**Межгосударственный совет** **по стандартизации, метрологии и сертификации**

**(МГС)**

**Interstate council for standardization, metrology and certification**

**(ISC)**

ГОСТ ХХХХХ— ХХХХ

**межгосударственный
СТАНДАРТ**

**Преобразователи (ДАТЧКи) давления измерительные.**

**Методы и средства калибровки**

**Предисловие**

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены».

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Научный подход» (ООО «Научный подход»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК-206 «Эталоны и поверочные схемы»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от ХХ хххххх 202Х г. № ХХ-202Х)

За принятие проголосовали:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97 | Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97 | Сокращенное наименование национального органа по стандартизации |
| Азербайджан | AZ | Азстандарт |
| Армения | AM | ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения |
| Беларусь | BY | Госстандарт Республики Беларусь |
| Казахстан | KZ | Госстандарт Республики Казахстан |
| Киргизия | KG | Кыргызстандарт |
| Россия | RU | Росстандарт |
| Таджикистан | TJ | Таджикстандарт |
| Узбекистан | UZ | Узстандарт |

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от ХХ ххххх 202Х г. № ХХХ-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ХХХХХ введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с ХХ ххххх 202Х г.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изме­нений к нему на территории, указанных выше государств, публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответству­ющих национальных органов по стандартизации.*

*В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая ин­формация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»*

**Содержание**

[1. Область применения 1](#_Toc170753653)

[2. Нормативные ссылки 1](#_Toc170753654)

[3. Термины и определения 1](#_Toc170753655)

[4. Методы и средства калибровки 2](#_Toc170753656)

[4.1. Методы калибровки 2](#_Toc170753657)

[4.2. Операции калибровки 2](#_Toc170753658)

[4.3. Средства калибровки 2](#_Toc170753659)

[5. Требования к квалификации калибровщиков 3](#_Toc170753660)

[6. Требования безопасности 3](#_Toc170753661)

[7. Требования к условиям проведения калибровки 3](#_Toc170753662)

[8. Подготовка к калибровке 4](#_Toc170753663)

[9. Опробование 4](#_Toc170753664)

[10. Внешний осмотр 4](#_Toc170753665)

[11. Определение метрологических характеристик ПДИ 5](#_Toc170753666)

[12. Оформление результатов калибровки 10](#_Toc170753667)

**межгосударственный стандарт**

**Преобразователи (ДАТЧИКи) давления измерительные.**

**Методы и средства калибровки**

 Measuring pressure transducers (sensors). Calibration methods and tools

**Дата введения – ХХХХ-ХХ-**

1. **Область применения**

Настоящий стандарт распространяется на преобразователи (датчики) давлений измерительные с электрическими унифицированными аналоговыми или цифровыми выходными сигналами и устанавливают требования к методам и средствам их калибровки.

Калибровка преобразователей давлений измерительных (далее – ПДИ) проводится методом непосредственного сличения с эталонами давления.

Калибровку проводят методом прямого сличения показаний калибруемого ПДИ и эталона, подвергающихся воздействию одних и тех же значений давления и находящихся в одинаковых условиях окружающей среды.

1. **Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.2.007.0—75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические.

Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.019—80 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национального стандарты» за текущий год. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

1. **Термины и определения**

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1. калибровка ПДИ**: Совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений.

**3.2. оценка пригодности**: Подтверждение путем исследования и предоставления объективных доказательств того, что конкретные требования к специфическому целевому использованию выполняются.

**3.3. сертификат калибровки**: Документ, удостоверяющий факт и результаты калибровки ПДИ, который выдается организацией, осуществляющей калибровку.

**3.4. целевая неопределенность измерений**: Неопределенность измерений, заранее установленная как верхний предел и принятая, исходя из предполагаемого использования результатов измерений.

1. **Методы и средства калибровки**
	1. **Методы калибровки**

Калибровку ПДИ проводят одним из следующих методов:

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

Метод – 2. По эталонному СИ устанавливают номинальные значения выходного аналогового сигнала (тока или напряжения) или устанавливают номинальные значе­ния цифрового сигнала ПДИ, а по другому эталонному СИ измеряют соответствующие зна­чения входной величины (например, давления).

Примечания:

При определении основной погрешности ПДИ показания его цифрового индикатора не учитываются.

Калибровка ПДИ 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 исследуемый ПДИ.

* 1. **Операции калибровки**

При проведении калибровки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 4.1.

Таблица 4.1— Операции калибровки

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование операции | Структурный элемент настоящего стандарта | Проведение операции при проведении калибровки |
| Внешний осмотр | 9 | + |
| Опробование | 10 | + |
| Определение метрологических характеристик средства измерений | 11 | + |

* 1. **Средства калибровки**
		1. При проведении калибровки применяют средства калибровки и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 4.2.

Таблица 4.2 — Средства калибровки и вспомогательное оборудование

| Операция калибровки | Средство калибровки | Метрологические и технические требования к средствам калибровки |
| --- | --- | --- |
| Контроль условий проведения калибровки | Средства измерений для измерений температуры и относительной влажности окружающего воздуха; измерители давления | Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 0 % до 80 % с абсолютной погрешностью не более 3 %.Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 17 °C до 27 °C с абсолютной погрешностью не более ±0,5 °C.Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106 кПа с абсолютной погрешностью не более ±0,5 кПа |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Операция калибровки | Средство калибровки | Метрологические и технические требования к средствам калибровки |
| Опробование.Определение метрологических характеристик средства измерений | Манометры грузопоршневые | Рабочие эталон 1-го, 2-го, 3-го разрядов в соответствии с государственными поверочными схемами, утвержденными в установленном порядке |
| Калибраторы давления |
| Барометры |
| Мультиметры |
| Источник питания постоянного тока | Воспроизведение постоянного тока напряжением не менее 24 В, сила тока не мене 0,5 А |
| Персональный компьютер |  |

* + 1. Эталоны единиц величин, используемые при калибровке, должны быть аттестованы, средства измерений, применяемые в качестве эталонов и вспомогательные средства измерений должны быть поверены.
1. **Требования к квалификации калибровщиков**

К проведению калибровки допускаются лица, изучившие настоящий стандарт, эксплуатационную документацию на средства калибровки, вспомогательное оборудование и ПДИ, подлежащие калибровке.

1. **Требования безопасности**
	1. Лица, выполняющие калибровку, должны быть ознакомлены с правилами безопасности при работе с производственным оборудованием, а также указанными в эксплуатационной документации ПДИ, подлежащим калибровке, средствам калибровки, а также соблюдать требования нормативных правовых актов по обеспечению безопасности труда, производственной санитарии и охраны окружающей среды.
	2. К проведению калибровки допускают лиц не моложе 18 лет, аттестованных на право калибровочных работ, прошедших инструктаж по охране труда, обучение и аттестацию на право работы с электроустановками напряжением до 1000 В, имеющих квалификационную группу по электробезопасности не ниже 3-й и изучивших настоящий стандарт и эксплуатационную документацию на ПДИ и средства их калибровки.
	3. Средства калибровки, подключенные к электрической сети питания, должны быть заземлены.
	4. Во время подготовки и проведения калибровки должны выполняться:

- требования техники безопасности для защиты персонала от поражения электрическим током согласно действующих Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок;

- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на эталоны и средства калибровки;

- указания по технике безопасности, приведенные в руководстве по эксплуатации ПДИ, подлежащим калибровке;

* 1. Средства калибровки, вспомогательные средства калибровки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в их эксплуатационной документации.
1. **Требования к условиям проведения калибровки**

При проведении калибровки должны быть соблюдены следующие условия, указанные в таблице 6.1.

Таблица 3.3 - Условия проведения калибровки

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование влияющего фактора | Допустимый диапазон |
| Температура окружающего воздуха, °C | от 15 до 25 |
| Относительная влажность окружающего воздуха, % | от 50 до 80 |
| Атмосферное давление, кПа | от 96 до 104 |
| Напряжение и частота питающей сети | (220 ± 22) В; (50 ± 0,5) Гц |

1. **Подготовка к калибровке**

При подготовке к калибровке выполняют следующие работы:

* 1. Подготавливают ПДИ и средства калибровки в соответствии с их эксплуатационными документами;
	2. Проверяют наименование, тип, модификацию, заводской номер и дату выпуска ПДИ на соответствие эксплуатационным документам, входящим в комплект средства измерений;
	3. ПДИ и средства калибровки выдерживают в помещении, где выполняют калибровку, не менее 2 ч;
	4. Проверяют выполнение требований п. 6 настоящего стандарта.

С помощью соответствующих средств измерений выполняются измерения параметров окружающей среды в помещении для калибровки, напряжение и частоту питающей сети и сравнивают их с требованиями раздела 6. В случае несоответствий, принимаются меры к их устранению.

* 1. Подключение ПДИ:

- для преобразователей с выходным аналоговым сигналом постоянного тока от 4 до 20 мА подключить к миллиамперметру по токовой петле;

- для преобразователей с цифровым выходным сигналом подключить к источнику питания и к персональному компьютеру (ПК) посредством преобразователя интерфейсов RS 485 - USB. На ПК запустить работу программного обеспечения (ПО) для работы с цифровым протоколом Modbus и установить связь с преобразователем.

ПДИ должен быть подключен к устройству создания давления в вертикальном положении (если иное не предусмотрено руководством по эксплуатации), положение не должно изменяться в процессе калибровки.

1. **Опробование**

Опробование проводится с целью проверки функционирования ПДИ.

Проверяется работоспособность ПДИ путём изменения измеряемой величины до верхнего предельного значения давления. При этом должно наблюдаться изменение показаний измеряемого давления (выходного сигнала постоянного тока) на мониторе ПК или миллиамперметра. Провести выдержку преобразователя давления на верхнем пределе измерений не менее 5 мин, при этом, по показаниям преобразователя, не должно наблюдаться падение давления более чем на 1% от диапазона измерений (при условии герметичности системы).

Результаты считать положительными, если наблюдается изменение выходного сигнала и падение давления не превысило 1% от диапазона измерений.

1. **Внешний осмотр**

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- соответствие комплектности ПДИ, подлежащим калибровке, разделу «Комплект поставки» его руководства по эксплуатации;

- отсутствие видимых повреждений и дефектов, влияющих на работоспособность ПДИ;

- исправность оптических разъемов;

- исправность органов управления;

- все маркировки на ПДИ должны быть хорошо видимыми и легкочитаемыми.

1. **Определение метрологических характеристик ПДИ**
	1. Устанавливают следующие критерии оценки пригодности ПДИ:

Рвам - наибольшая вероятность, при которой любой дефектный экземпляр ПДИ может быть ошибочно признан годным;

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

Допускаемые значения критериев достоверности калибровки: Рвам = 0,20 и $(δ\_{м})$ва max =1,25.

* 1. Устанавливают следующие параметры калибровки:

*m* - число проверяемых точек в диапазоне измерений, *m* ≥5. В обоснованных случаях и при отсутствии эталонных СИ с необходимой дискретностью воспроизведения измеряемой величины допускается уменьшать число исследуемых точек до 4 или 3;

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

$γ$к - абсолютное значение отношения контрольного допуска к пределу допускаемой основной погрешности;

$α$р - отношение предела допускаемой погрешности эталонных СИ, применяемых при калибровке, к пределу допускаемой основной погрешности калибруемого ПДИ.

Значения $γ$к и $α$р выбирают по таблице 11.1 п. 11.2.2. в соответствии с принятыми критериями достоверности калибровки.

* 1. Выбор эталонных СИ для определения основной погрешности ПДИ при калибровке осуществляют, исходя из технических возможностей и технико-экономических предпосылок с учетом критериев достоверности калибровки п. 11.1. и в соответствии с таблицей 11.1.

Таблица 11.1 - Параметры и критерии достоверности калибровки.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $α$р | 0,2 | 0,25 | 0,33 | 0,4 | 0,5 |
| $γ$кРвам$(δ\_{м})$ва | 0,940,201,14 | 0,93 0,20 1.18 | 0,910,201,24 | 0,820,101,22 | 0,700,051,20 |

* 1. При выборе эталонных СИ для определения погрешности калибруемого ПДИ (в каждой проверяемой точке) соблюдают следующие условия:

а) При калибровке ПДИ с выходным аналоговым сигналом постоянного тока, значения которого контролируют непосредственно в мА:

$\left(\frac{∆\_{p}}{P\_{m}}+\frac{∆\_{i}}{I\_{m}-I\_{0}}\right) . 100\%\leq α\_{p} ∙γ$ (1)

где $∆\_{p}$ - предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного СИ, контролирующего значение входной величины (давление, кПа, МПа);

$P\_{m}$ - верхний предел измерений (или диапазон измерений) калибруемого ПДИ, кПа, МПа;

$∆\_{i}$ - предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного СИ, контролирующего электрический выходной сигнал ПДИ, мА;

$I\_{m},I\_{0}$ - соответственно нижнее и верхнее предельные значения выходного сигнала ПДИ, для ПДИ с выходным сигналом 4-20 мА Iо=4мА, Im=20мА, для ПДИ с выходными сигналами 0-5 мА Iо=0, Im=5мА;

$α\_{p}$ - то же, что в 11.2;

$γ$ - предел допускаемой основной погрешности ПДИ, подлежащего калибровке, % диапазона измерений.

Основная погрешность ПДИ, выраженная в процентах от диапазона измерений, численно равна основной погрешности, выраженной в процентах от диапазона изменения выходного сигнала ПДИ с линейной функцией преобразования измеряемой величины.

1) При калибровке ПДИ с выходным аналоговым сигналом постоянного тока, значения которого контролируют по падению напряжения на эталонном сопротивлении в мВ или В:

$\left(\frac{∆\_{p}}{P\_{m}}+\frac{∆\_{U}}{U\_{m}-U\_{0}}+\frac{∆\_{R}}{R\_{эт}}\right) ∙ 100\%\leq α\_{p}∙γ$ (2)

где $∆\_{p}$, $P\_{m}$- аналогично значениям по формуле (1);

$∆\_{U}$ - предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного СИ, контролирующего выходной сигнал ПДИ по падению напряжения на эталонном сопротивлении, мВ или В;

$∆\_{R}$ - предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного сопротивления, Ом;

$R\_{эт}$ - значение эталонного сопротивления, Ом;

$U\_{m},U\_{0}$ - соответственно верхнее и нижнее предельные значения напряжений (мВ или В) на эталонном сопротивлении, определяемые по формулам:

$U\_{m}=I\_{m}∙R\_{эт} $ и $U\_{0}=I\_{0}∙R\_{эт}$

2) При калибровке ПДИ с выходным цифровым сигналом:

$\left(\frac{∆\_{p}}{P\_{m}}\right) ∙ 100\%\leq α\_{p} ∙γ$ (3)

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

* 1. Расчетные значения выходного сигнала ПДИ, подлежащего калибровке для заданного номинального значения входной измеряемой величины определяют по формулам (4 - 10):

1) Для ПДИ с линейно возрастающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока (I) от входной измеряемой величины (Р):

$I\_{p}=I\_{0}+\frac{I\_{m}-I\_{0}}{P\_{m}-P\_{n}}(P-P\_{n})$ *(*4)

где $I\_{p}$ - расчетное значение выходного сигнала постоянного тока (мА);

*Р* - номинальное значение входной измеряемой величины, для ПДИ, калиброванных в диапазоне от избыточного давления до разрежения, значение давления *Р* в области разрежения подставляется в формулу (4) со знаком минус;

$P\_{n}$ - нижний предел измерений, для ПДИ, калиброванных в диапазоне от избыточного давления до разрежения, значение $P\_{n}$ в области разрежения подставляется в формулу (4) со знаком минус;

$I\_{m}, I\_{0}, P\_{m}$- то же, что и в формуле (1).

Для стандартных условий нижний предел измерений всех ПДИ, подлежащих калибровке равен нулю.

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

 $I\_{p}=I\_{m}-\frac{I\_{m}-I\_{0}}{P\_{m}-P\_{n}}(P-P\_{n})$(5)

1) Для ПДИ с выходным сигналом постоянного тока и функцией преобразования входной измеряемой величины по закону квадратного корня:

$I\_{p}=I\_{0}+(I\_{m}-I\_{0})\sqrt{\frac{P}{P\_{m}}}$(6)

где$P$ - входная измеряемая величина - разность давлений (перепад давления) для ПДИ разности давлений, предназначенных для измерения расхода рабочей среды;

$P\_{m}$ - верхний предел измерений или диапазон измерений ПДИ, подлежащего калибровке, разности давлений. Остальные обозначения те же, что и в формуле (1).

2) Для ПДИ с выходным сигналом постоянного тока, значения которого контролируют по падению напряжения на эталонном сопротивлении $R\_{эт}$:

 $U\_{p}=R\_{эт}∙I\_{p}$, (7)

где $U\_{p}$ - расчетное значение падения напряжения на эталонном сопротивлении; 1р - расчетное значение выходного сигнала постоянного тока, определяемое по формулам (4-6).

3) Для ПДИ с выходным информационным сигналом в цифровом формате:

- с линейно возрастающей функцией преобразования

$N\_{p}=N\_{0}+\frac{N\_{m}-N\_{0}}{P\_{m}-P\_{n}}(P-P\_{n})$ (8)

где

$N\_{p}$ - расчетное значение выходного сигнала в цифровом формате;

$N\_{m}, N\_{0}$ - соответственно верхнее и нижнее предельные значения выходного информационного сигнала ПДИ в цифровом формате;

$P, P\_{m}, P\_{n}$- то же, что и в формуле (4);

- с линейно убывающей функцией преобразования

$N\_{p}=N\_{m}-\frac{N\_{m}-N\_{0}}{P\_{m}-P\_{n}}(P-P\_{n})$ (9)

- с функцией преобразования по закону квадратного корня

 $N\_{p}=N\_{0}+(N\_{m}-N\_{0})\sqrt{\frac{P}{P\_{m}}}$ (10)

где $P, P\_{m}, $ - то же, что в формуле (6); остальные обозначения те же, что в формулах (8, 9).

Калибровку ПДИ с программным обеспечением выбора функции преобразования входной измеряемой величины в соответствии с одним из видов (4-6, 8-10) производят при программной настройке линейно возрастающей зависимости выходного сигнала (4) или (8), если иное не предусмотрено технической документацией на ПДИ.

После выполнения калибровки ПДИ может быть перенастроен в соответствии с требуемой функцией преобразования входной измеряемой величины.

* 1. Основную погрешность определяют при m значениях измеряемой величины (11.1), 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 (рекомендуемый вариант калибровки, 40 % диапазона измерений при *m* = 4 и 60% диапазона измерений при *m* = 3.

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

При проведении калибровки основную погрешность определяют в два цикла: до корректировки диапазона изменения выходного сигнала и после корректировки диапазона. Второй цикл допускается не проводить, если основная погрешность$γ$Д$\leq γ∙$$γ$к

При калибровке ПДИ с верхним пределом измерений в области разрежения, равном 100 кПа допускается устанавливать максимальное значение разрежения в пределах (0,90...0,95) от атмосферного давления $P\_{б}$, если $P\_{б}$ ≤ 100 кПа. Расчетное значение выходного сигнала при установленном значении разрежения определяют по формуле (4) или (8).

При калибровке ПДИ абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,25 МПа и выше основную погрешность допускается определять по методике, изложенной в 11.8 с соблюдением условий, изложенных в 11.7, 11.8. Допускается по методике п. 11.8 определять основную погрешность ПДИ абсолютного давления с верхними пределами измерений от 0,1 до 0,25 МПа.

* 1. Определение основной погрешности ПДИ абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,25 МПа (допускается 0,1 МПа) и выше допускается проводить с использованием эталонных СИ разрежения и избыточного давления.

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

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

- для ПДИ с токовым выходным сигналом

$I\_{p}=I\_{0}+(I\_{m}-I\_{0})\frac{P\_{б}+P\_{(\pm )}}{P\_{m}(a)}$ (11)

- для ПДИ с выходным сигналом в цифровом формате

$N\_{p}=N\_{0}+(N\_{m}-N\_{0})\frac{P\_{б}+P\_{(\pm )}}{P\_{m}(a)}$ (12)

где $I\_{p}, I\_{0}, I\_{m}, N\_{p}, N\_{0}, N\_{m} $ - то же что в формулах (4) и (8);

$P\_{б}$ - атмосферное давление в помещении, где проводят калибровку, МПа;

$P\_{m}(a)$ - верхний предел измерений ПДИ абсолютного давления, МПа;

*Р* (+) - избыточное давление, подаваемое в ПДИ, МПа;

*Р* (-) - разрежение, создаваемое в ПДИ; значение разрежения в МПа подставляют в формулы (11) и (12) со знаком минус.

Расчетные значения избыточного давления и разрежения вычисляют по формулам

$P\_{(+)}=P\_{a}-P\_{б}$ (13)

$P\_{(-)}=P\_{б}-P\_{a}$, (14)

где Ра - номинальное значение абсолютного давления, МПа.

Вблизи нуля абсолютного давления ПДИ операции калибровки проводят, создавая на его входе разрежение

$P\_{pm(-)}=(0,90…0,95)∙P\_{б}$, (15)

при котором расчетное значение выходного сигнала определяют по формуле

$I\_{p}=I\_{0}+(I\_{m}-I\_{0})\frac{P\_{б}-P\_{m(-)}}{P\_{m}(a)}$ (16)

Значения выходного сигнала в цифровом формате *(N)* определяют по формуле такой же структуры, заменяя обозначения тока *I* на обозначение *N*.

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

$I\_{p}=I\_{0}+(I\_{m}-I\_{0})\frac{P\_{б}}{P\_{m}(a)}$ (17)

Максимальное значение избыточного давления $P\_{m(+)}$, при котором расчетное значение выходного сигнала $I\_{p}=I\_{m}$, определяют по формуле:

$P\_{m(+)}=P\_{m(a)}-P\_{б}$ (18)

При калибровке ПДИ абсолютного давления с верхними пределами измерений $P\_{m(a)}$ <2,5 МПа значение атмосферного давления $P\_{б}$ определяют с погрешностью не более, чем

$∆\_{(б)}\leq α\_{p}∙γ\frac{P\_{m}(a)}{100}$ (19)

где $∆\_{(б)}$ - абсолютная погрешность, МПа;

$α\_{p},γ$ -то же, что в 11.2, 11.4;

$P\_{m}(a)$ - верхний предел измерений ПДИ, подлежащего калибровке.

При калибровке ПДИ с верхними пределами измерений $P\_{m}(a)$ > 2,5 МПа в формулы (11 -18) допускается подставлять значение $P\_{б}$= 0,1 МПа, если атмосферное давление находится в пределах (0,093...0,102) МПа.

В зависимости от верхних пределов измерений ПДИ, подлежащих калибровке, их основную погрешность определяют при *m* значениях измеряемой величины в соответствии с таблицей 11.1 и с учетом требований 11.6.

Таблица 11.1

| Верхние пределы измерений, МПа | Число исследуемых точек, шт |
| --- | --- |
| в области *Ра* < *Рб* | в области *Ра* > *Рб* |
| 0,1 | 3 | - |
| 0,16 | 2 | 2 |
| 0,25 | 1 | 3 |
| От 0,4 до 2,5 | 1 | 4 |
| Свыше 2,5 | - | 5 |

Перед калибровкой поводят настройку нижнего предела измерений ПДИ при значении давления, соответствующего разрежению $P\_{m(-)}$в указанных пределах (15).

Расчетное значение выходного сигнала определяют по формуле (16). Допускается проводить настройку при атмосферном давлении для верхних пределов измерений более 0,16 МПа, расчетное значение выходного сигнала определяют по формуле (17).

* 1. Основную погрешность $γ\_{∂}$ в % диапазона измерений (11.4) вычисляют по приведенным ниже формулам

При калибровке ПДИ по методом 1 (4.1):

$γ\_{∂}=\frac{I-I\_{p}}{I\_{m}-I\_{0}}∙ 100\%$, (20)

$γ\_{∂}=\frac{U-U\_{p}}{U\_{m}-U\_{0}}∙ 100\%$, (21)

$γ\_{∂}=\frac{N-N\_{p}}{N\_{m}-N\_{0}}∙ 100\%$, (22)

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

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

$N$ - значение выходного сигнала ПДИ в цифровом формате, полученное экспериментально при номинальном значении измеряемой величины.

Остальные обозначения те же, что в формулах (1, 2, 8).

При калибровке ПДИ методом 2 (4.1):

$γ\_{∂}=\frac{P-P\_{ном}}{P\_{m}}∙ 100\%$, (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;

$P\_{m}$ - верхний предел измерений или диапазон измерений, кПа, МПа.

Вычисления $γ\_{∂}$ выполняют с точностью до третьего знака после запятой.

* 1. Определение неопределенности
		1. Неопределенность выходного сигнала определяют при каждом исследуемом значении измеряемой величины, кроме значений, соответствующих нижнему и верхнему пределам измерений, по данным, полученным экспериментально при определении основной погрешности.
		2. Неопределенность выходного сигнала $γ\_{г}$ в % диапазона измерений (11.4) вычисляют по приведенным ниже формулам.

При калибровке ПДИ методом 1 (4.1):

$γ\_{г}=\frac{\left|I-I^{\*}\right|}{I\_{m}-I\_{0}}∙ 100\%$, (24)

$γ\_{г}=\frac{\left|U-U^{\*}\right|}{U\_{m}-U\_{0}}∙ 100\%$*,* (25)

$γ\_{г}=\frac{\left|N-N^{\*}\right|}{N\_{m}-N\_{0}}∙ 100\%$*,* (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 зна¬чении входной измеряемой величины при прямом и обратном ходе соответственно, мВ, В;

$N, N^{\*}$ - значения выходного сигнала ПДИ 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, 8).

При калибровке ПДИ методом 2 (4.1):

$γ\_{г}=\frac{\left|P-P^{\*}\right|}{P\_{m}}∙ 100\%$, (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).

* 1. Результаты калибровки ПДИ.

По результатам калибровки определяются действительные значения метрологических характеристик ПДИ.

Полученные результаты вносятся еще в протокол калибровки СИ. Протокол составляется в произвольной форме.

1. **Оформление результатов калибровки**

Результаты калибровки удостоверяются:

* оформлением сертификата о калибровке;
* нанесением на ПДИ знака калибровки;
* внесением отметки в паспорт/формуляр на ПДИ;
* записью в эксплуатационных документах.

Сертификат калибровки должен содержать следующую информацию:

* наименование документа «Сертификат калибровки»;
* наименование и юридический адрес калибровочной лаборатории, а также место проведения калибровки, если оно не совпадает с юридическим адресом лаборатории;
* номер сертификата калибровки, при этом, если сертификат калибровки помещается на нескольких страницах или содержит приложения (протоколы калибровки, и т. д.), каждая страница сертификата калибровки или приложения должна быть соответствующим образом идентифицирована как имеющая отношение к конкретному сертификату калибровки. Каждая страница сертификата калибровки должна быть пронумерована, общее количество страниц должно быть указано;
* наименование и адрес заказчика (или подразделения предприятия в случае выполнения работ для собственных нужд предприятия);
* идентификацию используемой методики калибровки;
* наименование (тип), заводской номер и, при необходимости, состояние средства измерений, поступившего на калибровку;
* дату проведения калибровки;
* результаты калибровки с указанием единиц измерения величин;
* условия проведения калибровки (например, условия окружающей среды, при которых проводилась калибровка и которые могли оказать влияние на результаты калибровки);
* оценка неопределенности измерений и указание о соответствии полученной неопределенности значению целевой неопределенности;
* доказательства прослеживаемости измерений к государственному первичному эталону соответствующей единицы величины или национальному первичному эталону;
* должность, подпись и расшифровку подписи лица, проводившего калибровку;
* при необходимости, в целях предупреждения злоупотреблений и защиты интеллектуальной собственности на сертификатах калибровки может быть помещена надпись: «Сертификат калибровки не может быть воспроизведен полностью или частично без письменного разрешения калибровочной службы».