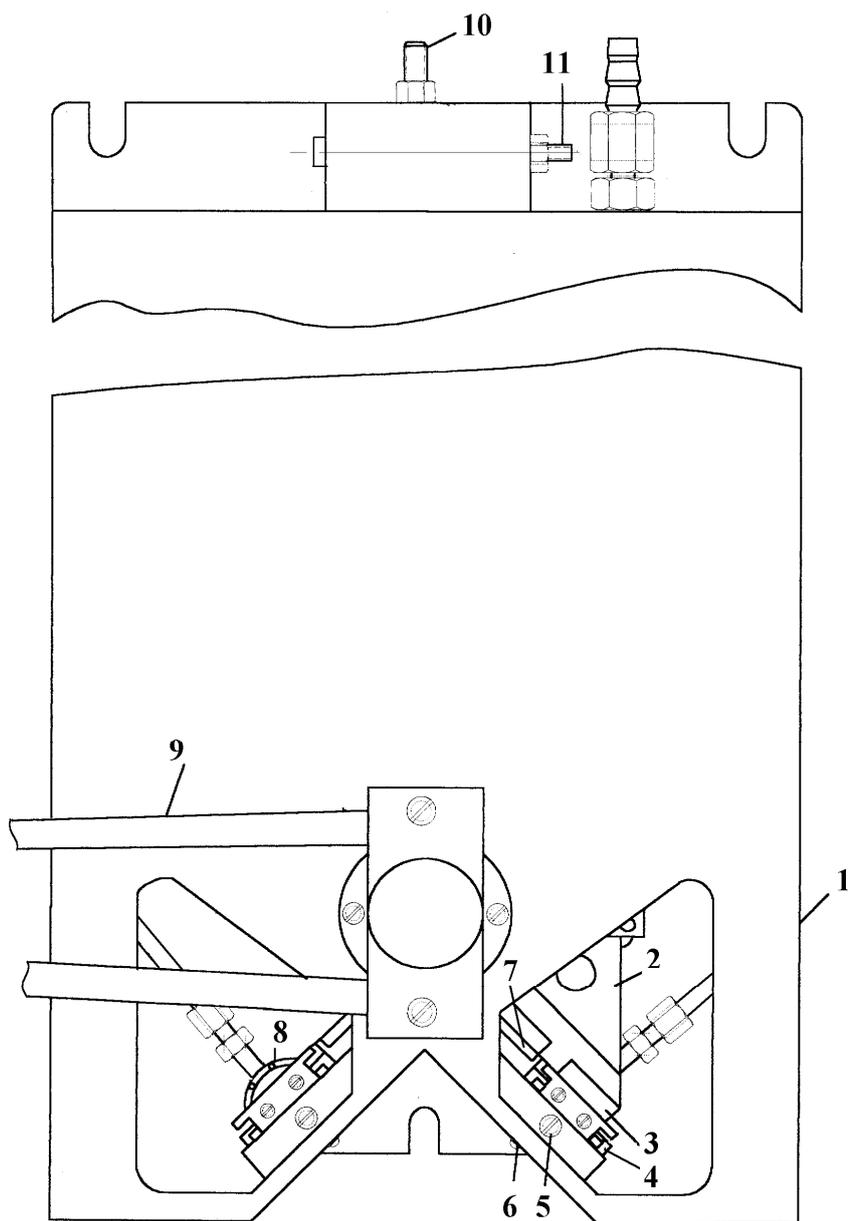


Рис. 2.5. Макет робота с приводом колебательного типа:
 1 – корпус робота; 2 – подвижный элемент исполнительного органа; 3 – постоянные магниты, 4 – постоянные магниты управляемых упоров-фиксаторов (поз. 2 на рис. 2.3); 5, 6, 10, 11 – регулировочные винты; 7 – постоянные магниты на упоре (поз. 3 на рис. 2.3); 9 – исполнительный орган (механическая рука)

Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь со способами позиционирования исполнительного органа на жесткий упор.
2. Изучить конструкцию и принцип работы углового привода колебательного типа.

3. Подготовить работа к работе. Вывести исполнительный орган в исходное положение (зафиксировать на одном из упоров).

4. Регулировочными винтами 5, 10, 11 осуществить наладку привода, обеспечив:

- максимальную скорость перемещения исполнительного органа;
- безударность позиционирования исполнительного органа на упоры;
- надежность удержания исполнительного органа на упорах в крайних положениях.

Отчет должен содержать:

- схему углового привода колебательного типа;
- условия проведения наладки;
- последовательность действий при выполнении наладки;
- анализ результатов и выводы.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об особенностях конструкции приводов колебательного типа.

2. В чем заключается способ безударного позиционирования исполнительного органа на жесткий упор?

3. Назовите элементы, входящие в состав пневмокинематической схемы привода.

4. Объясните по рис. 2.3 принцип работы привода промышленного робота с рекуперацией энергии.

Список рекомендуемой литературы

1. Сысоев, С. Н. Цикловые приводы колебательного типа / С. Н. Сысоев, А. А. Глушков ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2010. – С. 108 – 121. – ISBN 5-89368-775-2.

2. Производственное оборудование, наладка и эксплуатация : метод. указ. к курсовой работе / С. Н. Сысоев [и др.]. – Владимир, Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2003. – С. 12 – 18.

Лабораторная работа № 3

ТАРИРОВКА ДАТЧИКА ИЗБЫТОЧНОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ HONEYWELL

Цель работы: освоение методики проведения тарировки измерительных приборов путем создания виртуального прибора-манометра на базе датчика избыточного давления Honeywell и среды LabVIEW.

Теоретические основы

Термин «тарировка» означает проверку показания каких-либо приборов путем сличения с показаниями контрольных устройств.

Используемый в лабораторной работе датчик (рис. 3.1, табл. 3.1) относится к MLN-датчикам давления серии ST и сочетает в себе последние в «Application Specific Integrated Circuit» (ASIC) технологии с изолированной конструкцией металлической диафрагмы. Этот цифровой датчик обладает высокой производительностью, что делает его идеальным для измерения давления и решения сложных задач.

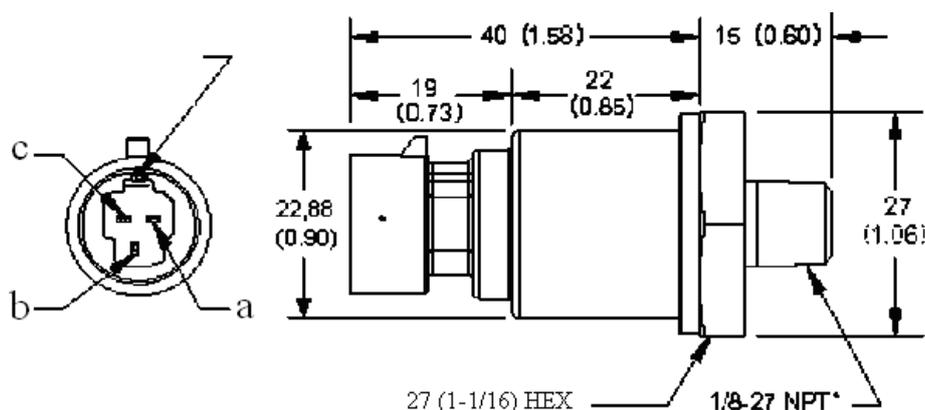


Рис. 3.1. Общий вид датчика

Суммарная погрешность составляет 2 %.

Особенности:

- Датчик может работать в различных жидкостях.
- Защита от короткого замыкания.
- Короткое время отклика (2 мс) обеспечивает высокую скорость и точность измерений.

Физические параметры:

- Нержавеющая сталь.
- Материал корпуса:

- Черный пластик Amodel AS-4133 HS – PPA. Вес 57,0 г (2,0 унций).
- Виброустойчивость 50 г пика (5 мс), 100 г пика (11 мс).

Табл. 3.1. Схема подключения портов для АЦП NI USB-6008

Pin	Напряжение	Текущее
a	+ Возбуждение	+ Возбуждение
b	Выход	– Возбуждение
c	Общий	Нет подключения

Разметка входов и выходов для аналого-цифрового преобразователя представлена на рис. 3.2.

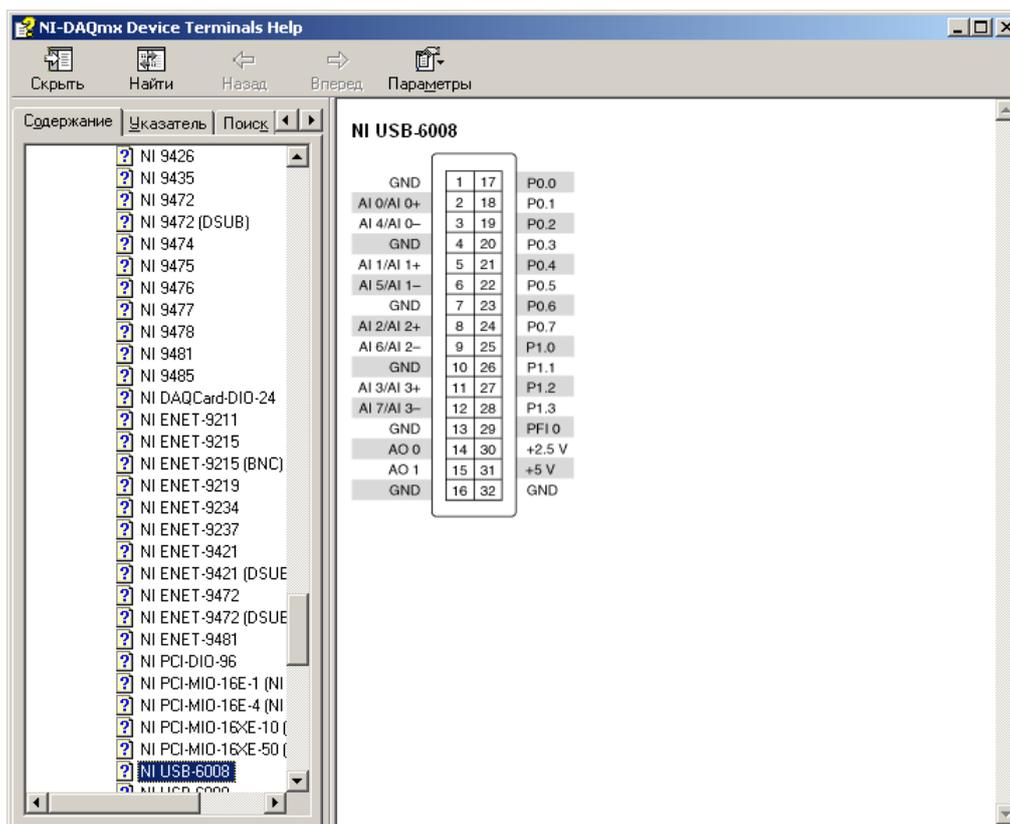


Рис. 3.2. Маркировка входов и выходов платы АЦП

Источник электропитания (рис. 3.3) подсоединен к датчику избыточного давления воздуха, а пневмопитание датчика выполняется компрессором через дроссель Др1, выходной трубопровод с которого

соединен с входным каналом датчика Д и через дроссель Др2 – с атмосферой. Величина давления воздуха в трубопроводе на входе датчика контролируется манометром. Электрический сигнал с датчика поступает через АЦП в компьютер.

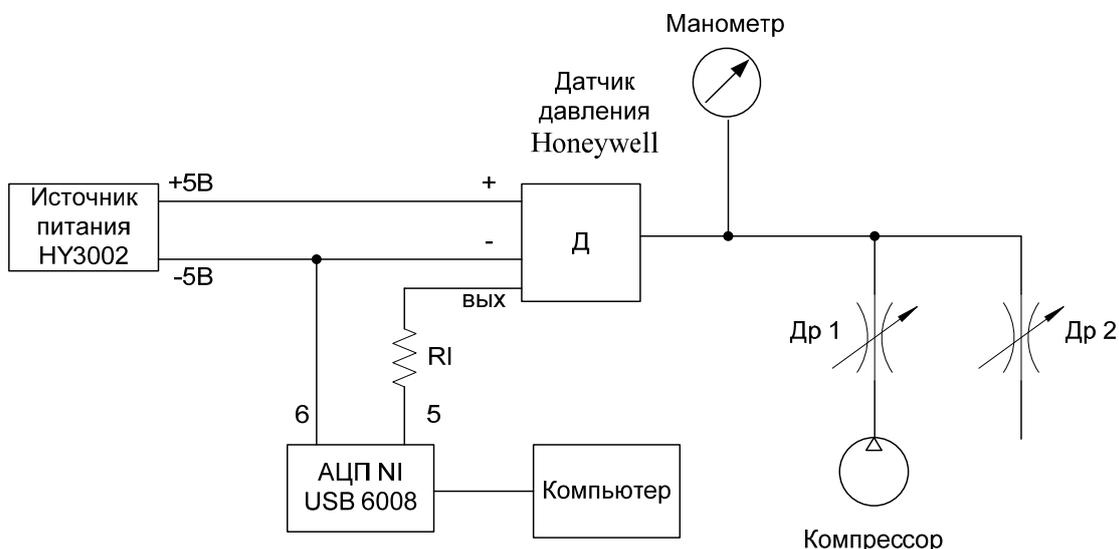


Рис. 3.3. Электропневматическая схема подключения датчика избыточного давления

Порядок выполнения работы

1. Создание виртуального прибора в среде LabVIEW (рис. 3.4).

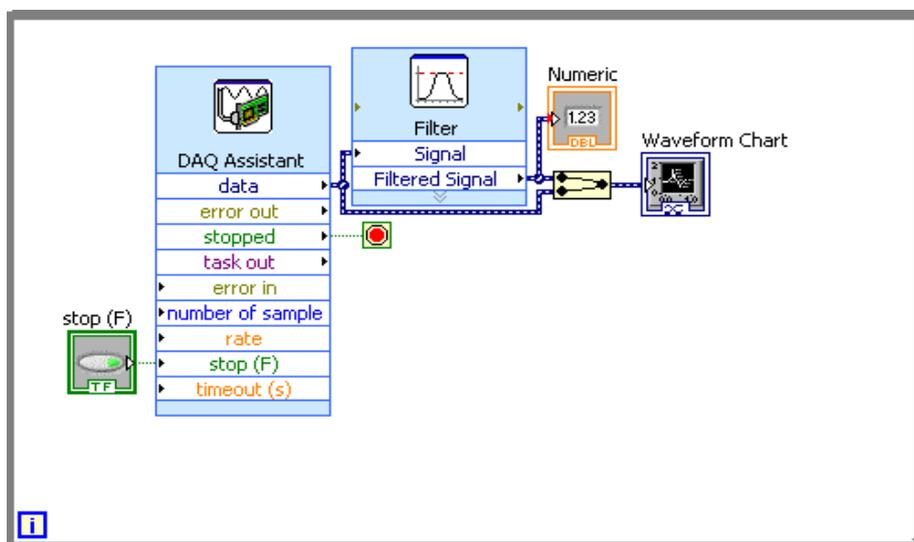


Рис. 3.4. Виртуальный прибор в среде LabVIEW

А. В панели «Block Diagram» перейти правой кнопкой мыши на вкладку «Express». В разделе «Input» выбрать блок «DAQ Assistant» и перенести его на поле панели. Произвести настройку блока съема данных.

Выбираем режим регистрации сигнала «Acquire Signals», характеристику сигнала – «Analog Input, Voltage» (рис. 3.5).

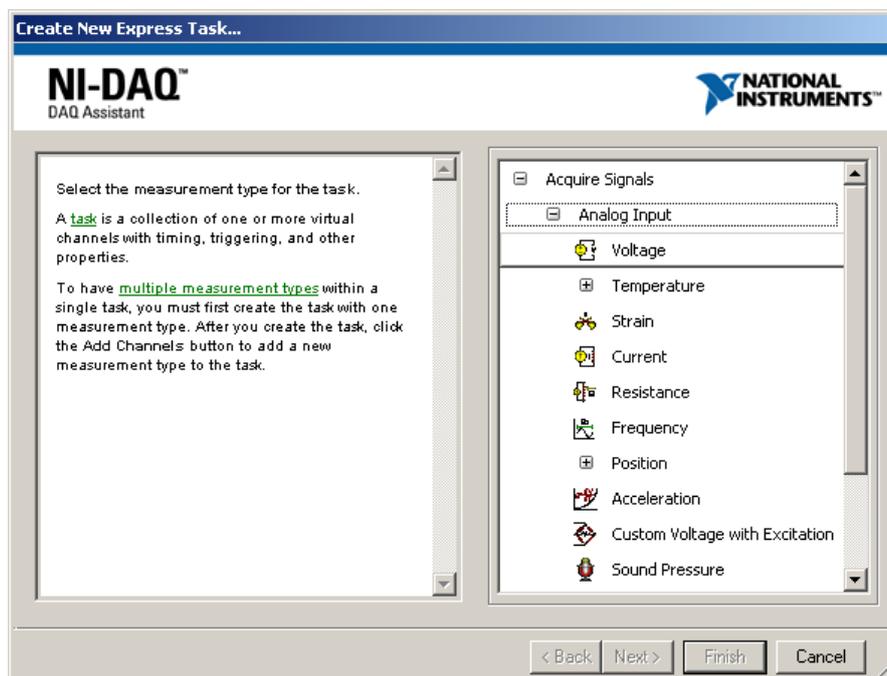


Рис. 3.5. Выбор режима регистрации сигнала

Выбираем порт ai1 (рис. 3.6).

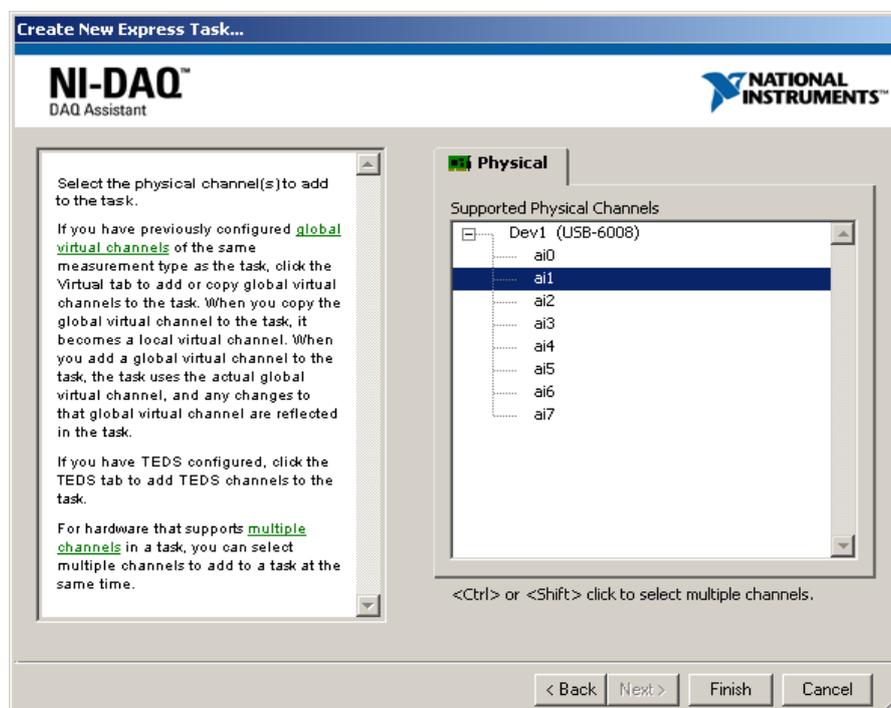


Рис. 3.6. Выбор приема сигнала с датчика давления

В графе «Acquisition Mode» меняем «N Samples» на «Continuous» (рис. 3.7).

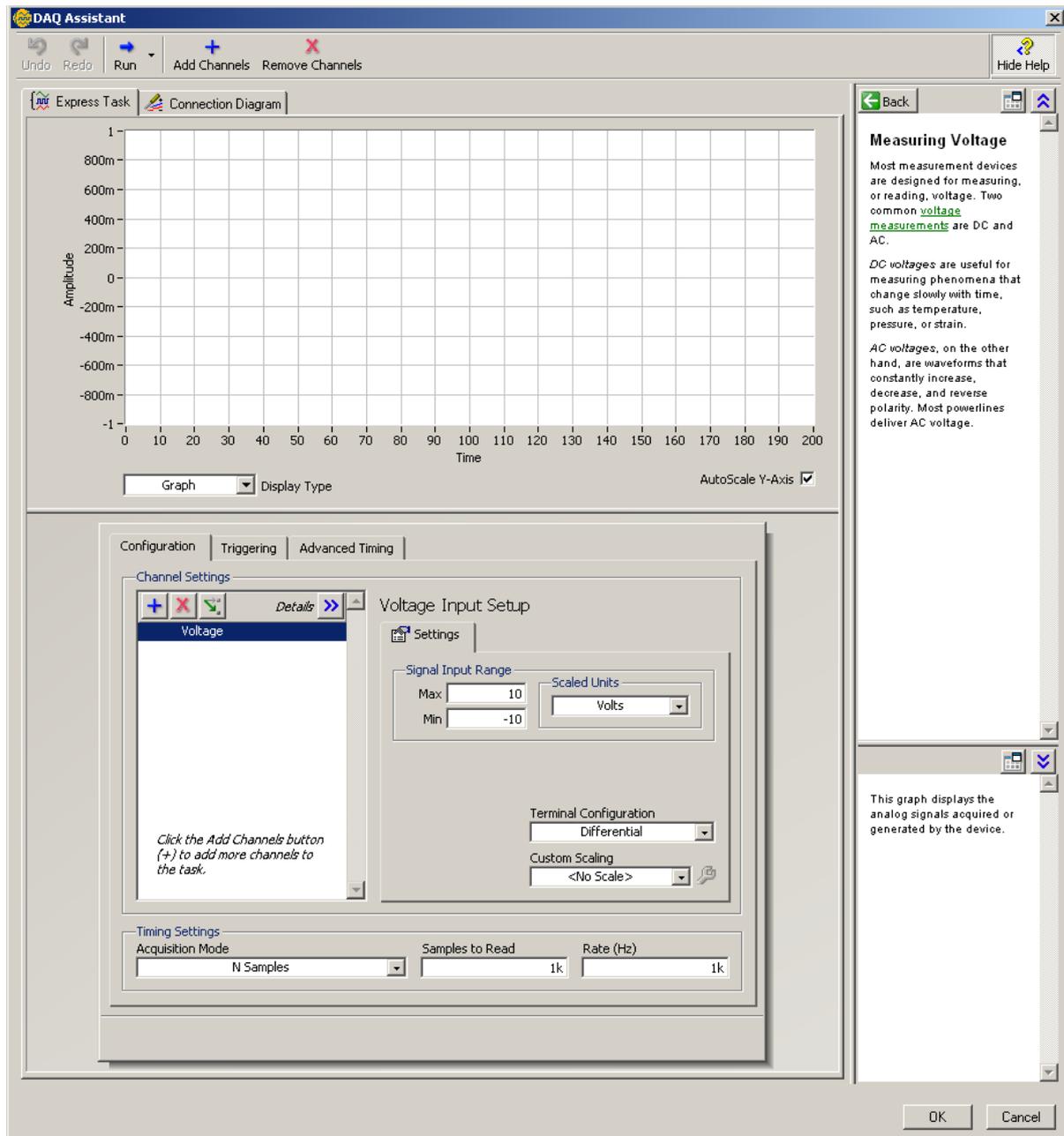


Рис. 3.7. Настройка параметров обработки сигнала

Б. В панели «Block Diagram» перейти правой кнопкой мыши на вкладку «Express». В разделе «Signal Analysis» выбрать блок «Filter» и перенести его на поле панели. Произвести настройку блока фильтрации сигнала (рис. 3.8).

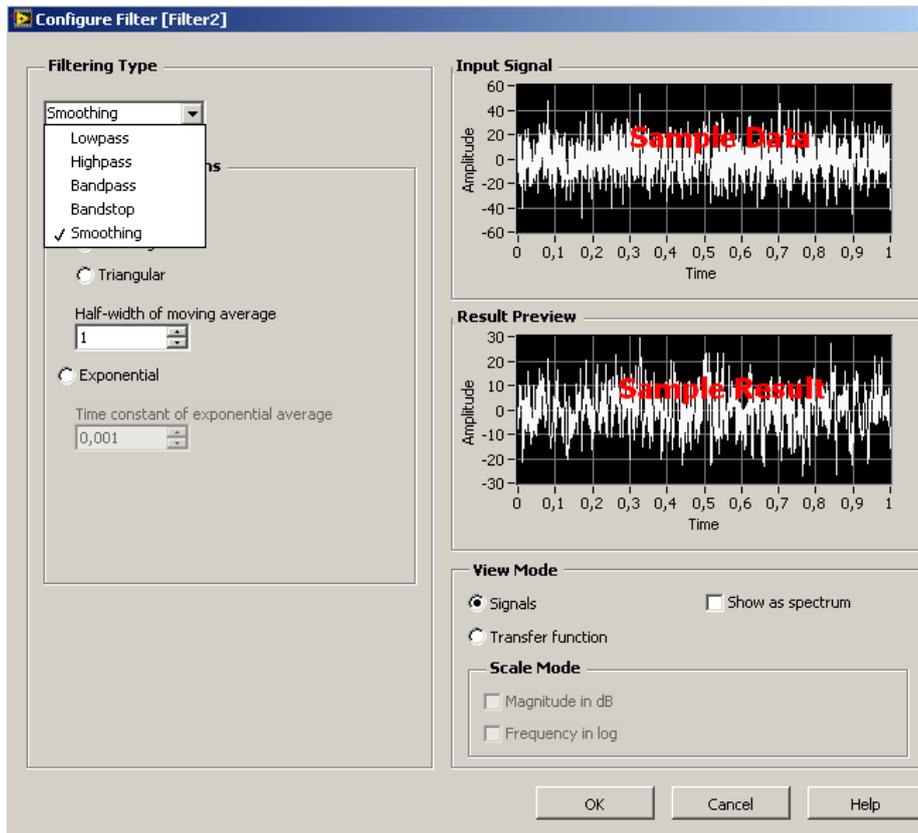


Рис. 3.8. Настройка блока фильтрации сигнала

В. В панели «Front Panel» перейти правой кнопкой мыши на вкладку «Graph Indicators», выбрать блок «Chart» и перенести его на поле панели. Произвести настройку блока отображения данных.

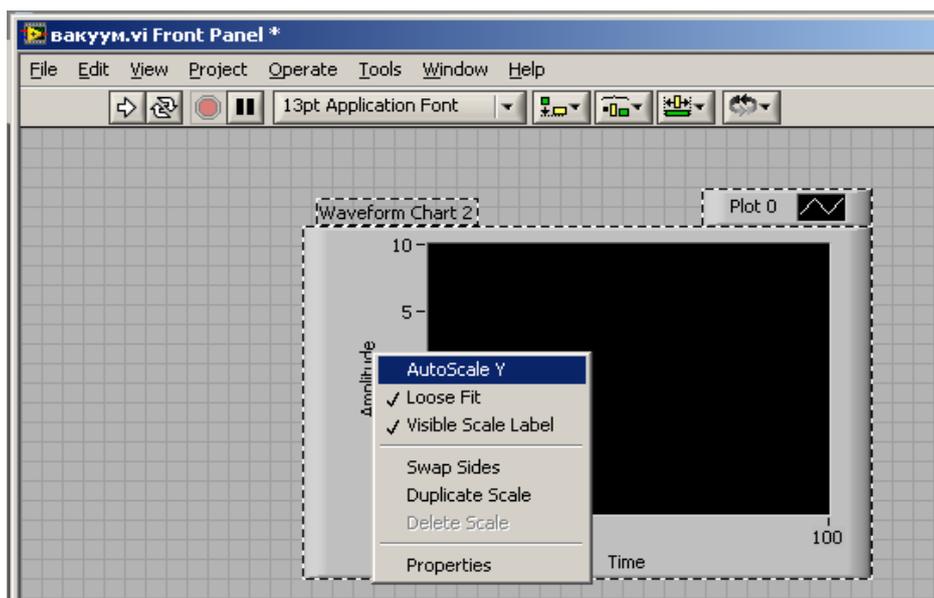


Рис. 3.9. Настройка блока отображения данных

Отключаем режим автоподстройки шкалы «Амплитуды».

Г. В панели «Front Panel» перейти правой кнопкой мыши на вкладку «Numeric Indicators», выбрать блок «Numeric Indicator» и перенести его на поле панели.

Д. В панели «Block Diagram» перейти правой кнопкой мыши на вкладку «Express». В разделе «Execution Control» выбрать блок «While Loop» и перенести его на поле панели. Поместить ранее выбранные элементы внутрь цикла. Последовательно соединить выбранные элементы согласно схеме рис. 3.3.

Панель «Front Panel» должна выглядеть следующим образом (рис. 3.10):

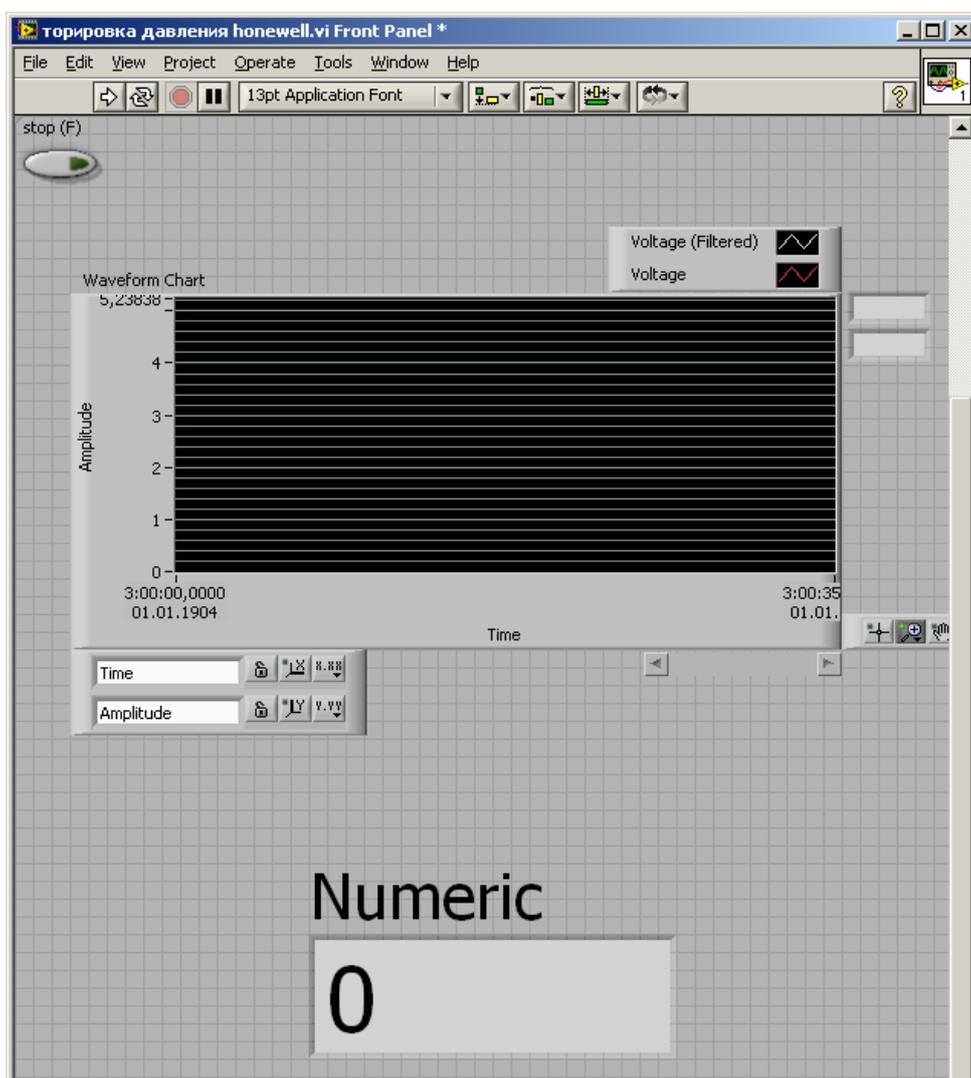


Рис. 3.10. Панель настройки тарировки датчика деления

2. Тарировка датчика.

- а) добиться давления в ресивере компрессорной установки порядка 8 атмосфер;
- б) запустить цикл функционирования (кнопкой «Run»). Подать давление на датчик, открыв вентиль;
- в) заполнить следующую таблицу:

№ п/п	Показание индикатора Numeric	Показание манометра компрессора
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Зарегистрировать установившееся значение давления на манометре компрессора и соответствующее ему показание индикатора «Numeric»;

г) произвести стравливание давления из ресивера до некоторого значения, соблюсти выдержку, зафиксировать вышеуказанные показатели. Стравливание производить до достижения давления в ресивере нулевого значения, стремясь фиксировать параметры через равные промежутки;

д) перейти во вкладку «Properties» блока «DAQ Assistant». Во вкладке «Custom Scaling» из выпадающего меню выбрать «Create New» (рис. 3.11).

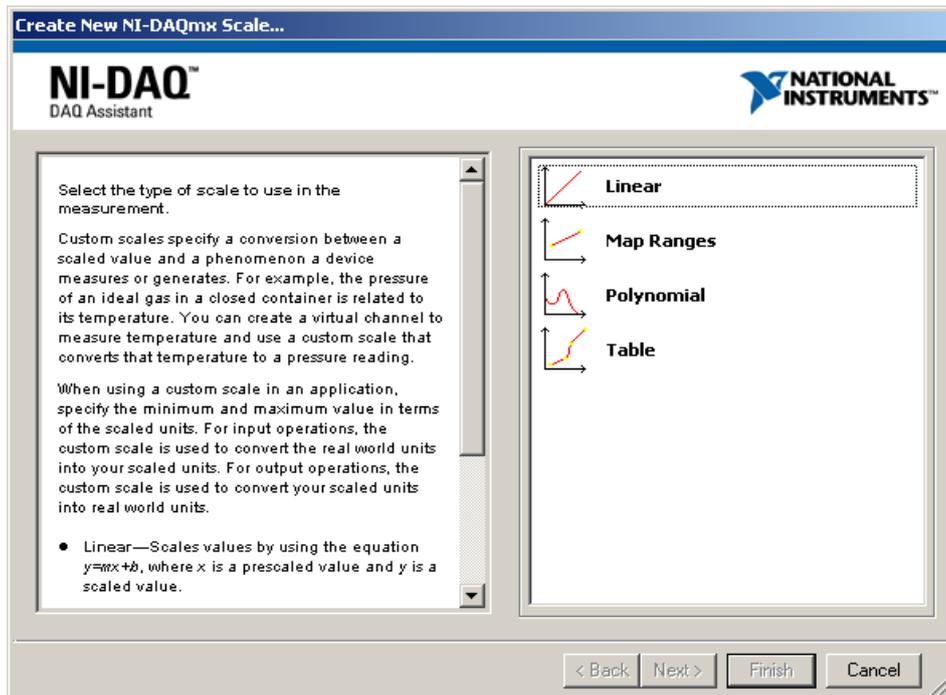


Рис. 3.11. Выбор режима тарировки датчика

В выпавшем окошке перейти по вкладке «Table»;

е) заполнить таблицу данными, полученными в п. 3.3.

Столбец «Pre-Scaled Values» (рис. 3.12) соответствует столбцу «Показание индикатора Numeric» в таблице ниже.

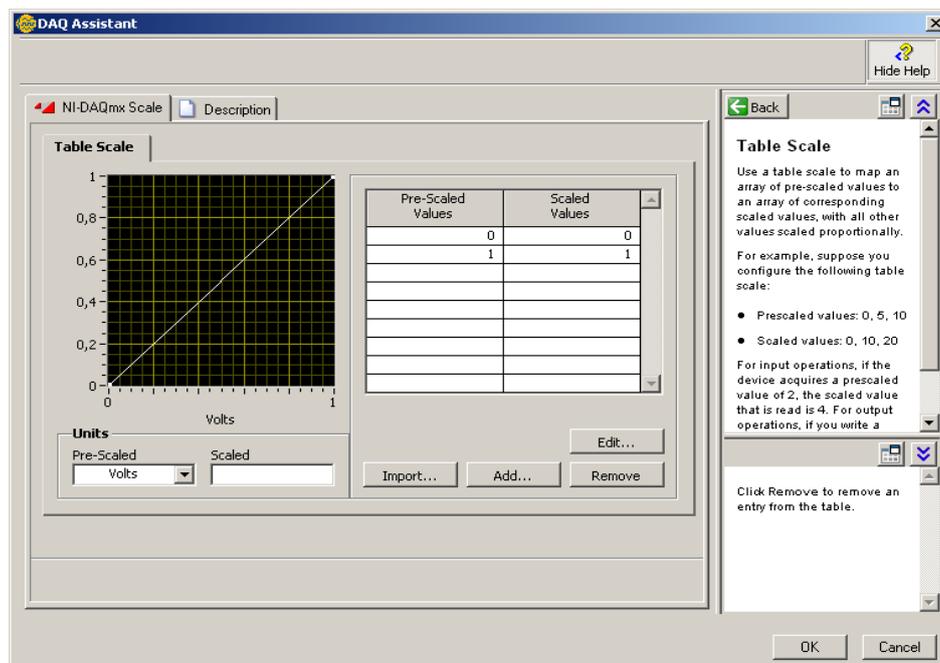


Рис. 3.12. Ввод значений для построения тарировочного графика

ж) заполнить поля «Signal Input Range», указав в качестве максимального и минимального уровней соответствующие величины из столбца «Pre-Scaled Values».

3. Снятие реальных характеристик давления.

Запустить ВП в режиме цикла. Заполнить следующую таблицу:

№ п/п	Показание индикатора Numeric (протарированный датчик)	Показание манометра компрессора
1		
2		
3		
4		

Отчет должен содержать:

- краткие сведения из теории;
- схему лабораторного стенда;
- схему и лицевую панель ВП;
- заполненные таблицы измерений;
- выводы о корректности произведенной тарировки.

Контрольные вопросы

1. Поясните схему подключения датчиков с АЦП.
2. Опишите область применения датчиков давления.
3. Для чего проводится тарировка датчика давления.
4. Объясните необходимость применения программного комплекса LabVIEW.

Рекомендуемая литература

Загидуллин, Р. Ш. LabView в исследованиях и разработках / Р. Ш. Загидуллин. – М. : Горячая линия-Телеком, 2015. – 352 с. – ISBN 5-93517-211-9.

Лабораторная работа № 4 ТАРИРОВКА ВАКУУМНОГО ДАТЧИКА

Цель работы: освоение измерительных приборов с помощью методики проведения тарировки путем создания виртуального прибора-манометра на базе вакуумного датчика и среды LabVIEW.

Теоретические основы

В лабораторной работе используют абсолютный дифференциальный вакуумный датчик серии 140РС, показанный на рис. 4.1, который установлен на лабораторном стенде по схеме, показанной на рис. 4.2, 4.3.



Рис. 4.1. Внешний вид датчика серии 140РС

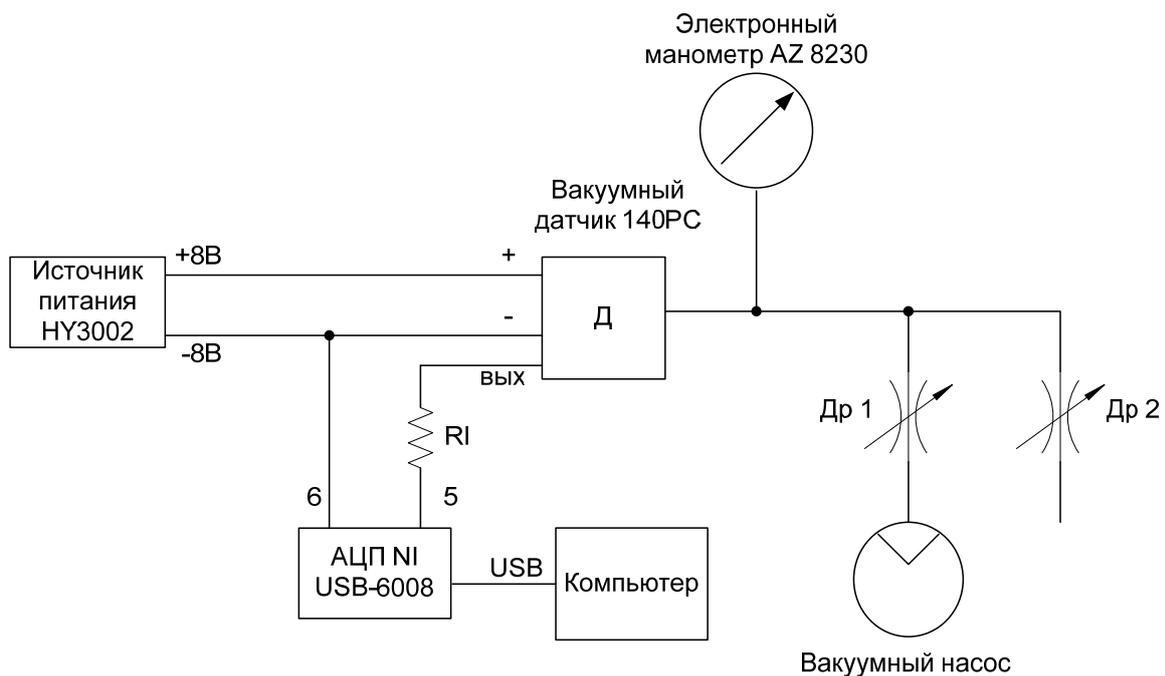


Рис. 4.2. Электропневматическая схема лабораторного стенда

Примечания к схеме. 1. Терминалы помечены на датчике. 2. Вход и выход разделены землей. 3. R_L должен быть ≥ 3000 Ом.

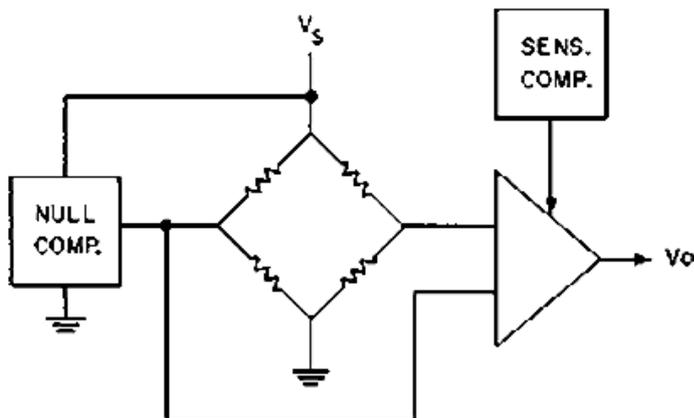


Рис. 4.3. Внутренняя схема вакуумного датчика серии 140 ЗС

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с теоретической частью.

2. Собрать схему виртуального прибора (ВП) в среде LabVIEW согласно рис. 4.2, 4.3.

3. Выполнить тарировку вакуумного датчика давления.

1. Создание ВП в среде LabVIEW (рис. 4.4).

В панели «Block Diagram» перейти правой кнопкой мыши на вкладку «Express». В разделе «Input» выбрать блок «DAQ Assistant» и перенести его на поле панели (рис. 4.4). Произвести настройку блока съема данных (рис. 4.5).

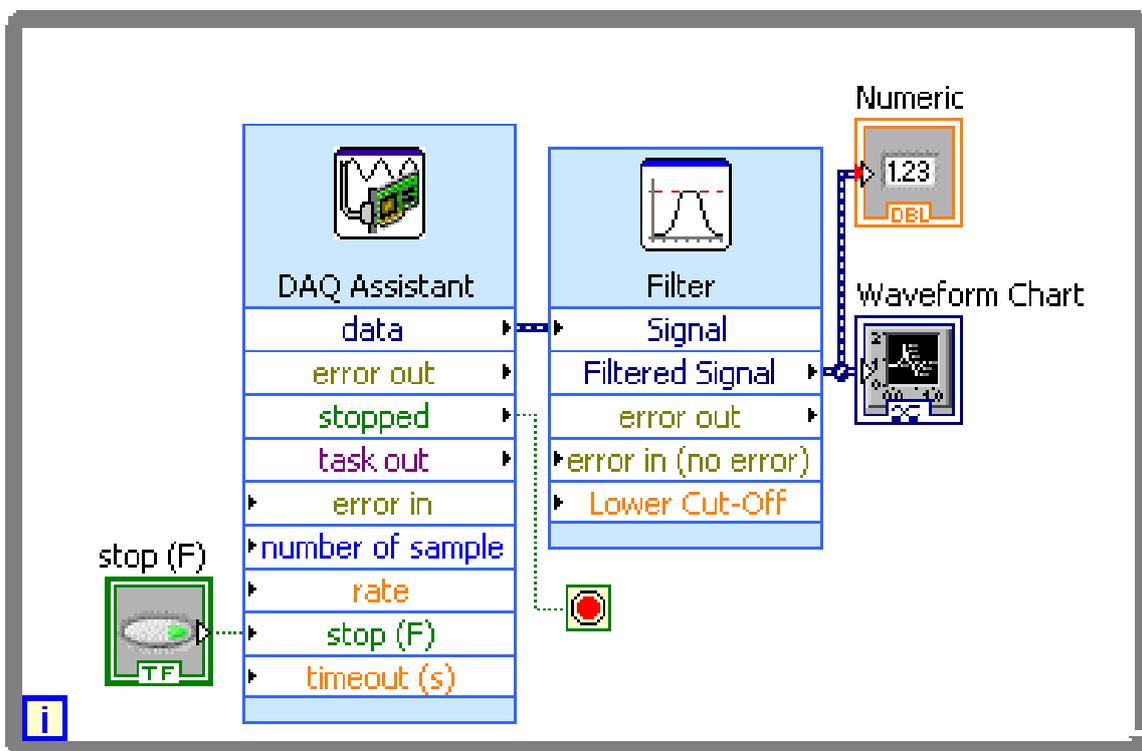


Рис. 4.4. Виртуальный прибор в среде LabVIEW

Выбираем режим регистрации сигнала «Acquire Signals», характеристику сигнала – «Analog Input, Voltage» (рис. 4.5).

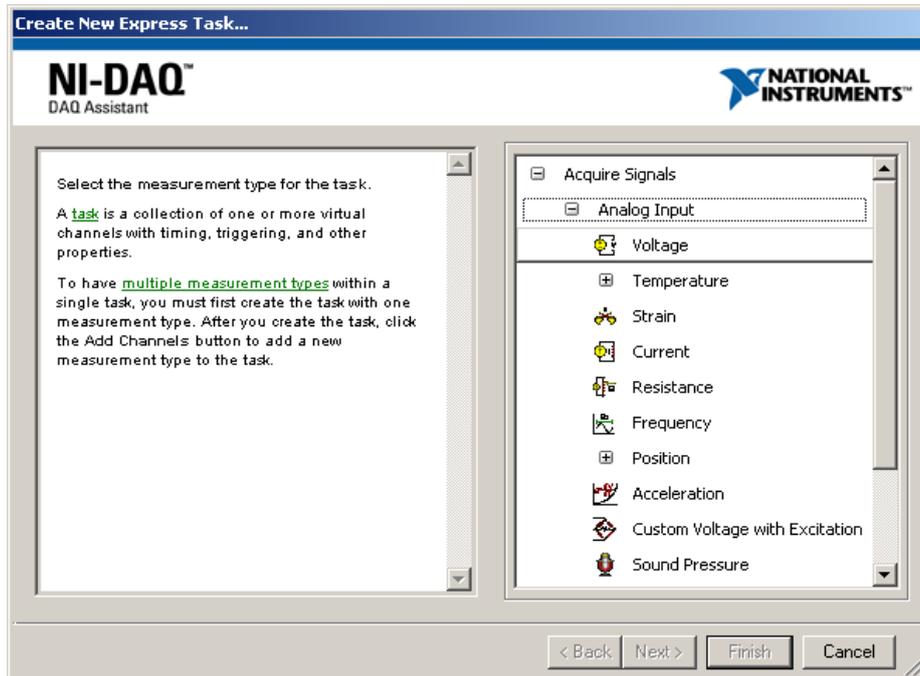


Рис. 4.5. Выбор режима регистрации сигнала

Выбираем порт ai1 (рис. 4.6).

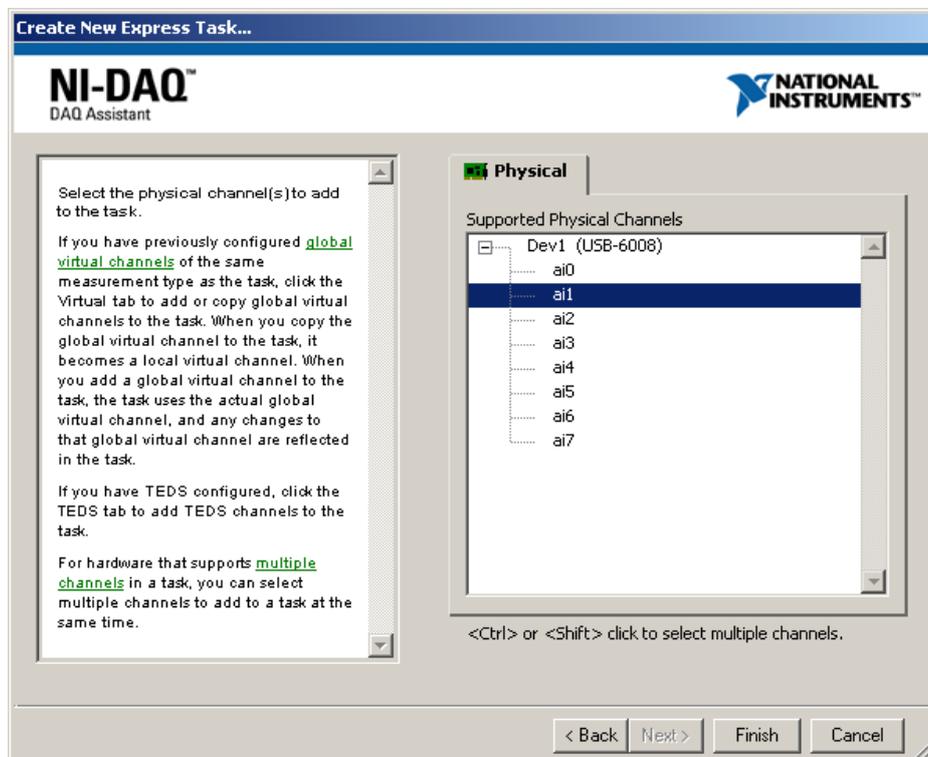


Рис. 4.6. Выбор канала приема сигнала с датчика

В графе «Acquisition Mode» меняем «N Samples» на «Continuous» (рис. 4.7).

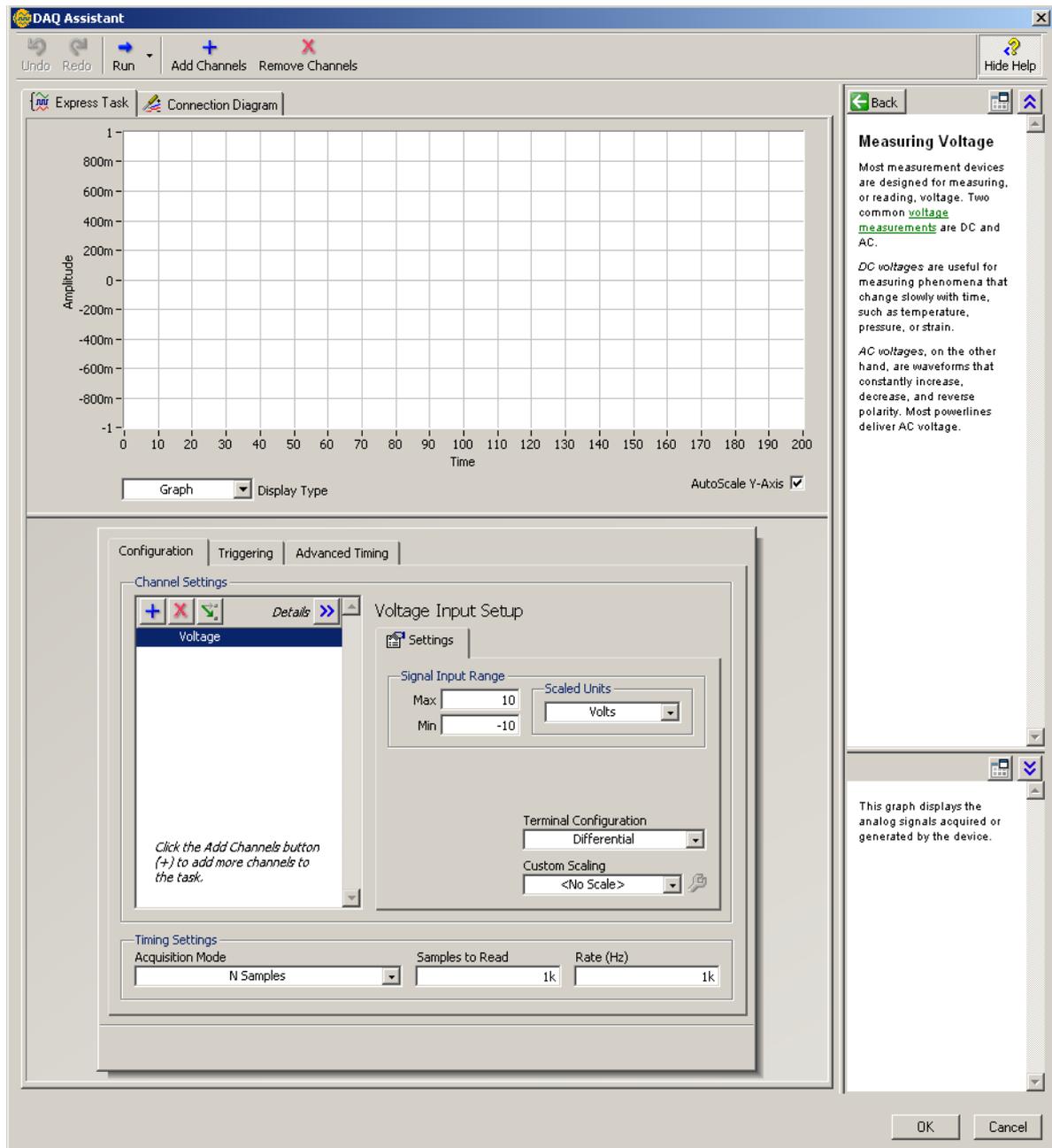


Рис. 4.7. Настройка параметров обработки сигнала

В панели «Block Diagram» перейти правой кнопкой мыши на вкладку «Express». В разделе «Signal Analysis» выбрать блок «Filter» и перенести его на поле панели (рис. 4.8). Произвести настройку блока фильтрации сигнала.

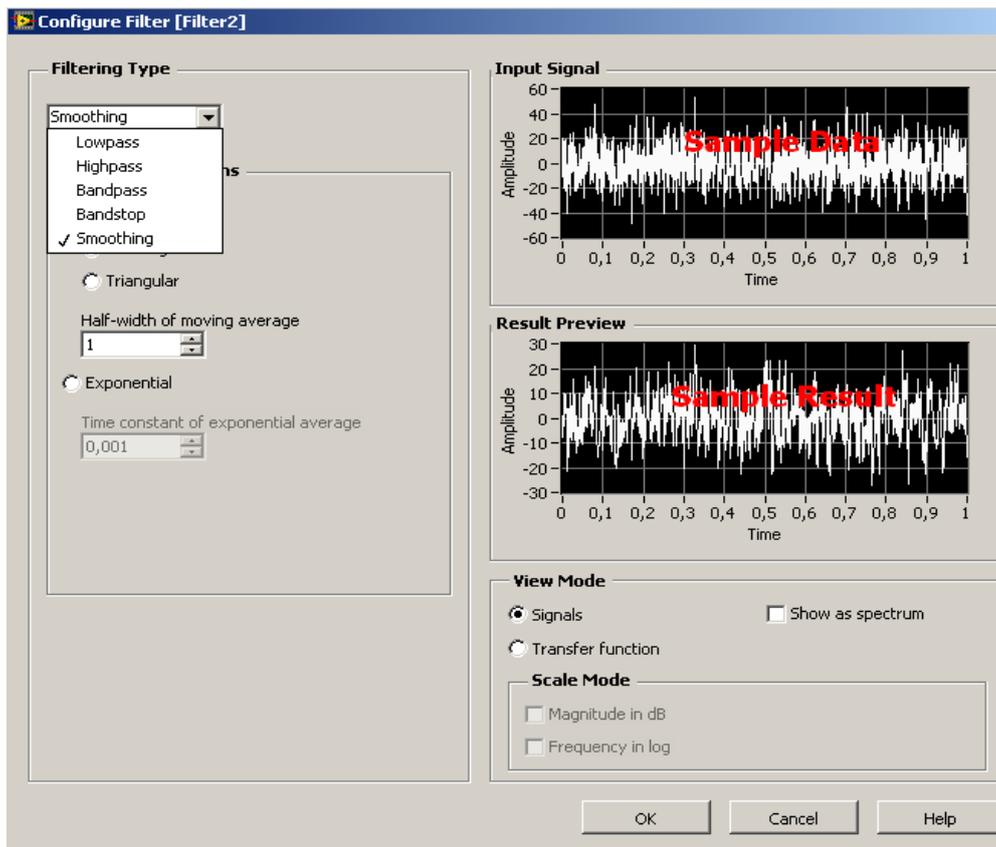


Рис. 4.8. Настройка блока отображения данных

В панели «Front Panel» перейти правой кнопкой мыши на вкладку «Graph Indicators», выбрать блок «Chart» и перенести его на поле панели. Произвести настройку блока отображения данных. Отключить режим автоподстройки шкалы «Амплитуды» (рис. 4.9).

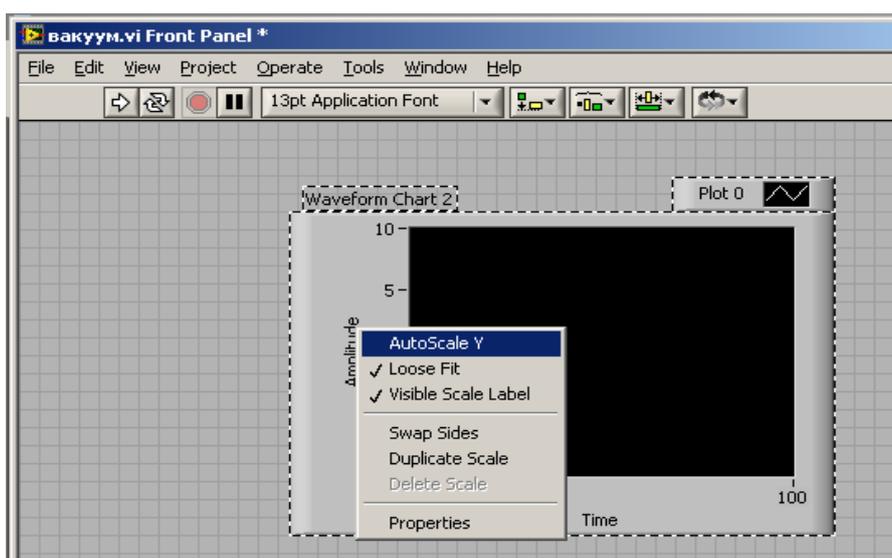


Рис. 4.9. Отключение автоподстройки амплитуд

В панели «Front Panel» перейти правой кнопкой мыши на вкладку «Numeric Indicators», выбрать блок «Numeric Indicator» и перенести его на поле панели.

В панели «Block Diagram» перейти правой кнопкой мыши на вкладку «Express». В разделе «Execution Control» выбрать блок «While Loop» и перенести его на поле панели. Поместить ранее выбранные элементы внутрь цикла. Последовательно соединить выбранные элементы согласно схеме рис. 4.4.

Панель «Front Panel» должна выглядеть следующим образом (рис. 4.10):

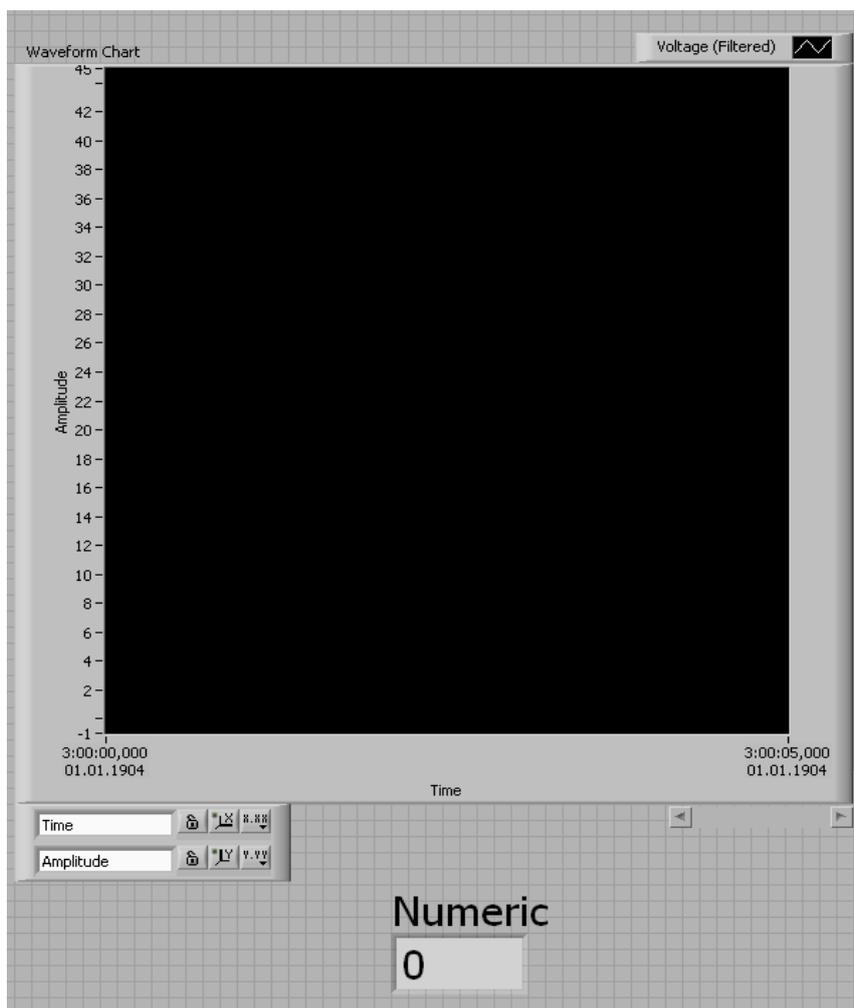


Рис. 4.10. Панель настройки тарировки датчика давления

2. Тарировка датчика:

- 1) с помощью манометра и вакуумного насоса получить ряд значений;
- 2) кнопкой «Run» запустить цикл функционирования ВП, подать давление на датчик, включив вакуумный насос;

3) заполнить следующую таблицу:

№ п/п	Показание индикатора Numeric	Показание манометра
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Засечь установившееся значение давления на манометре и соответствующее ему показание индикатора «Numeric»;

4) дросселированием изменить величину давления до заданного значения и зафиксировать вышеуказанные показатели;

5) перейти во вкладку «Properties» блока «DAQ Assistant». Во вкладке «Custom Scaling» из выпадающего меню выбрать «Create New» (рис. 4.11).

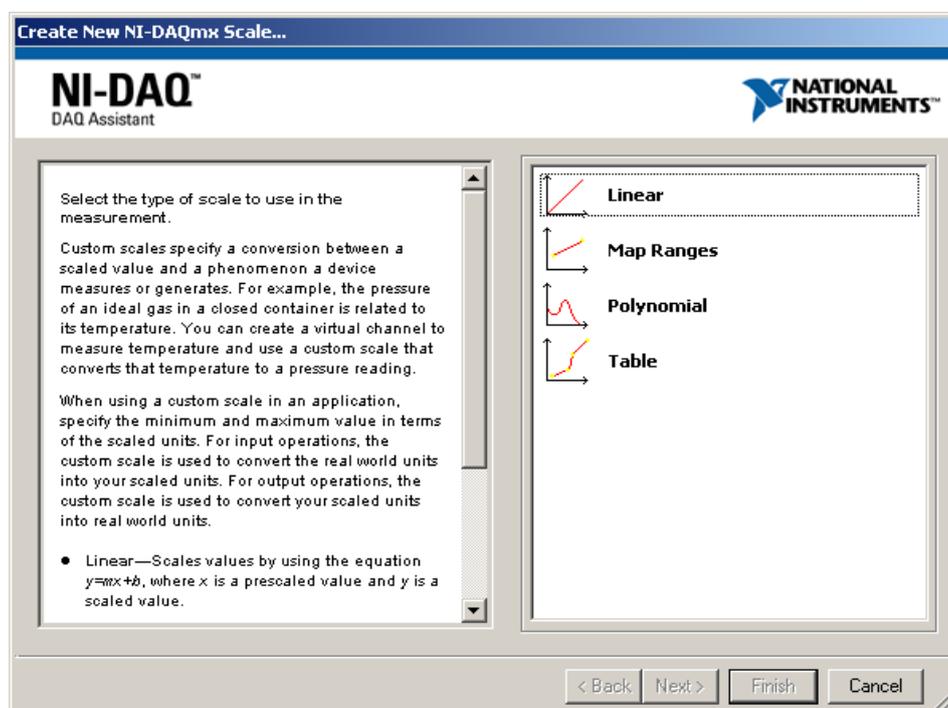


Рис. 4.11. Выбор режима тарировки датчика

В открывшемся окне перейти по вкладке Table.

Заполнить таблицу, приведенную выше, данными, полученными в п. 3.3.

Столбец «Pre-Scaled Values» (рис. 4.12) соответствует столбцу «Показание индикатора Numeric» в таблице на с. 37.

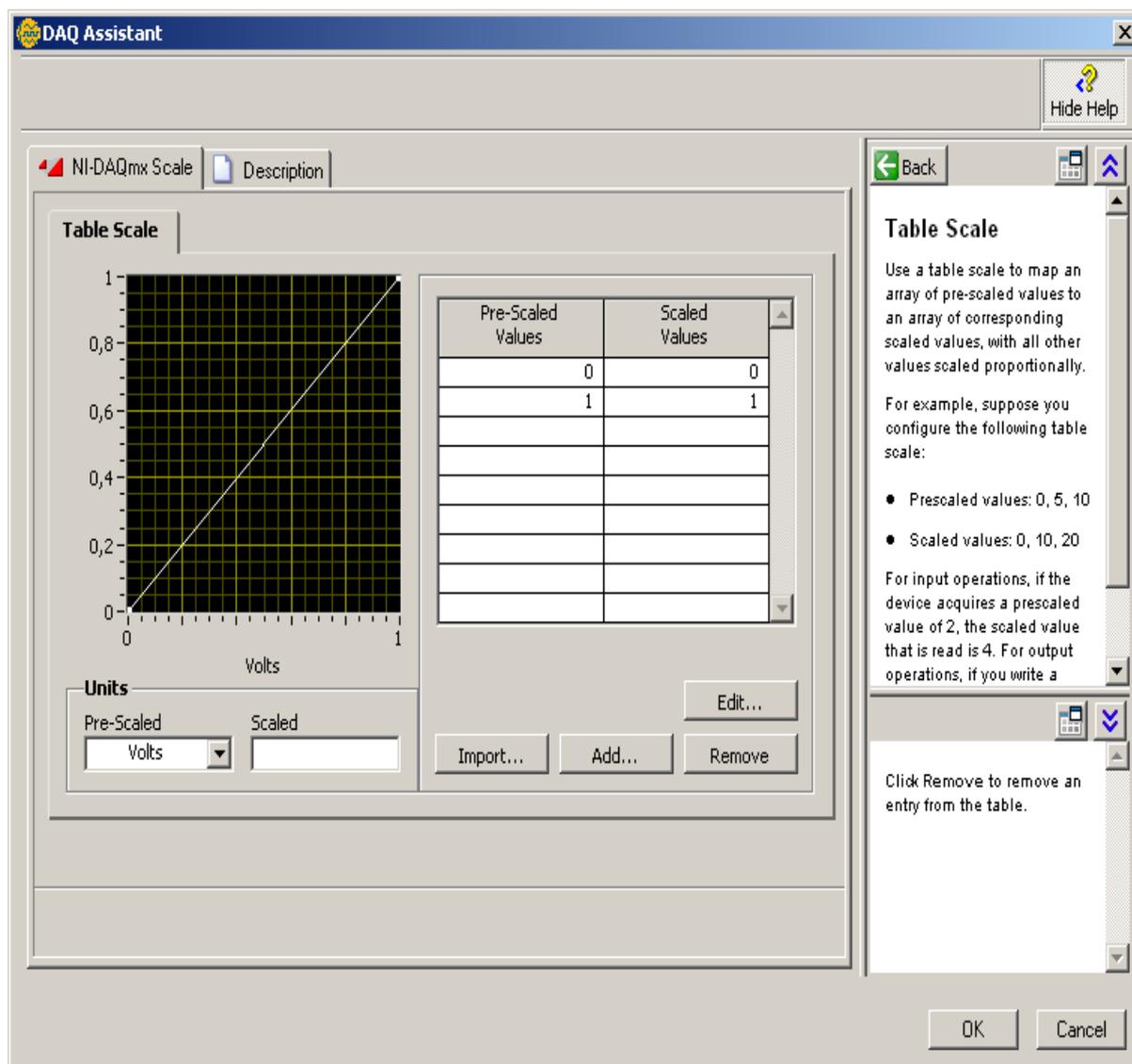


Рис. 4.12. Ввод значений для построения тарифовочного графика

Заполнить поля «Signal Input Range» согласно рис. 4.13, указав в качестве максимального и минимального уровней соответствующие величины из столбца «Pre-Scaled Values».

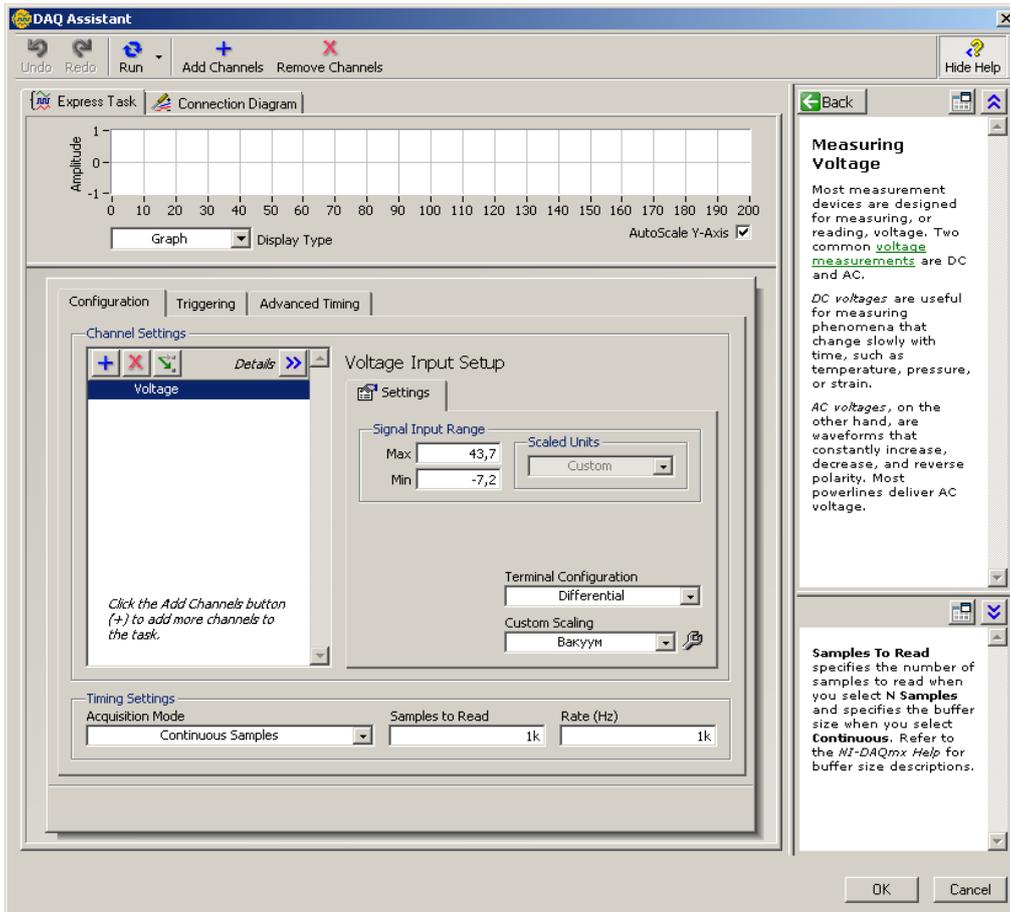


Рис. 4.13. Панель настройки тарировки датчика давления

3. Снятие реальных характеристик давления.

Запустить ВП в режиме цикла. Заполнить следующую таблицу:

№	Показание индикатора Numeric (протарированный датчик)	Показание манометра
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Отчет должен содержать:

- краткие сведения из теории;
- схему и лицевую панель ВП;
- заполненные таблицы измерений;
- выводы о корректности произведенной тарировки.

Контрольные вопросы

1. Поясните схему подключения датчиков с АЦП.
2. Опишите область применения датчиков давления.
3. Для чего проводится тарировка датчика давления?
4. Объясните необходимость применения программного комплекса LabVIEW.

Рекомендуемая литература

Загидуллин, Р. Ш. LabView в исследованиях и разработках / Р. Ш. Загидуллин. – М. : Горячая линия-Телеком, 2015. – 352 с. – ISBN 5-93517-211-9.

Лабораторная работа № 5 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМАТИЧЕСКОГО УСИЛИТЕЛЯ ТИПА СОПЛО-ЗАСЛОНКА

Цель работы: изучение работы механопневматических усилителей с их конструктивными особенностями, а также освоение методики настройки и снятия статических характеристик усилителей типа сопло-заслонка на базе датчика модели 236-1.

Теоретические основы

Пневматический усилитель типа сопло-заслонка (рис. 5.1) состоит из постоянного дросселя 1, междроссельной камеры 2, элемента сопло-заслонка 3. Элемент сопло-заслонка включает в себя сопло, обычно неподвижное и жестко закрепленное, и подвижную заслонку, которая может перемещаться на небольшое расстояние (сотые доли миллиметра). К постоянному дросселю 1 подводится постоянное давление p_0 .

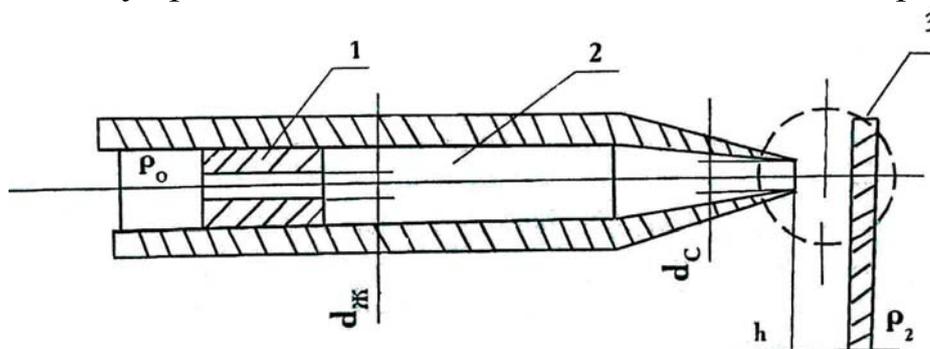


Рис. 5.1. Схема усилителя типа сопло-заслонка

При изменении зазора h между соплом и заслонкой изменяется давление p_1 в междроссельной камере 2. Причем при уменьшении h давление p_1 увеличивается, а при увеличении h уменьшается. Происходит это потому, что при изменении расстояния h изменяется соответствующим образом сопротивление дросселя типа сопло-заслонка 3. Предельным зазорам $h = 0$ и $h = \infty$ соответствуют давления $p_1 = p_0$ и $p_1 = p_{oc}$. Давление p_{oc} называют остаточным. Таким образом, p_1 – это функция зазора между соплом и заслонкой. Зависимость давления в междроссельной камере от зазора между соплом и заслонкой в статическом режиме называют статической характеристикой усилителя типа сопло-заслонка.

Статическая характеристика может быть рассчитана по формуле

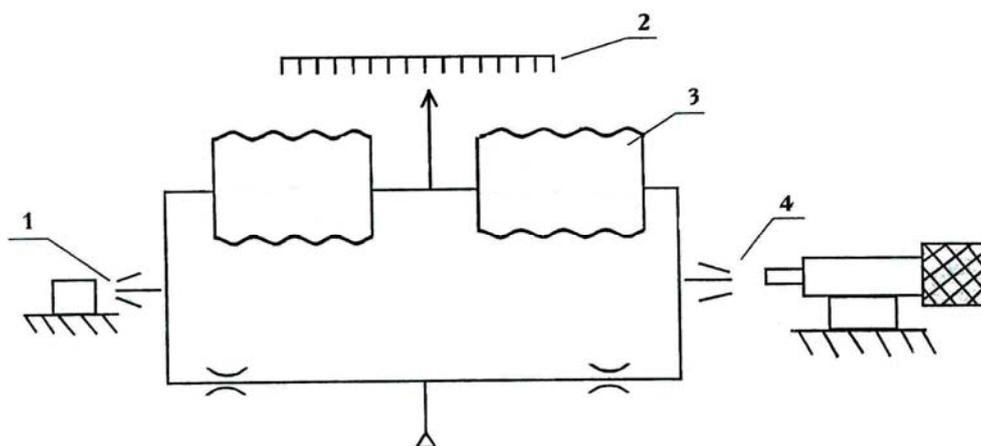
$$h = \frac{\mu_1 d_{жс}}{4\mu_2 d_c} \sqrt{\frac{p_1(p_0 - p_1)}{p_2(p_1 - p_0)}}$$

где μ_1 – коэффициент расхода жиклера; $d_{ж}$, d_c – диаметр жиклера и сопла; μ_2 – коэффициент расхода дросселя типа сопло-заслонка; p_2 – давление за соплом.

Приведенное выше уравнение получено для случая докритического истечения воздуха через постоянный дроссель и сопло, что всегда имело место при $p_0 \leq (0,01 - 0,09)$ МПа (абсолютное давление).

Уравнение выведено из условия равенства весовых расходов воздуха в статическом режиме через дроссели усилителя, при расчете по формуле следует брать абсолютные значения давления.

Усилитель сопло-заслонка широко применяют в машиностроении как датчик активного контроля, когда, например, в качестве заслонки используют обрабатываемую деталь. При уменьшении размера обрабатываемой детали h возрастает. Для снижения влияния изменения давления питания p_0 на точность измерения и для увеличения диапазона применяемых давлений питания датчика используют компенсационную схему измерения (рис. 5.2).



5.2. Компенсационная схема измерения

Такие датчики выпускаются серийно, например используемый в лабораторной работе датчик модели 236-1.

Датчик имеет элемент настройки в виде сопло-заслонка 1, шкалу 2, сильфоны 3 и элемент измерения сопло-заслонка 4. Сжатый воздух поступает через постоянные дроссели в правый и левый сильфоны, одновременно выходя в атмосферу через сопло настройки 1 и сопло измерения 4. При уменьшении зазора между заслонкой и соплом 4 пневматическое сопротивление этого элемента увеличивается, растет и давление воздуха сильфона 3, что приводит к перемещению стрелки влево. Чем меньше зазор, тем больше перемещение стрелки. Величину зазора между соплом и заслонкой 4 измеряют микрометром 5.

На рис. 5.3 показан общий вид лабораторного стенда.

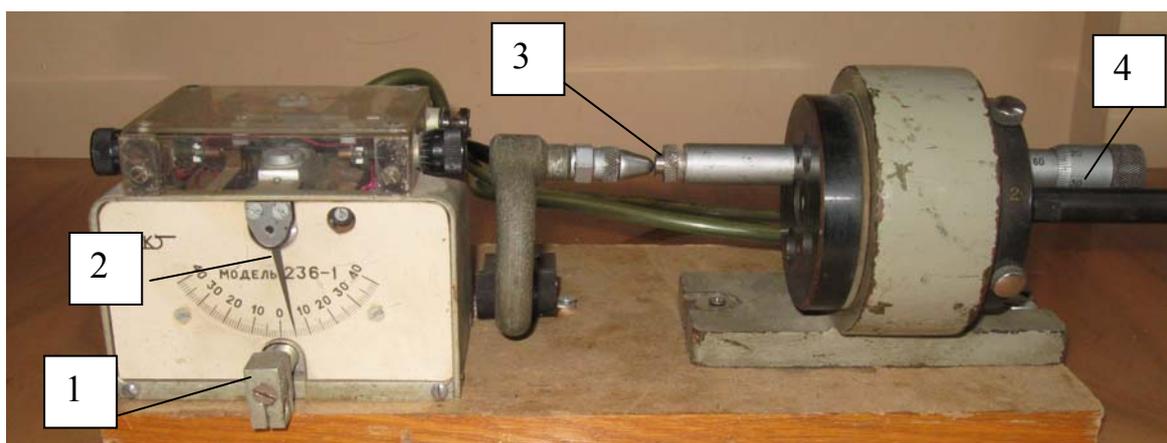


Рис. 5.3. Лабораторный стенд: 1 – дроссель настройки; 2 – прибор измерения; 3 – измерительный дроссель типа сопло-заслонка; 4 – микрометр

Порядок выполнения работы

По манометру устанавливают давление питания 0,1 – 0,2 МПа. Соплом-заслонкой 1 настраивают максимальный диапазон перемещения стрелки прибора при регулировке зазора h измерительного дросселя 3 сопло-заслонки. С помощью микрометрического винта 4 устанавливают различные зазоры h между соплом и заслонкой, которой является торец одной из губок микрометра. Для каждого зазора h , задаваемого микрометром 4, фиксируют показание прибора на шкале.

Результаты измерений заносят в таблицу. Затем снимают статические характеристики для давления питания 0,1 – 0,2 МПа.

Проводят тарировку датчика модели 236-1 и заполняют следующую таблицу более чем для шести замеров h .

Показание прибора	h , мм

Отчет должен содержать:

- цель лабораторной работы;
- краткое описание принципа работы устройства и датчика модели 236-1;
- методику снятия статических характеристик элемента сопло-заслонка;
- тарировочный график датчика.

Контрольные вопросы

1. Нарисуйте схему усилителя сопло-заслонка и расскажите о его работе.
2. В каких пневматических устройствах и элементах и в каком исполнении применяют усилители типа сопло-заслонка?
3. Почему рассматриваемое в работе пневматическое устройство называют усилителем?

Список рекомендуемой литературы

1. Дмитриев, В. Н. Пневмоавтоматика : учеб. пособие / В. Н. Дмитриев. М. : [б.и.], 1966.
2. Виттнер, Г. В. Пневматические функциональные элементы / Г. В. Виттнер. – М. : Энергия, 1970.

Лабораторная работа № 6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО ОДНОМЕМБРАННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Цель работы: изучение работы пневмомеханического одномембранного преобразователя, исследование влияния эффективной площади мембраны на его статические характеристики.

Теоретические основы

В пневматических и гидравлических системах широко применяют устройства, в которых используют эластичную мембрану, связанную со штоком. Созданием давления газа или жидкости в рабочей камере, ограниченной мембраной, получают силовое воздействие на шток и его перемещение. Силовое воздействие повышают путем установки на мембране жесткого центра, увеличивающего ее эффективную площадь. Данные устройства применяют как для выполнения силовых операций, где, например, шток выполняет функцию запорно-регулирующего элемента в клапанах гидро- и пневмоаппаратуры, так и в системах управления гидро- и пневмоавтоматикой, например мембранных реле.

В настоящее время управление мембранными приводами осуществляют регулированием давления рабочей среды, что ограничивает их функциональные возможности и снижает эффективность работы.

Одномембранный камерный пневмомеханический преобразователь состоит из корпуса 1 с закрепленной в нем мембраной 2 с жестким центром 3 и штоком 4 (рис. 6.1, а). В исходном положении давление в рабочей камере p равно нулю. При создании в рабочей камере давления p (рис. 6.1, б) силовое воздействие F изгибает мембрану, перемещая шток на величину x , которая регулируется давлением рабочей среды.

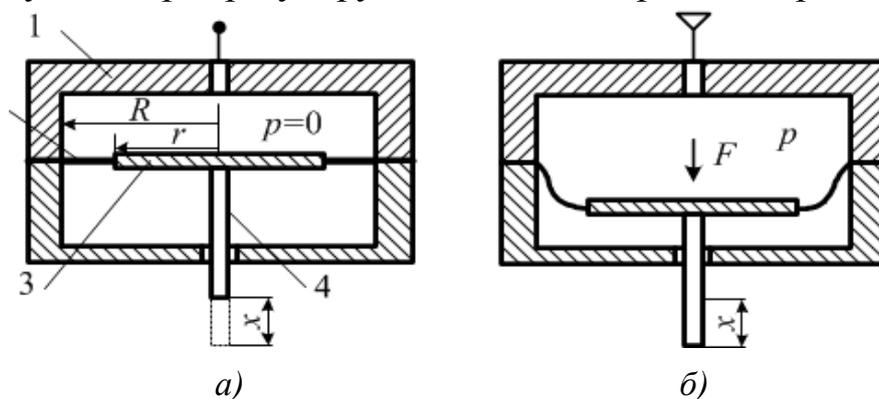


Рис. 6.1. Схема мембранного пневмомеханического преобразователя:
а – в исходном положении; б – при создании рабочего давления

Таким образом, в настоящее время для регулировки положения штока используют зависимость $x = f(p)$.

Величина перемещения штока x зависит от создаваемого силового воздействия F . Для мембраны с жестким центром силовое воздействие F определяется произведением давления p на эффективную площадь $S_{\text{эфф}}$ в соответствии с выражением

$$F = p \cdot S_{\text{эфф}} = p\pi \frac{1}{3} (R^2 + r^2 + Rr),$$

где R – радиус мембраны; r – радиус жесткого центра.

Из формулы видно, что величина силового воздействия на шток зависит не только от давления рабочей среды, но и от эффективной площади мембраны.

Таким образом, регулировать мембранные приводы можно не только давлением рабочей среды, но и величиной эффективной площади мембраны, т. е. использовать зависимость $x = f(p, S_{\text{эфф}})$.

Изменение эффективной площади мембран применялось ранее для устранения несоответствия эффективной площади мембран заданной величине. При этом корректировка рассогласования, обусловленного отклонениями в размерах, характеристиках материалов и неточностью сборки, осуществлялась перемещением центра мембраны относительно плоскости ее заделки. Кроме этого уменьшение величины эффективной площади мембраны достигалось путем использования воздействия на нее перепада давлений, величина которого создает напряжение в материале мембраны, превышающее предел упругости. Также уменьшение эффективной площади мембраны достигалось с помощью применения жесткого центра, выполненного из составных частей, одна из которых перестает взаимодействовать с мембраной при воздействии на нее заданного давления рабочей среды.

Данные технологии и устройства позволяют в процессе работы привода уменьшать силовое воздействие, получаемое на штоке от величины давления рабочей среды, действующей на мембрану.

В значительной группе приводных механизмов требуется обеспечение увеличения усилия на штоке в конце его прямого хода для выполнения функции прижатия к седлу запорного органа клапанов гидро- и пневмоаппаратуры. Поэтому задача расширения функциональных возможностей мембранных приводов путем обеспечения

увеличения усилия на штоке в конце его прямого хода без изменения габаритных размеров устройства на базе разработки инновационного метода регулирования мембранных приводов актуальна.

Свойство изгиба мембраны от давления рабочей среды снижает величину силы на штоке. Увеличения силового воздействия на шток достигают установкой на мембране постоянно контактирующего с ней жесткого центра. Функция жесткого центра заключается в устранении процесса изгиба части мембраны, т. е. ограничения деформации мембраны относительно штока.

Регулировать эффективную площадь мембраны можно путем ограничения ее изгибной деформации относительно штока в процессе его работы.

Влияние величины эффективной площади мембраны на создаваемое давлением рабочей среды на штоке силовое воздействие исследуют на лабораторном стенде (рис. 6.2, 6.3).

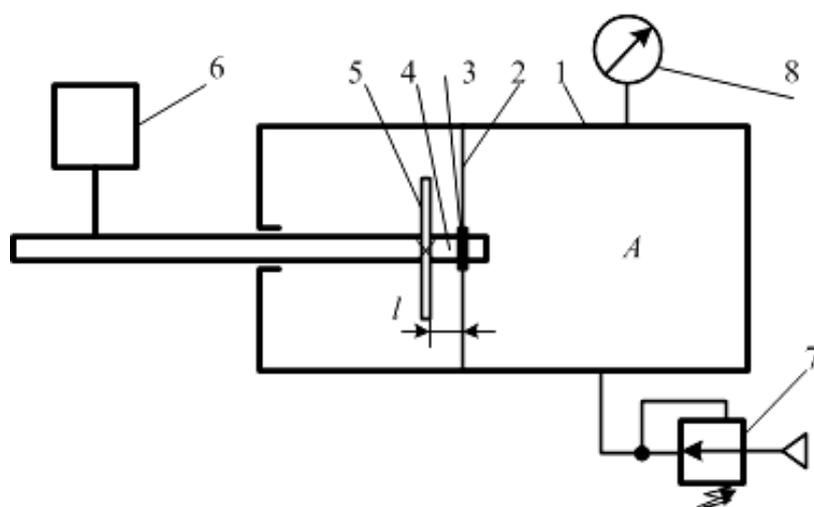


Рис. 6.2. Схема стенда исследования одномембранного преобразователя

Устройство (см. рис. 6.2) состоит из корпуса 1 с рабочей камерой *A*, ограниченной мембраной 2 с жестким центром 3, соединенной с штоком 4. На штоке закреплен упор 5, выполненный в виде круглой пластины и установленный с возможностью регулировки расстояния *l* его расположения до мембраны. Шток соединен с динамометром 6. Рабочая камера соединена через регулятор давления 7 с источником пневмопитания, а также манометром 8.



Рис. 6.3. Общий вид лабораторного стенда исследования одномоembrанного преобразователя

Входные данные эксперимента: диаметры мембраны и штока соответственно 95 и 8 мм.

Порядок выполнения работы

1. Раскрепляют упор 5 (см. рис. 6.2), разъединяя его крепление на штоке 4. Повышают давление воздуха в полости *A*, настраивая величину регулятором давления 7. При этом по динамометру 6 измеряют силовое воздействие, создаваемое на штоке давлением в рабочей камере *A*. Избыточное давление воздуха задают до 0,3 атм по манометру 8. Для каждой величины избыточного давления (не менее шести б) в камере *A* фиксируют показание шкалы динамометра. По результатам измерения заполняют таблицу зависимости силового воздействия, создаваемого на штоке, от давления в полости *A*:

Положение упора, <i>l</i> мм	№ п/п	Давление, атм	Показание динамометра
Отсутствует	1		
	2		
	3		
0	1		
	2		
	3		
5	1		
	2		
	3		

2. Закрепляют упор 5 на штоке 4 на расстоянии 1 от мембраны, равном нулю. Выполняют операции, приведенные в п. 1. По результатам измерения заполняют приведенную выше таблицу зависимости силового воздействия, создаваемого на штоке, от давления в полости *A*.

3. Закрепляют упор 5 на штоке 4 на расстоянии 1 от мембраны, равном 5 мм. Выполняют операции, приведенные в п.1. По результатам измерения заполняют таблицу выше зависимости силового воздействия, создаваемого на штоке, от давления в полости *A*.

4. По результатам исследований строят графики изменения силового воздействия на штоке от давления в рабочей камере *A* в условии изменения эффективной площади мембраны.

Отчет должен содержать:

- цель лабораторной работы;
- краткое описание работы лабораторного стенда;
- график влияния эффективной площади мембраны на зависимость силового воздействия на штоке от величины давления.

Контрольные вопросы

1. Приводит ли увеличение эффективной площади мембраны к возрастанию силы на штоке?
2. Каким образом регулируют эффективную площадь мембраны?
3. Можно ли регулировать мембранный преобразователь одновременно величиной давления в рабочей камере и эффективной площадью?

Список рекомендуемой литературы

1. Сысоев, С. Н. Элементы гидравлического и пневматического оборудования : учеб. пособие / С. Н. Сысоев ; Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2001. – 90 с. – ISBN 5-89368-234-3.

2. А. с. 26959I СССР, МКИ³ F15C 5/00, G06d 1/02 Способ регулировки эффективной площади мембран в устройствах пневмо- и гидроавтоматики / Балховитин Л. А., Зорин В. М., Сосновский А. Д. – опубл. 01.01.70, Бюл. № 15.

3. Пат. 2623080 Российская Федерация, МПК E16K 31/145. Способ работы мембранного привода с жесткими центрами / Сысоев С. Н., Черкасов Ю. В., Воздуган А. А. – № 2014144809 ; заявл. 05.11.14 ; опубл. 21.06.17, Бюл. № 18. – 3 с.

Лабораторная работа № 7

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО ДВУХМЕМБРАННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Цель работы: изучение работы пневмомеханического двухмембранного преобразователя, исследование влияния эффективной площади на статические характеристики преобразователя.

Теоретические основы

В пневматических и гидравлических системах широко применяют устройства, в которых используют несколько эластичных мембран, связанных со штоком. Созданием давления газа или жидкости в рабочей камере, ограниченной мембранами, получают силовое воздействие на шток и его перемещение. Мембраны, образующие рабочую камеру, выполнены с разными по площади жесткими центрами. Мембрана с большим жестким центром имеет бóльшую эффективную площадь и соответственно передает на шток большее силовое воздействие от давления рабочей среды в рабочей камере (рис. 7.1).

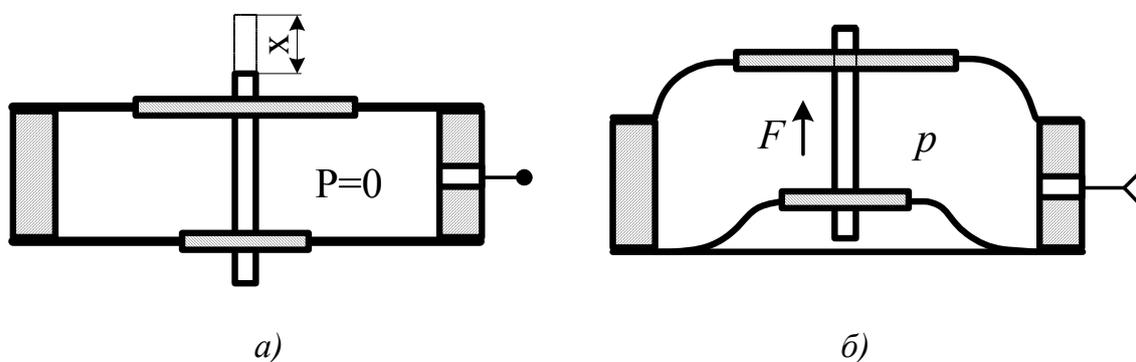


Рис. 7.1. Схема двухмембранного преобразователя:
а – в исходном положении; б – при создании рабочего давления

Шток перемещается в сторону большей эффективной площади. Величину силового воздействия на шток определяют выражением

$$F = p \cdot (S_{\text{эфф1}} - S_{\text{эфф2}}),$$

где $S_{\text{эфф1}}$ и $S_{\text{эфф2}}$ – соответственно эффективные площади верхней и нижней мембран.

Данные устройства используют как для выполнения силовых операций, где, например, шток выполняет функцию запорно-регулирующего элемента в клапанах гидро- и пневмоаппаратуры, так и в системах управления гидро- и пневмоавтоматики, например в мембранных реле.

В настоящее время мембранными приводами управляют с помощью регулирования давления рабочей среды, что ограничивает их функциональные возможности и снижает эффективность работы. Например, перемещение штока при повышении давления рабочей среды возможно только в одном направлении. Применение преобразователей с переменной эффективной площадью мембран расширяет их функциональные возможности и позволяет создавать новую более эффективную запорно-регулирующую аппаратуру, например редукционные клапаны.

На рис. 7.2 показан двухмембранный пневмомеханический преобразователь с переменной эффективной площадью.

В исходном положении (рис. 7.2, а) ограничителем настраивают требуемое положение упора относительно мембраны 2. Когда пневматическое давление в рабочей камере равно нулю, шток занимает исходное положение относительно корпуса.

При повышении пневматического давления в рабочей камере, например, до p_1 (рис. 7.2, б), так как эффективная площадь нижней мембраны больше эффективной площади верхней, шток перемещается вниз на величину $+x_1$.

Дальнейшее повышение величины давления до p_2 (рис. 7.2, в) приводит к увеличению хода $+x_2$ штока. При этом верхняя мембрана, изгибаясь, касается упора.

Возрастание давления до p_3 (рис. 7.2, г) приводит к увеличению площади контакта упора с мембраной 2, ее эффективной площади. Сначала шток прекращает перемещение вниз, а затем перемещается вверх к исходному положению относительно корпуса.

Дальнейшее повышение давления до p_4 (рис. 7.2, д) приводит к перемещению штока вверх относительно его исходного положения на величину $-x_3$.

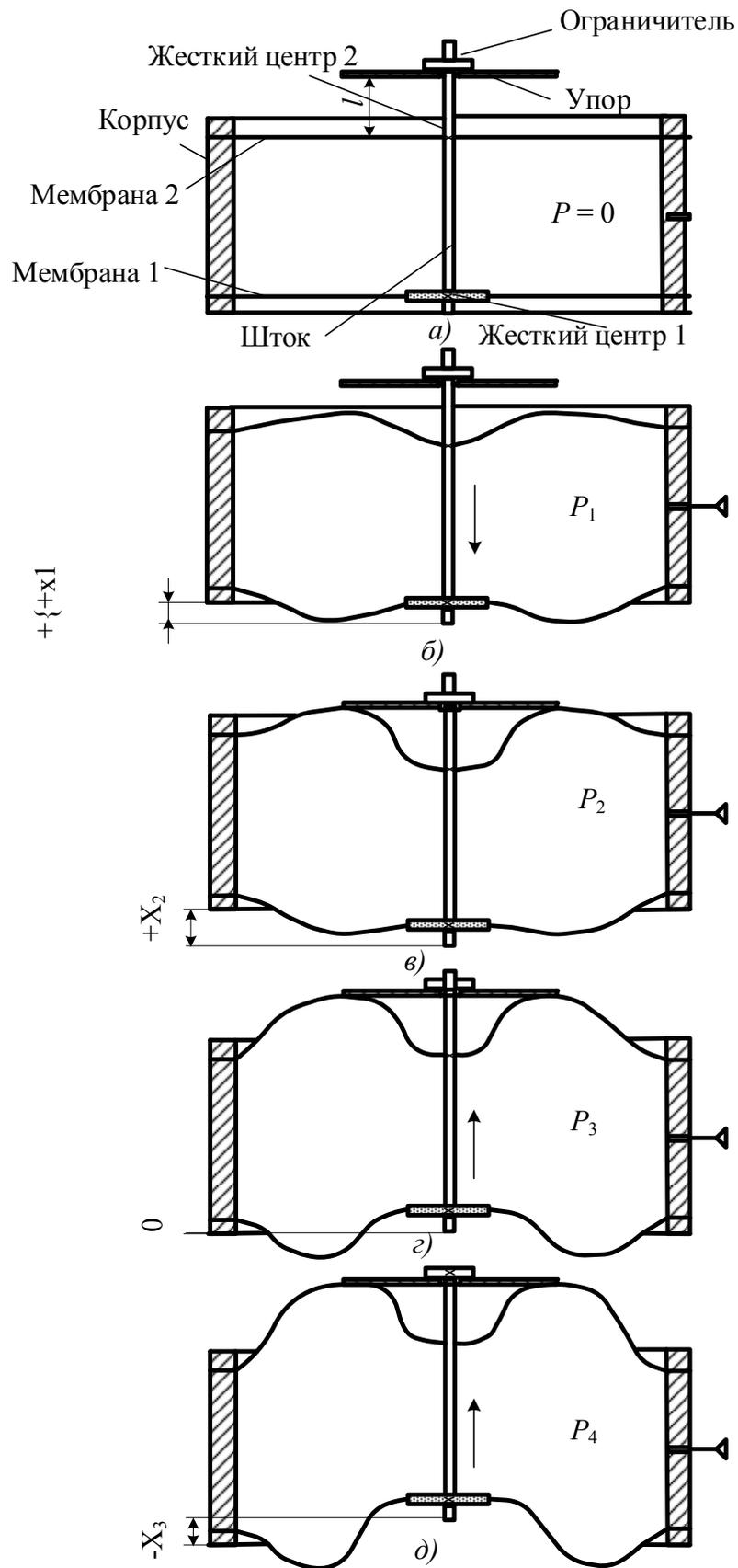


Рис. 7.2. Этапы работы двухмембранного преобразователя с переменной эффективной площадью

В данном приводе в процессе его работы изменяется эффективная площадь мембран. Это приводит к тому, что при повышении давления в рабочей камере шток перемещается сначала в одну сторону, а затем возвращается и движется в другую сторону от исходного положения.

Таким образом, расширяются функциональные возможности работы мембранных приводов путем обеспечения перемещения рабочего органа при увеличении давления питания рабочей среды в две стороны от исходного положения без изменения габаритных размеров.

Характер зависимости перемещения штока от давления в рабочей камере показан на рис. 7.3.

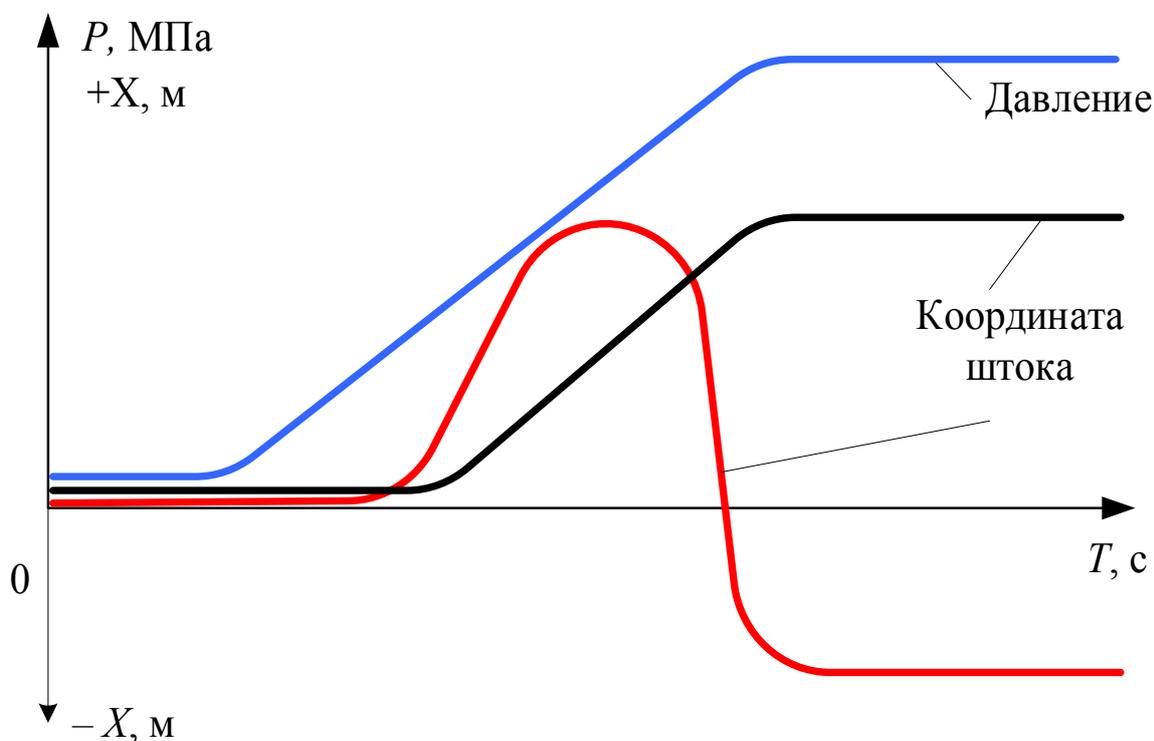


Рис. 7.3. График зависимости перемещения штока от величины давления в рабочей камере

На рис. 7.4 и 7.5 показан лабораторный стенд исследования статических характеристик мембранного преобразователя.

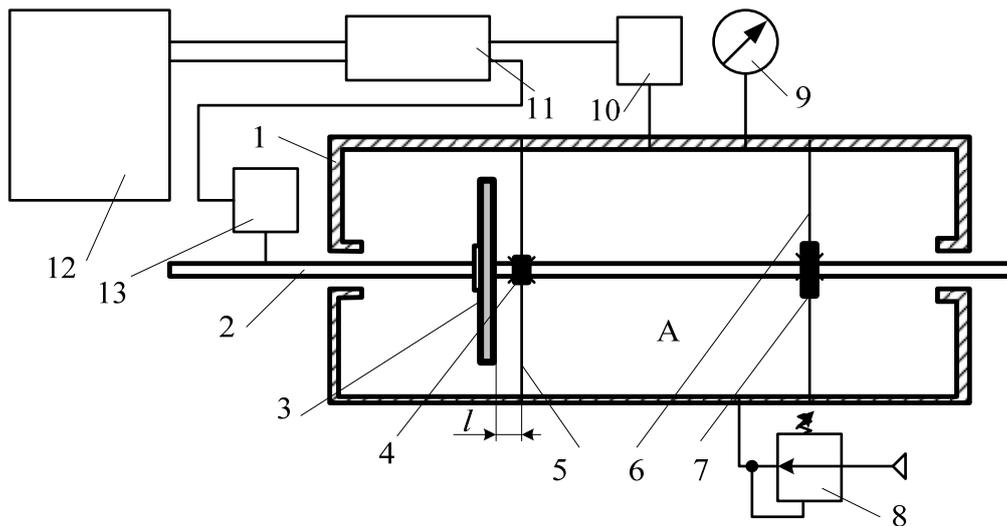


Рис. 7.4. Схема лабораторного стенда: 1 – корпус; 2 – шток; 3 – ограничитель; 4 – малый жесткий центр; 5, 6 – мембраны; 7 – большой жесткий центр; 8 – редукционный клапан; 9 – манометр; 10 – датчик давления; 11 – аналого-цифровой преобразователь; 12 – ЭВМ; 13 – линейный датчик

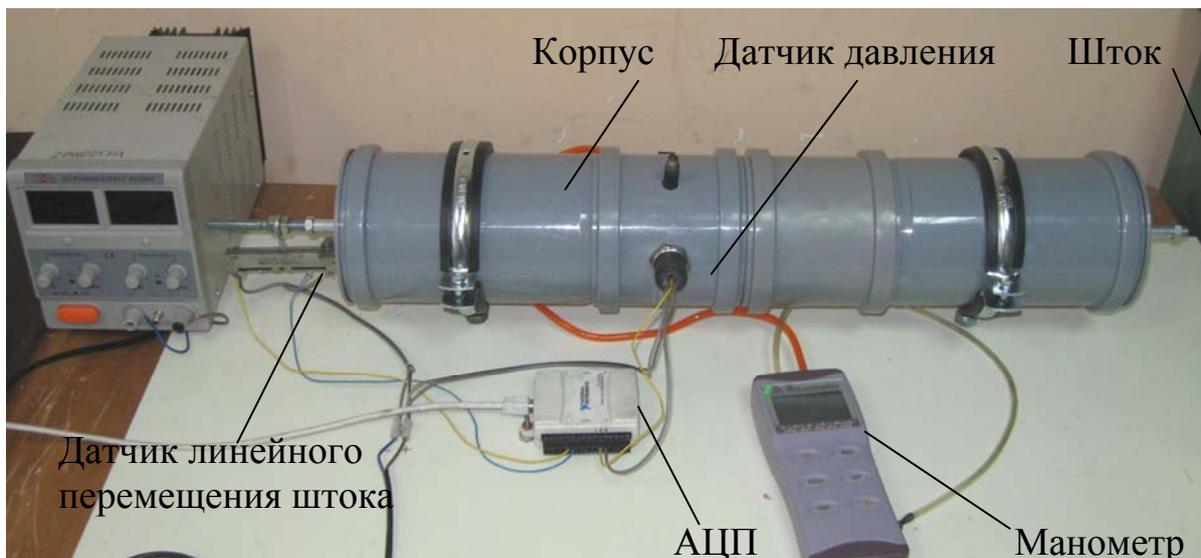


Рис. 7.5. Общий вид лабораторного стенда исследования двухмембранного преобразователя с переменной эффективной площадью

Лабораторный стенд состоит из корпуса 1, в котором установлен шток 2 с возможностью продольного перемещения. На штоке закреплен ограничитель 3, установленный с возможностью регулировки расстояния l до жесткого центра 4 мембраны 5. На штоке также за-

креплена мембрана 6 с жестким центром 7, бóльшим, чем жесткий центр 4. Мембраны с корпусом образуют рабочую камеру A , выполненную с возможностью соединения с источником избыточного давления воздуха через редукционный клапан 8. Рабочая камера соединена с манометром 9 и датчиком давления 10, сигнал с которого поступает через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 11 на персональную электронно-вычислительную машину (ПЭВМ) 12. На штоке установлен датчик его линейного перемещения 13, сигнал с которого поступает через АЦП на ПЭВМ.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть.
2. Собрать схему лабораторного стенда согласно рис. 7.4.
3. Выполнить измерение перемещения штока от величины давления воздуха в рабочей камере.

А. Повышают давление воздуха в полости A , настраивая величину регулятором давления 8. При этом по датчику 13 линейного перемещения замеряют величину перемещения штока. Избыточное давление воздуха задают до 0,3 атм по манометру 9. Для каждой величины избыточного давления (не менее шесть) в камере A фиксируют показание датчика 13. По результатам измерения составляют таблицу зависимости перемещения штока от величины давления в полости A .

Б. По результатам исследований строят графики хода штока от давления в рабочей камере A в условии изменения эффективной площади мембран.

4. Построить график зависимости перемещения штока от давления.

Отчет должен содержать:

- цель лабораторной работы;
- краткое описание работы лабораторного стенда;
- график перемещения штока от величины давления воздуха в рабочей камере.

Контрольные вопросы

1. Как определяют эффективную площадь в двухмембранном приводе?
2. Почему происходит реверсирование направления перемещения штока при увеличении давления в рабочей камере?

Список рекомендуемой литературы

1. Сысоев, С. Н. Элементы гидравлического и пневматического оборудования : учеб. пособие / С. Н. Сысоев ; Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2001. – 90 с. – ISBN 5-89368-234-3.

2. Пат. 2623080 Российская Федерация, МПК E16K 31/145. Способ работы мембранного привода с жесткими центрами / Сысоев С. Н., Черкасов Ю. В., Воздуган А. А. – № 2014144809 ; заявл. 05.11.14 ; опубл. 21.06.17, Бюл. № 18. – 3 с.

3. Пат. 1625577 Российская Федерация, МПК F16K 31/145. Мембранный привод / Сысоев С. Н., Воздуган А. А., Панин Г. А. – № 2015113391 ; заявл. 10.04.15, опубл. 20.06.16, Бюл. № 17. – 3 с.

Лабораторная работа № 8 РЕАЛИЗАЦИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ НА ТУРБУЛЕНТНЫХ УСИЛИТЕЛЯХ ТИПА СЛ

Цель работы: изучение принципа работы турбулентных элементов струйной логики и приобретение навыков составления из них логических схем систем управления, а также освоение на практике их монтажа и проверки.

Теоретические основы

Струйные турбулентные логические элементы предназначены для создания логических и релейных управляющих, контрольных и регулирующих систем автоматики. Такие системы могут быть использованы в различных отраслях машиностроения, станкостроения, роботостроения и т. д.

Принцип работы струйных турбулентных логических элементов основан на изменении режима течения струи воздуха (ламинарного или турбулентного). Струйные турбулентные элементы могут работать с пневматическими датчиками, например мембранного типа. На рис. 8.1, 8.2 показаны соответственно логический элемент типа СЛ и схема струйного турбулентного усилителя.

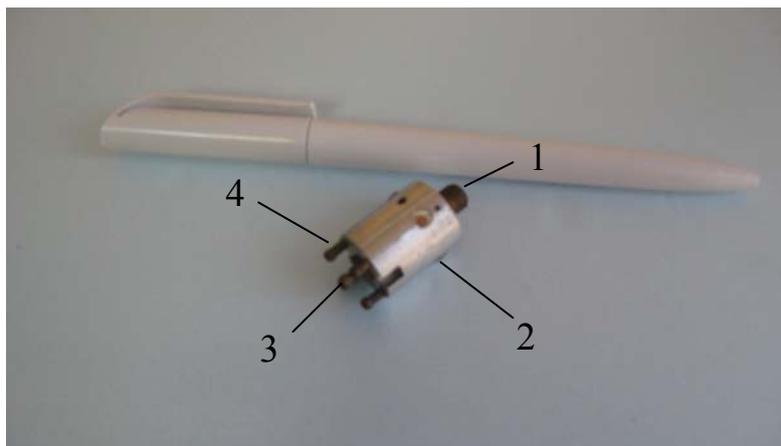


Рис. 8.1. Струйный турбулентный усилитель типа СЛ: 1 – входной штуцер; 2 – корпус; 3 – выходной канал; 4 – штуцеры каналов управления

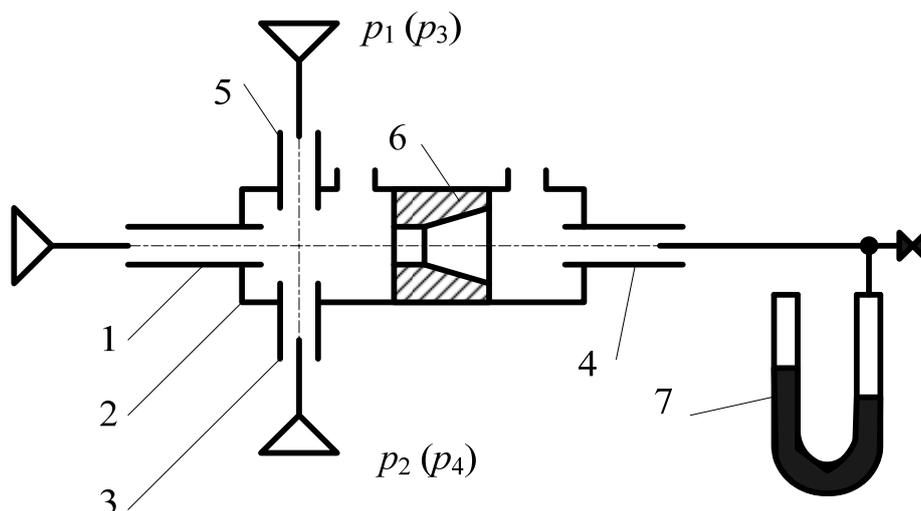


Рис. 8.2. Схема струйного турбулентного усилителя

Элемент имеет входной капилляр 1 и выходной канал 4 в виде приемной трубки, расположенные на одной оси. Перпендикулярно этой оси в корпусе 2 выполнены четыре канала 3, установленные с возможностью подачи по ним управляющих сигналов. Ламинарная струя газа, вытекающая из капилляра 1, попадает в приемную трубку 4 и создает на ее выходе давление, измеряемое дифференциальным водяным манометром 7. При подаче управляющего сигнала в один из управляющих каналов p_1 , p_2 , p_3 или p_4 в виде струи газа, которая, вытекающая из каналов 3 или 5, разрушает ламинарную струю, струя турбу-

лизируется и изменяет свою цилиндрическую форму на коническую. В результате давление в приемной трубке 4 падает. Для снижения остаточного давления на выходе элемента практически до нуля и увеличения крутизны статической характеристики между приемной трубкой 4 и питающим капилляром 1 установлен конус 6. Все элементы струйного усилителя собраны в корпусе 2.

На рис. 8.3 показано условное графическое обозначение струйного турбулентного логического элемента .

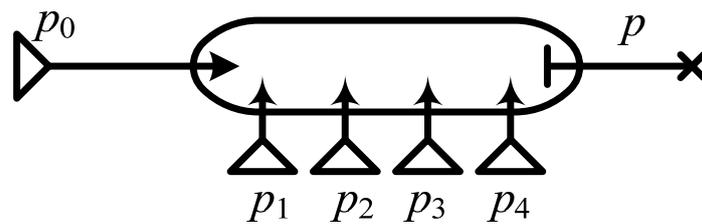


Рис. 8.3. Условное графическое обозначение струйного турбулентного логического элемента

Данные струйные турбулентные логические элементы монтируются в блоке, показанном на рис. 8.4.

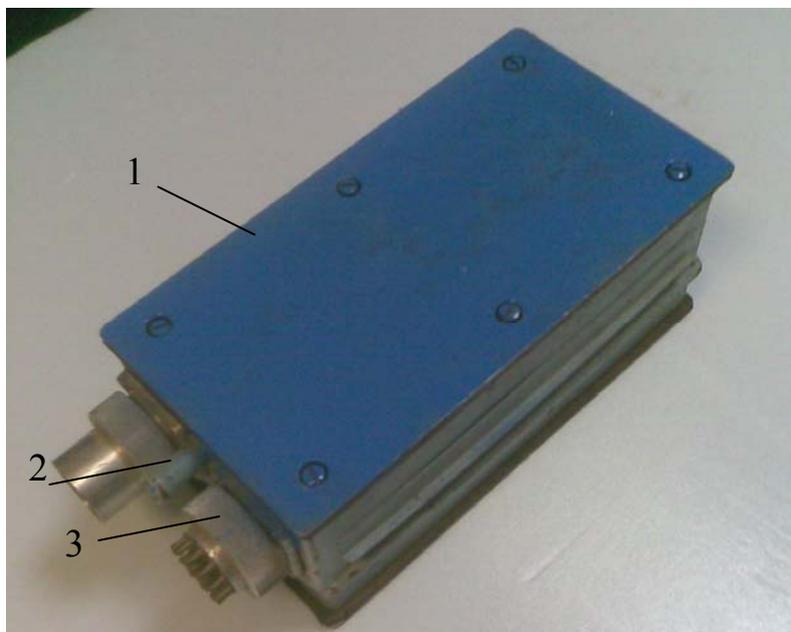


Рис. 8.4. Общий вид блока системы управления струйных турбулентных логических элементов

На корпусе 1 вмонтированы штуцер 2 пневмолинии питания и многоканальные пневмолинии 3 управления. В корпусе выполнены две камеры, одна из которых выполняет функцию питания струйных логических элементов, а в другой монтируются элементы (рис. 8.5).



Рис. 8.5. Камера блока системы управления струйных турбулентных логических элементов

Описание лабораторного стенда для набора схем логических функций

Для реализации логических функций на турбулентных усилителях типа СЛ используют лабораторный блок (рис. 8.6, 8.7) с расположенными в нем элементами СЛ.

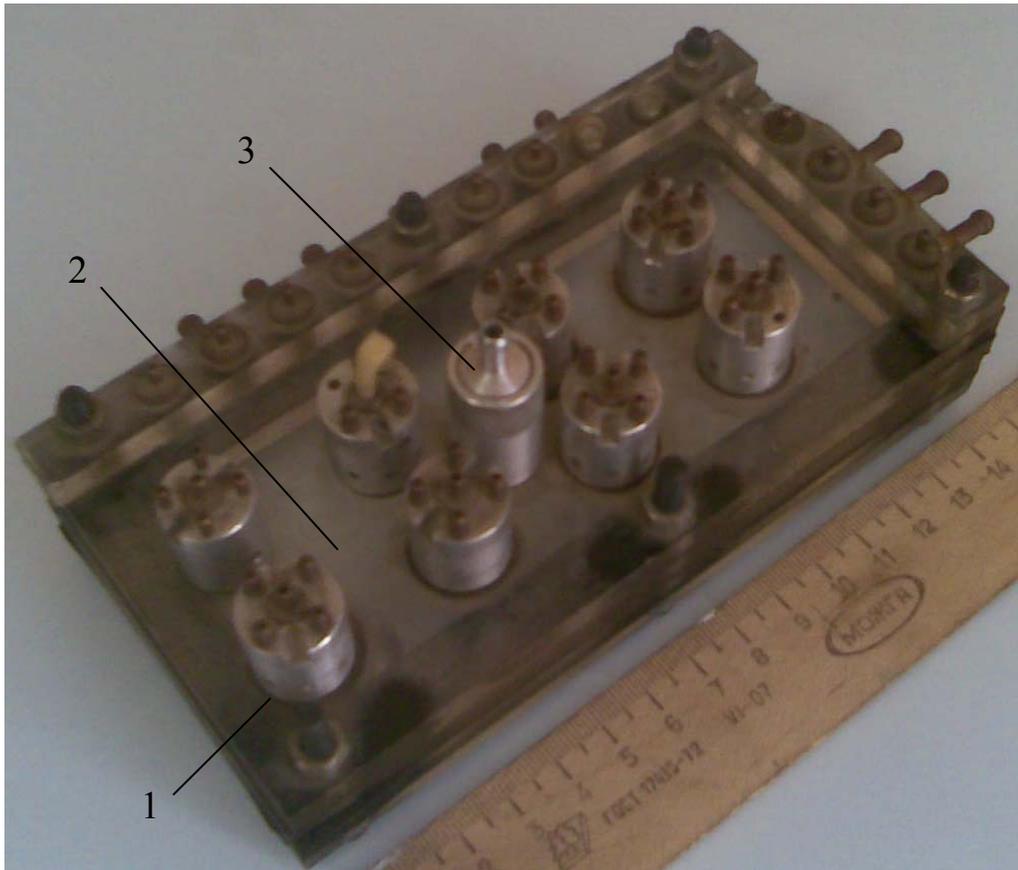


Рис. 8.6. Общий вид лабораторного блока системы управления струйных турбулентных логических элементов

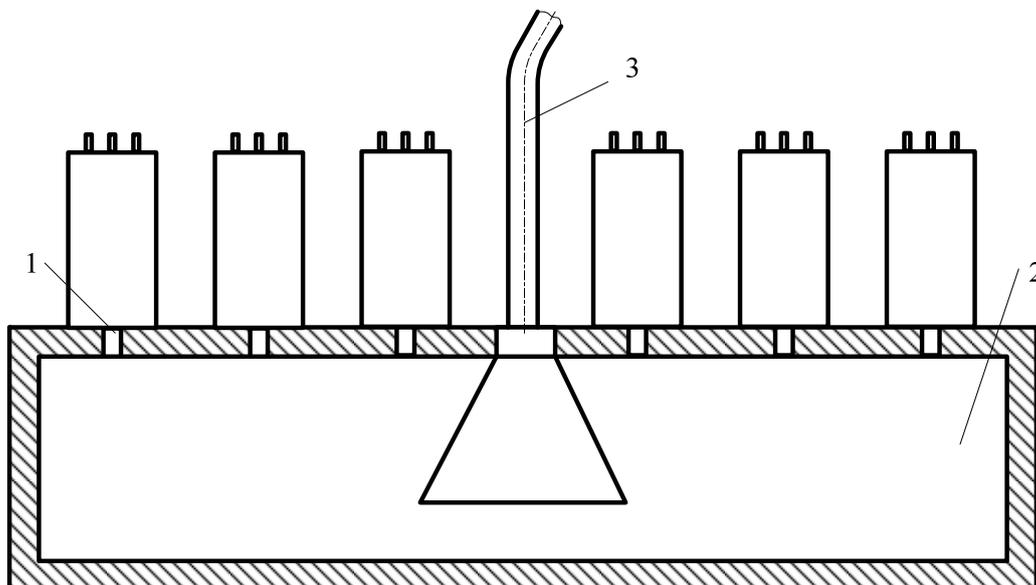


Рис. 8.7. Схема лабораторного блока системы управления струйных турбулентных логических элементов: 1 – корпус; 2 – камера; 3 – входной канал питания

Входные каналы 1 (см. рис. 8.7) элементов находятся в общей герметичной камере 2. В камеру 2 подается сжатый воздух через канал 3 с давлением питания от 1800 до 2400 Па. Входной сигнал (условная единица) соответствует давлению от 400 до 800 Па. Элементы, расположенные на наборном поле, соединяются в схему гибкими трубками, тройниками и крестовинами. Для измерения величины давления используют дифференциальные водяные манометры (рис. 8.8).



Рис. 8.8. Дифференциальный водяной манометр

Схемы логических функций, реализуемых на струйных турбулентных усилителях типа СЛ, приведены на рис. 8.9.

Операция повторения – «ДА» (рис. 8.9, а) осуществляется на двух турбулентных усилителях и состоит в том, что сигнал p на выходе повторяет сигнал p_1 на входе.

Если $p_1 = 1$, то струя воздуха, вытекающая из питающего капилляра элемента, турбулизируется потоком воздуха канала управления и на выходе элемента 1 давление будет равно нулю. В связи с этим струя воздуха, вытекающая из питающего капилляра элемента 2, свободно попадает в приемную трубку и на выходе устанавливается сигнал $p = 1$. Сигнал с элемента 1, попадая на вход элемента 2, турбулизирует питающую струю, и выходной сигнал становится равным нулю: $p = 0$.

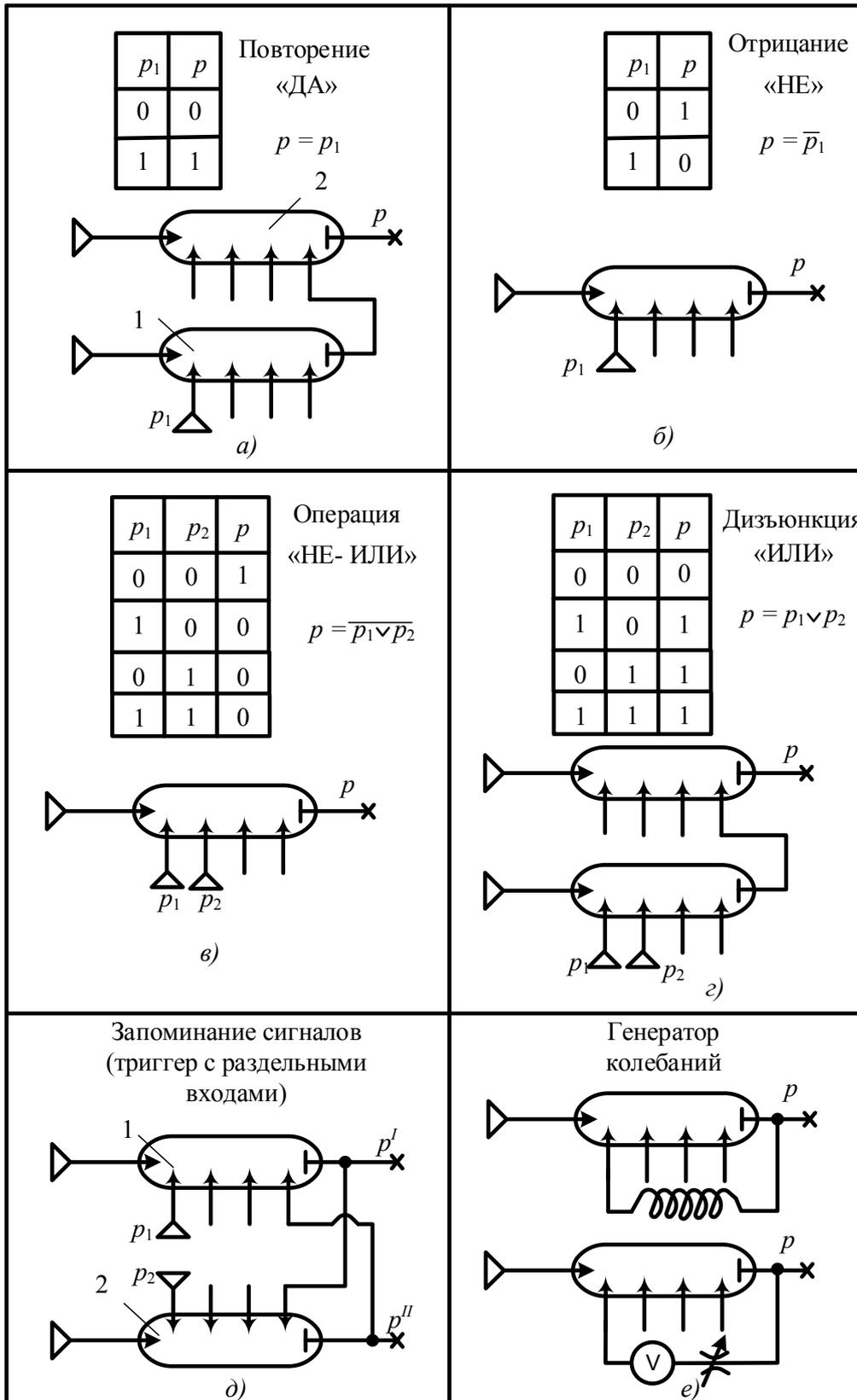


Рис. 8.9. Схемы логических функций, построенных на струйных турбулентных элементах

Операция «НЕ» (рис. 8.9, б) выполняется из одного элемента, который функционально работает как элемент 1 в схеме рис. 8.9, а. Единица на входе управления элемента соответствует нулю на выходе и наоборот. Логическая функция «НЕ-ИЛИ» также может быть реализована на одном элементе (рис. 8.8, в). В отличие от операции «НЕ» здесь используется более одного входа управления. Если хотя бы на одном из входов сигнал будет равен единице, то на выходе $p = 0$.

Операция дизъюнкция («ИЛИ») выполняется из двух струйных элементов (рис. 8.9, г). Эта логическая операция состоит в том, что на выходе единица будет в том случае, если хотя бы один из входных сигналов или оба вместе примут значение 1. Если p_1 или p_2 или p_1 и p_2 будут равны единице, то на выходе элемента 1 будет ноль и, следовательно, на выходе элемента 2 – единица.

На рис. 8.9, д представлен элемент памяти, или, как его часто называют, триггер с отдельными входами.

В исходном состоянии, когда p_1 и p_2 равны нулю, на выходе элемента памяти – неопределенное состояние. Может быть $p^I = 0$, а $p^{II} = 1$, а также $p^I = 1$, а $p^{II} = 0$.

Например, если при исходном состоянии $p^I = 1$ и $p^{II} = 0$ на вход элемента памяти подать сигнал $p_1 = 1$ (при $p_2 = 0$), то на выходе p^I станет равным нулю, а p^{II} – единице. Если затем и p_1 , и p_2 снова станут равными нулю, то состояние на выходах не изменится, так как единица с выхода p^{II} , попадая на вход элемента 1, будет обеспечивать на выходе $p^I = 0$. Состояние на выходах p^I и p^{II} изменится на противоположное только в том случае, когда p_2 станет равным единице, а сигнал p_1 останется равным нулю. Тогда на выходе p^I будет единица, а на выходе p^{II} – нуль. Причем, как и ранее, это состояние не изменится до тех пор, пока на входах триггера будет сохраняться $p_1 = p_2 = 0$ и т. д.

На рис. 8.9, е показан генератор колебаний. Для его построения на один из входов струйного элемента через звено запаздывания с его выхода организуется отрицательная обратная связь. Запаздывающим звеном может быть, например, трубопровод. Его длиной регулируется частота изменения выходного сигнала. Запаздывающим звеном может быть емкость с регулируемым дросселем. Настройкой пневматического сопротивления регулируется частота изменения выходного сигнала.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретические материалы лабораторной работы.
2. Изучить лабораторную установку.
3. Собрать схемы, показанные на рис. 8.9.
4. После проверки собранных схем преподавателем проверить их функционирование в соответствии с таблицей истинности.

Отчет должен содержать:

- наименование работы;
- цель работы;
- описание работы турбулентных усилителей «СЛ».

Контрольные вопросы

1. Какое количество каналов управления имеет элемент СЛ?
2. На каком принципе работают элементы СЛ?
3. Как определяется работоспособность генератора колебаний?

Рекомендуемая литература

Сысоев, С. Н. Элементы гидравлического и пневматического оборудования : учеб. пособие / С. Н. Сысоев ; Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2001. – 90 с. – ISBN 5-89368-234-3.

Лабораторная работа № 9

РЕАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ ЗОЛОТНИКОВОГО ТИПА

Цель работы: изучение принципа работы распределителей золотникового типа и приобретение навыков применения их в схемах систем управления, а также освоение практики их монтажа и проверки функционирования.

Теоретические основы

Распределительные устройства предназначены для управления потоками рабочей среды между участками и агрегатами гидравлических и пневматических систем. С помощью распределителей обеспечивается требуемое направление рабочей среды (жидкости или газа) к

соответствующему исполнительному механизму. Такие системы могут быть использованы в различных отраслях машиностроения, станкостроения, роботостроения и т. д.

Рассмотрим устройства с множеством положений запорно-регулирующего элемента (следящие распределительные устройства), представляющие собой золотниковые механогидравлические (пневматические) преобразователи и усилители.

Их широко применяют в качестве регулирующих устройств, например для регулирования скорости силовых двигателей. Это связано с тем, что в них можно достигнуть минимальных утечек при отсутствии управляющих сигналов, что важно с точки зрения общего баланса потребляемой мощности. Благодаря конструктивной и схемной особенностям силы, действующие на управляющий элемент (золотник) от потоков рабочей среды, в них незначительны.

Данные устройства относятся к преобразователям второго вида и подразделяются по форме управляющего элемента (золотника) на плоские и цилиндрические.

Наиболее важный параметр золотникового распределителя с точки зрения управления и регулировочных характеристик – это число рабочих окон в золотнике (одно-, двух- и многощелевые). Наиболее широкое использование в силовых приводах нашли четырехщелевые золотниковые дросселируемые распределители. Они имеют симметричные характеристики, симметрию сил, действующих на золотник, малые значения утечек, сравнительно высокий КПД, возможность обеспечения симметрии скоростных характеристик при совместной работе с силовым цилиндром, имеющим неодинаковые эффективные площади рабочих поверхностей.

Конструктивно золотниковые преобразователи представляют собой цилиндрическую втулку (гильзу) 1 с отверстиями (окнами), в которой перемещается шток 2 с поясками 3, имеющими дросселирующие кромки 4 (рис. 9.1).

Пояски плунжера вместе со стенками гильзы образуют камеры I и II, соединенные, например, с регулируемым гидромотором 5. Такого рода золотниковый преобразователь называют четырехщелевым (четырёхдроссельным) по количеству управляемых дросселей. Дроссели представляют собой мостовую схему сопротивлений.

Важнейший конструктивный параметр золотниковых преобразователей – величина перекрытия Δ и радиальный зазор h между гильзой 1 и поясками 3 плунжера.

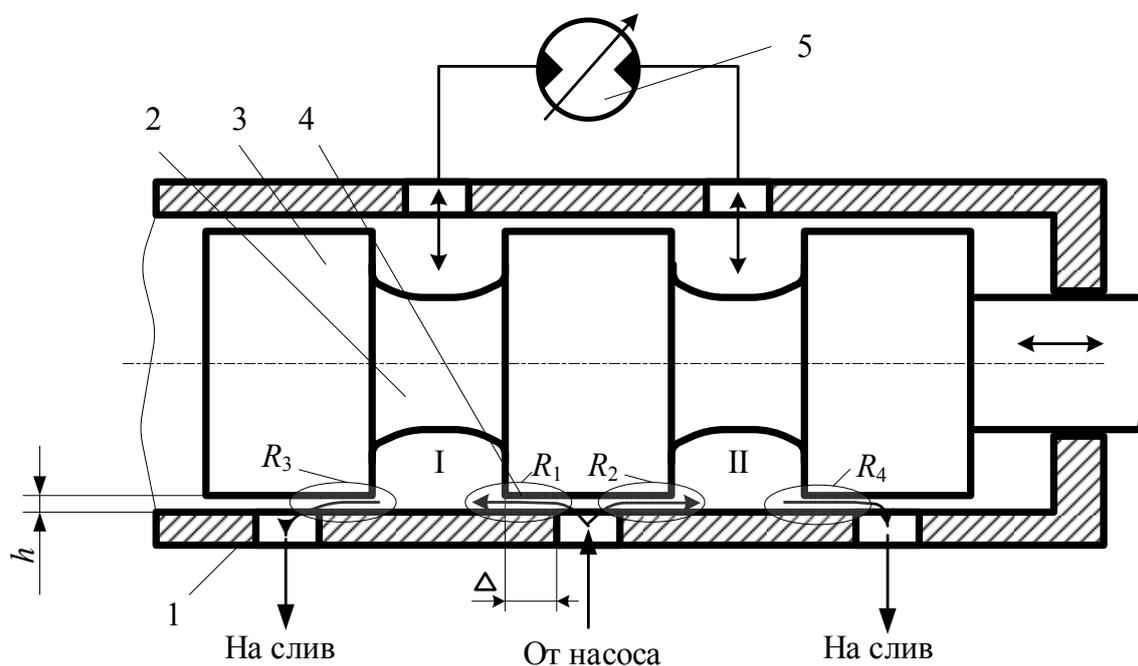


Рис. 9.1. Схема четырехдрессельного распределителя:
1 – гильза; 2 – золотник; 3 – поясок золотника; 4 – дросселирующие кромки; 5 – гидромотор

Различают золотниковые преобразователи с нулевым ($\Delta = 0$), положительным (отсечные золотники) и отрицательным (проточные золотники) перекрытиями. Величина радиального зазора в гидравлических преобразователях составляет от 2 до 8 мкм и зависит от выбранных в системе фильтрующих устройств.

В исходном положении золотника гидравлические сопротивления на входе жидкости в устройство равны ($R_1 = R_2$). Равны гидравлические сопротивления дросселей и на выходе жидкости из устройства ($R_3 = R_4$). Поэтому давления в полостях I и II, образованных поясками 3, одинаковы.

При перемещении золотника, например, вправо, уменьшаются R_1 и R_4 , а также увеличиваются R_2 и R_3 . Это приводит к возрастанию давления в полости I и снижению давления жидкости в полости II. Чем больше будет величина смещения золотника, тем больше перепад давления гидролиний питания гидромотора 5 и тем выше скорость вращения его ротора.

Если принять для упрощения $\Delta = 0$, перетечками жидкости пренебречь, а гидравлические сопротивления, образованные прямоугольными окнами с острыми кромками, принять равными при равных значениях X (величина смещения плунжера), то расход жидкости Q такого идеализированного золотника

$$Q = \mu \delta X \sqrt{2\Delta p / \rho},$$

где μ – коэффициент расхода; δ – ширина щели; X – величина смещения золотника; ρ – плотность жидкости; Δp – перепад давлений.

В правильно спроектированных золотниках мощность N_1 , затрачиваемая на перемещение плунжера, весьма мала, а мощность N_2 , развиваемая исполнительным механизмом, высока. Поэтому данные устройства можно рассматривать в качестве усилителей мощности. В этом качестве они характеризуются коэффициентом усиления мощности K :

$$K = \Delta N_2 / \Delta N_1.$$

В золотниковых преобразователях ввиду малых зазоров между кромками плунжера и гильзой часто возникает облитерация. Например, после длительного пребывания плунжера в каком-либо фиксированном положении усилия, необходимые для его перемещения, в десятки раз превышают усилия по сравнению с управлением при частом его перемещении. Для этого плунжеру часто придают вращательное движение с частотой до 1800 Гц или возвратно-поступательное осциллирующее движение относительно гильзы с амплитудой колебаний 3 – 10 % от максимальной величины смещения золотника.

Недостатком данных методов устранения негативного влияния облитерации считают повышенный износ механизмов, дополнительное выделение тепла, которое может привести к изменению структуры материала со снижением его твердости и возникновению задиров.

Проточные золотники имеют нелинейную характеристику управления. Применение осциллирующих движений при их амплитуде, большей Δ , улучшает характеристику управления. Этот эффект, именуемый вибрационным сглаживанием, позволяет устранить зону нечувствительности, являющуюся важным показателем для управления в автоматизированных производствах.

В механопневматических золотниковых распределителях принцип действия такой же. Однако расчетные процедуры осложняются двумя факторами: сжимаемостью воздуха и наличием резкого изме-

нения характера истечения газа через отверстия при переходе от ламинарного к турбулентному режиму течения.

В пневматических золотниковых преобразователях для снижения утечек уменьшают зазор h между гильзой и кромкой плунжера ($h \approx 10^{-5}$ м) при минимальной величине перекрытия Δ . Золотники входят в распределительную часть привода.

На принципиальных схемах графические обозначения распределителей строят из условных обозначений отдельных элементов и их комбинаций – позиций подвижного элемента, линий связи, проходов и элементов управления.

В распределителях дискретного действия рабочую (характерную) позицию подвижного элемента изображают квадратом (прямоугольником). Количество позиций соответствует числу квадратов (рис. 9.2, *а*). Размер квадратов – 1×1 см.



Рис. 9.2. Условное графическое обозначение распределителей:
а – в исходном положении; *б* – при создании рабочего давления

Распределители непрерывного действия (следящие) изображают аналогично распределителям дискретного действия с добавлением двух параллельных линий, обозначающих бесконечное множество промежуточных рабочих позиций (рис. 9.2, *б*). К данным параллельным линиям подводят линии связи.

Проходы (каналы) обозначают линиями со стрелками, показывающими направления потоков рабочей среды в каждой позиции. Закрытый ход в позиции распределителя указывают прерыванием линии с перпендикулярной чертой.

Электромагниты, управляющие распределителями, изображают прямоугольником с косой чертой (рис. 9.3).

Двухпозиционный с управлением от кулачка с пружинным возвратом	
Двухпозиционный с управлением от рукоятки с фиксатором	
Двухпозиционный с управлением от двух электромагнитов	
Двухпозиционный с пневматическим управлением	
Двухпозиционный с гидравлическим управлением	
Трехпозиционный с управлением от двух электромагнитов	
Трехпозиционный с электрогидравлическим управлением	

Рис. 9.3. Условное графическое обозначение управления распределителями

Распределители в принципиальных схемах изображают в исходной позиции, к которой подводят линии связи. Для того чтобы представить действия распределителя, необходимо мысленно передвинуть соответствующий квадрат на место исходной позиции, оставляя линии связи в прежнем положении.

В сокращенных записях распределители обозначают дробью, в числителе которой указывают число линий, а в знаменателе – число характерных позиций.

Маркировка присоединительных отверстий трехлинейного и пятилинейного пневмоустройств показаны на рис. 9.4. Например, «Распределитель 3/ 2», показанный на рис. 9.4, *а*, имеет три линии и две позиции, а «Распределитель 5/2», показанный на рис. 9.4, *б*, имеет пять линий и две позиции.

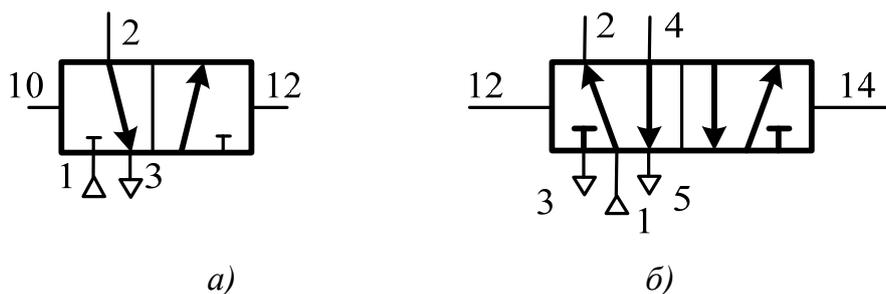


Рис. 9.4. Маркировка присоединительных отверстий:
а – в исходном положении; *б* – при создании рабочего давления

На принципиальных схемах, а также на самих гидравлических и пневматических устройствах наносят обозначения присоединительных отверстий, что облегчает монтаж и наладку оборудования. В большинстве устройств применяют цифровую систему обозначений, которая построена по следующему принципу. Цифрой 1 обозначают основное входное отверстие устройства – обычно это отверстие для подвода рабочей среды под давлением. Выходные отверстия, в которые подается рабочая среда, обозначают цифрами 2 при одном выходном отверстии, 2 и 4 – при двух, 2, 4, 6 – при трех отверстиях.

Выхлопные отверстия, т. е. отверстия, с которыми могут соединяться выходные отверстия (кроме отверстий для подвода рабочей среды), обозначают соответственно цифрами 3, или 3 и 5, или 3, 5, 7. Причем обозначения наносят так, чтобы при соответствующем числе отверстий отверстие 2 соединялось с отверстием 3, отверстие 4 – с отверстием 5, отверстие 6 – с отверстием 7.

Отверстия, через которые рабочая среда подается в камеру управления, обозначают двумя цифрами: первая цифра – 1 – основное входное отверстие; вторая цифра – то выходное отверстие, с которым соединяется отверстие 1.

Например, отверстие, обозначенное цифрами 12, означает, что отверстие 1 соединяется с отверстием 2 при подаче рабочей среды в отверстие 12. Для трехлинейных распределителей вторая цифра 0 означает, что в этом положении распределительного элемента отверстие 1 заперто.

Описание лабораторного стенда для набора схем работы силовых пневмоцилиндров

Стенд состоит из набора следующих элементов (рис. 9.5): силовые несимметричные пневмоцилиндры одностороннего и двухстороннего действия; распределители с электромагнитным управлением (рис. 9.6); источники электропитания электромагнитов питания управления распределителей; пневмопроводы; компрессор с блоком подготовки воздуха.



а)



б)

Рис. 9.5. Силовой пневмоцилиндр одностороннего действия: а – односторонний; б – двухсторонний

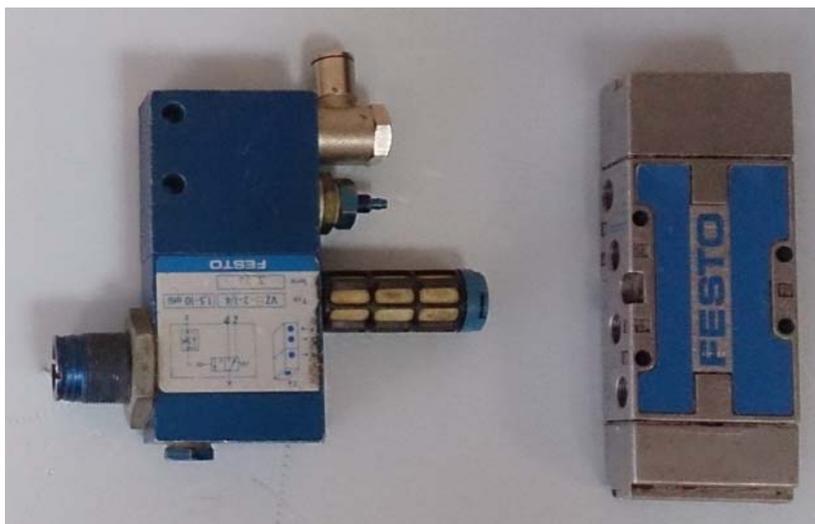


Рис. 9.6. Распределители

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретические материалы лабораторной работы.
2. Изучить комплектующие элементы лабораторного стенда.
3. Составить схемы работы пневмоприводов:
 - а) дифференциальную схему подключения силового пневмоцилиндра;
 - б) схему работы пневмоцилиндра двухстороннего действия с управлением распределителем;
 - в) схему работы пневмоцилиндра одностороннего действия с управлением распределителем;
4. Собрать разработанные схемы работы пневмоприводов.
5. После проверки собранных схем преподавателем проверить их функционирование.

Отчет должен содержать:

- наименование работы;
- цель работы;
- описание работы распределительной аппаратуры;
- принципиальные схемы работы пневмоцилиндров с обозначением присоединительных отверстий.

Контрольные вопросы

1. Что означают цифры 10, нанесенные на корпусе распределителя?
2. Что означает термин «облитерация» и как ее негативное влияние устраняется при работе с распределительной аппаратурой?

3. Можно ли дифференциальную схему подключения применить для управления симметричным силовым цилиндром?

Рекомендуемая литература

Сысоев, С. Н. Элементы гидравлического и пневматического оборудования : учеб. пособие / С. Н. Сысоев ; Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2001. – 90 с. – ISBN 5-89368-234-3.

Лабораторная работа № 10 ИССЛЕДОВАНИЕ ВАКУУМНОГО ЗАХВАТНОГО АГРЕГАТНОГО МОДУЛЯ

Цель работы: изучение принципа построения устройств агрегатно-модульного типа, длинноходовых вакуумных хватных систем пневматических приводов и исследование их быстродействия.

Теоретические основы

Вакуумные хватные устройства агрегатно-модульного типа представляют собой систему двух взаимосвязанных модулей: вакуумного хвата и привода его перемещения. Модуль определяется как конструктивно и функционально законченный элемент устройства с автономными механической (энергетической) и управленческой (информационной) составляющими.

Преимущества вакуумных хватных модулей – удобство, быстрота хвата и освобождения захватываемого объекта, сохранность поверхности при хвате, возможность хвата плоскости.

К недостаткам вакуумных хватных модулей относятся низкое усилие удержания захваченных деталей на сдвиг, хват только по герметичной поверхности.

Современная структура, удовлетворяющая требованиям, предъявляемым к устройствам данного типа, представляющая собой систему приводов агрегатно-модульного типа и обладающая наиболее широким диапазоном функциональных возможностей, показана на рис. 10.1.

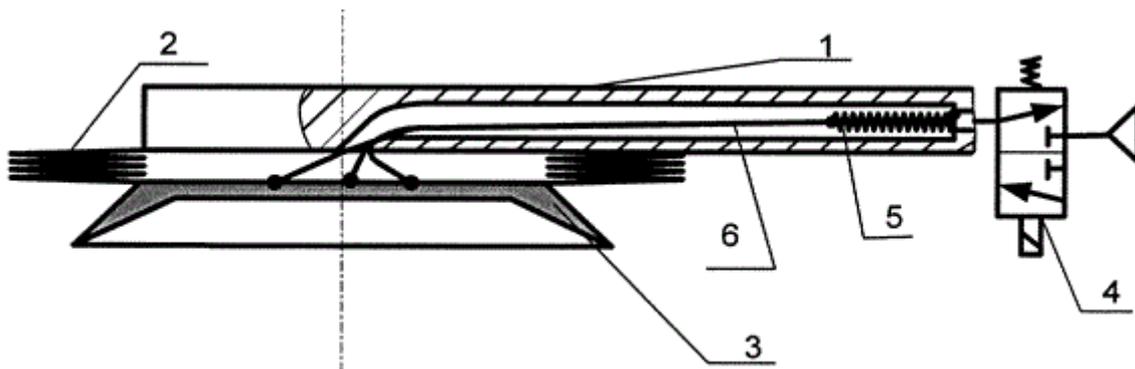


Рис. 10.1. Схема вакуумного захватного устройства:
 1 – корпус; 2 – сиффон; 3 – присоска; 4 – распределитель;
 5 – пружина; 6 – тяга

Устройство состоит из корпуса 1, на котором закреплен одной торцевой поверхностью сиффон 2. На другой торцевой поверхности сиффона 2 установлен рабочий орган 3, представляющий собой присоску. Рабочая полость сиффона 2 выполнена герметичной и связана каналом питания, выполненным в корпусе 1 через распределитель 4 с избыточным давлением воздуха. Рабочий орган подпружинен пружиной 5, установленной в канале питания и закрепленной одним концом в корпусе 1, а другим – с тягой 6, закрепленной на торцевой поверхности сиффона 2.

Устройство работает следующим образом.

В исходном положении распределитель 4 отключен, рабочая полость сиффона 2 через канал питания соединена с атмосферой. Усилие, создаваемое пружиной 5, сжимает сиффон 2, и рабочий орган 3 занимает крайнее верхнее положение.

При включении распределителя 4 рабочая полость сиффона 2 соединяется с избыточным давлением воздуха. При этом силы, создаваемые избыточным давлением воздуха, преодолевают усилие удержания пружины 5 и сиффон 2 растягивается, перемещая рабочий орган 3. Величина перемещения зависит от величины давления питания. Причем выполнение тяги 6 из трех нерастяжимых тросов и крепление их по периметру со смещением относительно оси сиффона обеспечивают плоскопараллельное перемещение рабочего органа.

При выключении распределителя 4 рабочая полость сиффона 2 соединяется с атмосферой и под действием усилия пружины 5 сиффон 2 сжимается, занимая исходное положение.

Установка пружины вне сильфона под углом к направлению движения рабочего органа позволяет уменьшить габаритные размеры устройства в направлении перемещения рабочего органа. Кроме этого снимаются ограничения по длине, количеству витков используемой пружины, что расширяет возможный диапазон ее характеристик.

Установка пружины в канале питания не требует дополнительной герметизации ее рабочей зоны. Выполнение тяги не менее чем из трех нерастяжимых тросов, закрепленных по периметру со смещением относительно оси сильфона, обеспечивает плоскопараллельное перемещение рабочего органа.

Данное вакуумное захватное устройство обладает следующими техническими преимуществами:

1. Обладает высоким быстродействием выполнения операций «взять» и «установить».
2. Отличается простотой конструкции и управления.
3. Использован безнасосный захват, что устраняет необходимость применения насосной установки.

Инновационное техническое решение с целью совершенствования описанного захватного устройства выполнено с помощью метода исследования функционально-физических связей (МИФФС), суть которого в поиске технических решений путем построения функциональной структуры объекта исследования. Находят и устраняют избыточные причинные взаимосвязи объекта исследования.

Исследуемая схема устройства показана на рис. 10.2.

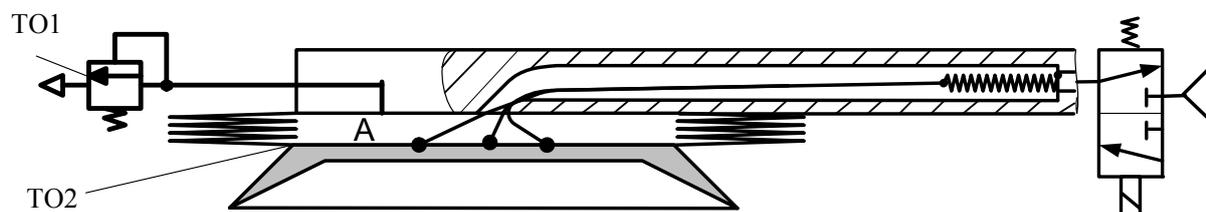


Рис. 10.2. Исследуемая схема устройства

Технический объект (ТО) представлен состоящим из двух технических объектов: клапана (ТО1) и силового цилиндра (ТО2). Клапан выполняет функции герметизации полости А (Ф1) и разгерметизации полости А (Ф2). Функции выполняются с использованием фи-

зических явлений (рис. 10.3): $J1$ – уплотнения; $J2$ – разъединения со-прягаемых элементов. Силовой цилиндр выполняет функции $\Phi1$ – герметизацию полости А; $\Phi3$ – перемещение РО вниз; $\Phi4$ – перемещение РО вверх и $\Phi5$ – крепление захвата. При этом используются физические явления $J3$ – относительное перемещение и $J4$ – фиксация.

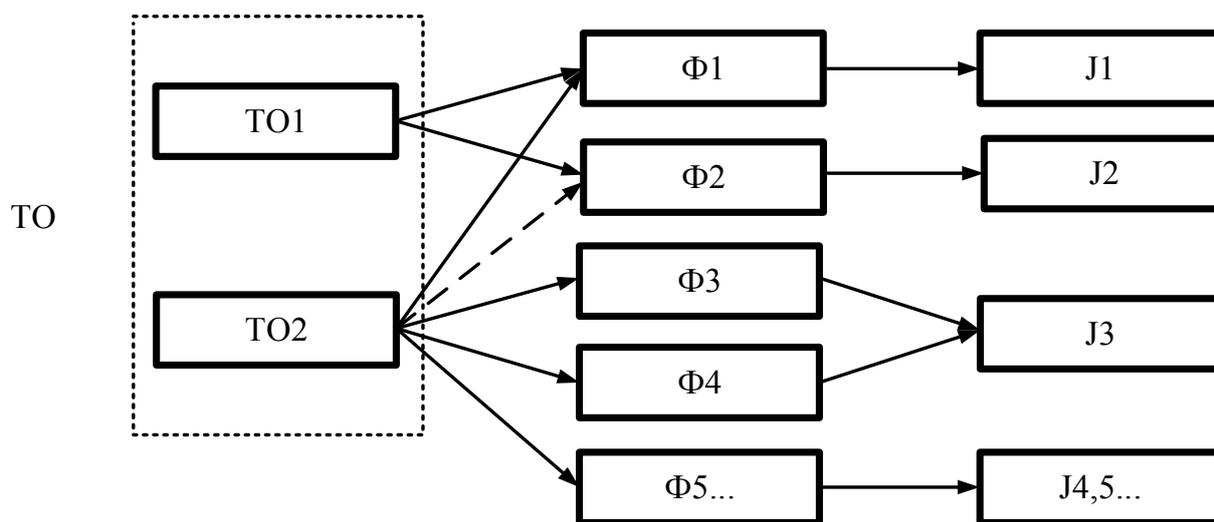


Рис. 10.3. Функционально-физическая структура технического объекта

Данная структура показывает возможность выполнения $ТО2$ функции $\Phi2$. Таким образом, $ТО2$ можно организовать таким образом, чтобы он выполнял функции $ТО1$, а $ТО1$ присутствовал в агрегатном модуле в неявном виде. Для этого необходимо, чтобы пневмоцилиндр в процессе работы осуществлял герметизацию и разгерметизацию рабочей полости. Далее после захвата и подъема изделия опять переходят к герметизации.

Данная структура реализована в устройстве, этапы работы которого показаны на рис. 10.4.

Устройство состоит из корпуса 1, возвратной пружины 2, клапана 3, уплотнения 4, постоянного магнита 5, крышки 6, изделия 7, захватываемого присоской 8.

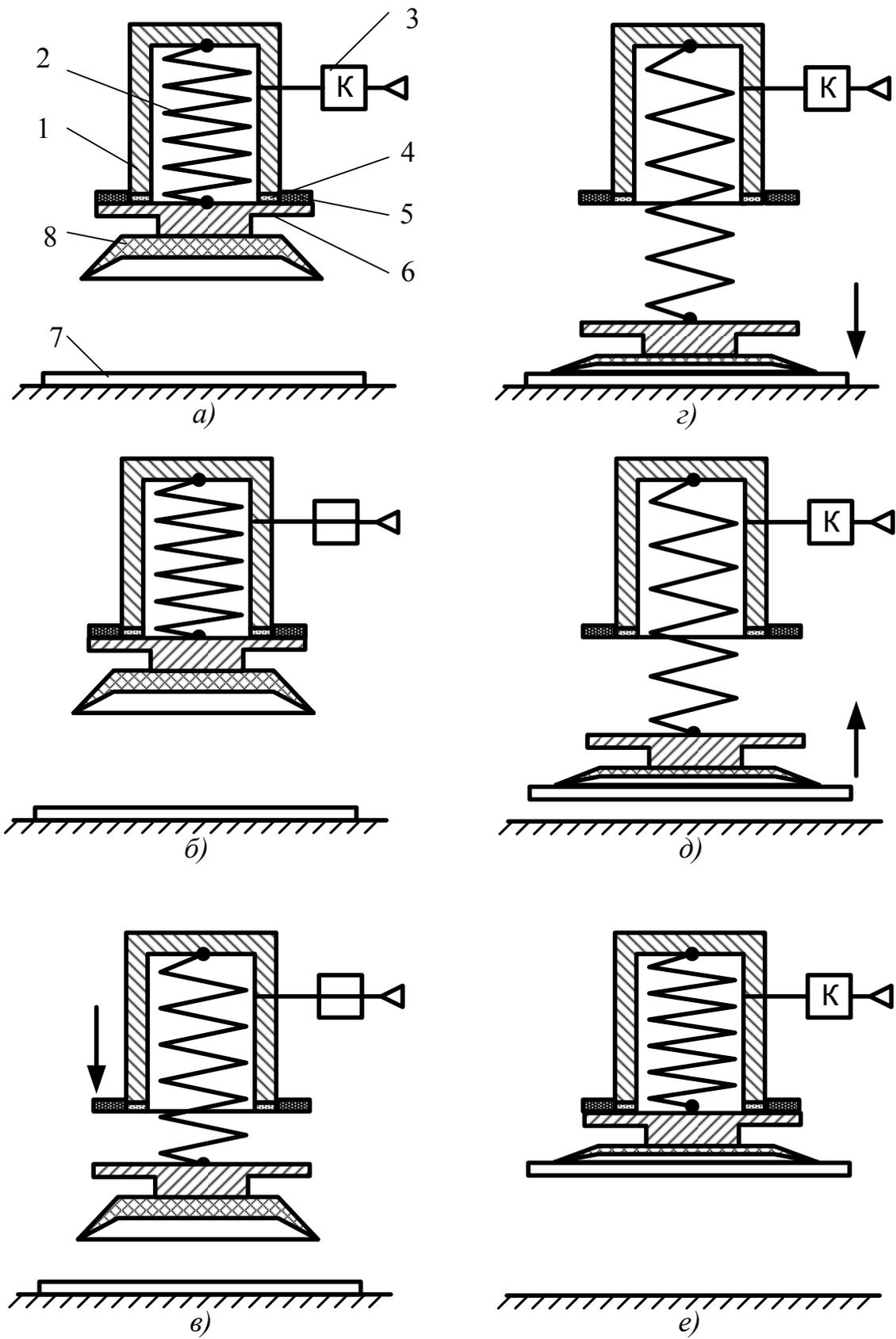


Рис. 10.4. Вакуумный длинноходовой агрегатный захватный модуль

Полость корпуса 1 закрывается крышкой 6 с уплотнением 4, образуя рабочую камеру пневмопривода. Крышка 6 подпружинена возвратной пружиной 2 к корпусу 1, на котором закреплен постоянный магнит 5 с возможностью силового взаимодействия с крышкой 6. Рабочая камера выполнена с возможностью соединения с пневмолинией избыточного давления воздуха через управляемый клапан 3 (управление не показано). На крышке закреплена присоска 8.

Захватный модуль работает следующим образом. В исходном положении (рис. 10.4, *а*), так как клапан закрыт, рабочая камера пневмопривода не соединена с линией избыточного давления, присоска занимает крайнее верхнее положение.

По команде «Взять изделие» (рис. 10.4, *б*) открывается клапан 3, соединяя пневмолинию избыточного давления воздуха с рабочей камерой пневмопривода. В ней повышается избыточное давление воздуха и накапливается потенциальная энергия. Возрастает сила от давления, действующая на отрыв крышки 6 от корпуса 1. При превышении удерживающих крышку 6 сил она перемещается в направлении изделия 7 (рис. 10.4, *в*). Выключается клапан 3. Присоска 8 достигает поверхности изделия 7 и, продолжая двигаться в том же направлении за счет инерционных сил, деформируется (рис. 10.4, *г*), вытесняя воздух из своей рабочей полости. Выполняется функция захвата изделия. Затем начинает действовать возвратная пружина, перемещая крышку 6, присоску 8 с деталью 7 в направлении корпуса 1 (рис. 10.4, *д*). После соединения крышки 6 с корпусом 1 изделие занимает крайнее верхнее положение и процесс «взять изделие» заканчивается.

Данное техническое решение открывает для устройства возможность выполнить требуемые функции без операции соединения с атмосферой рабочей полости силового цилиндра через распределитель, что позволяет устранить из структуры пневмолинию соединения рабочей полости с клапаном и клапан с его системой управления. В данной ситуации клапан представлен в устройстве в неявном виде.

Структурная схема устройства показана на рис. 10.5, а общий вид – на рис. 10.6.

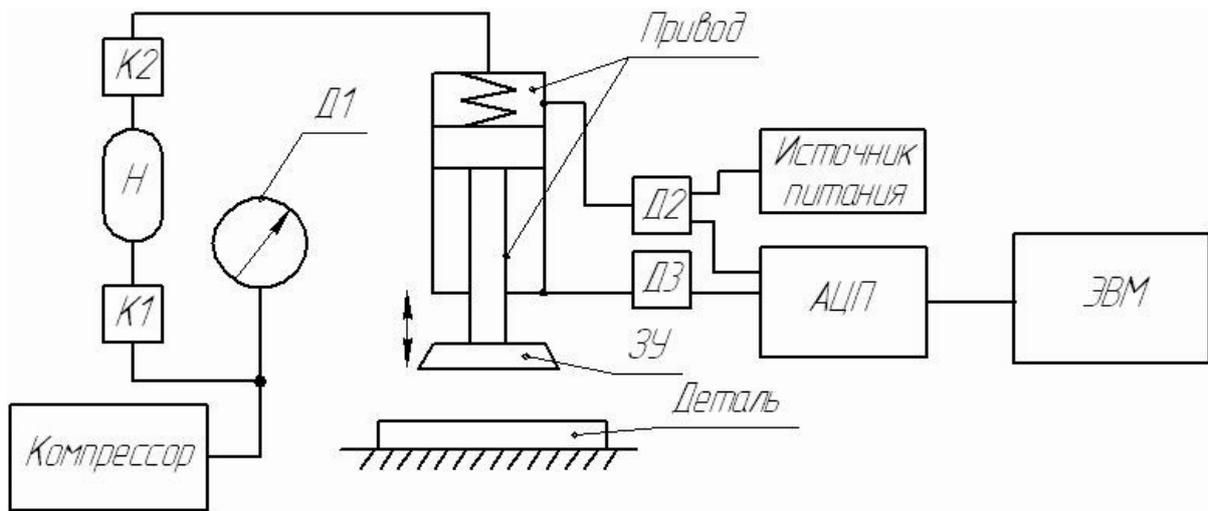


Рис. 10.5. Структурная схема лабораторного стенда

Стенд состоит из следующих элементов: Д1 – датчик визуального наблюдения за давлением; Д2 – датчик давления MPX5700GP в цилиндре привода перемещения; Д3 – датчик конечного положения привода перемещения; К1, К2 – клапаны для зарядки и высвобождения накопителя; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; Н – накопитель пневматический; ЭВМ – электронно-вычислительная машина для представления и обработки результатов эксперимента; Компрессор – компрессор избыточного давления до 0,8 МПа; Деталь – деталь для перемещения изделия массой 0,05...0,2 кг; ЗУ – захватное устройство.



Рис. 10.6. Общий вид лабораторного стенда

Осциллограмма, полученная при выполнении операций захвата детали, показана на рис. 10.7.

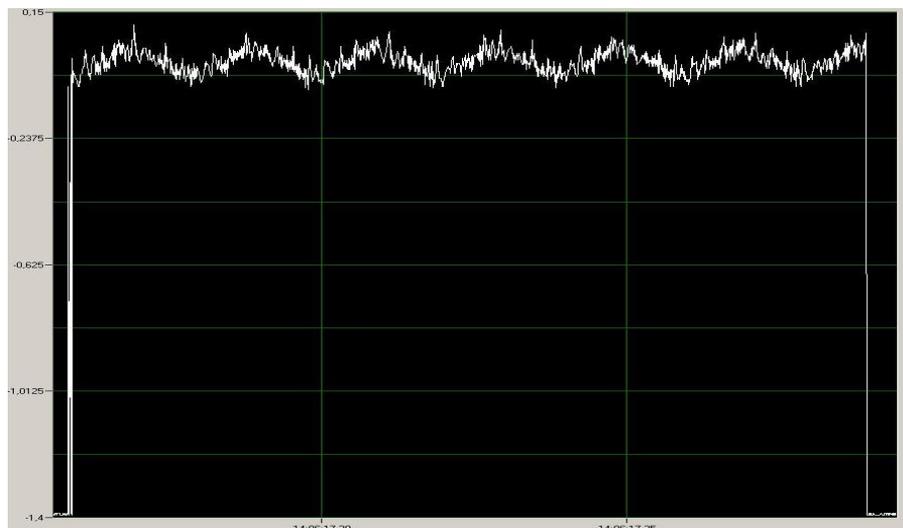


Рис. 10.7. Осциллограмма операции «взять» для массы изделия 0,05 кг для хода захвата 0,1 м

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретические материалы лабораторной работы.
2. Изучить комплектующие элементы лабораторного стенда.
3. Составить принципиальную пневматическую схему работы стенда.
4. Проверить функционирование работы стенда.
5. Измерить время выполнения функции «взять изделия» с различной величиной хода захвата, изменяя высоту расположения изделия.
6. Заполнить нижеприведенную таблицу.

Время захвата изделия, с	Расстояние расположения изделия относительно присоски, мм

Отчет должен содержать:

- наименование работы;
- цель работы;

- описание работы вакуумного захватного агрегатного модуля;
- график зависимости быстродействия устройства от величины хода захвата.

Контрольные вопросы

1. Сколько команд управления необходимо для выполнения функции «взять изделие»?
2. В устройстве применяют насосную или безнасосную присоску?
3. Как в данном устройстве выполняется функция «отпустить изделие»?
4. Как можно усовершенствовать устройство для реализации функции «установить изделие» безнасосной присоской на рабочую поверхность?

Список рекомендуемой литературы

1. Пат. 23174452 Российская Федерация, МПК F15B 15/10. Пневматический привод одностороннего действия / Сысоев С. Н., Бакутов А. В., Новикова А. В., Верюгина А. А., Панфилов А. А. (RU). – № 2006100245/06 ; заявл. 10.01.06 ; опубл. 20.02.08, Бюл. № 20. – 3 с.
2. Сысоев, С. Н. Принципы и методы нахождения технических решений. Метод исследования функционально-физических связей / С. Н. Сысоев. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2007. – 214 с.
3. Сысоев, С. Н. Вакуумный захватный модуль с повышенным рабочим ходом привода перемещения захвата / Сысоев С. Н., Карцев К. А. // Вестник машиностроения. – 2012. – № 9. – С. 24 – 28.
4. Пат. 2397857 Российская Федерация, МПК В 25J 15/06, В65 Н5/08. Захватный модуль / Сысоев С. Н., Карцев К. А., Бакутов А. В., Иванов П. А. – № 2008126662/02 ; заявл. 30.06.08 ; опубл. 27.08.10, Бюл. № 24.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисциплину «Гидропневмоавтоматика и приводы» на кафедре автоматизации технологических процессов преподают студентам направления 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» достаточно продолжительное время.

Государственный федеральный образовательный стандарт требует от преподавателей организовать обучение, позволяющее студентам приобрести знания в области современных технологий, оборудования на мировом уровне и уметь их использовать.

В лабораторных работах представлены материалы по элементам и оборудованию гидропневмоавтоматики, приводам, широко используемым в промышленности, а также новые технологии и устройства, защищенные патентами Российской Федерации. К ним относятся новые принципы, способы управления гидравлическими и пневматическими приводами оболочкового типа и устройства для их реализации, а также пневматические захватные устройства агрегатно-модульного типа.

При выполнении лабораторного практикума студенты не только знакомятся с современными технологиями и оборудованием гидропневмоавтоматики, но и приобретают практические навыки работы с ними.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ПРАВИЛА ОХРАНЫ ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	4
Лабораторная работа № 1. ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ЦИКЛОВЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗАГРУЗКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА БАЗЕ АВТООПЕРАТОРА СТАНКА МОД. ГС 3-12	5
Лабораторная работа № 2. ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ БЕЗУДАРНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА НА ЖЕСТКИЙ УПОР И НАЛАДКА УГЛОВОГО ПРИВОДА КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ТИПА	12
Лабораторная работа № 3. ТАРИРОВКА ДАТЧИКА ИЗБЫТОЧНОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ HONEYWELL.....	21
Лабораторная работа № 4. ТАРИРОВКА ВАКУУМНОГО ДАТЧИКА.....	31
Лабораторная работа № 5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМАТИЧЕСКОГО УСИЛИТЕЛЯ ТИПА СОПЛО-ЗАСЛОНКА	40
Лабораторная работа № 6. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО ОДНОМЕМБРАННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	44

Лабораторная работа № 7. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО ДВУХМЕМБРАННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	49
Лабораторная работа № 8. РЕАЛИЗАЦИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ НА ТУРБУЛЕНТНЫХ УСИЛИТЕЛЯХ ТИПА СЛ	55
Лабораторная работа № 9. РЕАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ ЗОЛОТНИКОВОГО ТИПА	63
Лабораторная работа № 10. ИССЛЕДОВАНИЕ ВАКУУМНОГО ЗАХВАТНОГО АГРЕГАТНОГО МОДУЛЯ	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81

Учебное издание

СЫСОЕВ Сергей Николаевич

ГИДРОПНЕВМОАВТОМАТИКА
И ПРИВОДЫ

Лабораторный практикум

Редактор Е. С. Глазкова

Технический редактор А. В. Родина

Корректор Н. В. Пустовойтова

Компьютерная верстка Е. А. Кузьминой

Выпускающий редактор А. А. Амирсейидова

Подписано в печать 21.12.18.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 4,88. Тираж 50 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.