

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ГЦИ СИ -
заместитель директора
ФГУП «ВНИИМС»



В.Н. Яншин

08 2012 г.

ДАТЧИКИ ДАВЛЕНИЯ Turbo Flow PS

Методика поверки

МП 51409-12

г. Москва
2012 г.

Настоящая методика поверки распространяется на датчики (измерительные преобразователи) давления типа Turbo Flow PS, выпускаемые в соответствии с ГОСТ 22520-85 и по технической документации ООО НПО «Турбулентность-ДОН», и устанавливает методы и средства их первичной поверки - при выпуске из производства и после ремонта и периодической поверки в условиях эксплуатации.

Интервал между поверками не более 3 лет.

Датчики предназначены для измерения и непрерывного преобразования значения измеряемого параметра: абсолютного давления, избыточного давления, разности давлений и параметров, определяемых по разности давлений (расхода, уровня, плотности) в унифицированные выходные сигналы постоянного тока и напряжения постоянного тока и/или в цифровые сигналы.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	да	да
Опробование	8.2	да	да
Определение основной погрешности	8.3	да	да
Определение вариации выходного сигнала	8.4	да	да

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2

Таблица 2

Наименование основного или вспомогательного средства поверки	Тип средства поверки	Диапазон измерения	Погрешность, класс точности
Манометр абсолютного давления	МПАК - 15	от 0,133 до 13,3 кПа; от 13,3 до 133 кПа от 133 до 400 кПа	$\pm 6,65$ Па $\pm 13,3$ Па $\pm 0,01\%$ от действительного значения измеряемого давления
Микроманометр жидкостный компенсационный с микрометрическим винтом	МКВК - 250	от 0 до 2,5 кПа	$\pm 0,02\%$ от ВПИ
Задатчик избыточного давления	Воздух-2,5	до 250 кПа	$\pm 0,02\%$ от задаваемого давления
Задатчик разрежения	Метран-503 Воздух	воспроизведение давления от минус 0,25 до минус 63 кПа	$\pm (0,4 \pm 10^{-4} \cdot P_n)$ Па в диапазоне от минус 0,25 до 4 кПа; $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления в диапазоне от минус 4 до минус 63 кПа

Калибратор давления	МЕТРАН 517	от минус 100 кПа до 60 МПа	пределы относительной погрешности от $\pm 0,02$ до $\pm 0,1$ %
Манометр грузопоршневой	МП-2,5	от 0 до 0,25 МПа	пределы относительной погрешности $\pm 0,01$ %
Манометр грузопоршневой	МП-6	от 0,04 до 0,6 МПа	пределы относительной погрешности $\pm 0,01$ %
Манометр грузопоршневой	МП-60	от 0,02 до 6 МПа.	пределы относительной погрешности $\pm 0,01$ %
Манометр грузопоршневой	МП-600	от 1 до 60 МПа	пределы относительной погрешности $\pm 0,01$ %
Барометр рабочий сетевой	БСР-1М-3	от 0,5 до 110 кПа	пределы абсолютной погрешности ± 20 Па
Вакуумметр сопротивления	АРГ-М	от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^3$ Па	пределы относительной погрешности ± 15 %
Термометр жидкостный стеклянный	по ГОСТ 28498-90	от 0 до 55 °С	цена деления шкалы 0,1°С пределы абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °С
Катушка электрического сопротивления	P331	100 Ом	класс точности 0,01
Магазин сопротивления	P33-M1	сопротивление до 99999,9 Ом.	класс точности 0,2
Магазин сопротивления	P4831-M1	сопротивление до 111111,1 Ом	класс точности 0,02 / $2 \cdot 10^{-6}$
Вольтметр универсальный	B7-73	от 0 до 20 В	пределы относительной погрешности $\pm (0,015$ % от $U + 30$ мВ), где U - значение измеряемого напряжения
Источник питания	B5-71	от 0 до 30 В	Пределы абсолютной погрешности установки ± 200 мВ

Примечание: Допускается применение других средств измерений с характеристиками не хуже приведенных в таблице 3, обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик с требуемой точностью и поверенных (аттестованных) в установленном порядке.

2.2 Все средства измерений должны быть поверены и иметь действующие свидетельства или отметки о поверке.

3 Требования к квалификации поверителей

3.1 К проведению измерений при поверке и обработке результатов измерений допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей, изучившие техническую документацию на датчик и прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

4 Требования безопасности

4.1 При проведении поверки следует соблюдать общие требования безопасности при работе с датчиками давления (ГОСТ 22520-85), а также требования по безопасности эксплуатации применяемых средств поверки, указанные в технической документации на эти средства.

5 Условия поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- | | | |
|-------|--|------------------|
| 5.1.1 | Температура окружающего воздуха, °С | 23 ± 2 |
| 5.1.2 | Относительная влажность воздуха, % | от 30 до 80 |
| 5.1.3 | Атмосферное давление, кПа | от 84,0 до 106,7 |
| 5.1.4 | Колебания давления окружающего воздуха, влияющие на результаты | |

сравнения выходного сигнала поверяемого датчика и соединенного с ним эталонного СИ, должны отсутствовать. В случаях, когда это позволяет конструкция поверяемого датчика и эталонного СИ (например, для датчиков разности давления), влияние этих колебаний может быть существенно уменьшено, для чего камеры поверяемого датчика и эталонного СИ, соединяющиеся с атмосферой, следует соединить между собой.

Импульсную линию, через которую подают измеряемое давление, допускается соединять с дополнительными емкостями, вместимость каждой из которых должна находиться в пределах от 1 до 50 литров. Влияние колебаний давления окружающего воздуха может быть также снижено при использовании эталонных задатчиков с опорным давлением.

5.1.5 Вибрация, тряска, удары, наклоны и магнитные поля, кроме земного, влияющие на работу датчика, должны отсутствовать.

5.1.6 Напряжение питания постоянного тока в пределах (5 - 24) В.

Номинальное значение напряжения питания и требования к источнику питания – в соответствии с технической документацией на датчик.

Пульсация напряжения не должна превышать ± 0,5 % значения напряжения питания.

5.1.7 Сопротивление нагрузки:

(500 ± 50) Ом - при поверке датчиков с предельными значениями выходного сигнала 0 и 20 или 4 и 20 мА;

(1200 ± 50) Ом - при поверке датчиков с предельными значениями выходного сигнала 0 и 5 мА;

не менее 20 кОм – при поверке датчиков с предельными значениями выходного сигнала 0 и 10 В;

не менее 10 кОм – при поверке датчиков с предельными значениями выходного сигнала 0,4 и 2 В;

- с цифровым выходным сигналом – в соответствии с технической спецификацией на интерфейс RS-485, RS-232.

5.1.8 Рабочая среда для датчиков с верхними пределами до 2,5 МПа включительно - воздух или нейтральный газ, более 2,5 МПа - жидкость. Допускается использовать жидкость при поверке датчиков с верхними пределами измерений от 0,4 до 2,5 МПа при условии обеспечения тщательного заполнения системы жидкостью.

5.1.9 При поверке датчиков разности давления значение измеряемого параметра устанавливают при сообщении минусовой камеры с атмосферой и подаче соответствующего избыточного давления в плюсовую камеру датчиков разности давлений. При поверке датчиков этой модификации на малые пределы измерения следует руководствоваться условиями 5.1.4 настоящего пункта. При использовании в качестве эталонных СИ задатчиков с опорным давлением следует подавать в минусовую камеру опорное давление.

6 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки датчиков должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- выдержать датчик не менее 3 ч при температуре, указанной в 5.1.1, если иное не указано в технической документации на датчик;
- выдержать датчик не менее 0,5 ч при включенном питании;
- установить датчик в рабочее положение с соблюдением указаний технической документации;
- при необходимости проверить на герметичность в соответствии с 7.1- 7.6 систему,

состоящую из соединительных линий для передачи давления, эталонных СИ и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемой величины.

7 Проверка герметичности системы для поверки датчиков

7.1 Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков давления, разности давлений, разрежения с верхними пределами измерений менее 100 кПа и датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений более 250 кПа проводят при значениях давления (разрежения), равных верхнему пределу измерений поверяемого датчика.

7.2 Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков давления-разрежения, проводят при давлении, равном верхнему пределу измерений избыточного давления.

7.3 Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков разрежения с верхним пределом измерений 100 кПа, проводят при разрежении, равном (0,9-0,95) значения атмосферного давления.

Примечание: Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 250 кПа и менее, проводят в соответствии с 7.5.

7.4 При проверке герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков, указанных в 7.1 – 7.3, устанавливают заведомо герметичный датчик или любое другое средство измерений с погрешностью измерений не более $\pm 2,5$ % от значений давления, соответствующих требованиям 7.1 – 7.3, и позволяющее зафиксировать 0,5 % изменение давления от заданного значения.

Создают в системе давление, установившееся значение которого соответствует требованиям 7.1 – 7.3, после чего отключают источник давления. Если в качестве эталонного СИ применяют грузопоршневой манометр, то его колонку и пресс также отключают.

Систему считают герметичной, если после трехминутной выдержки под давлением, равным или близким верхнему пределу измерений датчика, не наблюдают падения давления (разрежения) в течение последующих 3 минут.

При необходимости время выдержки под давлением может быть увеличено.

Допускается изменение давления (разрежения) в системе, обусловленное изменением температуры окружающего воздуха и рабочей среды в пределах $\pm (0,5 - 1) ^\circ\text{C}$.

7.5 Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 250 кПа и менее, проводят нижеследующим образом.

Устанавливают в системе заведомо герметичный датчик или любое другое средство измерений абсолютного давления, отвечающее требованиям к СИ в соответствии с 7.4. Создают в системе абсолютное давление не более 0,07 кПа и поддерживают его в течение 3 минут, после чего отключают устройство, создающее абсолютное давление, и эталонное СИ при необходимости (например, отключают колонки грузопоршневого манометра).

После 3 минут выдержки изменение давления не должно превышать 0,5 % верхнего предела измерений поверяемого датчика.

7.6 Проверку герметичности системы рекомендуется проводить при давлении (разрежении), соответствующем наибольшему давлению (разрежению) из ряда верхних пределов измерений поверяемых датчиков.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре датчика устанавливают:

- соответствие его внешнего вида технической документации и отсутствие видимых дефектов;
- наличие и состояние клеммных колодок и (или) разъемов для внешних соединений,

устройства для регулировки «нуля», клемм контроля выходного сигнала и др.;

- наличие и состояние дополнительных выходных устройств - цифровых индикаторов и (или) других устройств, предусмотренных технической документацией на датчик;

- наличие на корпусе датчика таблички с маркировкой, соответствующей паспорту или документу, его заменяющему;

- наличие паспорта или документа, его заменяющего.

8.2 Опробование

8.2.1 При опробовании проверяют герметичность и работоспособность датчика, функционирование устройства корректора «нуля».

8.2.2 Работоспособность датчика проверяют, изменяя давление от нижнего до верхнего предельного значения. При этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала и индикации на дополнительных выходных устройствах датчика.

Работоспособность датчиков давления-разрежения проверяют только при избыточном давлении; работоспособность датчиков разрежения с верхним пределом измерений 100 кПа проверяют при изменении разрежения до значения не менее 0,9 атмосферного давления.

8.2.3 Проверку функционирования устройства корректора «нуля» выполняют следующим образом. Задав любое значение измеряемой величины в пределах, оговоренных руководством по эксплуатации, корректором «нуля» возвращают выходной сигнал (показания индикатора) к первоначальному значению. Затем сбрасывают измеряемую величину и при атмосферном давлении на входе в датчик корректором «нуля» и вновь устанавливают выходной сигнал (показания индикатора) в соответствии с исходными значениями.

8.2.4 Проверку герметичности датчика рекомендуется совмещать с операцией определения его основной погрешности. Методика проверки герметичности датчика аналогична методике проверки герметичности системы (7.1 - 7.6), но имеет следующие особенности:

- изменение давления (разрежения) определяют по изменению выходного сигнала или по изменению показаний цифрового индикатора поверяемого датчика, включенного в систему (п. 7.4);

- в случае обнаружения негерметичности системы с установленным поверяемым датчиком следует отдельно проверить герметичность системы и датчика;

- проверку герметичности преобразователей разности давлений при поверке не проводят.

8.3 Определение основной погрешности

8.3.1 Основную погрешность датчика определяют по одному из способов:

8.3.1.1 По эталонному СИ: на входе датчика устанавливают номинальные значения входного давления, а по другому эталонному СИ измеряют соответствующие значения выходного аналогового сигнала (тока или напряжения). При поверке датчика с цифровым сигналом к его выходу подключают приемное устройство, поддерживающее соответствующий цифровой коммуникационный протокол для считывания информации.

8.3.1.2 В обоснованных случаях по эталонному СИ устанавливают номинальные значения выходного сигнала датчика, а по другому эталонному СИ измеряют соответствующее значение входного давления.

Примечания:

1 При поверке датчиков с цифровым сигналом по интерфейсу RS485 к выходу датчика подключают преобразователь RS-232/RS-485 для подключения к компьютеру. Могут использоваться другие устройства для считывания информации и управления датчиками по другим коммуникационным протоколам, предусмотренным технической документацией на датчики.

2 При определении основной погрешности датчика показания его цифрового индикатора не учитываются.

3 Поверка датчиков с несколькими выходными сигналами, соответствующими одной и той же входной измеряемой величине, производится по одному из этих сигналов

(аналоговому или цифровому), если иное не предусмотрено технической документацией на поверяемый датчик.

8.3.2 Схемы включения датчиков для измерения выходного сигнала при проведении поверки (8.3.1, способы 1 и 2) приведены в приложении А. Эталонные СИ входного давления включают в схему поверки в соответствии с их руководством по эксплуатации.

8.3.3 Устанавливают следующие критерии достоверности поверки:

$Y_{\text{вам}}$ наибольшая вероятность, при которой любой дефектный экземпляр датчика может быть ошибочно признан годным;

$(\delta_{\text{м}})_{\text{ва}}$ отношение возможного наибольшего модуля основной погрешности экземпляра датчика, который может быть ошибочно признан годным, к пределу допускаемой основной погрешности.

Допускаемые значения критериев достоверности поверки: $Y_{\text{вам}} = 0,20$ и $(\delta_{\text{м}})_{\text{ва max}} = 1,25$.

8.3.4 Устанавливают следующие параметры поверки:

m – число поверяемых точек в диапазоне измерений, $m \geq 5$; в обоснованных случаях и при отсутствии эталонных СИ с необходимой дискретностью воспроизведения измеряемой величины допускается уменьшать число поверяемых точек до 4 или 3;

n - число наблюдений при экспериментальном определении значений погрешности в каждой из поверяемых точек при изменениях входной измеряемой величины от меньших значений к большим (прямой ход) и от больших значений к меньшим (обратный ход), $n = 1$; в обоснованных случаях и в соответствии с технической документацией на датчик допускается увеличивать число наблюдений в поверяемых точках до 3 или 5, принимая при этом среднеарифметическое значение результатов наблюдений за достоверное значение в данной точке;

$\gamma_{\text{к}}$ - абсолютное значение отношения контрольного допуска к пределу допускаемой основной погрешности;

$\alpha_{\text{р}}$ – отношение предела допускаемой погрешности эталонных СИ, применяемых при поверке, к пределу допускаемой основной погрешности поверяемого датчика.

Значения $\gamma_{\text{к}}$ и $\alpha_{\text{р}}$ выбирают по таблице 3 (п. 8.3.5) в соответствии с принятыми критериями достоверности поверки.

8.3.5 Выбор эталонных СИ для определения основной погрешности поверяемых датчиков осуществляют, исходя из технических возможностей и технико-экономических предпосылок с учетом критериев достоверности поверки (п. 8.3.3) и в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 - Параметры и критерии достоверности поверки

$\alpha_{\text{р}}$	0,2	0,25	0,33	0,4	0,5
$\gamma_{\text{к}}$	0,94	0,93	0,91	0,82	0,70
$Y_{\text{вам}}$	0,20	0,20	0,20	0,10	0,05
$(\delta_{\text{м}})_{\text{ва}}$	1,14	1,18	1,24	1,22	1,20

Примечание - Таблица 3 составлена в соответствии с критериями достоверности поверки по п. 8.3.3 и в соответствии с МИ 187-86 «ГСИ. Критерии достоверности и параметры методик поверки» и МИ 188-86 «ГСП. Установление значений параметров методик поверки».

8.3.6 При выборе эталонных СИ для определения погрешности поверяемого датчика (в каждой поверяемой точке) соблюдают следующие условия:

8.3.6.1 При поверке датчика с выходным аналоговым сигналом постоянного тока, значения которого контролируют непосредственно в мА:

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta_i}{I_m - I_0} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (1)$$

или в %:

$$\gamma_p + \gamma_i \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (2)$$

где: Δ_p - предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного СИ, контролирующего давление, кПа, МПа;

P_m - верхний предел измерений (или диапазон измерений) поверяемого датчика, кПа, МПа;

Δ_i – предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного СИ, контролирующего электрический выходной сигнал датчика, мА;

I_0, I_m - соответственно нижнее и верхнее предельные значения выходного сигнала датчика; для датчиков с выходным сигналом 4-20 мА: $I_0 = 4$ мА, $I_m = 20$ мА; для датчиков с выходным сигналом 0-20 мА: $I_0 = 0$ мА, $I_m = 20$ мА; для датчиков с выходным сигналом 0-5 мА: $I_0 = 0$ мА, $I_m = 5$ мА;

γ - предел допускаемой основной погрешности поверяемого датчика, %;

γ_p – предельная допускаемая основная погрешность эталонного СИ, задающего давление на данном пределе измерения, %;

γ_i – предельная допускаемая погрешность эталонного СИ, контролирующего выходной сигнал датчика, %.

За нормирующее значение принимают:

- для датчиков давления-разрежения - сумму абсолютных значений верхних пределов измерений в области избыточного давления и в области разрежения;

- для остальных датчиков - верхний предел измерений входной измеряемой величины, если иное не предусмотрено технической документацией на датчики.

Для датчиков с нижним предельным значением измеряемой величины, численно равным нулю, диапазон измерения численно равен верхнему пределу измерений. В этом случае основная погрешность датчика, выраженная в процентах от нормирующего значения, численно равна основной погрешности, выраженной в процентах от диапазона изменения выходного сигнала датчика с линейной функцией преобразования измеряемой величины.

8.3.6.2 При поверке датчиков с выходным аналоговым сигналом постоянного тока, значения которого контролируют по падению напряжения на эталонном сопротивлении в мВ или В:

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta_U}{U_m - U_0} + \frac{\Delta_R}{R_{ЭГ}} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (3)$$

или в %:

$$\gamma_p + \gamma_U + \gamma_R \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (4)$$

где: Δ_U - предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного СИ, контролирующего выходной сигнал датчика по падению напряжения на эталонном сопротивлении, мВ или В;

Δ_R – предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного сопротивления, Ом;

$R_{ЭГ}$ - значение эталонного сопротивления, Ом;

U_m, U_0 – соответственно верхнее и нижнее предельные значения напряжений

(мВ или В) на эталонном сопротивлении, определяемые по формулам:

$$U_m = I_m \cdot R_{ЭТ} \quad \text{и} \quad U_0 = I_0 \cdot R_{ЭТ}$$

γ_U – предельная допускаемая погрешность эталонного СИ, контролирующего выходной сигнал датчика постоянного напряжения, %;

γ_R – предельная допускаемая погрешность эталонного сопротивления, %.

8.3.6.3 При поверке датчиков с выходным сигналом постоянного напряжения в мВ или В:

$$\left(\frac{\Delta_P}{P_m} + \frac{\Delta_U}{U_m - U_0} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (5)$$

или в %:

$$\gamma_p + \gamma_U \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (6)$$

8.3.6.4 При поверке датчиков с цифровым выходным сигналом:

$$\frac{\Delta P}{P_m} \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (7)$$

или в %:

$$\gamma_p \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (8)$$

8.3.7 Расчетные значения выходного сигнала поверяемого датчика для заданного номинального значения входного давления определяют по следующим формулам:

8.3.7.1 Для датчиков с линейно возрастающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока:

$$I_p = I_0 + \frac{I_m - I_0}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (9)$$

выходного сигнала постоянного напряжения:

$$U_p = U_0 + \frac{U_m - U_0}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (10)$$

где: I_p — расчетное значение выходного сигнала постоянного тока (мА);

P - номинальное значение входного давления; для датчиков давления-разрежения значение P в области разрежения подставляется в формулу со знаком минус;

P_n - нижний предел измерений для всех датчиков, кроме датчиков давления-разрежения, для которых значение P_n численно равно верхнему пределу измерений в области разрежения и в формулу подставляется со знаком минус;

U_p - расчетное значение выходного сигнала постоянного напряжения (мВ; В).

Для стандартных условий нижний предел измерений всех поверяемых датчиков избыточного давления, абсолютного давления, разрежения, разности давлений и датчиков давления-разрежения равен нулю.

8.3.7.2 Для датчиков с линейно убывающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока:

$$I_p = I_0 - \frac{I_m - I_0}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (11)$$

выходного сигнала постоянного напряжения:

$$U_p = U_0 - \frac{U_m - U_0}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (12)$$

8.3.7.3 Для датчиков с выходным сигналом постоянного тока и функцией преобразования входной измеряемой величины по закону квадратного корня:

$$I_p = I_0 + (I_m - I_0) \sqrt{\frac{P}{P_m}} \quad (13)$$

выходным сигналом напряжения постоянного тока и функцией преобразования входной измеряемой величины по закону квадратного корня:

$$U_p = U_0 + (U_m - U_0) \sqrt{\frac{P}{P_m}} \quad (14)$$

где P — разность давлений (перепад давления) для датчиков разности давлений, предназначенных для измерения расхода рабочей среды;

P_m - верхний предел измерений или диапазон измерений поверяемого датчика разности давлений.

8.3.7.4 Для датчиков с выходным сигналом постоянного тока, значения которого контролируют по падению напряжения на эталонном сопротивлении $R_{ЭТ}$:

$$U_p = R_{ЭТ} \cdot I_p \quad (15)$$

где U_p – расчетное значение падения напряжения на эталонном сопротивлении.

8.3.7.5 Для датчиков с выходным информационным сигналом в цифровом формате, не приведенным к единицам измеряемого давления:

- с линейно возрастающей функцией преобразования:

$$N_p = N_0 + \frac{N_m - N_0}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (16)$$

- с линейно убывающей функцией преобразования:

$$N_p = N_0 - \frac{N_m - N_0}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (17)$$

- с функцией преобразования по закону квадратного корня:

$$N_p = N_0 + (N_m - N_0) \sqrt{\frac{P}{P_m}} \quad (18)$$

где N_p - расчетное значение выходного сигнала в цифровом формате;

N_m , N_0 – соответственно верхнее и нижнее предельные значения выходного информационного сигнала датчика в цифровом формате.

8.3.8 Поверку датчиков с программным обеспечением выбора функции преобразования входного давления допускается проводить при программной установке линейно возрастающей зависимости выходного сигнала. После выполнения поверки датчик может быть перепрограммирован в соответствии с требуемой функцией преобразования входного давления.

Перед определением основной погрешности соблюдают требования разделов 6 и 7 и, при необходимости, корректируют значения выходного сигнала, соответствующие нижнему и

верхнему предельным значениям измеряемого давления. Эту корректировку выполняют после подачи и сброса давления, значения которого устанавливают:

- для датчиков давления-разрежения - в пределах от 50 до 100 % от верхнего предела измерений в области избыточного давления;
- для датчиков абсолютного давления с верхним пределом измерений до 2,5 МПа включительно - в пределах от атмосферного давления до (80 – 100) % верхнего предела измерений;
- для остальных датчиков - в пределах от 80 до 100 % верхнего предела измерений.

При периодической поверке и в случае ее совмещения с операцией проверки герметичности датчика корректировку значений выходного сигнала выполняют после выдержки датчика при давлении (разрежении) в соответствии с условиями п.п. 7.1 – 7.4.

Установку выходного сигнала выполняют с максимальной точностью, обеспечиваемой устройством корректора датчика и разрешающей способностью эталонных СИ. Погрешность установки «нуля» (без учета погрешности эталонных СИ) не должна превышать 0,2 предела допускаемой основной погрешности поверяемого датчика.

Значение выходного сигнала, соответствующее нижнему предельному значению измеряемого давления, рассчитывают полагая $P = P_n$ для датчиков давления-разрежения, для остальных датчиков полагая $P=0$.

8.3.9 Основную погрешность определяют при m значениях измеряемого давления (п. 8.3.4), равномерно распределенных в диапазоне измерений, в том числе при значениях измеряемого давления, соответствующих нижнему и верхнему предельным значениям.

Интервал между значениями измеряемой величины не должен превышать:

- 30 % диапазона измерений при $m = 5$ (основной вариант поверки);
- 40 % диапазона измерений при $m = 4$
- 60 % диапазона измерений при $m = 3$.

Основную погрешность определяют как при подаче (увеличении) давления (прямой ход), так и при сбросе (уменьшении) давления (обратный ход).

Перед определением погрешности при обратном ходе датчик выдерживают в течение 1 минуты при верхнем предельном значении измеряемого давления. Датчики давления-разрежения допускается выдерживать только при верхнем пределе измерений в области избыточного давления.

При периодической поверке основную погрешность определяют в два цикла: до корректировки диапазона изменения выходного сигнала и после корректировки диапазона.

Второй цикл допускается не проводить, если основная погрешность $\gamma_d \leq \gamma_k \cdot \gamma$.

При поверке датчиков с верхним пределом измерений в области разрежения, равном 100 кПа, допускается устанавливать максимальное значение разрежения в пределах (0,90 - 0,95) от атмосферного давления P_a , если $P_a \leq 100$ кПа.

При поверке датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,25 МПа и выше основную погрешность определяют по методике, изложенной в п. 8.3.10 с соблюдением условий, изложенных в п.п. 8.3.8, 8.3.9. По методике п. 8.3.10 допускается определять основную погрешность датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений ниже 0,25 МПа, но не менее 0,1 МПа.

8.3.10 Определение основной погрешности датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,25 МПа (допускается 0,1 МПа) и выше проводят с использованием эталонных СИ разрежения и избыточного давления (например «Воздух-0,4В»; «Воздух-2,5»; МП-6; МП - 60).

В этом случае поверку датчика выполняют при подаче избыточного давления и разрежения, расчетные значения которых определяют с учетом действительного значения атмосферного давления в помещении, где проводят поверку.

Расчетные значения выходного сигнала датчика с линейно возрастающей функцией преобразования определяют по формулам:

- для датчиков с токовым выходным сигналом:

$$I_p = I_0 + (I_m - I_0) \frac{P_a + P_{(\pm)}}{P_{m(a)}} \quad (19)$$

- для датчиков с выходным сигналом напряжения постоянного тока:

$$U_p = U_0 + (U_m - U_0) \frac{P_a + P_{(\pm)}}{P_{m(a)}} \quad (20)$$

- для датчиков с выходным сигналом в цифровом формате, не приведенном к единицам измеряемого давления:

$$N_p = N_0 + (N_m - N_0) \frac{P_a + P_{(\pm)}}{P_{m(a)}} \quad (21)$$

где: P_a - атмосферное давление в помещении, где проводят поверку, кПа;
 $P_{m(a)}$ - верхний предел измерений датчика абсолютного давления, кПа; МПа;
 $P_{(+)}$ - избыточное давление, подаваемое в датчик, кПа; МПа;
 $P_{(-)}$ - разрежение, создаваемое в датчике, кПа; МПа (подставляют в формулы со знаком «минус»)

Вблизи нуля абсолютного давления датчик поверяют, создавая на его входе разрежение

$$P_{(-)} = (0,90 - 0,95) \cdot P \quad (22)$$

Расчетные значения выходного сигнала при атмосферном давлении на входе датчика определяют по формуле:

- для датчиков с выходным сигналом постоянного тока:

$$I_p = I_0 + (I_m - I_0) \frac{P_a}{P_{m(a)}} \quad (23)$$

- для датчиков с выходным сигналом напряжения постоянного тока:

$$U_p = U_0 + (U_m - U_0) \frac{P_a}{P_{m(a)}} \quad (24)$$

- для датчиков с выходным сигналом в цифровом формате, не приведенном к единицам измеряемого давления:

$$N_p = N_0 + (N_m - N_0) \frac{P_a}{P_{m(a)}} \quad (25)$$

Максимальное значение избыточного давления $P_{m(+)}$, при котором расчетное значение выходного сигнала $I_p = I_m$, определяют по формуле:

$$P_{m(+)} = P_{m(a)} - P_a \quad (26)$$

При поверке датчиков с верхними пределами измерений $P_{m(a)} \leq 2,5$ МПа, значение атмосферного давления P_a определяют с погрешностью не более, чем

$$\Delta_\alpha \leq \alpha_p \cdot \gamma \frac{P_{m(a)}}{100} \quad (27)$$

где Δ_α - абсолютная погрешность, кПа; МПа.

В зависимости от верхних пределов измерений поверяемых датчиков их основную погрешность определяют при m значениях измеряемой величины в соответствии с таблицей 4 и с учетом требований п. 8.3.9.

Таблица 4

Верхний предел измерений, МПа	Число проверяемых точек	
	в области $P \leq P_a$	в области $P \geq P_a$
0,1	5	-
0,16	3	2
0,25	1	4
от 0,4 до 2,5	1	4

Перед поверкой корректором «нуля» датчика устанавливают выходной сигнал на расчетное значение, соответствующее разрежению $P(-)$, указанному в пределах (22) или выставляют начальный выходной сигнал, подавая на вход датчика вакуум не более 20Па.

Расчетное значение выходного сигнала определяют по формулам (19 - 21). Допускается устанавливать выходной сигнал на расчетное значение, определяемое по формулам (23 - 25) при атмосферном давлении.

8.3.11 Основную погрешность γ в % от нормирующего значения (п. 8.3.6) вычисляют по формулам:

при проверке датчиков по способу 1 (п. 8.3.1):

$$\gamma_{\text{д}} = \frac{I - I_p}{I_m - I_0} \cdot 100 \quad (28)$$

$$\gamma_{\text{д}} = \frac{U - U_p}{U_m - U_0} \cdot 100 \quad (29)$$

$$\gamma_{\text{д}} = \frac{N - N_p}{N_m - N_0} \cdot 100 \quad (30)$$

где I , мА - значение выходного сигнала постоянного тока, полученное экспериментально;

U , мВ или В - значение падения напряжения на эталонном сопротивлении или значение выходного сигнала датчика, полученное экспериментально;

N - значение выходного сигнала датчика в цифровом формате, полученное экспериментально.

При проверке датчиков по способу 2 (п. 8.3.1):

$$\gamma_{\text{д}} = \frac{P - P_{\text{ном}}}{P_m} \cdot 100 \quad (31)$$

где P - значение входного давления, полученное экспериментально, кПа, МПа.

$P_{\text{ном}}$ - номинальное значение измеряемого давления, кПа, МПа;

P_m - сумма абсолютных значений верхних пределов измерений датчиков давления-разрежения ($P_m = P_m(+) + P_m(-)$), для остальных датчиков - верхний предел измерений, кПа, МПа.

Вычисления $\gamma_{\text{д}}$ выполняют с точностью до третьего знака после запятой.

8.4 Определение вариации

8.4.1 Вариацию выходного сигнала определяют при каждом проверяемом значении измеряемого параметра, кроме значений, соответствующих нижнему и верхнему пределам измерений. Вариацию определяют как разность между значениями выходного сигнала датчика, соответствующему одному и тому же значению измеряемого давления, полученными при измерениях на прямом и обратном ходе, при определении основной погрешности (п. 8.3).

8.4.2 Вариацию выходного сигнала γ_{Γ} в % от нормирующего значения (8.3.6) вычисляют по формулам:

При проверке датчиков по способу 1 (п. 8.3.1):

$$\gamma_{\tilde{A}} = \frac{|I_{np} - I_{обр}|}{I_m - I_0} \cdot 100 \quad (32)$$

$$\gamma_{\tilde{A}} = \frac{|U_{np} - U_{обр}|}{U_m - U_0} \cdot 100 \quad (33)$$

$$\gamma_{\tilde{A}} = \frac{|N_{np} - N_{обр}|}{N_m - N_0} \cdot 100 \quad (34)$$

где I_{np} , $I_{обр}$ - значения выходного сигнала постоянного тока, полученные экспериментально при одном и том же номинальном значении давления при прямом и обратном ходе соответственно, мА;

U_{np} , $U_{обр}$ - значения падения напряжения на эталонном сопротивлении или значение выходного сигнала датчика, полученные экспериментально при измерениях выходного сигнала и при одном и том же номинальном значении давления при прямом и обратном ходе соответственно, мВ, В;

N_{np} , $N_{обр}$ - значения выходного сигнала датчика в цифровом формате, полученные экспериментально при одном и том же номинальном значении давления при прямом и обратном ходе соответственно.

При поверке датчиков по способу 2 (п. 8.3.1):

$$\gamma_{\tilde{A}} = \frac{|P_{np} - P_{обр}|}{P_m} \cdot 100 \quad (35)$$

где: P_{np} , $P_{обр}$ – значения входного давления, полученные экспериментально при прямом и обратном ходе и при одном и том же значении выходного сигнала, кПа, МПа.

8.5 Результаты поверки

8.5.1 Датчик признают пригодным при первичной поверке, если на всех поверяемых точках модуль основной погрешности $|\gamma_d| \leq \gamma_k \cdot |\gamma|$, а значение вариации γ_v в каждой точке измерений не превышает предела ее допускаемого значения.

8.5.2 Датчик признают непригодным при первичной поверке, если хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_d| > \gamma_k \cdot |\gamma|$, или значение вариации γ_v превышает предел ее допускаемого значения.

8.5.3 Датчик признают пригодным при периодической поверке, если на всех поверяемых точках при первом или втором цикле поверки выполняются условия, изложенные в п. 8.5.1.

8.5.4 Датчик признают непригодным при периодической поверке:

- если при первом цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_d| > (\delta_m)_{ва \max} \cdot |\gamma|$ или значение вариации γ_v превышает предел ее допускаемого значения;

- если при втором цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_d| > \gamma_k \cdot |\gamma|$, или значение вариации γ_v превышает предел ее допускаемого значения.

Обозначения: $(\delta_m)_{ва \max}$ – по п. 8.3.2; γ_k – по п. 8.3.4; γ – по п. 8.3.6.

8.5.5 Допускается вместо вычислений по экспериментальным данным значений основной погрешности γ_d и вариации γ_v контролировать их соответствие предельно допускаемым значениям.

8.5.6 Вариацию выходного сигнала датчиков не определяют, если предел ее допускаемого значения не превышает 0,5 предела допускаемой основной погрешности.

8.5.7 Допускается вместо определения действительного значения вариации осуществлять контроль соответствия ее предельно допускаемым значениям.

9 Оформление результатов поверки

9.1 Положительные результаты первичной и периодической поверки датчиков оформляют записью в паспорте (раздел «Свидетельство о поверке») и удостоверяют оттиском поверительного клейма и подписью поверителя.

9.2 При положительных результатах поверки поверительное клеймо способом давления на специальную мастику наносится по диагонали от пломбы предприятия - изготовителя (приложение В). Поверительное клеймо наносят в соответствии с ПР 50.2.007-2001.

9.3 При отрицательных результатах первичной поверки датчик считают непригодным к применению и в эксплуатацию не допускают.

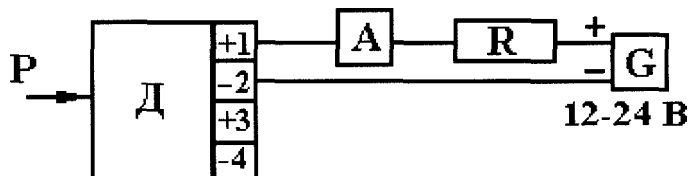
9.4 При отрицательных результатах периодической поверки датчик считают непригодным к применению, поверительное клеймо гасят и оформляют извещение о непригодности датчика с указанием причин в соответствии с ПР 50.2.006-94.

Приложение А

(обязательное)

Схемы включения датчиков при поверке

Схема А.1 - включение датчика с аналоговым выходным сигналом постоянного тока 4-20 мА при измерении выходного сигнала непосредственно миллиамперметром.



Р - входное измеряемое давление (примеры подключения к датчику эталонных СИ входного давления и эталонных задатчиков давления приведены на схемах А.8 и А.9 соответственно);

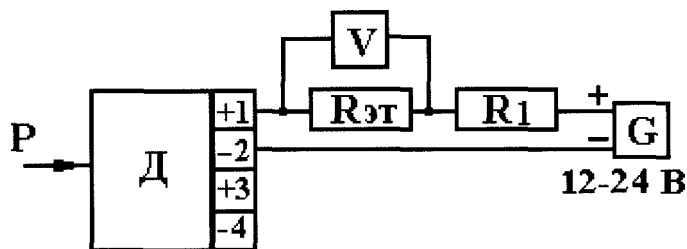
Д - поверяемый датчик;

Г - источник питания постоянного тока;

А – цифровой миллиамперметр или универсальный вольтмиллиамперметр;

Р - нагрузочное сопротивление, например, резистор МЛТ или магазин сопротивлений, указанный в таблице 2 (п. 2.1); значение сопротивления – в соответствии с условиями поверки (п. 5.1).

Схема А.2 - включение датчика с аналоговым выходным сигналом постоянного тока 4-20 мА при измерении выходного сигнала по падению напряжения на эталонном сопротивлении.



V - цифровой вольтметр, указанный в табл. 1;

R₁ - нагрузочное сопротивление (указанный в таблице 1 магазин сопротивлений). При установке значения нагрузочного сопротивления необходимо учитывать эталонное сопротивление, т.к. $R_{эт} + R_1 = R$, где значение R - сопротивление нагрузки при поверке (указано в п. 5.1.7).

R_{эт} – эталонное сопротивление, например, катушка электрического сопротивления, указанная в таблице 1.

Схема А.3 - включение датчика с аналоговым выходным сигналом постоянного тока 0-5 мА при измерении выходного сигнала непосредственно миллиамперметром.

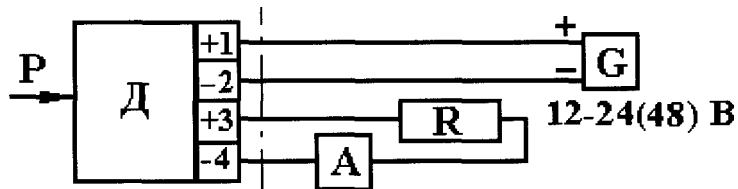


Схема А.4 - включение датчика с аналоговым выходным сигналом постоянного тока 0-5 мА при измерении выходного сигнала по падению напряжения на эталонном сопротивлении.

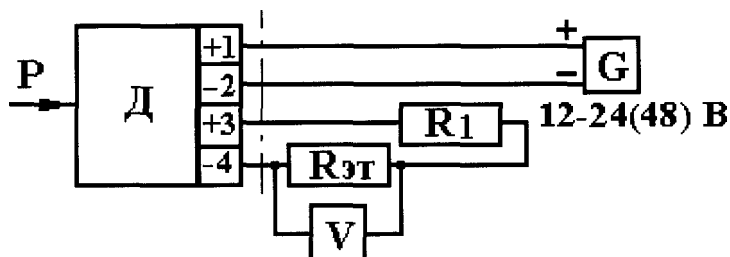


Схема А.5 - включение датчика с аналоговым выходным сигналом напряжения постоянного тока при измерении выходного сигнала непосредственно вольтметром.

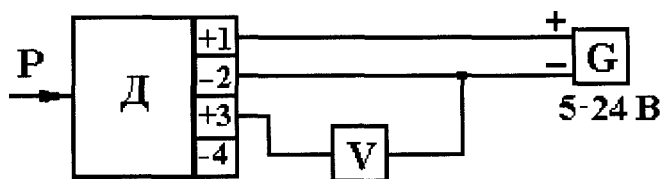
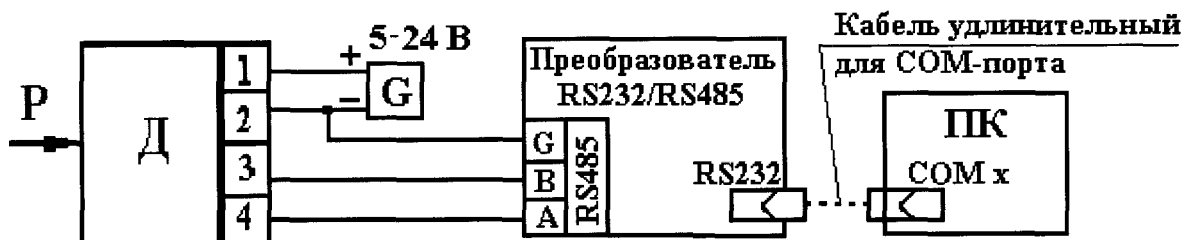


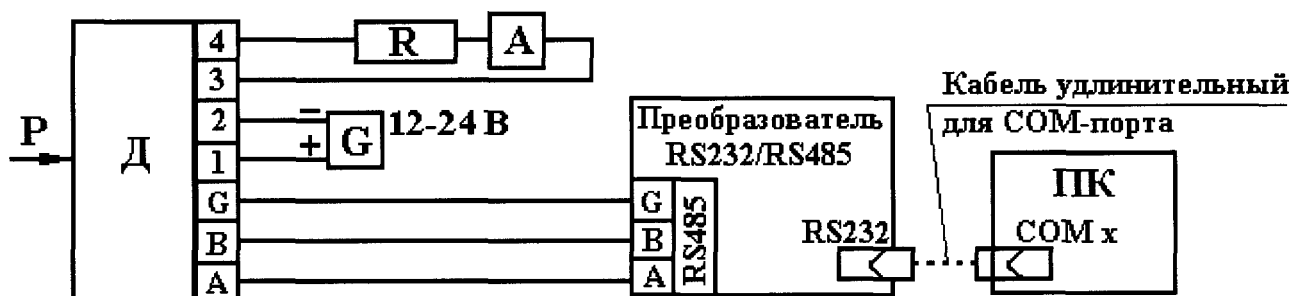
Схема А.6 - включение датчика с цифровым выходным сигналом на базе интерфейса RS-485 при считывании информации по цифровому каналу с помощью преобразователя RS-232/RS-485 для связи с персональным компьютером.



ПК - персональный компьютер

Схема А.7 - включение датчика с аналоговым выходным сигналом постоянного тока 0-5 мА и цифровым выходным сигналом на базе интерфейса RS-485 при считывании информации по аналоговому выходному сигналу и по цифровому каналу.

Пример 1



Пример 2

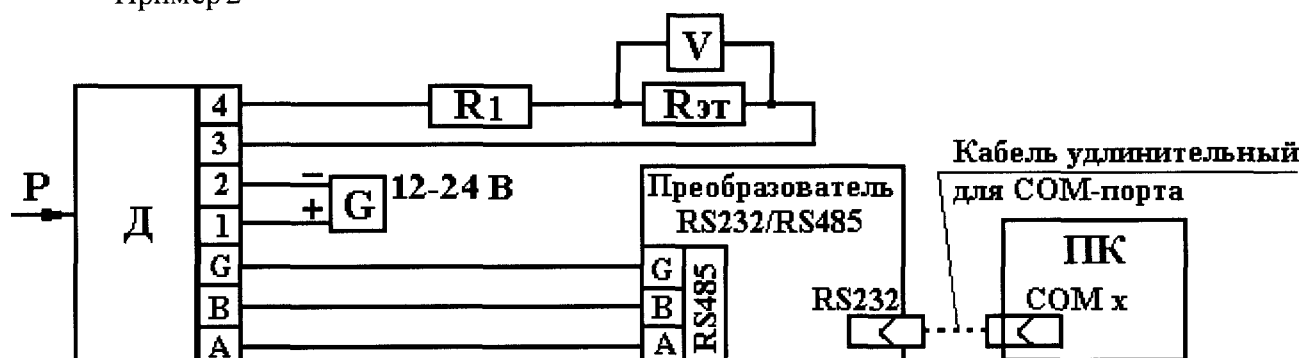
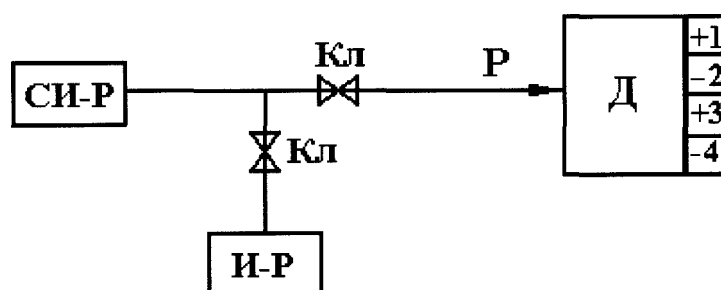


Схема А.8 - подключение к поверяемому датчику эталонных СИ давления или разрежения.



Д - поверяемый датчик;

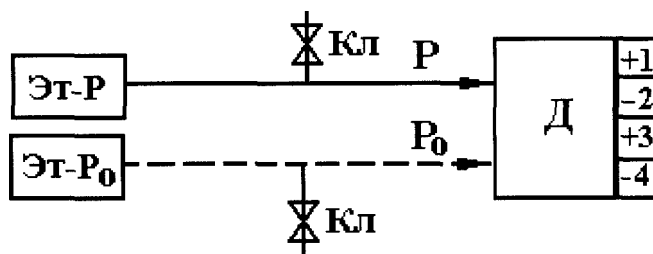
СИ-Р - эталонное СИ для измерения давления или разрежения, например, указанное в таблице 1;

И-Р - источник давления или разрежения;

Кл - клапаны запорные;

Р - давление или разрежение на входе датчика.

Схема А.9 - подключение к поверяемому датчику эталонных задатчиков давления, разрежения или разности давлений.



Эт-Р - эталонный задатчик входной величины P , например, указанный в таблице 1;

Эт-Р₀ - эталонный задатчик опорного давления P_0 или блок опорного давления основного задатчика Эт-Р;

Приложение Б

При первичной и периодической поверке поверительное клеймо наносится способом давления на специальную мастику в места, указанные на рисунке Б.1 (2) по диагонали от пломбы предприятия – изготовителя.

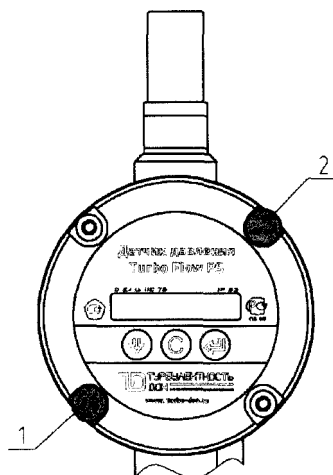


Рисунок Б.1 - Схема пломбирования датчика давления Turbo Flow PS.