

3 Контроль основной погрешности при преобразованиях абсолютного/избыточного давления

Верхний предел абсолютного/избыточного давления $P_B =$ _____ МПа.
В _____

P_o	Показания P		P_{cp}	Абсолютная погрешность Δ
	1 серия	2 серия		

Наибольшее значение основной погрешности $\gamma_{\max} =$ _____ %

не превышает $\pm 0,075 \%$
 $\pm [0,025 + 0,005 \Delta P_{\max} / \Delta P_B] \%$

4 Контроль основной погрешности при преобразованиях температуры для градуировки 100П/Pt100

В °C

R_o, Om	t_o	t	Δt

Основная погрешность не превышает \pm _____ °C

Заключение по результатам поверки _____

_____ 200__ г. Поверитель _____

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕУКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР
СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ, СЕРТИФИКАЦИИ И ЗАЩИТЫ ПРАВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ»
(ГП «Укрметртестстандарт»)

РЕКОМЕНДАЦИЯ

МЕТРОЛОГИЯ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДАВЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ВЫХОДНЫМИ СИГНАЛАМИ

Методика поверки

МПУ 005/04-2003

Киев

ПРЕДИСЛОВИЕ

1 РАЗРАБОТАНА Государственным предприятием «Всеукраинский государственный научно-производственный центр стандартизации, метрологии, сертификации и защиты прав потребителей» (ГП «Укрметрестандарт»)

РАЗРАБОТЧИКИ: В.И. Карташев, В.И. Стецюра, В.Л. Дячук, Р.В. Постоюк

2 УТВЕРЖДЕНА И ВВЕДЕНА В ДЕЙСТВИЕ приказом УкрЦСМ от 23.05.2003 г. № 201

3 ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ

4 С изменениями 03.2007 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(рекомендуемое)

ФОРМА ПРОТОКОЛА ПОВЕРКИ

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

измерительного преобразователя 3095 _____, № _____,

с максимальными верхними пределами преобразований:

абсолютного/избыточного давления _____ МПа; дифференциального давления _____ кПа,

с электрическим кодовым выходным сигналом по протоколу HART / MODBUS,

принадлежащего _____

Эталоны: _____

Поверка проведена при: — температуре окружающего воздуха _____ °С;

— рабочем избыточном давлении _____;

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ И ИХ ОБРАБОТКИ:

1 Внешний осмотр, опробование _____

2 Контроль основной погрешности при преобразованиях дифференциального давления

Верхний предел дифференциального давления $\Delta P_B =$ _____ кПа.

ΔP_o	Показания P		P_{cp}	Абсолютная погрешность Δ
	1 серия	2 серия		

Наибольшее значение основной погрешности $\gamma_{max} =$ _____ %

не превышает $\pm 0,075$ %
 $\pm [0,025 + 0,005 \Delta P_{max} / \Delta P_B]$ %

© ГП «Укрметрестандарт», 2003

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и распространена без разрешения ГП «Укрметрестандарт»

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(рекомендуемое)
ФОРМА ПРОТОКОЛА ПОВЕРКИ

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

измерительного преобразователя _____,
 модели _____, № _____, с диапазоном преобразований _____,
 предельными значениями выходного сигнала _____,
 пределами допускаемой основной приведенной погрешности _____,
 пределом допускаемой вариации выходного сигнала _____

Эталоны: _____

Поверка проведена при $\alpha =$ _____, коэффициент коррекции допуска _____,
 контрольный допуск $\Delta_k =$ _____, $\delta_k =$ _____.

Поверка проведена при температуре окружающего воздуха _____ °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ И ИХ ОБРАБОТКИ:

1 Внешний осмотр, опробование _____

2 Контроль основной погрешности

$P_{ос}$	Выходной сигнал, мА (мВ, мГн)						
	Расчетное значение	Показания $I(U, M, P)$			Абсолютная погрешность Δ		Вариация
		$I_p(U_p, M_p)$	$I_b(U_b, M_b, P_b)$	$I_m(U_m, M_m, P_m)$	Δ_b	Δ_m	
_____						H	

Наибольшее значение основной погрешности $\gamma_{макс} =$ _____ %

Наибольшее значение вариации выходного сигнала $\gamma_{H_{макс}} =$ _____ %

Заключение по результатам поверки _____

_____ 200__ г. Поверитель _____

РЕКОМЕНДАЦИЯ

МПУ 005/04–2003

Метрология
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДАВЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ВЫХОДНЫМИ СИГНАЛАМИ

Методика поверки

Метрологія
ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТИСКУ ВИМІРЮВАЛЬНІ
З ЕЛЕКТРИЧНИМИ ВИХІДНИМИ СИГНАЛАМИ

Методика повірки

Дата введения 2003-06-01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая рекомендация распространяется на измерительные преобразователи (далее – преобразователи) абсолютного, избыточного и дифференциального давления, разрежения и давления–разрежения, предназначенные для преобразования измеряемого давления среды, а также других величин, определяемых манометрическим способом (уровень и плотность жидкости, расход жидкости, газа или пара) в электрический выходной сигнал:

— унифицированный аналоговый постоянного тока с предельными значениями от 0 до 5 мА, от 0 до 20 мА, от 4 до 20 мА, от 0 до 1 В;

— аналоговый постоянного тока с предельными значениями от 0,6 до 3,4 В;

— цифровой в стандарте протоколов HART, MODBUS, Foundation Fieldbus, RS 232/485 или других коммуникационных цифровых протоколов;

— унифицированный аналоговый переменного тока с предельными значениями комплексной взаимной индуктивности от 0 до 10 мГн, от минус 10 до 10 мГн.

Рекомендация распространяется также на преобразователи, содержащие в своем составе термопреобразователь сопротивления ТПС и предназначенные для преобразования измеряемой температуры среды в электрический цифровой выходной сигнал.

Настоящая рекомендация устанавливает методику первичной и периодической поверки преобразователей с допускаемой основной приведенной погрешностью в пределах от $\pm 0,03$ % и более.

Методы и средства поверки, указанные в настоящей рекомендации, могут быть применены при проведении метрологической аттестации преобразователей.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей рекомендации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 8.461–82 ГСИ. Термопреобразователи сопротивления. Методы и средства поверки

МИ 187–86 ГСИ. Критерии достоверности и параметры методик поверки

МИ 188–86 ГСИ. Установление значений параметров методик поверки.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки преобразователей применяют следующие эталоны:

— поршневые манометры избыточного давления из состава вторичного эталона единицы давления (ВЕТУ), с верхними пределами воспроизведений от 0,025 до 60 МПа, класса точности 0,005, с допускаемой основной относительной погрешностью в пределах $\pm 0,005$ % в основных поддиапазонах;

— поршневой дифференциальный манометр МПД–100 из состава ВЕТУ, с допускаемой основной относительной погрешностью в пределах $\pm 0,0075$ % в диапазоне воспроизведений дифференциального давления от 1 до 250 кПа, при воспроизведениях рабочего избыточного давления в диапазоне от 0,1 до 10 МПа;

— жидкостный микроманометр МКМ–4 класса точности 0,01, с допускаемой основной абсолютной погрешностью в пределах $\pm (0,1 + 3 \cdot 10^{-5} \cdot P)$ Па в диапазоне воспроизведений от 0,1 до 4 кПа, с допускаемой основной относительной погрешностью в пределах $\pm 0,01$ % в поддиапазоне от 1,5 до 4 кПа;

— поршневые манометры и калибраторы избыточного давления 1–го и 2–го разрядов, с верхними пределами воспроизведений от 0,25 до 250 МПа, классов точности 0,01, 0,02 и 0,05;

Для преобразователей, у которых конструкцией предусмотрена возможность пломбирования корректоров нуля и диапазона преобразователей абсолютного давления и корректора диапазона всех остальных преобразователей, на оборотной стороне свидетельства делают отметку о наличии пломб.

На корпус преобразователей с допускаемой основной приведенной погрешностью в пределах $\pm 1,0$ % и более наносят оттиск поверительного клейма.

По желанию заявителя оттиск поверительного клейма наносят в паспорт преобразователя.

6.2 Допускается проводить выборочную первичную поверку преобразователей при выпуске их из производства, но при этом объем выборки не должен составлять менее 10 % предъявляемой партии преобразователей. Положительные результаты выборочной первичной поверки распространяются на все преобразователи из предъявляемой партии и удостоверяются оттиском поверительного клейма с подписью поверителя в соответствующем разделе эксплуатационной документации.

6.3 Если преобразователь был предъявлен в поверку без пломбы с оттиском поверительного клейма на корректорах нуля и диапазона преобразователей абсолютного давления и на корректорах диапазона всех остальных преобразователей или поврежденной пломбой, на оборотной стороне свидетельства о поверке делают об этом отметку и срок действия свидетельства уменьшается в два раза (половина межповерочного интервала).

6.4 При отрицательных результатах периодической поверки выдают справку о непригодности преобразователя к применению.

пределам преобразований.

5.7.16.3 Абсолютную погрешность при преобразовании температуры ΔT определяют как разность между показаниями на экране компьютера T и значениями температуры T_0 , соответствующими значениям воспроизводимого сопротивления:

$$\Delta T = T - T_0. \quad (21)$$

Значения абсолютной погрешности для каждого значения воспроизводимой температуры не должны превышать пределов допускаемой абсолютной погрешности преобразователя.

5.7.16.4 Проверку термопреобразователей сопротивления ТПС проводят в соответствии с ГОСТ 8.461.

5.8 При периодической проверке, в случае несоответствия метрологических характеристик любому требованию 5.4 и 5.7, поверяемые преобразователи с допускаемой основной приведенной погрешностью в пределах от $\pm 0,03$ до $\pm 0,15$ % могут быть по желанию заявителя допущены к применению с большими пределами допускаемой основной погрешности при условии соответствия характеристик требованиям 5.4 и 5.7 к таким преобразователям.

5.9 Результаты наблюдений и их обработки, а также заключение по результатам проверки преобразователя вносят в протокол по форме, приведенной в приложениях А или Б. Допускается вести записи в рабочем журнале поверителя.

5.10 Корректоры нуля и диапазона преобразователей абсолютного давления и корректор диапазона всех остальных преобразователей пломбируют, если это предусмотрено конструкцией преобразователя.

6 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1 При положительных результатах проверки преобразователей с допускаемой основной приведенной погрешностью в пределах от $\pm 0,03$ до $\pm 0,5$ % включительно оформляют свидетельство установленной формы. Для преобразователей дифференциального давления на оборотной стороне свидетельства указывают значение рабочего избыточного давления, при котором проводился контроль метрологических характеристик.

— поршневые мановакуумметры МВП–2,5 1–го и 2–го разрядов, с диапазоном воспроизведений от минус 100 до 250 кПа, классов точности 0,02 и 0,05;

— жидкостные микромановакуумметры МКВ–250 1–го и 2–го разрядов, с диапазоном воспроизведений от минус 2,5 до 2,5 кПа, классов точности 0,02 и 0,05;

— деформационные манометры и вакуумметры 3–го разряда, с верхними пределами измерений от минус 0,1 до 60 МПа, классов точности 0,15 и 0,25.

3.2 При проведении проверки преобразователей применяют также следующие средства измерительной техники и устройства:

— потенциометр постоянного тока Р363–3 класса точности 0,005, с верхним пределом измерений 2,12 В;

— универсальный вольтметр Щ31 класса точности 0,01/0,005 в диапазоне 10 мА, класса точности 0,01/0,002 в диапазоне 1 В;

— универсальный вольтметр Щ68014 класса точности 0,02/0,01 в диапазонах 10 и 100 мА, класса точности 0,01/0,005 в диапазоне 1 В;

— универсальный вольтметр В7–23 класса точности 0,02/0,02 в диапазоне 1 В;

— катушка сопротивления Р331 номинальным значением 100 Ом, класса точности 0,01;

— магазин сопротивления Р3026 класса точности 0,01;

— магазин сопротивления Р4831 класса точности 0,02;

— магазин комплексной взаимной индуктивности Р5017 с допускаемой основной абсолютной погрешностью в пределах $\pm (0,014 + 0,0011 \cdot M)$ мГн в диапазоне измерений $|M| = \pm 12$ мГн;

— миллиамперметр переменного тока Д57 класса точности 0,5, с верхним пределом измерений 150 мА;

— нуль–индикатор Ф5046 чувствительностью не менее 5 мм/мкВ;

— вибрационный гальванометр М501 с постоянной по току не более 10^{-7} А/мм при частоте переменного тока 50 Гц;

— цифровой измеритель атмосферного давления БАР с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm 0,2$ мм рт.ст. в диапазоне измерений от 490 до 800 мм рт.ст.;

— магазин сопротивления Р33 класса точности 0,2;

— стеклянный жидкостный термометр с диапазоном измерений от 15 до 30 °С, ценой деления не более 0,5 °С;

— источник питания постоянного тока Б5–8 с допускаемым отклонением $\pm 0,5\%$ установленного значения;

— устройства для создания давления;

— модем для связи преобразователя с персональным компьютером;

— портативные коммуникаторы на базе цифровых протоколов;

— персональный компьютер IBM PC с операционной системой MS DOS и программным обеспечением интерфейса пользователя.

3.3 При проведении поверки преобразователей допускается применять другие средства измерительной техники, соответствующие по точности и пределам воспроизведений (измерений) требованиям настоящей рекомендации.

Средства измерительной техники, применяемые при поверке преобразователей, должны быть поверены в органах государственной метрологической службы.

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.1 Поверку преобразователей проводят при температуре окружающего воздуха $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ с относительной влажностью не более 80 %.

Перед проведением поверки преобразователи выдерживают при указанных значениях температуры окружающего воздуха не менее 10 часов в случае разницы значений температуры помещения для поверки и места, откуда вносят преобразователи, более 10 °С. Изменение температуры при выдержке и поверке преобразователей не должно превышать $\pm 0,5^\circ\text{C}$ за каждые 30 мин.

4.2 Стол, на котором установлены эталоны, должен иметь основание, исключаящее вибрацию и тряску, оказывающие существенное влияние на изменение метрологических характеристик преобразователей.

4.3 Номинальное значение напряжения питания и требования к источнику постоянного тока должны соответствовать руководству по эксплуатации.

4.4 Сопротивление нагрузки преобразователей должно соответствовать требованиям руководства по эксплуатации.

4.5 Рабочей средой, с помощью которой создают давление, должны быть:

Наибольшее значение вариации выходного сигнала (показаний), не должно превышать предела ее допускаемого значения в процентах с учетом коэффициента коррекции допуска по 5.4.1.

5.7.14 Результаты по 5.7.12 и 5.7.13 могут быть использованы, при необходимости, для оценки нестабильности преобразователя при эксплуатации и корректировки его межповерочного интервала.

В случае, если результаты по 5.7.12 и 5.7.13 превышают требования 5.4.1, преобразователь признают непригодным к применению. По желанию заявителя может быть проведена юстировка преобразователя, как отдельный вид работ, после чего повторяют операции по 5.7.

5.7.15 Допускается контролировать метрологические характеристики преобразователей с аналоговым выходным сигналом переменного тока в комплекте с вторичными взаимозаменяемыми приборами дифтрансформаторной системы КСД2, КСД3 и др. При этом пределы допускаемой основной погрешности комплекта $\gamma_{\text{ок}}$ определяют по формуле

$$\gamma_{\text{ок}} = \pm 1,1 \sqrt{\gamma_{\text{с}}^2 + \gamma_{\text{де}}^2}, \quad (20)$$

где $\gamma_{\text{де}}$ — пределы допускаемой основной приведенной погрешности вторичного прибора, %.

При контроле метрологических характеристик комплектным методом наибольшие значения основной погрешности и вариации показаний комплекта не должны превышать $\gamma_{\text{ок}}$ с учетом коэффициента коррекции допуска по 5.4.1.

5.7.16 Перед контролем погрешности преобразователей с цифровым выходным сигналом, предназначенных также для преобразования измеряемой температуры, отсоединяют термопреобразователь сопротивления ТПС и подсоединяют вместо него магазин сопротивления Р3026.

5.7.16.1 Погрешность преобразователя при преобразовании температуры определяют непосредственным сличением показаний на экране компьютера с действительными значениями температуры, воспроизводимой с помощью магазина сопротивления Р3026 с учетом номинальных статических характеристик преобразования термопреобразователя сопротивления.

5.7.16.2 При определении погрешности при преобразовании температуры отсчеты показаний проводят не менее, чем при пяти значениях температуры, достаточно равномерно распределенных в диапазоне преобразований, включая значения, равные

$$\text{или } \gamma_{\max} = \frac{\Delta_{\max}}{P_6} \cdot 100.$$

Наибольшее значение основной приведенной погрешности преобразователя не должно превышать значения контрольного допуска δ_k по 5.4.1.

5.7.13 Вариацию выходного сигнала (показаний) преобразователя H определяют как абсолютное значение разности выходных сигналов (показаний) при повышении $I_6 (U_6, M_6, P_6)$ и понижении давления $I_m (U_m, M_m, P_m)$ по формулам

$$H = |I_6 - I_m|,$$

$$\text{или } H = |U_6 - U_m|, \quad (18)$$

$$\text{или } H = |M_6 - M_m|,$$

$$\text{или } H = |P_6 - P_m|.$$

Значения вариации выходного сигнала (показаний) преобразователя для каждого значения воспроизводимого давления, кроме значений, соответствующих нижнему и верхнему пределам преобразований, не должны превышать предела ее допускаемого значения с учетом коэффициента коррекции допуска по 5.4.1.

Допускается не определять вариацию выходного сигнала (показаний) преобразователя, если предел ее допускаемого значения менее 0,5 пределов допускаемой основной абсолютной погрешности.

Наибольшее значение вариации выходного сигнала (показаний) преобразователя γH_{\max} в процентах определяют как отношение наибольшего значения вариации H_{\max} к диапазону изменения выходного сигнала (диапазону преобразований) по формулам

$$\gamma H_{\max} = \frac{H_{\max}}{I_6 - I_n} \cdot 100,$$

$$\text{или } \gamma H_{\max} = \frac{H_{\max}}{U_6 - U_n} \cdot 100, \quad (19)$$

$$\text{или } \gamma H_{\max} = \frac{H_{\max}}{M_6 - M_n} \cdot 100,$$

$$\text{или } \gamma H_{\max} = \frac{H_{\max}}{P_6} \cdot 100.$$

— воздух — для преобразователей избыточного (абсолютного) давления с верхними пределами преобразований до 1 МПа избыточного давления включительно;

— жидкость (керосин, масло) — для преобразователей избыточного (абсолютного) давления с верхними пределами преобразований выше 1 МПа избыточного давления, а также — для преобразователей дифференциального давления при условии тщательного удаления воздуха из полости перед чувствительным элементом (в течение не менее 20 мин) и заполнения ее жидкостью.

4.6 Торцевой штуцер преобразователя должен находиться в одной горизонтальной плоскости с нижней границей шлифа канала цилиндра измерительной поршневой системы поршневого манометра или торцом штуцера деформационного манометра с допускаемым отклонением ± 10 мм.

5 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.1 При поверке преобразователей выполняют следующие операции:

- внешний осмотр по 5.3;
- выбор средств поверки по 5.4;
- опробование по 5.6;
- контроль метрологических характеристик по 5.7.

5.2 Поверку прекращают при несоответствии любой операции требованиям настоящей рекомендации.

5.3 При внешнем осмотре устанавливают соответствие преобразователей следующим требованиям:

- преобразователь должен быть чистым и не иметь повреждений корпуса и штуцера, препятствующих прочному присоединению преобразователя к устройству для создания давления;
- соединение корпуса с держателем или штуцером должно быть прочным, не допускающим их взаимные смещения;
- крышки корпуса должны обеспечивать свободный доступ к корректорам нуля и диапазона преобразований, клеммам внешних соединений;
- маркировка на корпусе преобразователя или на табличке, прикрепленной к корпусу, должна быть четкой и ясной и соответствовать информации в паспорте;

— преобразователи с допускаемой основной приведенной погрешностью в пределах от $\pm 0,03$ до $\pm 0,5$ % включительно представляют со свидетельством о предыдущей поверке (метрологической аттестации) или с сертификатом калибровки фирмы-изготовителя;

— пломбы на корректорах нуля и диапазона преобразователей абсолютного давления и на корректорах диапазона всех остальных преобразователей должны быть не поврежденными и иметь четко видимый оттиск поверительного клейма;

— при необходимости преобразователь представляют в поверку с руководством по эксплуатации.

5.4 Выбор средств поверки

5.4.1 Выбор средств поверки проводят согласно 3.1 исходя из экономической целесообразности и технических возможностей метрологической службы с учетом критериев достоверности и параметров методики поверки, определяемых согласно МИ 187-86 и МИ 188-86.

Критерии достоверности поверки преобразователей устанавливают следующими:

— $P_{\text{взм}}$ — наибольшая вероятность ошибочно признанного годным любого в действительности дефектного преобразователя;

— $(\delta_{\text{м}})_{\text{ва}}$ — отношение возможного наибольшего модуля основной погрешности дефектного преобразователя, который может быть ошибочно признан годным, к пределам допускаемой основной погрешности.

Допускаемые значения критериев достоверности поверки преобразователей:

$$P_{\text{взм}} = 0,2 \text{ и } (\delta_{\text{м}})_{\text{ва max}} = 1,25.$$

Параметры методики поверки преобразователей устанавливают следующими:

— m — число значений воспроизводимого давления в диапазоне преобразований ($m \geq 5$); в обоснованных случаях и при отсутствии эталонных средств измерений с необходимой дискретностью воспроизведенных давления допускается уменьшать число значений m до четырех или трех;

— n — число наблюдений при определении основной погрешности при каждом значении воспроизводимого давления ($n = 1$) при повышении давления в системе (прямой ход) и понижении (обратный ход); в обоснованных случаях допускается увеличивать число наблюдений n до трех или пяти, принимая при этом среднее арифметическое значение результатов наблюдения за действительное значение воспроизводимого давления;

5.7.11 При понижении давления до нижнего предела преобразований отклонение значения выходного сигнала от его предельного значения не должно превышать $\pm (0,2-0,3)$ значения контрольного допуска Δ_k .

Если указанное отклонение значения выходного сигнала превышает допускаемое значение, необходимо повторить операции по 5.6.4 и 5.7.4.

5.7.12 Основную абсолютную погрешность преобразователя с аналоговым выходным сигналом постоянного или переменного тока Δ определяют как разность выходных сигналов при повышении I_b (U_b, M_b) и понижении давления I_m (U_m, M_m) и расчетных значений выходного сигнала I_p (U_p, M_p) по формулам

$$\begin{aligned} \Delta_b &= I_b - I_p & \text{и} & & \Delta_m &= I_m - I_p, \\ \text{или} & & & & & \\ \Delta_b &= U_b - U_p & \text{и} & & \Delta_m &= U_m - U_p, \\ \text{или} & & & & & \\ \Delta_b &= M_b - M_p & \text{и} & & \Delta_m &= M_m - M_p. \end{aligned} \quad (15)$$

Основную абсолютную погрешность преобразователя с цифровым выходным сигналом определяют как разность показаний при повышении P_b и понижении давления P_m и действительных значений воспроизводимого давления P_o по формулам

$$\Delta_b = P_b - P_o \quad \text{и} \quad \Delta_m = P_m - P_o. \quad (16)$$

Значения основной абсолютной погрешности преобразователя для каждого значения воспроизводимого давления (как при повышении, так и при понижении давления) не должны превышать значения контрольного допуска Δ_k при периодической и $0,8\Delta_k$ — при первичной поверке.

Наибольшее значение основной приведенной погрешности преобразователя $\gamma_{\text{макс}}$ в процентах определяют как отношение наибольшего значения основной абсолютной погрешности $\Delta_{\text{макс}}$ к диапазону изменения выходного сигнала (диапазону преобразований P_o) по формулам

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{макс}} &= \frac{\Delta_{\text{макс}}}{I_b - I_n} \cdot 100, \\ \text{или} & & & & \gamma_{\text{макс}} &= \frac{\Delta_{\text{макс}}}{U_b - U_n} \cdot 100, \\ \text{или} & & & & \gamma_{\text{макс}} &= \frac{\Delta_{\text{макс}}}{M_b - M_n} \cdot 100, \end{aligned} \quad (17)$$

5.7.7 Метрологические характеристики преобразователей дифференциального давления контролируют с помощью поршневого дифференциального манометра МПД–100 при воспроизведении рабочего избыточного давления (подаваемого одновременно в обе камеры измерительного блока):

— равного не менее 0,2 предельного рабочего избыточного давления – при первичной поверке;

— значение которого указывается заявителем – при периодической поверке.

5.7.8 Метрологические характеристики преобразователей дифференциального давления конкретных типов, о которых имеется информация о незначительном влиянии рабочего избыточного давления на изменение метрологических характеристик, подтвержденная результатами специальных исследований, допускается контролировать без воспроизведений рабочего избыточного давления с учетом 5.5. При этом в плюсовую камеру преобразователя подают избыточное давление, численно равное дифференциальному давлению, а минусовая камера сообщается с атмосферным давлением.

5.7.9 При периодической поверке преобразователей дифференциального давления с выходным сигналом переменного тока допускается контролировать метрологические характеристики относительно атмосферного давления. При этом значения основной абсолютной погрешности преобразователя для каждого значения воспроизводимого давления (как при повышении, так и при понижении давления) не должны превышать значения 0,5 контрольного допуска Δ_k .

5.7.10 При контроле метрологических характеристик преобразователя плавно повышают давление в системе, воспроизводят последовательно значения в соответствии с 5.7.1 и после выдержки при каждом значении не менее 5 с проводят отсчеты выходного сигнала (показаний) – прямой ход – с погрешностью не более $\pm 0,2$ значения контрольного допуска Δ_k .

При значении давления, равном верхнему пределу преобразований, преобразователь выдерживают в течение не менее 5 мин, при этом его отключают от устройства для создания давления. Затем плавно понижают давление в системе и проводят отсчеты выходного сигнала (показаний) – обратный ход – при тех же значениях давления, что и при повышении.

Скорость изменения давления не должна превышать 10 % диапазона преобразований в 1 с.

— α – отношения суммы пределов допускаемых основных погрешностей средств поверки к пределам допускаемой основной погрешности преобразователя $\gamma_0(\Delta_0)$.

5.4.2 В зависимости от выбранного отношения α устанавливают контрольный допуск $\delta_k(\Delta_k)$; при этом значение $\gamma_0(\Delta_0)$ должно быть уменьшено в γ_k раз, т. е.

$$\delta_k = \gamma_k \cdot \gamma_0, \quad (1)$$

$$\Delta_k = \gamma_k \cdot \Delta_0, \quad (2)$$

где δ_k – контрольный допуск для пределов допускаемой основной приведенной погрешности преобразователя γ_0 в процентах диапазона преобразований;

Δ_k – контрольный допуск для пределов допускаемой основной абсолютной погрешности преобразователя Δ_0 ;

γ_k – коэффициент коррекции допуска, значения которого указаны в таблице 1.

Таблица 1

α	0,20	0,25	0,33	0,40	0,50
γ_k	0,95	0,93	0,89	0,84	0,70
$P_{взм}$	0,20	0,20	0,20	0,10	0,05
$(\delta_k)_{ва}$	1,14	1,18	1,24	1,22	1,20

5.4.3 При выборе средств поверки для контроля метрологических характеристик преобразователей должны быть соблюдены следующие условия:

1) при измерениях выходного сигнала постоянного тока с помощью миллиамперметра

$$\frac{1}{\gamma_0} (\delta P + \delta I) \leq \alpha, \quad (3)$$

где δP – пределы допускаемой основной относительной погрешности эталонного средства измерений давления при давлении, равном верхнему пределу диапазона преобразований преобразователя P_0 , %;

δI – пределы допускаемой основной относительной погрешности миллиамперметра при силе тока, равной верхнему предельному значению выходного сигнала преобразователя I_0 , %;

2) при измерениях выходного сигнала постоянного тока с помощью милливольтметра

$$\frac{1}{\gamma_{\delta}} (\delta P + \delta U + \delta R) \leq \alpha, \quad (4)$$

где δU – пределы допускаемой основной относительной погрешности милливольтметра при напряжении, соответствующем силе тока, равной верхнему предельному значению выходного сигнала преобразователя, %;

δR – пределы допускаемой основной относительной погрешности магазина сопротивлений при заданном сопротивлении R_0 , %;

3) при измерениях выходного сигнала переменного тока с помощью магазина комплексной взаимной индуктивности (КВИ)

$$\frac{1}{\gamma_{\delta}} (\delta P + \delta M) \leq \alpha \quad (5)$$

где δM – пределы допускаемой основной относительной погрешности магазина КВИ при модуле КВИ, равном верхнему предельному значению выходного сигнала преобразователя M_0 ($M_0 = 10$ мГн), %.

4) при проверке преобразователей с цифровым выходным сигналом учитывают лишь пределы допускаемой основной относительной погрешности эталонного средства измерений давления при давлении, равном верхнему пределу диапазона преобразований преобразователя P_0 , т. е.

$$\frac{1}{\gamma_{\delta}} \delta P \leq \alpha, \quad (6)$$

5.5 Перед опробованием преобразователь подсоединяют к устройству для создания давления эталонного средства измерений давления, при этом преобразователь должен находиться в нормальном рабочем положении согласно руководства по эксплуатации.

Плюсовую и минусовую камеры преобразователей дифференциального давления подсоединяют к соответствующим штуцерам поршневого дифференциального манометра МПД–100.

Допускается плюсовую камеру преобразователей дифференциального давления конкретных типов, о которых имеется информация о незначительном влиянии рабочего избыточного давления на изменение метрологических характеристик, подтвержденном результатами специальных исследований, подсоединять к устройству для создания

$$U_p = I_p \cdot R_0. \quad (13)$$

5.7.3 Расчетные значения выходного сигнала переменного тока M_p в миллигенри для значений воспроизводимого давления P определяют по формуле

$$M_p = \frac{P}{P_0} (M_0 - M_n). \quad (14)$$

5.7.4 При контроле метрологических характеристик преобразователя отсчеты выходного сигнала (показаний на экране компьютера) проводят не менее чем при пяти значениях воспроизводимого давления, достаточно равномерно распределенных в диапазоне преобразований, включая значение, равное верхнему пределу преобразований.

5.7.5 Метрологические характеристики многодиапазонных преобразователей контролируют при всех значениях воспроизводимого давления в одном диапазоне преобразований:

— в диапазоне с максимальным верхним пределом преобразований — при первичной поверке;

— в рабочем диапазоне по желанию заявителя — при периодической поверке.

В остальных диапазонах преобразований, при необходимости, достаточно контролировать метрологические характеристики при двух значениях воспроизводимого давления: 40–60 и 100 % верхнего предела преобразований.

5.7.6 Метрологические характеристики преобразователей с перенастраиваемыми диапазонами преобразований контролируют при всех значениях воспроизводимого давления в поддиапазонах:

— с максимальным верхним пределом преобразований и пределами допускаемой основной приведенной погрешности;

— с минимальным верхним пределом преобразований и пределами допускаемой основной погрешности, выраженной в виде функциональной зависимости;

— с верхним пределом преобразований, соответствующим изменению формы представления пределов допускаемой основной погрешности согласно инструкции по эксплуатации.

При периодической поверке допускается контролировать метрологические характеристики преобразователя по желанию заявителя в рабочем поддиапазоне с учетом изложенного.

Расчетные значения выходного сигнала постоянного тока I_p в миллиамперметрах преобразователей дифференциального давления со степенной функцией преобразования измеряемого давления P с показателем степени 0,5 определяют по формуле

$$I_p = I_n + (I_e - I_n) \sqrt{\frac{P}{P_n - P_e}}. \quad (9)$$

Расчетные значения выходного сигнала преобразователей абсолютного давления с верхними пределами преобразований $P_{ва}$ до 2,5 МПа включительно определяют по формулам:

— при воспроизведениях разрежения $P_{раз}$

$$I_p = I_n + \frac{P_{ам} - P_{раз}}{P_{ва}} (I_e - I_n), \quad (10)$$

— при воспроизведениях избыточного давления $P_{изб}$

$$I_p = I_n + \frac{P_{ам} + P_{изб}}{P_{ва}} (I_e - I_n). \quad (11)$$

Расчетные значения выходного сигнала постоянного тока преобразователей абсолютного давления с верхними пределами преобразований $P_{ва}$ свыше 2,5 МПа определяют по формуле (13) и устанавливают с помощью корректора нуля значение выходного сигнала при атмосферном давлении

$$I_{ри} = I_n + \frac{P_{ам}}{P_{ва}} (I_e - I_n). \quad (12)$$

Погрешность измерений атмосферного давления $P_{ам}$ с помощью барометра не должна быть более $\pm 0,5$ пределов допускаемой основной абсолютной погрешности преобразователя абсолютного давления Δ_0 .

При определении расчетных значений выходного сигнала преобразователей абсолютного давления с верхними пределами преобразований свыше 2,5 МПа, с допускаемой основной приведенной погрешностью в пределах $\pm 0,5$ % и более, при значениях атмосферного давления $P_{ам}$ от 97 до 102 кПа (от 730 до 765 мм рт.ст.) допускается принимать значение $P_{ам}$, равное 0,1 МПа.

Метрологические характеристики преобразователей абсолютного давления с верхними пределами преобразований свыше 2,5 МПа допускается контролировать при значениях избыточного давления, численно равных значениям абсолютного давления.

Расчетные значения выходного сигнала преобразователя U_p в вольтах определяют по формуле

избыточного давления соответствующего эталонного средства измерений, а минусовая камера при этом должна сообщаться с атмосферным давлением.

Электроизмерительные приборы для контроля выходного сигнала преобразователя подсоединяют согласно схеме, приведенной в руководстве по эксплуатации.

5.6 При о п р о б о в а н и и контролируют работоспособность и герметичность преобразователя, функционирование корректора нуля после выдержки преобразователя во включенном состоянии не менее 0,5 ч.

5.6.1 Работоспособность преобразователя контролируют наблюдая изменение значений выходного сигнала (показаний на экране компьютера) при соответствующем изменении значений давления от нижнего до верхнего предела преобразований и обратно.

Работоспособность преобразователя давления–разрежения контролируют лишь при изменении значений избыточного давления.

Работоспособность преобразователя разрежения с верхним пределом преобразований 100 кПа допускается контролировать при изменении давления до значения, равного 0,90–0,95 атмосферного давления во время поверки.

5.6.2 Герметичность преобразователей давления и разрежения контролируют давлением, равным их верхним пределам преобразований, а герметичность преобразователя дифференциального давления контролируют давлением, равным не менее 0,2 предельного рабочего избыточного давления и подаваемому одновременно в обе камеры измерительного блока. При этом преобразователь должен быть отключен от устройства для создания давления. Преобразователь и уплотнение между штуцером и гнездом устройства для создания давления считают герметичным, если после двухминутной выдержки при заданном давлении в течение последующих трех минут падение давления не превышает 0,5 % заданного давления. Падение давления контролируют с помощью электроизмерительного прибора (по показаниям на экране компьютера).

Герметичность преобразователя разрежения с верхним пределом преобразований 100 кПа допускается контролировать давлением, равным 0,90–0,95 атмосферного давления.

Герметичность преобразователя дифференциального давления при периодической поверке допускается контролировать при рабочем избыточном давлении, значение которого указывается заявителем.

После контроля герметичности понижают давление в системе до нуля и выдерживают преобразователь в течение не менее 5 мин при давлении, равном атмосферному.

Допускается герметичность преобразователей контролировать одновременно с контролем их работоспособности по 5.6.1.

5.6.3 Функционирование корректора нуля контролируют при любом заданном значении давления в пределах, соответствующих смещению нуля, указанному в руководстве по эксплуатации, при этом корректором нуля возвращают выходной сигнал (показание) к предельному значению выходного сигнала, соответствующему нижнему пределу преобразований. Затем ту же операцию выполняют при давлении, равном атмосферному.

При отсутствии в руководстве по эксплуатации информации о смещении нуля функционирование корректора нуля контролируют при любом заданном значении давления, равном не менее 0,3 верхнего предела. Поворачивая корректор нуля по часовой стрелке, наблюдают изменение выходного сигнала по электроизмерительному прибору. При повороте корректора нуля против часовой стрелки наблюдают изменение выходного сигнала в противоположную сторону.

5.6.4 С помощью корректора нуля устанавливают с наибольшей возможной точностью предельное значение выходного сигнала, соответствующее нижнему пределу преобразований. Операцию выполняют 2–3 раза, пока отклонение установленного значения выходного сигнала от его предельного значения не будет менее $\pm (0,2–0,3)$ значения контрольного допуска Δ_k по 5.4.1.

Для преобразователя разрежения с верхним пределом преобразований 100 кПа предельное значение выходного сигнала, соответствующее верхнему пределу преобразований, допускается устанавливать при разрежении, равном 0,90–0,95 атмосферного давления.

Для преобразователей абсолютного давления, у которых не опломбирован корректор нуля или нарушена пломба, с помощью корректора нуля устанавливают:

— предельное значение выходного сигнала, соответствующее нижнему пределу преобразований, для преобразователей с верхними пределами преобразований $P_{ва}$ до 2,5 МПа включительно;

— значение выходного сигнала при атмосферном давлении для преобразователей с верхними пределами преобразований свыше 2,5 МПа.

5.6.5 Угол потерь (аргумент КВИ) преобразователя с выходным сигналом переменного тока контролируют при давлении, равном верхнему пределу преобразований.

Угол потерь при этом должен быть в пределах от $5,5^\circ$ до $8,5^\circ$.

5.7 Контроль метрологических характеристик

5.7.1 Метрологические характеристики преобразователя с аналоговым выходным сигналом постоянного или переменного тока – основную погрешность и вариацию выходного сигнала контролируют при воспроизведениях действительных значений давления с помощью эталонного средства измерений давления и сравнении соответствующих значений выходного сигнала, измеренных с помощью электроизмерительного прибора, с расчетными значениями.

Метрологические характеристики преобразователя с цифровым выходным сигналом контролируют непосредственным сличением показаний на экране компьютера с действительными значениями давления, воспроизводимыми с помощью эталонного средства измерений давления. При этом показания аналогового или цифрового индикатора преобразователя не учитывают.

Метрологические характеристики преобразователей с аналоговыми и цифровыми выходными сигналами контролируют по одному из этих сигналов.

5.7.2 Расчетные значения выходного сигнала постоянного тока I_p в миллиамперметрах преобразователей с линейно возрастающей функцией преобразования измеряемого давления P определяют по формуле

$$I_p = I_n + \frac{P - P_n}{P_e - P_n} (I_e - I_n), \quad (7)$$

где I_e и I_n – верхнее и нижнее предельные значения выходного сигнала, мА соответственно;

P_e и P_n – верхний и нижний пределы преобразований.

Для преобразователей давления–разрежения значение P_n численно равно верхнему пределу преобразований в области разрежения $P_{a(-)}$ и в формуле (8) учитывается со знаком минус, измеряемое давление P в области разрежения также учитывается со знаком минус.

Расчетные значения выходного сигнала постоянного тока I_p в миллиамперметрах преобразователей с линейно убывающей функцией преобразования измеряемого давления P определяют по формуле

$$I_p = I_e - \frac{P - P_n}{P_e - P_n} (I_e - I_n). \quad (8)$$