

Лабораторная работа №3 Поверка пружинных манометров

1 Цель работы

Ознакомиться с принципом действия и конструкцией пружинных и грузопоршневого манометров. Выполнить поверку манометра с одновитковой трубчатой пружиной, а также датчика давления МС-П1 система ГСП в комплекте с вторичным прибором.

2 Устройство и работа манометров

В качестве упругих чувствительных элементов пружинных манометров и датчиков давления ГСП используют одновитковую или многовитковую трубчатые пружины, упругую мембрану или мембранную коробку, сильфон или вялую с пружиной (рис.14).

Манометры с одновитковой трубчатой пружиной (рис.15). В этих манометрах, имеющих наибольшее распространение среди пружинных приборов, чувствительным элементом является трубчатая пружина 2, представляющая собой полую трубку овального или эллиптического сечения, согнутую по дуге окружности на $180-270^\circ$. При этом малая ось эллипса трубки расположена параллельно, а большая ось – перпендикулярно плоскости чертежа. Один конец трубчатой пружины жестко соединен с держателем 1, укрепленным винтами в круглом корпусе 3 манометра. Держатель имеет резьбовой ниппель с отверстием, предназначенный для крепления прибора на трубопроводе или аппарате, в котором измеряется давление. Свободный конец трубчатой пружины 2 закрыт пробкой 6 с шарнирной осью и запаян. Посредством поводка свободный конец пружины связан с передаточным механизмом 7, состоящим из зубчатого сектора и сцепленной с ним шестеренки, на оси которой насажена стрелка 4.

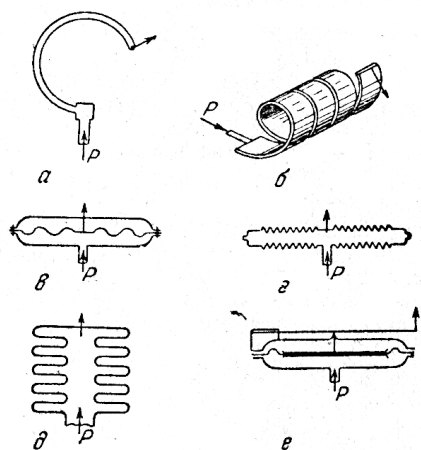


Рис. 14. Упругие элементы пружинных манометров и датчиков давления ГСП;
а — одновитковая трубчатая пружина; *б* — многовитковая трубчатая пружина (геликоидальная); *в* — упругая мембрана; *г* — мембранная коробка; *д* — гармониковая мембрана (сильфон); *е* — вялая мембрана с пластинчатой пружиной.

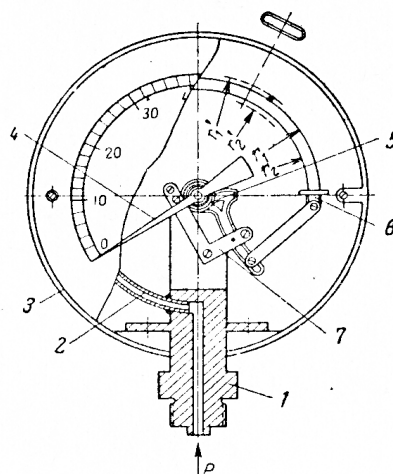


Рис. 15. Манометр с одновитковой трубчатой пружиной:
 1 - держатель; 2 - трубчатая пружина; 3 - корпус; 4 - стрелка; 5 - спиральный волосок; 6 - пробка; 7 - передаточный механизм.

Для устранения мертвого хода стрелки, вызванного наличием люфтов в соединениях, передаточный механизм снабжен упругим спиральным волоском 5. Внутренний конец волоска крепится на оси стрелки, а внешний – на неподвижной плате механизма. Волосок постоянно прижимает шестеренки со

стрелкой в направлении, противоположном перемещению звеньев механизма под действием давления, вследствие чего устраняется влияние люфтов в соединениях и стрелка прибора начинает перемещаться одновременно с отклонением чувствительного элемента.

Под действием давления среды, сообщаемой с внутренней полостью трубчатой пружины, последняя несколько распрямляется, свободный конец ее перемещается и тянет за собой поводок, который через передаточный механизм вызывает перемещение стрелки по шкале прибора. Раскручивание трубчатой пружины, согнутой по дуге окружности, связано с тем, что при подаче давления она стремится превратить свое эллиптическое сечение в круглое. При этом малая ось эллипса, расположена в плоскости чертежа, увеличивается и волокна пружины, находящиеся на радиусе r_1 , переходят на больший радиус окружности r_1' , а волокна находящиеся на радиусе r_2 , переходят на меньший радиус r_2' . Так как длина трубчатой пружины остается неизменной, а один ее конец жестко заделан в держателе, то в пружине возникают внутренние напряжения, приводящие к ее раскручиванию и перемещению свободного конца. Последний и, следовательно, стрелка прибора перемещается пропорционально изменению измеряемого давления, поэтому манометр имеет равномерную шкалу.

Манометры с одновитковой трубчатой пружиной подразделяются на образцовые, контрольные и технические с классами точности 0,2-4 и верхними пределами измерения $6,0 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ (от 0,6 до 16000 кгс/см^2). Приборы выполнены в корпусах диаметрами 40-250мм. На базе этих манометров выпускаются вакуумметры и мановакуумметры.

Датчик давления МС-П1 является унифицированным прибором пневматической ветви ГСП. Датчик предназначен для непрерывного преобразования величины измеряемого избыточного давления газов или жидкостей в пропорциональный пневматический сигнал давлением от 19,6 до 98 кН/м^2 ($0,2-1,0 \text{ кгс/см}^2$).

Датчик давления, схематически изображенный на рис. 16, состоит из измерительного блока и унифицированного пневмосилового преобразователя. Чувствительным элементом измерительного блока этого прибора является сильфон. Унифицированный преобразователь, построенный на принципе пневматической силовой компенсации, включает в себя управляющее устройство «сопло-заслонка» с системой рычагов, усилитель и сильфон

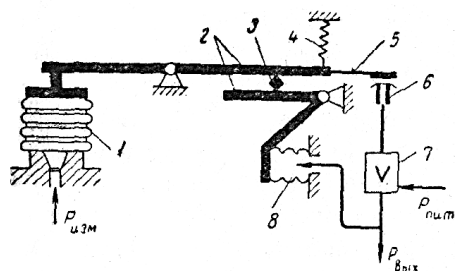


Рис. 16. Схема датчика давления МС-П1:

1—сильфон измерительного блока; 2—рычаги; 3—подвижная опора; 4—пружина; 5—заслонка; 6—сопло; 7—усилитель; 8—сильфон обратной связи.

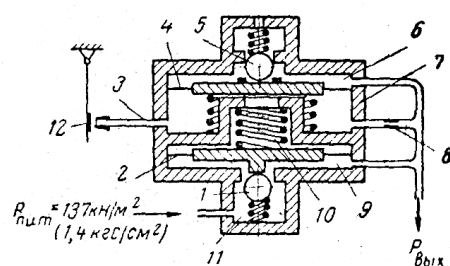


Рис. 17. Схема усилителя датчика МС-П1:

1, 5—шариковые клапаны; 2, 4—мембраны; 3—сопло; 6, 7, 9, 11—камеры; 8—постоянный дроссель; 10—пружина; 12—заслонка.

обратной связи.

Измеряемое давление подводится к сильфону 1 измерительного блока. При изменении измеряемого давления происходит небольшое перемещение рычажной системы 2 и заслонки 5 относительно сопла 6. Система «сопло-заслонка» преобразует это перемещение в сигнал давления сжатого воздуха, поступающий на усилитель 7. Выходной сигнал $P_{изм}$ с усилителя направляется в пневматическую линию ко вторичному прибору и в сильфон обратной связи, уравнивающей с помощью системы рычагов измеряемого давления $P_{изм}$. Регулирование диапазона измерений прибора может осуществляться изменением в пределах 1:10 его передаточного отношения посредством перемещения опоры 3 вдоль рычагов 2. Начальное значение выходного сигнала $19,6 \text{ кН/м}^2$ (или $0,2 \text{ кгс/см}^2$) устанавливается при помощи пружины-корректора нуля 4.

Схема усилителя прибора приведена на рис. 17. Воздух питания под давлением $1,4 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ ($1,4 \text{ кгс/см}^2$) поступает в камеру высокого давления 11, откуда через шариковый клапан 1 направляется в камеры 6 и 9, а также через постоянный дроссель 8 в камеру 7 и к соплу 3. При полностью открытом сопле 3, благодаря жесткости пружины 10 и действию воздуха на эффективную площадь мембраны 2, в камерах 6 и 9 поддерживается давление, равное $(3,0-6,7) \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$ (30-50 мм рт. ст.). Когда же измеряемое давление $P_{изм}$ увеличивается, заслонка 12 приближается к соплу 3, вызывая возрастание давления в камере 7. При этом мембрана 4 закрывает шариковый клапан 5 сброса воздуха в атмосферу, мембрана 2 открывает шариковый клапан и давление $P_{вых}$ увеличивается до восстановления равновесия сил на мембранах 2 и 4.

В случае уменьшения измеряемого давления $P_{изм}$ заслонка 12 отходит от сопла 3, силы на мембранах действуют в обратном направлении и $P_{вых}$ уменьшается.

Пределы измерения датчиков давления МС-П1 от 0-39,2 до 0-392 кН/м^2 (от 0-0,4 до 0-4 кгс/см^2); классы точности – от 0,6 до 1,6.

3 Описание установки и методика проведения работы

Проверка пружинных манометров производится сравнением показаний поверяемого прибора с действительным давлением, измеряемым образцовыми пружинами, поршневыми или другими манометрами. Применение того или иного образцового манометра зависит от предела измерения поверяемого прибора. При этом допустимая погрешность образцового манометра должна быть по крайней мере в четыре раза меньше допустимой погрешности поверяемого прибора.

Приборы необходимо проверять в том положении, в котором они находятся в рабочем состоянии. Давление, передаваемое на поверяемый и образцовый приборы в соответствии с их пределами измерения, создают обычно прессом, грузопоршневым манометром, сжатым воздухом или столбом жидкости. Ниже приведены примеры проверки различных манометров.

А. Поверка манометра с одновитковой трубчатой пружиной.

Поверка технических манометров с одновитковой трубчатой пружиной обычно производится посредством грузопоршневых манометров.

Образцовый грузопоршневой манометр (рис. 18) представляет собой вертикальный цилиндр 8 с тщательно пригнанным стальным поршнем 5, на верхнем конце которого закреплена тарелка 7 для укладки грузов 6, имеющих форму дисков. Вверху цилиндра 8 находится воронка 4, служащая для заполнения прибора легким минеральным маслом. Прибор имеет поршневой пресс 1 с манжетными уплотнениями. Для установки поверяемых пружинных манометров предназначены штуцеры 3 и 10. Игольчатые вентили 2, 9, 11 служат для перекрытия каналов, вентиль 12 – для спуска масла.

Создаваемое грузом давление P (в Н/м^2) равно

$$P = G / S$$

где G – вес поршня с тарелкой и грузом, S – эффективная площадь поршня, за которую принимают сумму площади сечения поршня и половину площади кольцевого зазора между поршнем и цилиндром, м^2 (обычно $S = 0.996 - 1.004$).

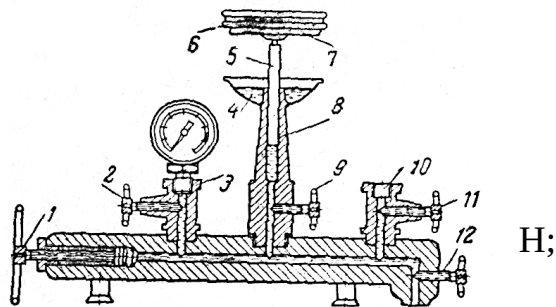


Рис. 18. Схема образцового грузопоршневого манометра:
1 – винтовой поршневой пресс (маховик); 2, 9, 11 – игольчатые вентили; 3, 10 – штуцера; 4 – воронка; 5 – поршень; 6 – груз; 7 – тарелка; 8 – цилиндр; 12 – вентиль для спуска масла.

Н;

СМ

При поверке манометров с пределами шкалы до $2,5 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ (25 кгс/см^2) их присоединяют к штуцерам 3 или 10. Игольчатые вентили 2, 9, 11 открывают и на тарелку поршня помещают грузы в количестве, соответствующем первой поверяемой отметке шкалы манометра. При этом, вращая маховик пресса 1, поддерживают глубину погружения поршня в пределах 0,5-0,7 его длины.

Для поверки последующих отметок шкалы добавляют соответствующее количество грузов и снова производят отсчет показания. Комплект грузов, прилагаемый к прибору, обычно состоит из 24 грузов весом по 9,8 Н (1кгс) каждый и одного груза весом 4,9 Н (0,5кгс).

При поверке манометров с пределами шкалы $25-250 \text{ кгс/см}^2$ ($2,5 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 - 2,5 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$) сообщение пресса с внутренней полостью цилиндра 8 перекрывают посредством вентиля 9, а к одному из штуцеров 3 или 10 присоединяют соответствующий пружинный образцовый манометр. Необходимое давление при этом создается вращением маховика пресса 1.

Закончив поверку при возрастающем давлении, выдерживают поверяемый прибор под давлением на предельной отметке его шкалы в течение 5 мин. Затем выполняют аналогичные измерения при обратном ходе, т. е. с постепенным понижением давления, снимая последовательно грузы с тарелки поршня.

Определение погрешности и вариации показаний поверяемого манометра с одновитковой трубчатой пружиной выполняется сравнением его с показаниями образцового поршневого манометра, принимаемыми за действительные значения измеряемой величины. Поверка производится не менее чем в пяти отметках, распределенных равномерно в пределах шкалы поверяемого манометра.

Полученные экспериментальные данные заносят в табл. 9. и по ним рассчитывают абсолютные и приведенные относительные погрешности прибора, а также вариации его показаний.

Б. Поверка датчика давления МС-П1 в комплект со вторичным прибором. Эта поверка выполняется на установке, схема которой показана на рис. 19. Сжатый воздух из линии питания через фильтр 1 и редуктор 2

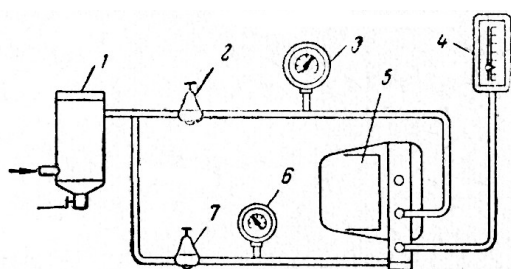


Рис. 19. Схема установки для поверки датчика давления МС-П1 в комплекте с вторичным прибором:
1—фильтр; 2, 7—редукторы; 3—образцовый манометр; 4—вторичный прибор; 5—датчик давления МС-П1; 6—технический манометр.

одновременно направляется к поверяемому датчику давления 5 и к образцовому манометру 3 с одновитковой трубчатой пружиной. Для подачи давления питания в датчик предусмотрен редуктор 7 и технический манометр 6. В качестве вторичного прибора в работе использован пневматический прибор ПВ 1.3 (4).

Вторичный показывающий прибор ПВ1.3 предназначен для непрерывного показания по шкале одного параметра,

величина которого пропорциональна давлению сжатого воздуха в пределах $19.6-98 \text{ кН/м}^2$ ($0,2-1,0 \text{ кгс/см}^2$).

Схема измерительного устройства прибора приведена на рис. 20. Действие прибора основано на компенсационном принципе измерения,

Таблица 9

Результаты поверки шкалы манометра

Показания		Погрешности				Вариации	
Образцово го манометра , кгс/см^2 (10^{-5} Н/м^2)	Абсолютные, кгс/см^2 (10^{-5} Н/м^2)	Приведенные относительные ,%		Приведенные относительные, %			
		Абсолютные, кгс/см^2 (10^{-5} Н/м^2)					
Поверяемо го манометра , кгс/см^2 (10^{-5} Н/м^2)	Прямо й ход	Обрат ный ход	Прямой ход	Обра тный ход	Прям ой ход	Обра тный ход	

заключающемся в уравнивании усилий, возникающих на приемном элементе – сильфоне 1 от входного давления и силовом элементе 5 от давления

сжатого воздуха питания, равного $1,4 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ ($1,4 \text{ кгс/см}^2$). Последний поступает в пневматическую линию прибора, связывающую сопло 2 с силовым элементом 5.

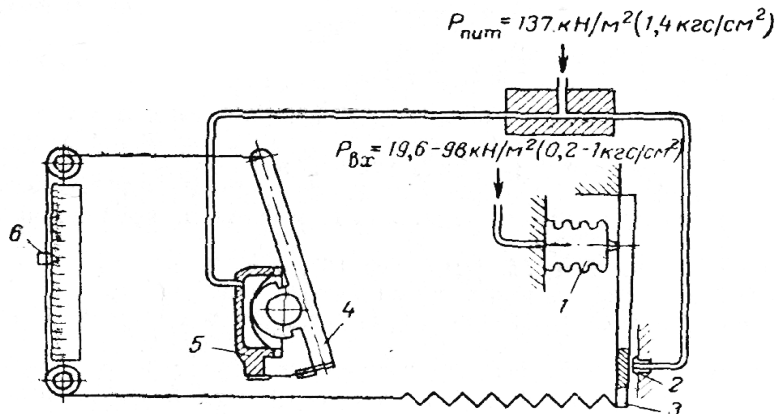


Рис. 20. Схема вторичного прибора ПВ1.3:
1 — сиффон; 2 — сопло; 3, 4 — рычаги; 5 — силовой элемент; 6 — указатель.

Изменение измеряемого параметра (в виде давления сжатого воздуха) вызывает перемещение дна сиффона 1 и связанного с ним рычага 3. При этом изменяется зазор между соплом 2 и заслонкой, находящейся на нижнем конце рычага 3, что приводит к изменению давления сжатого воздуха в линии сопла 2 и в силовом элементе 5. В результате изменяется

величина прогиба чашечной мембраны силового элемента 5, что вызывает перемещение рычага 4, связанного посредством тросика и пружины обратной связи с нижним концом рычага 3.

Таким образом, на рычаге 3 уравниваются усилия, возникающие на приемном и силовом элементах. Изменение величин этих усилий приводит к пропорциональному изменению степени сжатия пружины обратной связи. Так как нижний конец рычага 3 при работе практически не меняет положения, то изменение величин усилия вызывает пропорциональное им перемещение рычага 4, которое и передается на указатель 6 прибора.

Длина шкалы прибора 100 мм. Основная допустимая погрешность прибора не превышает $\pm 1\%$.

Проверка датчика давления МС-П1 в комплекте со вторичным прибором выполняется аналогично проверке манометра с одновитковой трубчатой пружиной. При этом изменение измеряемого давления производится с помощью редуктора 2 (см. рис. 19) и показания датчика давления в комплекте со вторичным прибором сравниваются с показаниями образцового манометра 3, принимаемыми за действительные значения измеряемой величины. Расчет величины измеряемого давления $P_{изм}$ (кгс/см^2), определяемого датчиком давления МС-П1, производят по уравнению

$$P_{изм} = \frac{P_{max}}{0.8} (P_{вых} - 0,2) \quad (27)$$

где P_{\max} - верхний предел измерения датчика МС-П1; $P_{\text{вых}}$ - давление сжатого воздуха на выходе датчика, фиксируемое вторичным прибором.

Полученные данные заносят в таблицу, аналогичную табл. 9, и рассчитывают погрешности и вариации прибора.

4 Порядок выполнения работы

А. Поверка манометра с одновитковой пружиной

1. Ознакомится с принципом действия и конструкцией манометра с одновитковой трубчатой пружиной и образцового грузопоршневого манометра.
2. Подготовить к работе установку, для чего:
 - а) установить по уровню образцовый грузопоршневой манометр;
 - б) убедиться в наличии минерального масла в грузопоршневом манометре;
 - в) закрыть вентили 2 и 11 (см. рис. 18.), отключающие пружинные манометры, и проверить плотность закрытия спускного вентиля 12;
 - г) открыть вентиль 9 и маховиком 1 установить поршень 5 в среднее положение;
 - д) установить в один из штуцеров корпуса образцового поршневого манометра поверяемый манометр с одновитковой трубчатой пружиной и включить его на поверку посредством вентиля 2 или 11.
3. Положить на тарелку поршня грузы в количестве, соответствующем первой отметке шкалы; увеличивая давление, маховиком 1 установить поршень 5 в среднее положение и сообщить ему небольшое вращательное движение.
4. Произвести отсчет показаний и полученные данные занести в табл. 9.
5. Повторить работу по пп. 3 и 4, выполнив поверку остальных отметок шкалы поверяемого манометра путем постепенного добавления на тарелку поршня грузов в необходимом количестве.
6. Выдержать поверяемый прибор на предельной отметке шкалы под давлением в течении 5 мин. и провести поверку манометра с трубчатой пружиной на тех же отметках шкалы при обратном ходе, постепенно снимая грузы с тарелки поршня.
7. Записать полученные данные также в табл. 9 и определить абсолютную и относительную приведенную погрешности, а также вариацию показаний прибора.

Б. Поверка датчика давления МС-П1 в комплекте с вторичным прибором

1. Ознакомиться с принципом действия, конструкцией датчика давления МС-П1 и методом его поверки.
2. Подать редуктором 2 (рис. 19) сжатый воздух одновременно к поверяемому датчику и образцовому манометру. Постепенно повышая давление, установить стрелку вторичного прибора, работающего в комплекте с поверяемым датчиком давления, на первую оцифрованную отметку шкалы вторичного прибора.
3. Выполнить остальные работы так же, как и в случае поверки манометра с одновитковой трубчатой пружиной.