

Пневматические преобразователи (датчики) и измерительные системы.

В основе пневматического метода измерения размеров лежит зависимость расхода воздуха через контролируемое отверстие или зазор между торцом измерительного сопла и поверхностью контролируемой детали от величины этого зазора или площади поперечного сечения отверстия.

По способу измерения расхода воздуха все пневматические измерительные устройства делятся на устройства, в которых измеряется изменение давления (манометрические), и устройства, измеряющие изменение скорости воздушного потока (ротаметры). Большинство пневматических измерительных устройств принадлежит к первой группе.

Весовой расход воздуха через измерительный зазор устройства зависит от избыточного давления и площади проходного сечения зазора:

$$G = \mu(p, f_2), \quad (\text{III.33})$$

где p — избыточное давление воздуха; f_2 — площадь поперечного сечения выходного зазора (отверстия).

Давление воздуха, подводимого к пневматической измерительной системе, должно быть постоянным, тогда расход воздуха будет зависеть только от изменения измеряемой величины.

Принципиальные схемы пневматических измерительных устройств с измерением давления изображены на рис. III.12. Воздух под постоянным давлением $H = \text{const}$ подается по трубопроводу 2 через входное сопло 1 в измерительную камеру 4 и вытекает из нее в атмосферу через выходное, или измерительное, сопло 5, которое в первой схеме (рис. III.12, а) является отверстием контролируемого жиклера. Измерительное давление h в камере 4 определяется соотношением площадей проходных сечений входного f_1 и измерительного f_2 сопел и давлением H на входе:

$$h \approx H / [1 + (\alpha_2 / \alpha_1)^2 (f_2 / f_1)^2], \quad (\text{III.34})$$

где α_1 — коэффициент расхода входного сопла; α_2 — коэффициент расхода измерительного сопла.

Считая $\alpha_2 / \alpha_1 \approx 1$, получим

$$h = H / [1 + (f_2 / f_1)^2]. \quad (\text{III.35})$$

При $H = \text{const}$ и $f_1 = \text{const}$ измерительное давление $h = \varphi(f_2)$, т. е. оно является функцией переменной площади проходного сечения контролируемого жиклера 5. Давление отсчитывается по манометру 3, подключенному к камере 4. Если против измерительного сопла 5 расположена поверхность контролируемой детали 6 (рис. III.12, б), то площадью проходного сечения будет площадь кольцевого зазора между торцом измерительного сопла и поверхностью контролируемой детали

$$f_2 = \pi d_2 z,$$

где d_2 — внутренний диаметр измерительного сопла; z — измерительный зазор — зазор между торцом измерительного сопла и контроли

руемой деталью, величина которого определяет отклонение действительного размера l детали. В этом случае

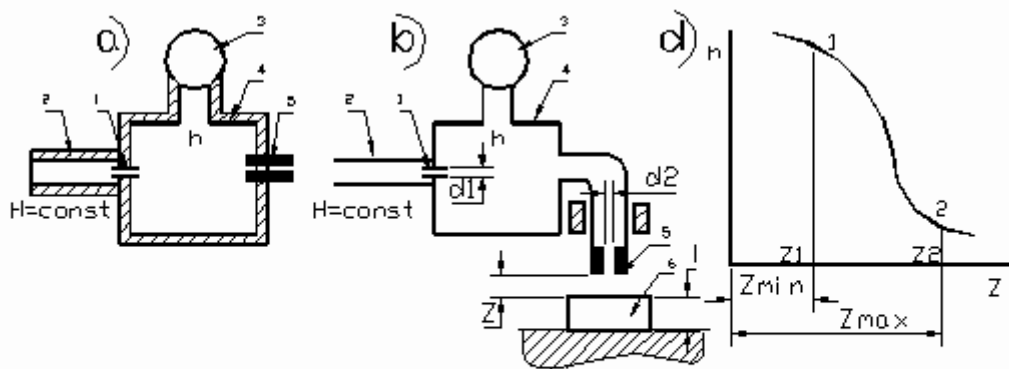


Рис. III.12. Принципиальные схемы и характеристика пневматической измерительной системы с измерением давления

$$h = f(z). \quad (\text{III.36})$$

Графически эта зависимость изображена на рис. III.12, в, ее называют статической характеристикой пневматического измерительного устройства.

Крутизна (тангенс угла, наклона) кривой, т. е. производная от функции $f_1(z)$ по z , является передаточным отношением устройства

$$K = dh/dz, \quad (\text{III.37})$$

которое характеризует изменение измерительного давления h при изменении измерительного зазора на определенную величину.

Обычно для работы пневматических измерительных устройств используется часть характеристики, близкая к прямолинейной с максимальной крутизной, ограниченная точками 1 и 2. Тогда отрезок по оси абсцисс $z_2 - z_1$ определяет предел измерения системы. Предел измерения и крутизна прямолинейного участка характеристики пневматического измерительного устройства с измерением давления зависят в основном от диаметров входных и измерительных сопел и в меньшей степени от рабочего давления H . С увеличением диаметра входного сопла d_1 при $d_2 = \text{const}$ и $H = \text{const}$ предел измерения увеличивается и передаточное отношение падает. Таким образом, предел измерения и передаточное отношение пневматического измерительного устройства с измерением давления могут изменяться в широких пределах сменой сопел.

Максимальный зазор, при котором теоретически сохраняется, зависимость h от z , определяется неравенством

$$\pi d_2^2 z \leq \pi d_1^2 / 4, \quad (\text{III.38})$$

следовательно, $z_{\text{max}} = 0,25 d_2^2$.

Пневматические дифференциальные сильфонные датчики конструкции БВ (мод. 235) серийно выпускаются заводом “Калибр” (рис. III.13). Чувствительным элементом этих датчиков являются сильфоны (металлические гофрированные пружины) 1 и 8. Внутренние торцы сильфонов заделаны в воздухораспределителе 7 датчика, жестко закрепленном в его корпусе 14, внешние об-фазуют подвижную систему датчика, будучи связаны тягами 12, заделанными в пластинах 13, которые подвешены к корпусу 14 на плоских пружинах 11. Очищенный воздух стабилизированного давления H подается по каналу 21 к входным соплам 5 и вступает далее в сильфоны 1 и 8. При работе по дифференциальной схеме к обоим каналам 10 и 2 присоединяется измерительная оснастка, с помощью которой определяются отклонения контролируемых размеров.

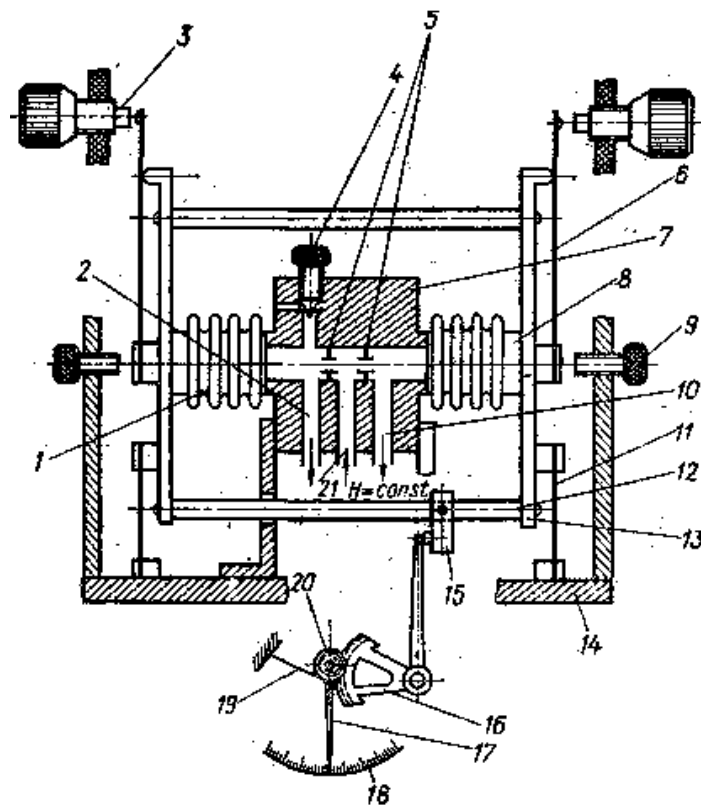


Рис. III.13. Схема дифференциального сильфонного датчика БВ

При работе по схеме с противодавлением канал 2 заглушается и к сильфону 1 подключается узел противодавления 4, измерительная оснастка — к каналу 10 и сильфону 8. Разность рвлений в сильфонах 1 и 8 приводит к перемещению их внешних торцов и всей подвижной системы. На тяге 12 крепится поводок 15, связанный с рычажно-зубчатой передачей 16, 20 и стрелкой 17 показывающего устройства. Волосок 19 устраняет мертвый ход в зубчатой передаче. С подвижной системой датчика связаны пластины 6 с электрическими подвижными контактами. Неподвижные регулируемые контакты 3 закреплены в корпусе 14. При достижении предельных размеров детали подвижная система датчика замыкает соответствующую пару контактов. Отсчет действительных размеров производится по шкале 18 датчика. Ход сильфонов ограничен упорами 9. В этом датчике установлено шесть контактов; число делений шкалы ± 40 , рабочее давление $(1 \div 2) \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$. Цена деления зависит от настройки датчика и может изменяться от 0,0002 до 0,002 мм; предельная погрешность прибора $\pm 10 \text{ мм вод. ст.}$

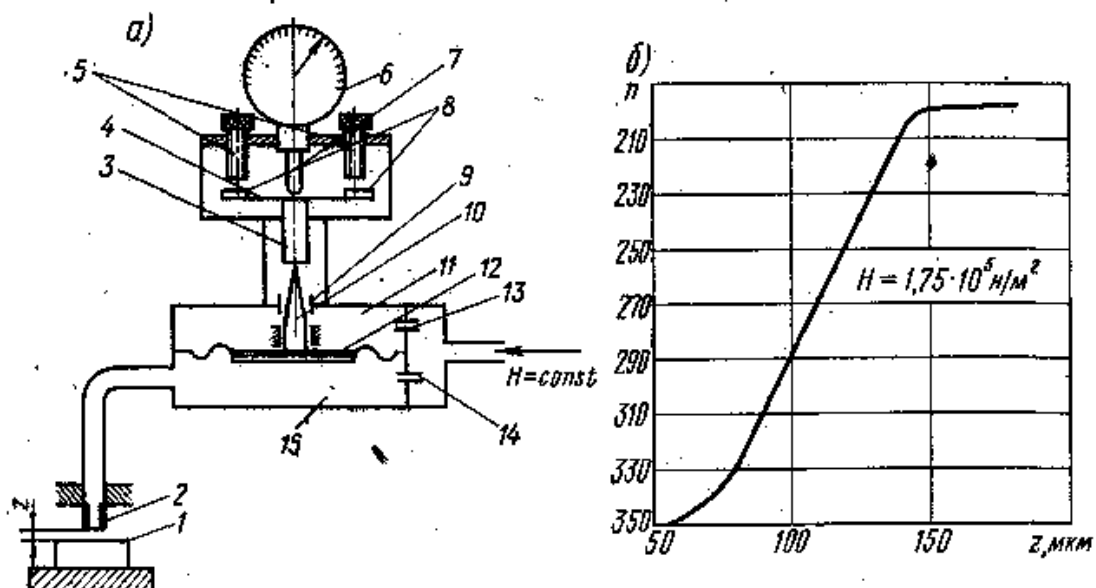


Рис. III. Самобалансирующий дифференциальный датчик

В самобалансирующемся пневмоэлектроконтактном мембранном датчике применена дифференциальная самобалансирующаяся пневматическая система нулевого перепада, принципиальная схема которой изображена на рис. III.14, а. Система представляет собой самобалансирующийся уравновешенный пневматический мост, работающий следующим образом: очищенный и стабилизированный по давлению воздух поступает к входным соплам 13 и 14 системы и далее в измерительную 15 и компенсационную 11 камеры, которые разделены мембраной 12. На мембране закреплена коническая игла 10, которая во время перемещения изменяет площадь проходного сечения компенсационного сопла 9. Измерительное сопло 2 связано с измерительной камерой 15. При данном измерительном зазоре z мембрана 12 занимает такое положение, при котором расход через измерительное сопло 2 системы равен расходу через зазор между конической иглой 10 и соплом 9. В этом случае давления в камерах 15 и 11 равны.

Колебание размера детали 1 вызывает изменение измерительного зазора z и давления в измерительной камере 15. При этом равенство давлений в камерах нарушается и мембрана 12 вместе с конической иглой 10 начинает перемещаться в направлении равнодействующей до тех пор, пока давление в компенсационной камере не станет равным величине давления в измерительной камере. Величина перемещения мембраны и конической иглы пропорциональна величине изменения размера контролируемой детали (измерительного зазора z), оно измеряется с помощью индикатора 6 часового типа, измерительный стержень 7 которого опирается через промежуточный штифт 3 на коническую иглу. Штифт 3 несет контактную пластину 4, на которой расположены подвижные контакты 8 датчика. В верхней крышке датчика закреплены настрочные винты 5 с регулируемыми контактами.

Чувствительность самобалансирующейся системы при заданном диаметре измерительного сопла и равных диаметрах входных сопел зависит только от угла конуса иглы 10 и не зависит от величины зазора.

Системы, основанные на принципе самобалансирующегося моста, имеют более высокую точность, чем устройства с чувствительными упругими элементами (трубки Бурдона, сильфоны и др.), так как явления упругого последействия и гистерезиса этих элементов вносят дополнительные погрешности в результаты измерений. Передаточное отношение системы может меняться в широких пределах путем изменения угла конуса иглы компенсационного клапана. Время срабатывания (инерционность) приборов, основанных на принципе самобалансирующегося моста, значительно меньше, чем других приборов с измерением давления благодаря возможности работы на больших измерительных зазорах и малому объему камеры. Из-за нулевого перепада давлений и мостовой схемы нестабильность рабочего давления оказывает незначительное влияние на погрешность прибора. Неравномерность распределения зазоров при двухсопловой измерительной оснастке (калибр — пробка и др.) в меньшей мере сказывается на погрешности измерений, чем в других дифференциальных пневматических устройствах.

Конструкция приборов и датчиков проста и технологична. Существуют две модификации датчиков мод. 244 и 245, выпущенных заводом “Калибр”. Они различаются числом контактных пар. Первый имеет три, а второй — шесть контактов.

Статическая характеристика датчика мод. 244 с ценой деления $i = 0,5$ мкм, исследованного в МАМИ, изображена на рис. III.14, б. Датчик имеет прямолинейный участок характеристики при $z_{\max} = 140$, $z_{\min} = 75$ мкм и $z_{\text{ср}} = 107,5$ мкм при пределе измерения 65 мкм. По оси ординат графика отложены деления шкалы прибора; а по оси абсцисс — зазор z .

Одним из основных условий надежной работы пневматических измерительных устройств является обеспечение их тщательно очищенным сжатым воздухом постоянного давления. Источником питания служит, как правило, заводская пневматическая сеть, реже применяются индивидуальные компрессоры. Воздух, поступающий от источников питания, содержит большое количество пыли, частицы и пары влаги и масла.

Фильтры разнообразных конструкций очищают воздух, поступающий в пневматические приборы, от влаги, масла и пыли, предохраняя входные и измерительные сопла, а также регуляторы противодействия от засорения. Завод “Калибр” серийно выпускает фильтр мод. ТФ-17-11, разработанный БВ и КБ завода. Расход воздуха через фильтр при давлении в сети $3 \cdot 10^5$ н/м² составляет

8 м³/ч, величина твёрдых частиц в воздухе после фильтрации не превышает 0,2 мкм, габариты фильтра 98 × 150 мм, вес его 9,3 н.

Наряду с индивидуальными фильтрами БВ разработаны также групповые фильтры, рассчитанные на очистку воздуха для группы приборов. ОКБ созданы комплексные установки (станции) подготовки воздуха для группы приборов и автоматов [9].

В БВ были проведены широкие исследования точности стабилизаторов давления воздуха. В результате исследований БВ и заводом “Калибр” разработана новая конструкция стабилизатора с усилителем ТФ-17-12.