

ПНЕВМОАВТОМАТИКА: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

М.В. Соколов, В.Г. Харазов (СПГУ)

Представлена краткая история развития пневмоавтоматики. Указаны наиболее значимые исторические даты и изобретения. Приведена современная классификация систем пневмоавтоматики. Рассмотрены ее современные и перспективные направления развития.

Пневмоавтоматика (от греческого *pneuma* — дуновение, воздух) — комплекс технических средств, в которых информация представляется и передается в виде пневмосигналов. Пневматические устройства, принцип действия которых основан на применении в качестве рабочей среды сжатого воздуха или газа, известны со времен глубокой древности (ветряные двигатели, кузнечные меха, музыкальные автоматы и пр.).

Наиболее широкое распространение системы пневмоавтоматики получили в связи с развитием механизации и автоматизации ТП в химической и нефтехимической промышленности, а также в общем машиностроении, в литейном и кузнечном производстве, в судостроении, на транспорте, в ракетно-космической технике и в ряде других производств.

Пневмосистемы наиболее эффективно работают в пожаро- и взрывоопасных производствах, в условиях агрессивных сред, характеризующихся наличием повышенной температуры, радиации, вибрации, магнитных полей и пр. Пневматические устройства просты по конструкции, надежны в эксплуатации и обслуживании. Как правило, пневматические системы дешевле электрических и гидравлических, а по сравнению с последними не требуют замкнутого цикла использования рабочей среды.

Наряду с перечисленными достоинствами пневматические системы имеют и ряд недостатков, обусловленных самой рабочей средой. Это прежде всего сжимаемость воздуха, которая подчас исключает плавность движения рабочих органов исполнительных устройств, а также необходимость очистки воздуха во избежание появления конденсата, что ведет, как следствие, к образованию пробок при низких температурах и коррозии аппаратуры. Кроме того, пневматические устройства, по сравнению с электрическими, имеют меньшую скорость срабатывания, а по сравнению с гидравлическими исполнительными механизмами развивают значительно меньшие усилия.

Предшественниками пневматических систем можно считать паровые приводы, появлению которых способствовало изобретение Джозефом Брахмом уплотнений поршня (1660 г.). В 1790 г. в г. Петрозаводске был построен Александровский завод паровых машин, а в 1870 г. А.Б.Нобель построил аналогичный завод в Петербурге.

Уже в 30-х годах XIX века академик И.И.Артоблевский обращал внимание механиков на необходи-

мость изучения пневматических и гидравлических механизмов, т.е. пневмо- и гидроприводов.

Развитию систем пневмоавтоматики положило начало внедрения в промышленность электродвигателей трехфазного тока, разработанных в 1891 г. М.О.Доливо-Добровольским, что позволило создать компрессор — источник рабочей среды пневмосистем.

На начальном этапе развитие пневмосистем шло по пути применения силового пневмопривода — сжатый воздух от компрессора по импульсным трассам поступал через управляющие устройства к пневмодвигателям поступательного, поворотного или вращательного движения, воздействуя на рабочие органы машин.

Развитие современной пневмоавтоматики началось в 40-е годы XX века в связи с автоматизацией производств и заменой труда человека работой машин, снабженных различными приводами. Первые пневматические регуляторы конца 30-х и начала 40-х годов выполнялись совместно с измерительными приборами общего назначения, в которые встраивался пропорционально-интегральный (ПИ) регулятор. Примером такого устройства является ПИ-регулятор типа 04, решающий задачи стабилизации отдельных параметров (температуры, давления и пр.).

В конце 40-х годов был предложен агрегатный принцип построения систем промышленной пневмоавтоматики, согласно которому каждый блок выполнял вполне определенную функцию, реализуя требуемый закон регулирования (суммирование сигналов, их индикация, регистрация и др.). Разработанная по такому принципу агрегатная унифицированная система (АУС) позволила значительно расширить функциональные возможности пневмоавтоматики [1]. Системы автоматического регулирования температуры, расхода и прочих параметров с регуляторами 4РБ32, РБС-1 и др. успешно выполняли возложенные на них функции. Блоки подготовки воздуха, включающие компрессор, редукторы, регуляторы давления и систему осушки воздуха, обеспечивали питание систем сжатым воздухом на участках и в цехах в случаях отсутствия магистрали со сжатым воздухом. Однако для решения новых задач требовалась разработка новых блоков, на которую уходило 2...3 года.

Дальнейший успешный путь развития пневмоавтоматики в конце 50-х годов прошлого века, по аналогии с электроникой, был связан с предложенным группой сотрудников Института автоматики и теле-

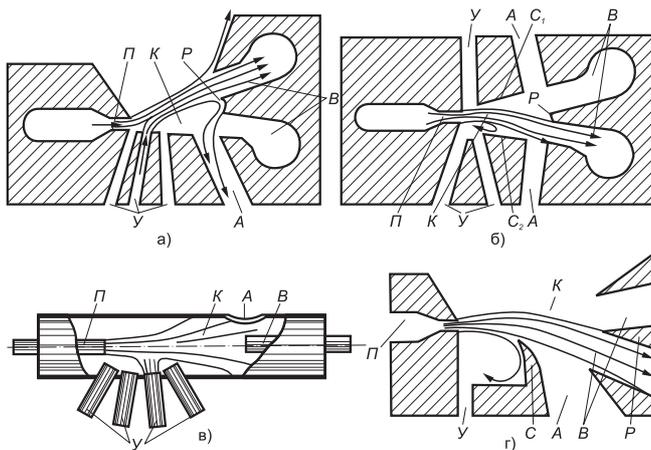


Рис. 1. Схемы основных струйных элементов: а) элемент, работающий на взаимодействии струй; б) элемент, работающий на взаимодействии струи со стенкой; в, г) турбулентный и кромочный усилители; где п – сопло питания; к – рабочая камера; в – приемник сопла; а – выход в атмосферу; у – управляющие сопла; с – стенки, имеющие аэродинамический профиль; р – разделитель

механики АН СССР (ныне ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН) и завода "Тизприбор" элементным принципом создания новых приборов и пневмосистем. В результате была разработана Универсальная система элементов промышленной пневмоавтоматики (УСЭППА) [2], на базе которой были созданы первые типовые приборы управления и регулирования – системы СТАРТ и ЦЕНТР, входящие в Государственную систему приборов (ГСП) [3].

Аналогичные системы были разработаны и в ряде зарубежных стран: "Дрелоба" и "Самсон" в Германии, "Тримелог" в Венгрии, APCL в США, AIRLOG в Англии.

Устройства пневмоавтоматики можно классифицировать:

1. по функциональному назначению:

- системы подготовки и транспортирования воздуха (компрессоры, воздуходувки, фильтры, импульсные трассы, ресиверы, маслораспылители и др.;
- системы контроля, преобразования и воспроизведения информации (датчики, преобразователи, измерительные и регистрирующие приборы);
- системы регулирования и управления (регуляторы, функциональные блоки, командоаппараты, распределители);
- исполнительные устройства (пневмоцилиндры, поворотные однооборотные и многооборотные двигатели, мембранные, шланговые и сильфонные исполнительные механизмы);

2. по давлению питания:

- системы низкого давления (до 200 мм вод. ст.);
- системы нормального (среднего) давления ($0,14 \pm 0,014$ МПа);
- системы повышенного давления (0,4...1 МПа);
- специальные системы высокого давления, применяемые в судостроении и ракетостроении (20...40 МПа);

Пневмосистемы с низким давлением питания строятся на элементах пневмоники (струйной техники) и

применяются в основном в системах управления циклическими процессами. На рис.1 приведены схемы основных струйных элементов. Струйные элементы, например систем "ВОЛГА" и СМСТ не имеют подвижных деталей, работают на частотах в несколько килогерц, просты в изготовлении и имеют малые габариты. В ряде случаев эти элементы объединяются в модули, в том числе в струйно-мембранные (система "ЦИКЛ"). Струйные элементы способны нормально функционировать при низких и высоких температурах (свыше 1000 °С), например система управления летательным аппаратом фирмы "Даймонд" (США) [4].

К системам с нормальным (унифицированным) давлением питания относятся элементы УСЭППА "КЭМП", "Янтарь", "ПЭРА" и др. Элементы "КЭМП" в 1,5...2 раза меньше элементов УСЭППА.

Система УСЭППА является функционально полной и включает как аналоговые, так и релейные элементы, позволяющие создавать системы управления и регулирования любой сложности [5]. Элементы УСЭППА выполнены на резино-тканевых мембранах, поэтому температура воздуха не должна превышать 60 °С. Элементы монтируются на платах из оргстекла по аналогии с печатным монтажом электрических схем. Частота переключения релейных элементов УСЭППА не превышает 25 Гц. Погрешность аналоговых элементов УСЭППА составляет 0,5...1,5%.

Системы с повышенным давлением питания представляют собой пневмопривод и предназначены для силового воздействия на рабочие органы машин. В качестве управляющих устройств в таких системах в основном применяются клапанные или золотниковые распределители, а в качестве двигателей – пневмоцилиндры поступательного действия, поворотные и многооборотные двигатели.

Методика расчета пневмоприводов наиболее полно изложена в работах [6, 7, 8]. Такие системы, наряду с системами электропривода и гидропривода, широко востребованы промышленностью.

Таким образом, в предшествующие настоящее время годы были разработаны различные по функциональному назначению преобразователи, регуляторы, регистрирующие приборы и исполнительные механизмы, на базе которых были созданы десятки тысяч систем автоматического регулирования в различных отраслях промышленности, но особенно для производств с условиями пожаро- и взрывоопасности.

Коренной поворот в построении систем автоматического регулирования с использованием элементов пневмоавтоматики произошел с появлением и бурным развитием микропроцессорной техники – ПЛК, интеллектуальных датчиков, систем сбора данных на базе локальных вычислительных сетей. Особая роль в этом принадлежит контроллерам, в том числе встраиваемым, барьерам искрозащиты, системам диагностики и противоаварийной защиты. Современные контроллеры (моноблочные, модульные и РС совместимые) обладают высоким быстродействием, большим объемом па-

мяти, встроенными многоканальными регуляторами и способны осуществлять сбор, обработку и формирование регулирующих воздействий по многим каналам. Для сбора информации от датчиков и передачи регулирующих воздействий на исполнительные механизмы, которые находятся во взрывоопасной зоне, используются пассивные и активные барьеры искрозащиты с гальванической изоляцией как входов/ выходов, так и цепей питания. При этом сами контроллеры и барьеры искрозащиты располагаются во взрывобезопасной зоне, как правило, в операторском помещении.

Таким образом, необходимость в пневматических регуляторах, располагаемых ранее во взрывоопасных зонах, была утрачена. Вторичные пневматические показывающие и регистрирующие приборы, которые также располагались во взрывоопасных зонах, уступили место взрывозащищенным мониторам, рабочим станциям, безбумажным самописцам и др. аппаратуре взрывозащитного исполнения.

В результате этого сегодня основными элементами пневмоавтоматики остаются системы пневмопривода — пневматические регулирующие клапаны с мембранными исполнительными механизмами, проходные и трехходовые пневматические запорные клапаны, поршневые исполнительные механизмы. В пневматических регулирующих клапанах используются сплошные, пустотелые и шаровые сегментные клапаны с равнопроцентной или линейной характеристикой. Шаровые сегментные клапаны обеспечивают диапазон регулирования расходов до 100:1 (например, клапан 3310 фирмы Samson). Проходные и трехходовые клапаны продолжают находить большое применение в регуляторах температуры прямого действия, а также в регуляторах давления прямого действия, регуляторах расхода и перепада давления прямого действия.

В настоящее время ряд зарубежных фирм таких, как FESTO (Германия), SMS (Япония), ENOTS (Англия), SAMSON (Германия), HI-FLEX (Финляндия), ASCO/Jocomatic, PARKER, CAMOZZI и др., имеющие свои представительства во многих развитых странах, сосредоточили в своих руках разработку и выпуск оборудования пневмоприводов, управляемых от ПЭВМ и контроллеров. В этих фирмах налажен массовый выпуск основных компонентов силовых пневмосистем, в состав которых входят технические средства подготовки сжатого воздуха, пневмораспределители, пневмоцилиндры и контрольно-измерительная аппаратура (рис. 2).



Рис. 2



Рис. 3

Так, фирма SAMSON выпускает большую серию регулирующих клапанов (проходных, трехходовых, угловых с Ду 15...200 мм и более), пневматические и электропневматические позиционеры, электропневматические преобразователи, датчики положения, концевые выключатели и пр. К числу выпускаемых цифровых позиционеров относятся

HART-позиционер, PROFIBUS-PA позиционер и FOUNDATION Fieldbus-позиционер (рис. 3). На рис. 4 представлен общий вид электропневматического позиционера 3730-2 фирмы Samson. Дальнейшим развитием позиционеров является установка в искрозащитные позиционеры функциональных блоков, придающих позиционеру функции регулятора процесса. При этом заданное значение параметра регулятор получает от станции управления, а текущее значение регулируемого параметра — непосредственно от датчика. К числу таких позиционеров относится Foundation Fieldbus-позиционер фирмы Samson. Применение барьеров взрывозащиты, устанавливаемых непосредственно в герметичный корпус позиционера, позволяет расширить возможности клапана за счет обработки сигналов концевых датчиков, перенастройки клапана и др.

Среди отечественных производителей пневматических клапанов отметим ПНФ "ЛГ автоматика", которая выпускает отсечные (запорные), регулирующие-отсечные и клеточные регулирующие клапаны с Ду 10...200 мм и условной пропускной способностью 0,06...630 м³/ч на условное давление 1,6...16 МПа (марки КМР, КМО, КМРО), футерованные клапаны для агрессивных сред (УИФ, МИУФ), клапаны высокого давления до 40 МПа (КВДР, КВДО), виброустойчивые угловые клапаны, регулирующие клапаны для малых расходов (ПОУ-7М, ПОУ-8М, ПОУ-9М) и др. Для взрывоопасных производств клапаны комплектуются позиционерами SIPART PS2 фирмы Siemens.

Характеристики пневмоприводов находятся в пределах: диаметр поршня 0,008...0,5 м, величина перемещения



Рис. 4

*Верю в прогресс:
в будущем изобретут машины
для чтения мыслей, еще не пришедших в голову.*

Станислав Ежи Лец

штока с поршнем до 3 м, давление питания в пределах 0,4...1,0 МПа (в отдельных случаях до 10 МПа), скорость перемещения — до 3 м/с, число циклов доходит до 10 млн.

В настоящее время ввиду достижения высоких показателей надежности и безопасности исполнительные устройства пневмоавтоматики находят широкое применение при создании промышленных роботов, управляемых ПЛК с помощью электропневматических преобразователей.

Например, лабораторией пневмоавтоматики Санкт-Петербургского государственного технологического института созданы роботы типа ПР5-2Э, работающие в совместном цикле и управляемые программируемым микроконтроллером типа МКП-1.

Как в России, так и за рубежом ряд фирм США, Франции, Японии, Италии, Швеции и др. стран наряду с электро- и гидроуправлением выпускают гамму роботов с пневмоприводом для обрабатывающих и сборочных производств. Это роботы РМ-12 фирмы КИКА, MNU 500 фирмы BOSH (Германия), UNIMATE фирмы KAWASAKI (Япония), E-401 фирмы VERSATRAN (Япония), AUTOPLACE фирмы AUTO-PLACE (США), MECMAN (Франция) и др. Современные сборочные роботы, например, моделей РС-4, РС-5, "Вектор" РС-222 имеют цифровой пневмопривод и систему управления, обеспечивающую связь рабочего цикла сборочного робота с циклом работы обслуживаемого технологического оборудования. Такие роботы успешно применяются в гибких производственных системах (ГПС) сборочных машиностроительных производств [9, 10] и, наряду с другим оборудованием, входят в интегрированные производственные системы, управляемые с помощью ЭВМ.

Таково положение дел в пневмоавтоматике сегодня. Что же можно прогнозировать в будущем? Мысленно продолжая вектор развития пневмоавтоматики можно предположить дальнейшее расширение пневматических исполнительных механизмов за счет еще большей интеграции функциональных узлов клапанов, повышение

быстродействия и надежности за счет применения новых материалов, повышение командных давлений, использование адаптивных и нейросетевых регуляторов, повышение долговечности за счет диагностики и самоочистки узлов, находящихся в контакте с агрессивной средой. Наконец, можно предположить с известной долей фантазии, что сверхвысокая надежность системы при управлении, например, летательными аппаратами (самолет, ракеты, зонд и пр.) в условиях полного выхода из строя электрообеспечения может быть достигнута только за счет пневматического контроллера с питанием от баллона сжатого воздуха. Остается надеяться, что до этого дело не дойдет, и сложные алгоритмы управления будут формироваться электронными системами.

Список литературы

1. Березовец Г.Т., Малый А.Я., Наджафов Э.М. Приборы пневматической агрегатной унифицированной системы и их использование для автоматизации производственных процессов. М.: Гостехиздат. 1962.
2. Берендс Т.К., Ефремова Т.К., Тагаевская А.А., Таль А.А. Элементный принцип в пневмоавтоматике // Приборостроение. 1963. №11.
3. Системы и устройства пневмоавтоматики /Под ред. А.А. Таля. М.: Наука. 1969.
4. Богачева А.В. Пневматические элементы систем автоматического управления. М.: Машиностроение. 1996.
5. Берендс Т.К., Ефремова Т.К., Тагаевская А.А., Юдицкий С.А. Элементы и схемы пневмоавтоматики. М.: Машиностроение. 1976.
6. Герц Е.В., Крейкин Г.В. Расчет пневмоприводов. Справочное пособие. М.: Машиностроение. 1975.
7. Герц Е.В. Динамика пневматических систем машин. М.: Машиностроение. 1985.
8. Попов Д.Н. Механика гидро- и пневмоприводов. М.: Изд. МГТУ им. Баумана. 2002.
9. Алексеев П.И., Герасимов А.Г., Давыденко Э.П. и др. Гибкие производственные системы сборки / Под общ. ред. Федотова А.И. Л.: Машиностроение. 1989.
10. Замятин В.К. Технология и оснащение сборочного производства машиноприборостроения. Справочник. М.: Машиностроение. 1995.

Соколов Михаил Васильевич — канд. техн. наук, доцент, Харазов Виктор Григорьевич — д-р техн. наук, проф. кафедры автоматизации процессов химической промышленности Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). Контактный телефон (812) 495-47-53. E-mail: kharazov@vh8465.spb.edu

ПНЕВМОСТРОВА Festo

ООО "Фесто-РФ"

Представлено понятие пневмоострова. Указаны области применения пневмоостровов, их конструктивные особенности, типы электрического подключения. Рассмотрены технические и конструктивные особенности нового пневмоострова VTSA тип 44 по стандарту ISO 15407-2. Приведены примеры применения пневмоостровов компании Festo в молочной промышленности.

Пневмоостров! Еще недавно это слово вызывало в лучшем случае недоумение у российских специалистов, а теперь эти устройства широко известны не только по импортным машинам, но и активно используются при проектировании отечественного производственного оборудования.

С появлением пневматических систем с несколькими распределителями возникло желание сократить ме-

сто и время их монтажа, число используемых фитингов и шлангов, а также обеспечить быструю замену без демонтажа фитингов и шлангов. Так появились блоки распределителей на различных коллекторах с общим питанием сжатым воздухом и сбросом в атмосферу. Такая "пневматическая интеграция" позволяет экономить пространство, сократить число штуцеров, тройников, глушителей и шлангов и облегчить обслуживание рас-