

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»



Иванникова
Н. В. Иванникова

06 2016 г.

**Датчики давления типа ТЖИУ406
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МИ ТЖИУ406233.**

н.р. 47462-16

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог - начальник
отделения - начальник отдела

Г.В. Овсянников
Г.В. Овсянников

Начальник НКО 4

А.И. Романов
А.И. Романов

Зам. начальника НКО 4-

начальник подразделения 144

В.С. Загузов
В.С. Загузов

Заместитель начальника
подразделения 23

Д.И. Уткин
Д.И. Уткин

Начальник НИЛ

подразделения 144

М.С. Тихомиров
М.С. Тихомиров

Настоящая рекомендация распространяется на датчики (измерительные преобразователи) давления типа «ТЖИУ406», «ТЖИУ406-М100», «ТЖИУ406-М100-Вн», «ТЖИУ406-М100-АС-Вн», «ТЖИУ406-М100-АС» (далее – датчики), выпускаемые в соответствии с ГОСТ 22520-85 и по технической документации ФГУП «ВНИИА».

Датчики предназначены для непрерывного преобразования значений измеряемых величин абсолютного давления, избыточного давления, разрежения, давления-разрежения, разности давлений и других физических величин, определяемых по давлению или по разности давлений (например, уровень и плотность жидкости, расход жидкости, газа или пара) в выходной аналоговый сигнал постоянного тока (0...5) мА, или (4...20) мА, или (и) в выходной цифровой сигнал в стандарте протоколов HART, или Modbus (RS485) или других коммуникационных цифровых протоколов.

Рекомендация устанавливает методику первичной и периодической проверок датчиков (измерительных преобразователей) давления типа «ТЖИУ406» с пределами допускаемой основной погрешности от $\pm 0,1$ до $\pm 1\%$ и «ТЖИУ406-М100», «ТЖИУ406-М100-АС-Вн», «ТЖИУ406-М100-Вн», «ТЖИУ406-М100-АС» с пределами допускаемой основной погрешности от $\pm 0,1$ до $\pm 0,5\%$.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1. При проведении проверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр – п. 5.1;
- опробование – п. 5.2;
- определение основной погрешности датчика – п. 5.3;
- определение вариации выходного сигнала датчика – п. 5.4.

Указанные операции проводятся как при первичной, так и при периодической проверке.

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении проверки применяют средства, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование средства проверки	Основные метрологические и технические характеристики средств проверки
Манометр абсолютного давления МПА-15	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности: $\pm 6,65$ Па в диапазоне (0...20) кПа; $\pm 13,3$ Па в диапазоне (20...133) кПа; пределы допускаемой основной погрешности $\pm 0,01\%$ от действительного значения измеряемого давления в диапазоне (133...400) кПа.
Микроманометр МКМ-4	Класс точности 0,01. Диапазон измерений (0,1...4,0) кПа.
Микроманометр МКВ-250	Пределы измерений (0...2,5) кПа; класс точности 0,01 и 0,02.
Задатчик давления «Воздух-1,6»	Пределы воспроизведения избыточного давления от 1 до 160 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности $\pm 0,02\%$, $\pm 0,05\%$ от задаваемого давления.

Задатчик давления «Воздух – 2,5»	Пределы воспроизведения избыточного давления от 2,5 до 250 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02\%$, $\pm 0,05\%$ от задаваемого давления.
Задатчик давления «Воздух – 6,3»	Пределы воспроизведения избыточного давления от 10 до 630 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02\%$, $\pm 0,05\%$.
Задатчик давления «Воздух-1600»	Пределы воспроизведения избыточного давления от 20 Па до 16 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне от 20 до 500 Па - $\pm 0,1\%$ Па; свыше 500 Па и до 16 кПа - $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления. В комплекте с блоком опорного давления (200, 300 и более Па) пределы воспроизведения разности давлений от 5 Па до 5 кПа; пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне до 500 Па - $\pm 0,14\%$ Па
Манометр грузопоршневой МП-2,5 I и II разрядов; ГОСТ 8291-83	Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02\%$, $\pm 0,05\%$ от измеряемого давления в диапазоне измерений от 25 кПа до 0,25 МПа.
Манометр грузопоршневой МП-6 I и II разрядов; ГОСТ 8291-83	Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02\%$, $\pm 0,05\%$ от измеряемого давления в диапазоне измерений от 0,04 до 0,6 МПа.
Манометр грузопоршневой МП-60 I и II разрядов; ГОСТ 8291-83	Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02\%$, $\pm 0,05\%$ от измеряемого давления в диапазоне измерений от 0,1 до 6 МПа.
Манометр грузопоршневой МП-600 I и II разрядов, ГОСТ 8291-83	Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02\%$, $\pm 0,05\%$ от измеряемого давления в диапазоне измерений от 1 до 60 МПа.
Манометр грузопоршневой МП-2500 II разряда; ГОСТ 8291-83	Пределы допускаемой основной погрешности $\pm 0,05\%$ от измеряемого давления в диапазоне измерений от 25 до 250 МПа.
Манометр грузопоршневой МВП-2.5 ГОСТ 8291-83	Пределы измерений избыточного давления 0 – 0,25 МПа; вакуумметрического давления (разрежения) 0 – 0,1 МПа. Пределы допускаемой основной погрешности: ± 5 Па при давлении (избыточном или вакуумметрическом) в пределах 0 – 0,01 МПа и $\pm 0,05\%$ от измеряемого значения при давлении свыше 0,01 МПа
Задатчик вакуумметрического давления «Метран-503»	Пределы воспроизведения разрежения от минус 0,6 до минус 60 кПа. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm 0,6$ Па в диапазоне измерений (0,6...4) кПа. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне измерений (4...60) кПа - $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления.

Задатчик давления «Метран-504-I»	Пределы воспроизведения давления от 3 до 400 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне измерений $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления.
Задатчик давления «Метран-504-II»	Пределы воспроизведения давления от 40 до 1000 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне измерений $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления.
Задатчик давления «Метран-504-III»	Пределы воспроизведения давления от 0,6 до 63 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне измерений $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления.
Задатчик давления «Метран-505»	Пределы воспроизведения давления от 0,02 до 25 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне измерений $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления.
Задатчик давления «Метран-505»	Пределы воспроизведения давления от 0,6 до 40 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне измерений $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления.
Барометр М67	Пределы измерений (610...900) мм рт. ст.; погрешность измерений $\pm 0,8$ мм рт. ст.
Вакуумметр теплоэлектрический ВТБ-1	Пределы измерений (0,002...750) мм рт. ст.
Манометр для точных измерений МТИ	Пределы измерений от 0,25 до 160 МПа. Класс точности 0,6.
Вакуумметр для точных измерений ВТИ	Пределы измерений (0...0,1) МПа. Класс точности 1.
Термометр ртутный стеклянный лабораторный	Пределы измерений (0...55) °С. Цена деления шкалы 0,1 °С. Пределы допускаемой погрешности $\pm 0,2$ °С.
Образцовая катушка сопротивления Р331	Класс точности 0,01. Сопротивление 100 Ом
Мера электрического сопротивления однозначная МС 3006	Класс точности 0,001. Сопротивление от 1 Ом до 100 кОм
Магазин сопротивлений Р 33, ГОСТ 23737-79	Класс точности 0,2. Сопротивление до 99999,9 Ом.
Магазин сопротивлений Р4831	Класс точности $0,02/2 \cdot 10^{-6}$. Сопротивление до 111111,1 Ом
Вольтметр универсальный В7-64/1	Верхний предел измерений напряжения постоянного тока 200 В. Предел допускаемой основной погрешности измерения напряжения постоянного тока $\pm 0,0015\%$ от $U+2$ единицы младшего разряда, где U – значение измеряемого напряжения. Цена единицы младшего разряда 100 мкВ при измерении напряжения постоянного тока в пределах 2 В.

Источник постоянного тока Б5-45 или GPC3030D	Наибольшее значение напряжения на выходе 50 В. Допускаемое отклонение $\pm 0,5$ % от установленного значения напряжения.
Модем HART/RS232	Преобразователь сигналов HART в сигналы интерфейса RS232 для связи датчика с персональным компьютером через его стандартный последовательный порт.
Портативный HART-коммуникатор HC-375 фирмы Rosemount, YHC 4150X фирмы Yokogawa	Устройство для связи с датчиком по цифровому каналу и для обмена данными по HART-протоколу.
Персональный компьютер	IBM PC с Windows XP с режимом эмуляции MS DOS 6.22.
Модем на базе стандартного интерфейса RS 485	Устройство для связи с датчиком по цифровому протоколу на базе RS 485.

2.2. Допускается применять другие средства поверки, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 1.

3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

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

4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.1. При проведении поверки соблюдают следующие условия:

1. Температура окружающего воздуха (23 ± 2) °С.
2. Относительная влажность окружающего воздуха (30...80) %.
3. Давление в помещении, где проводят поверку (далее – атмосферное давление), в пределах (84...106,7) кПа или (630...800) мм рт. ст.
4. Напряжение питания постоянного тока в пределах (9...48) В. Номинальное значение напряжения питания и требования к источнику питания – в соответствии с технической документацией на датчик. Отклонение напряжения питания от номинального значения не более ± 1 %, если иное не указано в технической документации на датчик.
5. Сопротивление нагрузки при поверке датчиков:
 - с аналоговым выходным сигналом (4...20) мА – 100 Ом;
 - с аналоговым выходным сигналом (4...20) мА по HART-протоколу – 250 Ом;
 - с аналоговым выходным сигналом (0...5) мА – 1000 Ом;
 - с цифровым выходным сигналом – в соответствии с технической документацией на датчик.
6. Рабочая среда – воздух или нейтральный газ при поверке датчиков с верхними пределами измерений, не превышающими 2,5 МПа, и жидкость при поверке датчиков с верхними пределами измерений более 2,5 МПа. Допускается использовать воздух или нейтральный газ при поверке датчиков с верхними пределами измерений более 2,5 МПа при условии соблюдения соответствующих правил безопасности.
7. Колебания давления окружающего воздуха, вибрация, тряска, удары, наклоны, магнитные поля (кроме земного) и другие воздействия, влияющие на работу и метрологические характеристики датчика, должны отсутствовать.

8. Импульсную линию, через которую подают измеряемое давление, допускается соединять с дополнительными сосудами, емкость каждого из которых не более 50 литров.

4.2. При поверке датчиков разности давлений с приемными камерами для подвода большего давления («плюсовая» камера) и меньшего давления («минусовая» камера) значение измеряемой величины (разности давлений) устанавливают, подавая соответствующее значение избыточного давления в «плюсовую» камеру датчика, при этом «минусовая» камера сообщается с атмосферой.

При поверке датчиков разности давлений с малыми пределами измерений для уменьшения влияния на результаты поверки не устраненных колебаний давления окружающего воздуха «минусовая» камера датчика может соединяться с камерой эталонного СИ, сообщаемой с атмосферой, если это предусмотрено в конструкции СИ. При поверке датчиков разности давлений в «минусовой» камере может поддерживаться постоянное опорное давление, создаваемое другим эталонным задатчиком или основным задатчиком измеряемой величины с дополнительным блоком опорного давления.

При поверке датчиков разрежения и датчиков давления-разрежения значение измеряемой величины допускается устанавливать, подавая с противоположной стороны чувствительного элемента датчика соответствующее значение избыточного давления, если это предусмотрено конструкцией датчика (модели 2220, 2310).

4.3. Перед проведением поверки датчиков выполняют следующие подготовительные работы:

- выдерживают датчик не менее 3 ч при температуре, указанной в п. 4.1, если иное не указано в технической документации на датчик;
- выдерживают датчик не менее 5 мин при включенном питании;
- устанавливают датчик в рабочее положение с соблюдением указаний технической документации;
- проверяют на герметичность в соответствии с п.п. 4.3.1 – 4.3.4 систему, состоящую из соединительных линий для передачи давления, эталонных СИ и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемой величины.

4.3.1. 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 100 кПа, проводят при значениях давления (разрежения), равных верхнему пределу измерений поверяемого датчика.

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

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.

Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 100 кПа и менее, проводят в соответствии с п. 4.3.3.

4.3.2. При проверке герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков, указанных в п. 4.3.1, устанавливают заведомо герметичный датчик или любое другое средство измерений с погрешностью измерений не более 2,5 % от значений давления, соответствующих требованиям п. 4.3.1, и позволяющее зафиксировать 0,5 % изменения давления от заданного значения.

Создают в системе давление, установившееся значение которого соответствует требованиям п. 4.3.1, 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, в течение последующих 3 минут не наблюдают падения давления (разрежения), превышающее 0,5 % верхнего предела измерений поверяемого датчика. 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 $\pm(0,5...1)^\circ\text{C}$.

4.3.3. Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 100 кПа и менее, проводят следующим образом.

Устанавливают в системе заведомо герметичный датчик или любое другое средство измерений абсолютного давления, отвечающее требованиям к СИ в соответствии с п. 4.3.2. Создают в системе абсолютное давление не более 0,07 кПа и поддерживают его в течение 2 – 3 минут, после чего отключают устройство, создающее абсолютное давление, и эталонное СИ при необходимости (например, отключают колонки грузопоршневого манометра).

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

Допускается поправка при изменении температуры окружающего воздуха и рабочей среды.

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

4.3.5 Выборочная поверка датчиков допускается.

5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре датчика устанавливают:

- соответствие его внешнего вида технической документации и отсутствие видимых дефектов;
- наличие клеммных колодок и (или) разъемов для внешних соединений, устройства для регулировки выходного сигнала, клемм контроля выходного сигнала и др.;
- наличие дополнительных выходных устройств – электрических аналоговых или 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 РЭ, если это предусмотрено при поверке датчика, паспорта или документа, его заменяющего.

5.2. Опробование

5.2.1. При опробовании проверяют герметичность и работоспособность датчика, функционирование устройств коррекции минимального и максимального выходного сигнала.

5.2.2. Работоспособность датчика проверяют, изменяя измеряемую величину от нижнего до верхнего предельных значений. 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 0,9 атмосферного давления (не менее).

5.2.3. Проверку функционирования устройств коррекции минимального и максимального выходного сигнала выполняют следующим образом:

- при минимальном значении измеряемой величины фиксируют первоначальное значение выходного сигнала. Задав одно (любое) значение измеряемой величины в пределах, оговоренных руководством по эксплуатации, устройствами коррекции выходного сигнала возвращают выходной сигнал (показания индикатора) к первоначальному значению. Затем снова задают минимальное значение измеряемой величины на входе в датчик и устройствами коррекции выходного сигнала вновь устанавливают выходной сигнал (показания индикатора) в соответствии с исходным значением;

- при максимальном значении измеряемой величины фиксируют первоначальное значение выходного сигнала. Задав одно (любое) значение измеряемой величины в пределах, оговоренных руководством по эксплуатации, устройствами коррекции выходного сигнала возвращают выходной сигнал (показания индикатора) к первоначальному значению. Затем снова задают максимальное значение измеряемой величины на входе в датчик и устройствами коррекции вновь устанавливают выходной сигнал (показания индикатора) в соответствии с исходным значением.

5.2.4. Проверку герметичности датчика рекомендуется совмещать с операцией определения его основной погрешности.

Методика проверки герметичности датчика аналогична методике проверки герметичности системы (п.п. 4.3.1 – 4.3.4), но имеет следующие особенности:

- изменение давления (разрежения) определяют по изменению выходного сигнала или по изменению показаний цифрового индикатора поверяемого датчика, включенного в систему (п. 4.3.2);
- в случае обнаружения негерметичности системы с установленным поверяемым датчиком следует отдельно проверить герметичность системы и датчика.

5.2.5. ПО использует калибровочную информацию, полученную в процессе калибровки ДД при его изготовлении, и хранящуюся в энергонезависимом постоянном запоминающем устройстве (ЭСПЗУ).

ПО имеет встроенную функцию начальной и периодической циклической проверки целостности программного кода и калибровочной информации посредством подсчета контрольной суммы CRC-16.

Проверка достоверности ПО перед его записью во внутреннее постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) микроконтроллера производится методом сличения контрольных сумм файлов, находящихся на машинном носителе данных с данными, указанными в ведомости МНЗ (ЭНЗ) ТЖИУ.687281.272ПМ26.2.

При проверке защиты ПО и определении ее уровня производится анализ технической документации на ДД и испытания на имитацию непреднамеренных и преднамеренных изменений ПО.

Идентификационные данные ПО приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения
Рабочая программа ТМ47193	ТЖИУ.687281.272ПМ26.2	не ниже версии 2.2.49	отсутствует	Нет доступа к исполняемому файлу

5.3. Определение основной погрешности

5.3.1. Основную погрешность датчика определяют по одному из способов:

1. По эталонному СИ на входе датчика устанавливают номинальные значения входной измеряемой величины (например, давления), а по другому эталонному СИ измеряют соответствующие значения выходного аналогового сигнала (тока или напряжения). При поверке датчика по его цифровому сигналу к выходу подключают приемное устройство, поддерживающее соответствующий цифровой коммуникационный протокол для считывания информации при установленных номинальных значениях входной измеряемой величины.

2. В обоснованных случаях по эталонному СИ устанавливают номинальные значения выходного аналогового сигнала (тока или напряжения) или устанавливают номинальные значения цифрового сигнала датчика, а по другому эталонному СИ измеряют соответствующие значения входной величины (например, давления).

Примечания:

1. При поверке датчиков с HART-сигналом к выходу подключают портативный HART-коммуникатор или HART-модем с программным обеспечением для связи с персональным компьютером и считывания информации с цифрового выхода датчика. 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.

5.3.2. Схемы включения датчиков для измерения выходного сигнала при проведении поверки (п. 5.3.1, способы 1 и 2) приведены в приложении.

Эталонные СИ входной величины (давления) включают в схему поверки в соответствии с их руководством по эксплуатации.

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

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

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta_i}{I_m - I_o} \right) \cdot 100 \leq \alpha_\delta \cdot \gamma, \dots \dots \dots (1)$$

где Δ_p – предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного СИ, контролирующего входную величину давления (Па, кПа, МПа, кгс/см², кгс/м², %, мм рт.ст., бар, мА);

P_m – верхний предел измерений (или диапазон измерений) поверяемого датчика, Па, кПа, МПа, кгс/см², кгс/м², %, мм рт.ст., бар, мА;

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

I_o, I_m – соответственно нижнее и верхнее предельные значения выходного сигнала датчика; для датчиков с выходным сигналом (4...20) мА $I_o=4$ мА, $I_m=20$ мА; для датчиков с выходными сигналами (0...5) мА $I_o=0$ мА, а $I_m=5$ мА соответственно.

α_δ – то же, что в п. 5.3.4;

γ – предел допускаемой основной погрешности поверяемого датчика, % нормирующего значения.

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.

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

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta_u}{U_m - U_o} + \frac{\Delta_R}{R_{\text{эт}}} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma, \dots \dots \dots (2)$$

где Δ_p, P_m - то же, что в формуле (1);

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;

$R_{\text{эт}}$ - значение эталонного сопротивления, Ом;

U_o, U_m - соответственно нижнее и верхнее предельные значения напряжений (мВ или В) на эталонном сопротивлении, определяемые по формулам: $U_m = I_m \cdot R_{\text{эт}}$

и $U_o = I_o \cdot R_{\text{эт}}$

3. При поверке датчика с выходным цифровым сигналом

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma, \dots \dots \dots (3)$$

где все обозначения те же, что и в формулах (1) и (2).

5.3.4. Расчетные значения выходного сигнала поверяемого датчика для заданного номинального значения входной измеряемой величины определяют по формулам (4 – 12):

1. Для датчиков с линейно возрастающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока (I) от входной измеряемой величины (P)

$$I_p = I_o + \frac{I_m - I_o}{P_m - P_n} (P - P_n), \dots \dots \dots (4)$$

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

P - номинальное значение входной измеряемой величины (для датчиков давления-разрежения значение P в области разрежения подставляется в формулу (4) 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 $P_{m(-)}$ и в формулу (4) подставляется со знаком минус;

I_o, I_m, P_m - то же, что и в формуле (1).

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

2. Для датчиков с линейно убывающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока от входной измеряемой величины

$$I_p = I_m - \frac{I_m - I_o}{P_m - P_n} (P - P_n) \dots \dots \dots (5)$$

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

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \sqrt{\frac{P}{P_m}} \dots \dots \dots (6)$$

где P – входная измеряемая величина – 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. Остальные обозначения те же, что и в формуле (1).

Если по технической документации на поверяемый датчик на ограниченном начальном участке характеристики (6) допускается линейная зависимость, то расчетные значения выходного сигнала на этом участке определяют по формуле:

$$I_{p(лин)} = I_o + 7 \cdot (I_m - I_o) \frac{P}{P_m} \quad (7)$$

где $P \leq 0,0204 \cdot P_m$;

4. Для датчиков с выходным сигналом постоянного тока, значения которого контролируют по падению напряжения на эталонном сопротивлении $R_{эм}$

$$U_p = R_{эм} \cdot I_p, \dots \dots \dots (8)$$

где U_p – расчетное значение падения напряжения на эталонном сопротивлении;

I_p – расчетное значение выходного сигнала постоянного тока, определяемое по формулам (4 – 7).

5. Для датчиков с выходным информационным сигналом в цифровом формате:

- с линейно возрастающей функцией преобразования

$$N_p = N_o + \frac{N_m - N_o}{P_m - P_n} (P - P_n) \dots \dots \dots (9)$$

где N_p – расчетное значение выходного сигнала в цифровом формате;

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

P, P_m, P_n – то же, что и в формуле (4);

- с линейно убывающей функцией преобразования

$$N_p = N_m - \frac{N_m - N_o}{P_m - P_n} (P - P_n) \dots \dots \dots (10)$$

- с функцией преобразования по закону квадратного корня

$$N_p = N_o + (N_m - N_o) \sqrt{\frac{P}{P_m}} \dots \dots \dots (11)$$

где P, P_m – то же, что в формуле (6); остальные обозначения те же, что в формулах (9, 10).

Если на ограниченном начальном участке этой характеристики допускается линейная зависимость, то расчетные значения выходного сигнала на этом участке определяют по формуле:

$$N_{p(лин)} = N_o + 7 \cdot (N_m - N_o) \frac{P}{P_m} \quad (12)$$

5.3.5 Поверку датчиков с программным обеспечением выбора функции преобразования входной измеряемой величины в соответствии с одним из видов (4 - 6, 9 - 11) производят при программной установке линейно-возрастающей зависимости выходного сигнала (4) или (9), если иное не предусмотрено технической документацией на датчик.

После выполнения поверки датчик может быть перепрограммирован в соответствии с требуемой функцией преобразования входной измеряемой величины.

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. 4.3.1, п. 4.3.2.

Установку минимального и максимального выходного сигнала выполняют с максимальной точностью, обеспечиваемой устройствами коррекции выходного сигнала датчика и разрешающей способностью эталонных СИ. Погрешность установки минимального и максимального выходного сигнала (без учета погрешности эталонных СИ) не должна превышать (0,2...0,3) предела допускаемой основной погрешности поверяемого датчика, если иное не указано в технической документации.

Значение выходного сигнала, соответствующее нижнему предельному значению измеряемой величины, рассчитывают по одной из формул (4-6, 9-11), для датчиков давления-разрежения полагая $P=P_n$, для остальных датчиков - полагая $P=0$ (для стандартных условий $P_n=0$).

5.3.6 Основную погрешность определяют при m значениях измеряемой величины, достаточно равномерно распределенных в диапазоне измерений, в том числе при значениях измеряемой величины, соответствующих нижнему и верхнему предельным значениям выходного сигнала.

Интервал между значениями измеряемой величины не должен превышать: 30% диапазона измерений при $m = 5$ (основной вариант поверки); 40% диапазона измерений при $m = 4$ и 60 % диапазона измерений при $m = 3$.

Основную погрешность определяют при значении измеряемой величины, полученном при приближении к нему как со стороны меньших значений (при прямом ходе), так и со стороны больших значений (при обратном ходе).

Перед поверкой при обратном ходе датчик выдерживают в течение 1 мин при верхнем предельном значении измеряемой величины, которому соответствует предельное значение выходного сигнала. 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 $\gamma_0 \leq \gamma_k \cdot \gamma$.

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_6 , если $P_6 \leq 100$ кПа. Расчетное значение выходного сигнала при установленном значении разрежения определяют по формуле (4) или (9).

При поверке датчиков абсолютного давления основную погрешность определяют по методике, изложенной в п. 5.3.7 с соблюдением условий, изложенных в п.п. 5.3.5, 5.3.6.

5.3.7. Определение основной погрешности датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,40 МПа и выше (допускается 0,1 МПа и выше) проводят с использованием эталонных СИ абсолютного давления и избыточного давления (например, МПА-15; Метран-504, МП-60, МП-600 и др.).

При использовании СИ абсолютного давления расчетные значения выходного сигнала датчика с линейно возрастающей функцией преобразования определяют по формулам:

- для датчиков с токовым выходным сигналом

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \frac{P_a}{P_{m(a)}} \dots\dots\dots(13)$$

- для датчиков с выходным сигналом в цифровом формате

$$N_p = N_o + (N_m - N_o) \frac{P_a}{P_{m(a)}} \dots\dots\dots(14)$$

где $I_o, I_m, I_p, N_o, N_m, N_p$ – то же, что в формулах (4) и (9);

$P_{(a)}$ – абсолютное давление, подаваемое в датчик, МПа;

$P_{m(a)}$ – верхний предел измерения датчика абсолютного давления, МПа;

При использовании СИ избыточного давления расчетные значения выходного сигнала датчика с линейно возрастающей функцией преобразования определяют по формулам:

- для датчика с токовым выходным сигналом

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \frac{P_a + P_{(+)}}{P_{m(a)}} \dots\dots\dots(15)$$

- для датчиков с выходным сигналом в цифровом формате

$$N_p = N_o + (N_m - N_o) \frac{P_a + P_{(+)}}{P_{m(a)}} \dots\dots\dots(16)$$

где $I_o, I_m, I_p, N_o, N_m, N_p$ – то же, что в формулах (4) и (9);

$P_{(a)}, P_{m(a)}$ – то же, что в формулах (13) и (14);

P_6 – атмосферное давление в помещении, где проводят проверку, МПа;

$P_{(+)}$ избыточное давление, подаваемое в датчик, МПа;

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

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \frac{P_a}{P_{m(a)}} \dots\dots\dots(17)$$

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

$$P_{m(+)} = P_{m(a)} - P_6 \dots\dots\dots(18)$$

При поверке датчиков с верхними пределами измерений $P_{m(a)} \leq 2,5$ МПа значение атмосферного давления P_6 определяют с погрешностью не более, чем

$$\Delta_a \leq \alpha_p \cdot \gamma \frac{P_{m(a)}}{100}, \dots\dots\dots(19)$$

где Δ_6 – абсолютная погрешность, МПа;

α_p, γ – то же, что в п.п. 5.3.4, 5.3.6;

$P_{m(a)}$ – верхний предел измерений поверяемого датчика.

При поверке датчиков с верхними пределами измерений $P_{m(a)} > 2,5$ МПа в формулы (15 - 18) допускается подставлять значение $P_6 = 0,1$ МПа, если атмосферное давление находится в пределах (0,093...0,102) МПа.

В зависимости от верхних пределов измерений поверяемых датчиков их основную погрешность определяют при m значениях измеряемой величины в соответствии с таблицей 3 и с учетом требований п. 5.3.6.

Верхние пределы измерений, МПа	Число поверяемых точек, m	
	В области $P_a \leq P_\delta$	В области $P_a \geq P_\delta$
0,1	3	-
0,16	2	2
0,25	1	3
от 0,4 до 2,5	1	4
свыше 2,5	-	5

Перед поверкой основной погрешности устройствами коррекции выходного сигнала устанавливают минимальный и максимальный выходные сигналы датчика на расчетное значение. Расчетное значение выходного сигнала определяют по формуле (13 - 16). Допускается устанавливать выходной сигнал на расчетное значение, определяемое по формуле (17) при атмосферном давлении.

5.3.11. Основную погрешность γ_δ в % нормирующего значения (п. 5.3.3) вычисляют по приведенным ниже формулам.

При поверке датчиков по способу 1 (п. 5.3.1):

$$\gamma_\delta = \frac{I - I_p}{I_m - I_o} \cdot 100, \quad (20)$$

$$\gamma_\delta = \frac{U - U_p}{U_m - U_o} \cdot 100, \quad (21)$$

$$\gamma_\delta = \frac{N - N_p}{N_m - N_o} \cdot 100, \quad (22)$$

где I – значение выходного сигнала постоянного тока, полученное экспериментально при номинальном значении измеряемой величины, мА;

U – значение падения напряжения на эталонном сопротивлении, полученное экспериментально при измерении выходного сигнала и номинальном значении входной измеряемой величины (давления), мВ или В;

N – значение выходного сигнала датчика в цифровом формате, полученное экспериментально при номинальном значении измеряемой величины;

Остальные обозначения те же, что в формулах (1, 2, 9).

При поверке датчиков по способу 2 (5.3.1):

$$\gamma_\delta = \frac{P - P_{ном}}{P_m} \cdot 100, \quad (23)$$

где P – значение входной измеряемой величины (давления), полученное экспериментально при номинальном значении выходного сигнала, кПа, МПа;

$P_{ном}$ – номинальное значение измеряемой величины при номинальном значении выходного сигнала, 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 γ_δ выполняют с точностью до второго знака после запятой.

5.4. Определение вариации

5.4.1. Вариацию выходного сигнала определяют при каждом поверяемом значении измеряемой величины, кроме значений, соответствующих нижнему и верхнему пределам измерений, по данным, полученным экспериментально при определении основной погрешности (п. 5.3).

5.4.2. Вариацию выходного сигнала γ_r в % нормирующего значения (п. 5.3.3) вычисляют по приведенным ниже формулам.

При проверке датчиков по способу 1 (п. 5.3.1):

$$\gamma_r = \frac{|I - I^*|}{I_m - I_o} \cdot 100, \dots \dots \dots (24)$$

$$\gamma_r = \frac{|U - U^*|}{U_m - U_o} \cdot 100, \dots \dots \dots (25)$$

$$\gamma_r = \frac{|N - N^*|}{N_m - N_o} \cdot 100, \dots \dots \dots (26)$$

где I, I^* - значения выходного сигнала постоянного тока, полученные экспериментально при одном и том же номинальном значении входной измеряемой величины при прямом и обратном ходе соответственно, мА;

U, U^* - значения падения напряжения на эталонном сопротивлении, полученные экспериментально при измерениях выходного сигнала и при одном и том же номинальном значении входной измеряемой величины при прямом и обратном ходе соответственно, мВ, В;

N, N^* - значения выходного сигнала датчика в цифровом формате, полученные экспериментально при одном и том же номинальном значении входной измеряемой величины при прямом и обратном ходе соответственно.

Остальные обозначения те же, что в формулах (1, 2, 9).

При проверке датчиков по способу 2 (5.3.1):

$$\gamma_r = \frac{|P - P^*|}{P_m} \cdot 100, \dots \dots \dots (27)$$

где P, P^* - значения входной измеряемой величины (давления), полученные экспериментально при прямом и обратном ходе и при одном и том же номинальном значении выходного сигнала, кПа, МПа;

P_m – то же, что в формуле (23).

5.5. Результаты проверки датчиков с линейной функцией преобразования.

5.5.1. Датчик признают годным при первичной проверке, если на всех поверяемых точках модуль основной погрешности $|\gamma_0| \leq \gamma_k \cdot |\mathcal{I}|$, а значение вариации γ_r в каждой точке измерений не превышает предела ее допускаемого значения.

5.5.2. Датчик признают негодным при первичной проверке, если хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_0| > \gamma_k \cdot |\mathcal{I}|$, или значение вариации γ_r превышает предел ее допускаемого значения.

5.5.3. Датчик признают годным при периодической проверке, если на всех поверяемых точках при первом или втором цикле проверки выполняются условия, изложенные в п. 5.5.1.

5.5.4. Датчик признают негодным при периодической проверке:

- если при первом цикле проверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_0| > (\delta_m)_{ва max} \cdot |\mathcal{I}|$ или значение вариации γ_r превышает предел ее допускаемого значения;

- если при втором цикле проверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_0| > \gamma_k \cdot |\mathcal{I}|$ или значение вариации γ_r превышает предел ее допускаемого значения.

Обозначения: $(\delta_m)_{ва max}$ – по п. 5.3.2; γ_k – по п.5.3.4; γ – по п. 5.3.6.

5.5.5. Допускается вместо вычислений по экспериментальным данным значений основной погрешности γ_0 и вариации γ_r контролировать их соответствие предельно допускаемым значениям.

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

5.6. Результаты поверки датчиков с неизменной (жестко запрограммированной) функцией преобразования измеряемой величины по закону квадратного корня.

5.6.1. Датчик признают годным при первичной поверке по способу 1 (п. 5.3.1), если на всех поверяемых точках модуль основной погрешности γ_0 , выраженной в % диапазона изменения выходного сигнала, не превышает пределов допускаемых значений в соответствии с условием (28), а значение вариации γ_r не превышает пределов ее допускаемых значений в соответствии с условием (29).

$$|\gamma_0| \leq |\gamma| \frac{I_m - I_0}{2(I_{ном} - I_0)}, \quad (28)$$

$$|\gamma_r| \leq \gamma_{r(дон)} \cdot \frac{I_m - I_0}{2(I_{ном} - I_0)}, \quad (29)$$

где $I_{ном}$ – номинальное значение выходного сигнала в поверяемой точке, мА;

γ – предел допускаемой основной погрешности в % верхнего предела измерений поверяемого датчика;

$\gamma_{r(дон)}$ – предел допускаемого значения вариации в % верхнего предела измерений поверяемого датчика.

Основную погрешность γ_0 и вариацию γ_r определяют в интервале значений выходного сигнала (30), если иное не указано в технической документации на датчик:

$$I_{p(лин)} \leq I_{ном} \leq I_m, \dots \dots \dots (30)$$

где $I_{p(лин)}$ – по п. 5.3.7, формула (7).

5.6.2. Датчик признают негодным при первичной поверке, если хотя бы в одной поверяемой точке не выполняются условия (28) и (29).

5.6.3. Датчик признают годным при периодической поверке, если на всех поверяемых точках при первом или втором цикле поверки выполняются условия (28) и (29).

$$|\gamma_0| > (\delta_m)_{ва\max} \cdot |\gamma| \frac{I_m - I_0}{2(I_{ном} - I_0)}, \quad (31)$$

5.6.4. Датчик признают негодным при периодической поверке:

- если при первом цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности γ_0 , выраженной в % диапазона изменения выходного сигнала, превышает пределы допускаемых значений (31) или значения вариации γ_r превышают пределы допускаемых значений (29).

5.6.5. Оценку результатов поверки датчиков с выходным сигналом в цифровом формате (N) или с выходным сигналом постоянного тока (I), значения которого контролируют по падению напряжения (U) на эталонном сопротивлении, производят с соблюдением всех условий, изложенных в п.п. 5.6.1 – 5.6.4, и заменой обозначения выходного сигнала на N или U .

6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1 Результаты поверки СИ удостоверяются знаком поверки и (или) свидетельством о поверке, и (или) записью в паспорте (формуляре) СИ, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки.

6.2 Знак поверки наносится в свидетельство о поверке и (или) в паспорт (формуляр).
Нанесение знака поверки на СИ не предусмотрено.

6.3. Протокол поверки оформляется в произвольной форме. Допускается протокол поверки не оформлять.

6.4. На СИ по которым зафиксированы несоответствия по результатам поверки выдают извещение о непригодности с указанием причин. Поверительное клеймо гасят. СИ к дальнейшей эксплуатации не допускают.

ПРИЛОЖЕНИЕ: схемы включения датчиков при поверке.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. Настоящая рекомендация разработана ФГУП «ВНИИА» и Всероссийским научно-исследовательским институтом метрологической службы (ФГУП «ВНИИМС») Госстандарта России.

Исполнители: Загузов В.С., А.И. Гончаров.

2. Утверждена ФГУП «ВНИИМС» 2016 г.

Начальник лаборатории 207.2



А.И. Гончаров

Настоящая рекомендация распространяется на датчики (измерительные преобразователи) давления типа «ТЖИУ406», «ТЖИУ406-М100», «ТЖИУ406-М100-Вн», «ТЖИУ406-М100-АС-Вн», «ТЖИУ406-М100-АС» (далее – датчики), выпускаемые в соответствии с ГОСТ 22520-85 и по технической документации ФГУП «ВНИИА».

Датчики предназначены для непрерывного преобразования значений измеряемых величин абсолютного давления, избыточного давления, разрежения, давления-разрежения, разности давлений и других физических величин, определяемых по давлению или по разности давлений (например, уровень и плотность жидкости, расход жидкости, газа или пара) в выходной аналоговый сигнал постоянного тока (0...5) мА, или (4...20) мА, или (и) в выходной цифровой сигнал в стандарте протоколов HART, или Modbus (RS485) или других коммуникационных цифровых протоколов.

Рекомендация устанавливает методику первичной и периодической проверок датчиков (измерительных преобразователей) давления типа «ТЖИУ406» с пределами допускаемой основной погрешности от $\pm 0,1$ до $\pm 1\%$ и «ТЖИУ406-М100», «ТЖИУ406-М100-АС-Вн», «ТЖИУ406-М100-Вн», «ТЖИУ406-М100-АС» с пределами допускаемой основной погрешности от $\pm 0,1$ до $\pm 0,5\%$.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1. При проведении проверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр – п. 5.1;
- опробование – п. 5.2;
- определение основной погрешности датчика – п. 5.3;
- определение вариации выходного сигнала датчика – п. 5.4.

Указанные операции проводятся как при первичной, так и при периодической проверке.

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении проверки применяют средства, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование средства проверки	Основные метрологические и технические характеристики средств проверки
Манометр абсолютного давления МПА-15	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности: $\pm 6,65$ Па в диапазоне (0...20) кПа; $\pm 13,3$ Па в диапазоне (20...133) кПа; пределы допускаемой основной погрешности $\pm 0,01\%$ от действительного значения измеряемого давления в диапазоне (133...400) кПа.
Микроманометр МКМ-4	Класс точности 0,01. Диапазон измерений (0,1...4,0) кПа.
Микроманометр МКВ-250	Пределы измерений (0...2,5) кПа; класс точности 0,01 и 0,02.
Задатчик давления «Воздух-1,6»	Пределы воспроизведения избыточного давления от 1 до 160 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности $\pm 0,02\%$, $\pm 0,05\%$ от задаваемого давления.

Задатчик давления «Воздух – 2,5»	Пределы воспроизведения избыточного давления от 2,5 до 250 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02\%$, $\pm 0,05\%$ от задаваемого давления.
Задатчик давления «Воздух – 6,3»	Пределы воспроизведения избыточного давления от 10 до 630 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02\%$, $\pm 0,05\%$.
Задатчик давления «Воздух-1600»	Пределы воспроизведения избыточного давления от 20 Па до 16 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне от 20 до 500 Па - $\pm 0,1\%$ Па; свыше 500 Па и до 16 кПа - $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления. В комплекте с блоком опорного давления (200, 300 и более Па) пределы воспроизведения разности давлений от 5 Па до 5 кПа; пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне до 500 Па - $\pm 0,14\%$ Па
Манометр грузопоршневой МП-2,5 I и II разрядов; ГОСТ 8291-83	Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02\%$, $\pm 0,05\%$ от измеряемого давления в диапазоне измерений от 25 кПа до 0,25 МПа.
Манометр грузопоршневой МП-6 I и II разрядов; ГОСТ 8291-83	Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02\%$, $\pm 0,05\%$ от измеряемого давления в диапазоне измерений от 0,04 до 0,6 МПа.
Манометр грузопоршневой МП-60 I и II разрядов; ГОСТ 8291-83	Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02\%$, $\pm 0,05\%$ от измеряемого давления в диапазоне измерений от 0,1 до 6 МПа.
Манометр грузопоршневой МП-600 I и II разрядов, ГОСТ 8291-83	Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02\%$, $\pm 0,05\%$ от измеряемого давления в диапазоне измерений от 1 до 60 МПа.
Манометр грузопоршневой МП-2500 II разряда; ГОСТ 8291-83	Пределы допускаемой основной погрешности $\pm 0,05\%$ от измеряемого давления в диапазоне измерений от 25 до 250 МПа.
Манометр грузопоршневой МВП-2.5 ГОСТ 8291-83	Пределы измерений избыточного давления 0 – 0,25 МПа; вакуумметрического давления (разрежения) 0 – 0,1 МПа. Пределы допускаемой основной погрешности: ± 5 Па при давлении (избыточном или вакуумметрическом) в пределах 0 – 0,01 МПа и $\pm 0,05\%$ от измеряемого значения при давлении свыше 0,01 МПа
Задатчик вакуумметрического давления «Метран-503»	Пределы воспроизведения разрежения от минус 0,6 до минус 60 кПа. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm 0,6$ Па в диапазоне измерений (0,6...4) кПа. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне измерений (4...60) кПа - $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления.

Задатчик давления «Метран-504-I»	Пределы воспроизведения давления от 3 до 400 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне измерений $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления.
Задатчик давления «Метран-504-II»	Пределы воспроизведения давления от 40 до 1000 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне измерений $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления.
Задатчик давления «Метран-504-III»	Пределы воспроизведения давления от 0,6 до 63 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне измерений $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления.
Задатчик давления «Метран-505»	Пределы воспроизведения давления от 0,02 до 25 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне измерений $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления.
Задатчик давления «Метран-505»	Пределы воспроизведения давления от 0,6 до 40 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне измерений $\pm 0,02\%$ от задаваемого давления.
Барометр М67	Пределы измерений (610...900) мм рт. ст.; погрешность измерений $\pm 0,8$ мм рт. ст.
Вакуумметр теплоэлектрический ВТБ-1	Пределы измерений (0,002...750) мм рт. ст.
Манометр для точных измерений МТИ	Пределы измерений от 0,25 до 160 МПа. Класс точности 0,6.
Вакуумметр для точных измерений ВТИ	Пределы измерений (0...0,1) МПа. Класс точности 1.
Термометр ртутный стеклянный лабораторный	Пределы измерений (0...55) °С. Цена деления шкалы 0,1 °С. Пределы допускаемой погрешности $\pm 0,2$ °С.
Образцовая катушка сопротивления Р331	Класс точности 0,01. Сопротивление 100 Ом
Мера электрического сопротивления однозначная МС 3006	Класс точности 0,001. Сопротивление от 1 Ом до 100 кОм
Магазин сопротивлений Р 33, ГОСТ 23737-79	Класс точности 0,2. Сопротивление до 99999,9 Ом.
Магазин сопротивлений Р4831	Класс точности $0,02/2 \cdot 10^{-6}$. Сопротивление до 111111,1 Ом
Вольтметр универсальный В7-64/1	Верхний предел измерений напряжения постоянного тока 200 В. Предел допускаемой основной погрешности измерения напряжения постоянного тока $\pm 0,0015\%$ от $U+2$ единицы младшего разряда, где U – значение измеряемого напряжения. Цена единицы младшего разряда 100 мкВ при измерении напряжения постоянного тока в пределах 2 В.

Источник постоянного тока Б5-45 или GPC3030D	Наибольшее значение напряжения на выходе 50 В. Допускаемое отклонение $\pm 0,5$ % от установленного значения напряжения.
Модем HART/RS232	Преобразователь сигналов HART в сигналы интерфейса RS232 для связи датчика с персональным компьютером через его стандартный последовательный порт.
Портативный HART-коммуникатор HC-375 фирмы Rosemount, YHC 4150X фирмы Yokogawa	Устройство для связи с датчиком по цифровому каналу и для обмена данными по HART-протоколу.
Персональный компьютер	IBM PC с Windows XP с режимом эмуляции MS DOS 6.22.
Модем на базе стандартного интерфейса RS 485	Устройство для связи с датчиком по цифровому протоколу на базе RS 485.

2.2. Допускается применять другие средства поверки, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 1.

3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

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

4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.1. При проведении поверки соблюдают следующие условия:

1. Температура окружающего воздуха (23 ± 2) °С.
2. Относительная влажность окружающего воздуха (30...80) %.
3. Давление в помещении, где проводят поверку (далее – атмосферное давление), в пределах (84...106,7) кПа или (630...800) мм рт. ст.
4. Напряжение питания постоянного тока в пределах (9...48) В. Номинальное значение напряжения питания и требования к источнику питания – в соответствии с технической документацией на датчик. Отклонение напряжения питания от номинального значения не более ± 1 %, если иное не указано в технической документации на датчик.
5. Сопротивление нагрузки при поверке датчиков:
 - с аналоговым выходным сигналом (4...20) мА – 100 Ом;
 - с аналоговым выходным сигналом (4...20) мА по HART-протоколу – 250 Ом;
 - с аналоговым выходным сигналом (0...5) мА – 1000 Ом;
 - с цифровым выходным сигналом – в соответствии с технической документацией на датчик.
6. Рабочая среда – воздух или нейтральный газ при поверке датчиков с верхними пределами измерений, не превышающими 2,5 МПа, и жидкость при поверке датчиков с верхними пределами измерений более 2,5 МПа. Допускается использовать воздух или нейтральный газ при поверке датчиков с верхними пределами измерений более 2,5 МПа при условии соблюдения соответствующих правил безопасности.
7. Колебания давления окружающего воздуха, вибрация, тряска, удары, наклоны, магнитные поля (кроме земного) и другие воздействия, влияющие на работу и метрологические характеристики датчика, должны отсутствовать.

8. Импульсную линию, через которую подают измеряемое давление, допускается соединять с дополнительными сосудами, емкость каждого из которых не более 50 литров.

4.2. При поверке датчиков разности давлений с приемными камерами для подвода большего давления («плюсовая» камера) и меньшего давления («минусовая» камера) значение измеряемой величины (разности давлений) устанавливают, подавая соответствующее значение избыточного давления в «плюсовую» камеру датчика, при этом «минусовая» камера сообщается с атмосферой.

При поверке датчиков разности давлений с малыми пределами измерений для уменьшения влияния на результаты поверки не устраненных колебаний давления окружающего воздуха «минусовая» камера датчика может соединяться с камерой эталонного СИ, сообщаемой с атмосферой, если это предусмотрено в конструкции СИ. При поверке датчиков разности давлений в «минусовой» камере может поддерживаться постоянное опорное давление, создаваемое другим эталонным задатчиком или основным задатчиком измеряемой величины с дополнительным блоком опорного давления.

При поверке датчиков разрежения и датчиков давления-разрежения значение измеряемой величины допускается устанавливать, подавая с противоположной стороны чувствительного элемента датчика соответствующее значение избыточного давления, если это предусмотрено конструкцией датчика (модели 2220, 2310).

4.3. Перед проведением поверки датчиков выполняют следующие подготовительные работы:

- выдерживают датчик не менее 3 ч при температуре, указанной в п. 4.1, если иное не указано в технической документации на датчик;
- выдерживают датчик не менее 5 мин при включенном питании;
- устанавливают датчик в рабочее положение с соблюдением указаний технической документации;
- проверяют на герметичность в соответствии с п.п. 4.3.1 – 4.3.4 систему, состоящую из соединительных линий для передачи давления, эталонных СИ и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемой величины.

4.3.1. 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 100 кПа, проводят при значениях давления (разрежения), равных верхнему пределу измерений поверяемого датчика.

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

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.

Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 100 кПа и менее, проводят в соответствии с п. 4.3.3.

4.3.2. При проверке герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков, указанных в п. 4.3.1, устанавливают заведомо герметичный датчик или любое другое средство измерений с погрешностью измерений не более 2,5 % от значений давления, соответствующих требованиям п. 4.3.1, и позволяющее зафиксировать 0,5 % изменения давления от заданного значения.

Создают в системе давление, установившееся значение которого соответствует требованиям п. 4.3.1, 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, в течение последующих 3 минут не наблюдают падения давления (разрежения), превышающее 0,5 % верхнего предела измерений поверяемого датчика. 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 $\pm(0,5...1)^\circ\text{C}$.

4.3.3. Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 100 кПа и менее, проводят следующим образом.

Устанавливают в системе заведомо герметичный датчик или любое другое средство измерений абсолютного давления, отвечающее требованиям к СИ в соответствии с п. 4.3.2. Создают в системе абсолютное давление не более 0,07 кПа и поддерживают его в течение 2 – 3 минут, после чего отключают устройство, создающее абсолютное давление, и эталонное СИ при необходимости (например, отключают колонки грузопоршневого манометра).

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

Допускается поправка при изменении температуры окружающего воздуха и рабочей среды.

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

4.3.5 Выборочная поверка датчиков допускается.

5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре датчика устанавливают:

- соответствие его внешнего вида технической документации и отсутствие видимых дефектов;
- наличие клеммных колодок и (или) разъемов для внешних соединений, устройства для регулировки выходного сигнала, клемм контроля выходного сигнала и др.;
- наличие дополнительных выходных устройств – электрических аналоговых или 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 РЭ, если это предусмотрено при поверке датчика, паспорта или документа, его заменяющего.

5.2. Опробование

5.2.1. При опробовании проверяют герметичность и работоспособность датчика, функционирование устройств коррекции минимального и максимального выходного сигнала.

5.2.2. Работоспособность датчика проверяют, изменяя измеряемую величину от нижнего до верхнего предельных значений. 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 0,9 атмосферного давления (не менее).

5.2.3. Проверку функционирования устройств коррекции минимального и максимального выходного сигнала выполняют следующим образом:

- при минимальном значении измеряемой величины фиксируют первоначальное значение выходного сигнала. Задав одно (любое) значение измеряемой величины в пределах, оговоренных руководством по эксплуатации, устройствами коррекции выходного сигнала возвращают выходной сигнал (показания индикатора) к первоначальному значению. Затем снова задают минимальное значение измеряемой величины на входе в датчик и устройствами коррекции выходного сигнала вновь устанавливают выходной сигнал (показания индикатора) в соответствии с исходным значением;

- при максимальном значении измеряемой величины фиксируют первоначальное значение выходного сигнала. Задав одно (любое) значение измеряемой величины в пределах, оговоренных руководством по эксплуатации, устройствами коррекции выходного сигнала возвращают выходной сигнал (показания индикатора) к первоначальному значению. Затем снова задают максимальное значение измеряемой величины на входе в датчик и устройствами коррекции вновь устанавливают выходной сигнал (показания индикатора) в соответствии с исходным значением.

5.2.4. Проверку герметичности датчика рекомендуется совмещать с операцией определения его основной погрешности.

Методика проверки герметичности датчика аналогична методике проверки герметичности системы (п.п. 4.3.1 – 4.3.4), но имеет следующие особенности:

- изменение давления (разрежения) определяют по изменению выходного сигнала или по изменению показаний цифрового индикатора поверяемого датчика, включенного в систему (п. 4.3.2);
- в случае обнаружения негерметичности системы с установленным поверяемым датчиком следует отдельно проверить герметичность системы и датчика.

5.2.5. ПО использует калибровочную информацию, полученную в процессе калибровки ДД при его изготовлении, и хранящуюся в энергонезависимом постоянном запоминающем устройстве (ЭСПЗУ).

ПО имеет встроенную функцию начальной и периодической циклической проверки целостности программного кода и калибровочной информации посредством подсчета контрольной суммы CRC-16.

Проверка достоверности ПО перед его записью во внутреннее постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) микроконтроллера производится методом сличения контрольных сумм файлов, находящихся на машинном носителе данных с данными, указанными в ведомости МНЗ (ЭНЗ) ТЖИУ.687281.272ПМ26.2.

При проверке защиты ПО и определении ее уровня производится анализ технической документации на ДД и испытания на имитацию непреднамеренных и преднамеренных изменений ПО.

Идентификационные данные ПО приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения
Рабочая программа ТМ47193	ТЖИУ.687281.272ПМ26.2	не ниже версии 2.2.49	отсутствует	Нет доступа к исполняемому файлу

5.3. Определение основной погрешности

5.3.1. Основную погрешность датчика определяют по одному из способов:

1. По эталонному СИ на входе датчика устанавливают номинальные значения входной измеряемой величины (например, давления), а по другому эталонному СИ измеряют соответствующие значения выходного аналогового сигнала (тока или напряжения). При поверке датчика по его цифровому сигналу к выходу подключают приемное устройство, поддерживающее соответствующий цифровой коммуникационный протокол для считывания информации при установленных номинальных значениях входной измеряемой величины.

2. В обоснованных случаях по эталонному СИ устанавливают номинальные значения выходного аналогового сигнала (тока или напряжения) или устанавливают номинальные значения цифрового сигнала датчика, а по другому эталонному СИ измеряют соответствующие значения входной величины (например, давления).

Примечания:

1. При поверке датчиков с HART-сигналом к выходу подключают портативный HART-коммуникатор или HART-модем с программным обеспечением для связи с персональным компьютером и считывания информации с цифрового выхода датчика. 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 наверяемый датчик.

5.3.2. Схемы включения датчиков для измерения выходного сигнала при проведении поверки (п. 5.3.1, способы 1 и 2) приведены в приложении.

Эталонные СИ входной величины (давления) включают в схему поверки в соответствии с их руководством по эксплуатации.

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

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

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta_i}{I_m - I_o} \right) \cdot 100 \leq \alpha_\delta \cdot \gamma, \dots \dots \dots (1)$$

где Δ_p – предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного СИ, контролирующего входную величину давления (Па, кПа, МПа, кгс/см², кгс/м², %, мм рт.ст., бар, мА);

P_m - верхний предел измерений (или диапазон измерений) поверяемого датчика, Па, кПа, МПа, кгс/см², кгс/м², %, мм рт.ст., бар, мА;

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

I_o, I_m – соответственно нижнее и верхнее предельные значения выходного сигнала датчика; для датчиков с выходным сигналом (4...20) мА $I_o=4$ мА, $I_m=20$ мА; для датчиков с выходными сигналами (0...5) мА $I_o=0$ мА, а $I_m=5$ мА соответственно.

α_δ – то же, что в п. 5.3.4;

γ – предел допускаемой основной погрешности поверяемого датчика, % нормирующего значения.

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.

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

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta_u}{U_m - U_o} + \frac{\Delta_R}{R_{\text{эт}}} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma, \dots \dots \dots (2)$$

где Δ_p, P_m - то же, что в формуле (1);

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;

$R_{\text{эт}}$ - значение эталонного сопротивления, Ом;

U_o, U_m - соответственно нижнее и верхнее предельные значения напряжений (мВ или В) на эталонном сопротивлении, определяемые по формулам: $U_m = I_m \cdot R_{\text{эт}}$

и $U_o = I_o \cdot R_{\text{эт}}$

3. При поверке датчика с выходным цифровым сигналом

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma, \dots \dots \dots (3)$$

где все обозначения те же, что и в формулах (1) и (2).

5.3.4. Расчетные значения выходного сигнала поверяемого датчика для заданного номинального значения входной измеряемой величины определяют по формулам (4 – 12):

1. Для датчиков с линейно возрастающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока (I) от входной измеряемой величины (P)

$$I_p = I_o + \frac{I_m - I_o}{P_m - P_n} (P - P_n), \dots \dots \dots (4)$$

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

P - номинальное значение входной измеряемой величины (для датчиков давления-разрежения значение P в области разрежения подставляется в формулу (4) 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 $P_{m(-)}$ и в формулу (4) подставляется со знаком минус;

I_o, I_m, P_m - то же, что и в формуле (1).

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

2. Для датчиков с линейно убывающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока от входной измеряемой величины

$$I_p = I_m - \frac{I_m - I_o}{P_m - P_n} (P - P_n) \dots \dots \dots (5)$$

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

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \sqrt{\frac{P}{P_m}} \dots \dots \dots (6)$$

где P – входная измеряемая величина – 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. Остальные обозначения те же, что и в формуле (1).

Если по технической документации на поверяемый датчик на ограниченном начальном участке характеристики (6) допускается линейная зависимость, то расчетные значения выходного сигнала на этом участке определяют по формуле:

$$I_{p(лин)} = I_o + 7 \cdot (I_m - I_o) \frac{P}{P_m} \quad (7)$$

где $P \leq 0,0204 \cdot P_m$;

4. Для датчиков с выходным сигналом постоянного тока, значения которого контролируют по падению напряжения на эталонном сопротивлении $R_{эм}$

$$U_p = R_{эм} \cdot I_p, \dots \dots \dots (8)$$

где U_p – расчетное значение падения напряжения на эталонном сопротивлении;

I_p – расчетное значение выходного сигнала постоянного тока, определяемое по формулам (4 – 7).

5. Для датчиков с выходным информационным сигналом в цифровом формате:

- с линейно возрастающей функцией преобразования

$$N_p = N_o + \frac{N_m - N_o}{P_m - P_n} (P - P_n) \dots \dots \dots (9)$$

где N_p – расчетное значение выходного сигнала в цифровом формате;

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

P, P_m, P_n – то же, что и в формуле (4);

- с линейно убывающей функцией преобразования

$$N_p = N_m - \frac{N_m - N_o}{P_m - P_n} (P - P_n) \dots \dots \dots (10)$$

- с функцией преобразования по закону квадратного корня

$$N_p = N_o + (N_m - N_o) \sqrt{\frac{P}{P_m}} \dots \dots \dots (11)$$

где P, P_m – то же, что в формуле (6); остальные обозначения те же, что в формулах (9, 10).

Если на ограниченном начальном участке этой характеристики допускается линейная зависимость, то расчетные значения выходного сигнала на этом участке определяют по формуле:

$$N_{p(лин)} = N_o + 7 \cdot (N_m - N_o) \frac{P}{P_m} \quad (12)$$

5.3.5 Поверку датчиков с программным обеспечением выбора функции преобразования входной измеряемой величины в соответствии с одним из видов (4 - 6, 9 - 11) производят при программной установке линейно-возрастающей зависимости выходного сигнала (4) или (9), если иное не предусмотрено технической документацией на датчик.

После выполнения поверки датчик может быть перепрограммирован в соответствии с требуемой функцией преобразования входной измеряемой величины.

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. 4.3.1, п. 4.3.2.

Установку минимального и максимального выходного сигнала выполняют с максимальной точностью, обеспечиваемой устройствами коррекции выходного сигнала датчика и разрешающей способностью эталонных СИ. Погрешность установки минимального и максимального выходного сигнала (без учета погрешности эталонных СИ) не должна превышать (0,2...0,3) предела допускаемой основной погрешности поверяемого датчика, если иное не указано в технической документации.

Значение выходного сигнала, соответствующее нижнему предельному значению измеряемой величины, рассчитывают по одной из формул (4-6, 9-11), для датчиков давления-разрежения полагая $P=P_n$, для остальных датчиков - полагая $P=0$ (для стандартных условий $P_n=0$).

5.3.6 Основную погрешность определяют при m значениях измеряемой величины, достаточно равномерно распределенных в диапазоне измерений, в том числе при значениях измеряемой величины, соответствующих нижнему и верхнему предельным значениям выходного сигнала.

Интервал между значениями измеряемой величины не должен превышать: 30% диапазона измерений при $m = 5$ (основной вариант поверки); 40% диапазона измерений при $m = 4$ и 60 % диапазона измерений при $m = 3$.

Основную погрешность определяют при значении измеряемой величины, полученном при приближении к нему как со стороны меньших значений (при прямом ходе), так и со стороны больших значений (при обратном ходе).

Перед поверкой при обратном ходе датчик выдерживают в течение 1 мин при верхнем предельном значении измеряемой величины, которому соответствует предельное значение выходного сигнала. 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 $\gamma_0 \leq \gamma_k \cdot \gamma$.

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_6 , если $P_6 \leq 100$ кПа. Расчетное значение выходного сигнала при установленном значении разрежения определяют по формуле (4) или (9).

При поверке датчиков абсолютного давления основную погрешность определяют по методике, изложенной в п. 5.3.7 с соблюдением условий, изложенных в п.п. 5.3.5, 5.3.6.

5.3.7. Определение основной погрешности датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,40 МПа и выше (допускается 0,1 МПа и выше) проводят с использованием эталонных СИ абсолютного давления и избыточного давления (например, МПА-15; Метран-504, МП-60, МП-600 и др.).

При использовании СИ абсолютного давления расчетные значения выходного сигнала датчика с линейно возрастающей функцией преобразования определяют по формулам:

- для датчиков с токовым выходным сигналом

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \frac{P_a}{P_{m(a)}} \dots\dots\dots(13)$$

- для датчиков с выходным сигналом в цифровом формате

$$N_p = N_o + (N_m - N_o) \frac{P_a}{P_{m(a)}} \dots\dots\dots(14)$$

где $I_o, I_m, I_p, N_o, N_m, N_p$ – то же, что в формулах (4) и (9);

$P_{(a)}$ – абсолютное давление, подаваемое в датчик, МПа;

$P_{m(a)}$ – верхний предел измерения датчика абсолютного давления, МПа;

При использовании СИ избыточного давления расчетные значения выходного сигнала датчика с линейно возрастающей функцией преобразования определяют по формулам:

- для датчика с токовым выходным сигналом

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \frac{P_a + P_{(+)}}{P_{m(a)}} \dots\dots\dots(15)$$

- для датчиков с выходным сигналом в цифровом формате

$$N_p = N_o + (N_m - N_o) \frac{P_a + P_{(+)}}{P_{m(a)}} \dots\dots\dots(16)$$

где $I_o, I_m, I_p, N_o, N_m, N_p$ – то же, что в формулах (4) и (9);

$P_{(a)}, P_{m(a)}$ – то же, что в формулах (13) и (14);

P_6 – атмосферное давление в помещении, где проводят проверку, МПа;

$P_{(+)}$ избыточное давление, подаваемое в датчик, МПа;

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

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \frac{P_a}{P_{m(a)}} \dots\dots\dots(17)$$

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

$$P_{m(+)} = P_{m(a)} - P_6 \dots\dots\dots(18)$$

При поверке датчиков с верхними пределами измерений $P_{m(a)} \leq 2,5$ МПа значение атмосферного давления P_6 определяют с погрешностью не более, чем

$$\Delta_a \leq \alpha_p \cdot \gamma \frac{P_{m(a)}}{100}, \dots\dots\dots(19)$$

где Δ_6 – абсолютная погрешность, МПа;

α_p, γ – то же, что в п.п. 5.3.4, 5.3.6;

$P_{m(a)}$ – верхний предел измерений поверяемого датчика.

При поверке датчиков с верхними пределами измерений $P_{m(a)} > 2,5$ МПа в формулы (15 - 18) допускается подставлять значение $P_6 = 0,1$ МПа, если атмосферное давление находится в пределах (0,093...0,102) МПа.

В зависимости от верхних пределов измерений поверяемых датчиков их основную погрешность определяют при m значениях измеряемой величины в соответствии с таблицей 3 и с учетом требований п. 5.3.6.

Верхние пределы измерений, МПа	Число поверяемых точек, m	
	В области $P_a \leq P_\epsilon$	В области $P_a \geq P_\epsilon$
0,1	3	-
0,16	2	2
0,25	1	3
от 0,4 до 2,5	1	4
свыше 2,5	-	5

Перед поверкой основной погрешности устройствами коррекции выходного сигнала устанавливают минимальный и максимальный выходные сигналы датчика на расчетное значение. Расчетное значение выходного сигнала определяют по формуле (13 - 16). Допускается устанавливать выходной сигнал на расчетное значение, определяемое по формуле (17) при атмосферном давлении.

5.3.11. Основную погрешность γ_∂ в % нормирующего значения (п. 5.3.3) вычисляют по приведенным ниже формулам.

При поверке датчиков по способу 1 (п. 5.3.1):

$$\gamma_\partial = \frac{I - I_p}{I_m - I_o} \cdot 100, \quad (20)$$

$$\gamma_\partial = \frac{U - U_p}{U_m - U_o} \cdot 100, \quad (21)$$

$$\gamma_\partial = \frac{N - N_p}{N_m - N_o} \cdot 100, \quad (22)$$

где I – значение выходного сигнала постоянного тока, полученное экспериментально при номинальном значении измеряемой величины, мА;

U – значение падения напряжения на эталонном сопротивлении, полученное экспериментально при измерении выходного сигнала и номинальном значении входной измеряемой величины (давления), мВ или В;

N – значение выходного сигнала датчика в цифровом формате, полученное экспериментально при номинальном значении измеряемой величины;

Остальные обозначения те же, что в формулах (1, 2, 9).

При поверке датчиков по способу 2 (5.3.1):

$$\gamma_\partial = \frac{P - P_{ном}}{P_m} \cdot 100, \quad (23)$$

где P – значение входной измеряемой величины (давления), полученное экспериментально при номинальном значении выходного сигнала, кПа, МПа;

$P_{ном}$ – номинальное значение измеряемой величины при номинальном значении выходного сигнала, 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 γ_∂ выполняют с точностью до второго знака после запятой.

5.4. Определение вариации

5.4.1. Вариацию выходного сигнала определяют при каждом поверяемом значении измеряемой величины, кроме значений, соответствующих нижнему и верхнему пределам измерений, по данным, полученным экспериментально при определении основной погрешности (п. 5.3).

5.4.2. Вариацию выходного сигнала γ_r в % нормирующего значения (п. 5.3.3) вычисляют по приведенным ниже формулам.

При поверке датчиков по способу 1 (п. 5.3.1):

$$\gamma_r = \frac{|I - I^*|}{I_m - I_o} \cdot 100, \dots \dots \dots (24)$$

$$\gamma_r = \frac{|U - U^*|}{U_m - U_o} \cdot 100, \dots \dots \dots (25)$$

$$\gamma_r = \frac{|N - N^*|}{N_m - N_o} \cdot 100, \dots \dots \dots (26)$$

где I, I^* - значения выходного сигнала постоянного тока, полученные экспериментально при одном и том же номинальном значении входной измеряемой величины при прямом и обратном ходе соответственно, мА;

U, U^* - значения падения напряжения на эталонном сопротивлении, полученные экспериментально при измерениях выходного сигнала и при одном и том же номинальном значении входной измеряемой величины при прямом и обратном ходе соответственно, мВ, В;

N, N^* - значения выходного сигнала датчика в цифровом формате, полученные экспериментально при одном и том же номинальном значении входной измеряемой величины при прямом и обратном ходе соответственно.

Остальные обозначения те же, что в формулах (1, 2, 9).

При поверке датчиков по способу 2 (5.3.1):

$$\gamma_r = \frac{|P - P^*|}{P_m} \cdot 100, \dots \dots \dots (27)$$

где P, P^* - значения входной измеряемой величины (давления), полученные экспериментально при прямом и обратном ходе и при одном и том же номинальном значении выходного сигнала, кПа, МПа;

P_m – то же, что в формуле (23).

5.5. Результаты поверки датчиков с линейной функцией преобразования.

5.5.1. Датчик признают годным при первичной поверке, если на всех поверяемых точках модуль основной погрешности $|\gamma_0| \leq \gamma_k \cdot |\mathcal{I}|$, а значение вариации γ_r в каждой точке измерений не превышает предела ее допускаемого значения.

5.5.2. Датчик признают негодным при первичной поверке, если хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_0| > \gamma_k \cdot |\mathcal{I}|$, или значение вариации γ_r превышает предел ее допускаемого значения.

5.5.3. Датчик признают годным при периодической поверке, если на всех поверяемых точках при первом или втором цикле поверки выполняются условия, изложенные в п. 5.5.1.

5.5.4. Датчик признают негодным при периодической поверке:

- если при первом цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_0| > (\delta_m)_{ва max} \cdot |\mathcal{I}|$ или значение вариации γ_r превышает предел ее допускаемого значения;

- если при втором цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_0| > \gamma_k \cdot |\mathcal{I}|$ или значение вариации γ_r превышает предел ее допускаемого значения.

Обозначения: $(\delta_m)_{ва max}$ – по п. 5.3.2; γ_k – по п.5.3.4; γ – по п. 5.3.6.

5.5.5. Допускается вместо вычислений по экспериментальным данным значений основной погрешности γ_0 и вариации γ_r контролировать их соответствие предельно допускаемым значениям.

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

5.6. Результаты поверки датчиков с неизменной (жестко запрограммированной) функцией преобразования измеряемой величины по закону квадратного корня.

5.6.1. Датчик признают годным при первичной поверке по способу 1 (п. 5.3.1), если на всех поверяемых точках модуль основной погрешности γ_0 , выраженной в % диапазона изменения выходного сигнала, не превышает пределов допускаемых значений в соответствии с условием (28), а значение вариации γ_r не превышает пределов ее допускаемых значений в соответствии с условием (29).

$$|\gamma_0| \leq |\gamma| \frac{I_m - I_0}{2(I_{ном} - I_0)}, \quad (28)$$

$$|\gamma_r| \leq \gamma_{r(дон)} \cdot \frac{I_m - I_0}{2(I_{ном} - I_0)}, \quad (29)$$

где $I_{ном}$ – номинальное значение выходного сигнала в поверяемой точке, мА;

γ - предел допускаемой основной погрешности в % верхнего предела измерений поверяемого датчика;

$\gamma_{r(дон)}$ – предел допускаемого значения вариации в % верхнего предела измерений поверяемого датчика.

Основную погрешность γ_0 и вариацию γ_r определяют в интервале значений выходного сигнала (30), если иное не указано в технической документации на датчик:

$$I_{p(лин)} \leq I_{ном} \leq I_m, \dots \dots \dots (30)$$

где $I_{p(лин)}$ – по п. 5.3.7, формула (7).

5.6.2. Датчик признают негодным при первичной поверке, если хотя бы в одной поверяемой точке не выполняются условия (28) и (29).

5.6.3. Датчик признают годным при периодической поверке, если на всех поверяемых точках при первом или втором цикле поверки выполняются условия (28) и (29).

$$|\gamma_0| > (\delta_m)_{ва\max} \cdot |\gamma| \frac{I_m - I_0}{2(I_{ном} - I_0)}, \quad (31)$$

5.6.4. Датчик признают негодным при периодической поверке:

- если при первом цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности γ_0 , выраженной в % диапазона изменения выходного сигнала, превышает пределы допускаемых значений (31) или значения вариации γ_r превышают пределы допускаемых значений (29).

5.6.5. Оценку результатов поверки датчиков с выходным сигналом в цифровом формате (N) или с выходным сигналом постоянного тока (I), значения которого контролируют по падению напряжения (U) на эталонном сопротивлении, производят с соблюдением всех условий, изложенных в п.п. 5.6.1 – 5.6.4, и заменой обозначения выходного сигнала на N или U .

6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1 Результаты поверки СИ удостоверяются знаком поверки и (или) свидетельством о поверке, и (или) записью в паспорте (формуляре) СИ, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки.