

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ФГУП «ВНИИМ
им. Д.И. Менделеева»

А.Н. Пронин

М.п.

«15» мая 2026 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Датчики давления

PS30

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 231-0151-2026

Руководитель сектора
перспективных разработок и
испытаний в области давления

А.А. Пименова

И.о. руководителя НИЛ
государственных эталонов и
научных исследований в области
измерений избыточного давления и
разности давлений

Н.А. Фирсанов

г. Санкт-Петербург
2026 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на датчики давления PS30 (далее по тексту – датчики), и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

1.2 Методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость поверяемого средства измерений к Государственному первичному специальному эталону единицы давления для области переменного давления в диапазоне от $1 \cdot 10^2$ до $5 \cdot 10^8$ Па, длительностей от $5 \cdot 10^{-6}$ до 10 с и частот от $5 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^4$ Гц при постоянном давлении до $8 \cdot 10^6$ Па (ГЭТ 131-2023) в соответствии Государственной поверочной схемой для средств измерений переменного давления, утвержденной приказом Росстандарта от 24.11.2023 № 2417, к Государственному первичному эталону единицы давления – паскаля (ГЭТ 23-2026) в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа, утвержденная Приказом Росстандарта от 14.04.2026 № 731.

1.3 Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки – непосредственное сличение эталона с показаниями поверяемого средства измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Наименование операций	Обязательность проведения при поверке		Номер раздела МП
	первичной	периодической	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	9
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10

2.2 Если при проведении одной из операций поверки получен отрицательный результат, проведение дальнейшей поверки прекращается.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении операций поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от + 15 до +25 °С;
- относительная влажность от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка датчиков осуществляется лицами, прошедшими специальную подготовку в качестве поверителей и изучившими нормативные документы (далее НД) на поверяемые средства измерений и средства поверки.

4.2 К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по безопасности труда.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки рекомендуются к применению средства поверки (эталоны единиц величин, средства измерений), указанные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень средств поверки, рекомендуемых к применению при проведении поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Контроль условий поверки		
п. 8.1	Диапазон измерений температуры от плюс 15 до плюс 25 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,5$ °С; диапазон измерений относительной влажности воздуха от 30 до 80 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности не более ± 3 %; диапазон измерений атмосферного давления от 84 до 106 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,5$ кПа	Термогигрометр ИВА-6, модификация ИВА-6Н-Д (рег. № 46434-11)
Определение метрологических характеристик средства измерений		
п. 9.1	Установки с диапазоном измерений переменного давления от 0,01 до 250 МПа, длительностей в диапазоне от $5 \cdot 10^{-6}$ до 1 с, пределы допускаемой относительной погрешности должны быть не более ± 5 %; диапазон измеряемого постоянного тока от 0 до 5 В, с частотой дискретизации не менее 120 кГц, пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента отклонения $\pm 0,5$ % (если не входит в состав установки)	Рабочие эталоны переменного давления по государственной поверочной схеме ⁽¹⁾ Преобразователь напряжения АР6300 (рег. 71631-18)

Окончание таблицы 5.1

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
пп. 9.2-9.3	Установки с диапазоном измерений переменного давления от 0,01 до 250 МПа, длительностей в диапазоне от $5 \cdot 10^{-6}$ до 1 с, пределы допускаемой относительной погрешности должны быть не более $\pm 5\%$; диапазон значений коэффициента отклонения от 0,001 до 1 В/дел (при количестве делений не менее 10) с частотой дискретизации не менее 120 кГц или диапазон измеряемого постоянного тока от 0 до 5 В, с частотой дискретизации не менее 120 кГц	Рабочие эталоны переменного давления по государственной поверочной схеме ⁽¹⁾ Осциллограф цифровой запоминающий серии RTC1002 (рег. № 70400-18) Преобразователь напряжения AP6300 (рег. 71631-18)
п. 9.4	Эталоны единицы избыточного давления, соответствующие требованиям, предъявляемым к эталонам 4-го разряда, и в соответствии с диапазоном измерений избыточного давления поверяемого датчика и соотношениями пределов погрешности (при одном и том же значении давления), установленными государственной поверочной схемой ⁽²⁾; диапазон измерений постоянного напряжения от 0 до 5 В ⁽³⁾	Калибраторы давления АГК (рег. № 83680-21) Мультиметр В7-84 (рег. № 38358-08)
Примечания: ⁽¹⁾ Государственная поверочная схема для средств измерений переменного давления, утвержденная приказом Росстандарта от 24.11.2023 № 2417. ⁽²⁾ Государственная поверочная схема для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа, утвержденная Приказом Росстандарта от 20.10.2022 № 2653. ⁽³⁾ Выбор средств поверки для определения основной погрешности измерений избыточного давления осуществляют в соответствии с п. 5.2.		

5.2 При выборе эталонов для определения погрешности измерений избыточного давления поверяемого датчика (в каждой поверяемой точке) соблюдают следующие условия:

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta_i}{U_m - U_0} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma, \quad (1)$$

где Δ_p – предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного СИ, контролирующего входную величину (давление), МПа;

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

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

U_0 , U_m – соответственно нижнее и верхнее предельное значение выходного сигнала датчика, В;

α_p – отношение предела допускаемой погрешности эталонных СИ, применяемых при поверке, к пределу допускаемой основной погрешности поверяемого датчика в соответствии с государственной поверочной схемой;

γ – предел допускаемой основной приведенной погрешности поверяемого датчика, % диапазона измерений.

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

5.3 Средства измерений, применяемые при поверке, должны быть поверены. Эталоны единиц величин, применяемые при поверке, должны быть аттестованы. Сведения о положительных результатах поверки (аттестации) средств измерений (эталонов), применяемых при поверке, должны быть опубликованы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

5.4 Допускается применение средств поверки, не приведенных в рекомендуемом перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью, передачу единицы величины средству измерений при его поверке и прослеживаемость эталонов и средств измерений, применяемых при поверке, к государственным первичным эталонам единиц соответствующих величин.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на датчики и средства поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре поверяемого средства измерений устанавливают:

- отсутствие механических повреждений, влияющих на эксплуатационные свойства и метрологические характеристики средства измерений;
- наличие маркировки в соответствии с описанием типа.

Средство измерений, не удовлетворяющее требованиям п. 7.1 настоящей методики, не подлежит поверке до устранения неисправностей или несоответствий. После их устранения внешний осмотр проводят в полном объеме.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Проверка условий окружающей среды.

8.1.1 При проверке условий окружающей среды проводят контроль выполнения условий поверки в соответствии с п. 3.1 настоящей методики.

8.2 Подготовительные работы.

8.2.1 Перед проведением поверки датчиков выполняют следующие подготовительные работы:

- выдерживают датчик не менее трех часов при температуре, указанной в п. 3.1;
- выдерживают датчик не менее тридцати минут при включённом питании;
- устанавливают датчик в рабочее положение с соблюдением указаний руководства по эксплуатации;
- проверяют на герметичность в соответствии с п. 8.3 систему, состоящую из соединительных линий для передачи давления, эталонов и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемой величины.

8.3 Проверка герметичности системы.

8.3.1 Проверку герметичности системы проводят при давлении, равном верхнему

пределу измерений датчика.

В систему подают давление, равное верхнему пределу измерений, датчики выдерживают под этим давлением в течение двух минут. Затем систему отключают от устройства, создающего давление. Измерительную систему считают герметичной, если в течение двух минут не наблюдается падения давления.

8.4 Опробование.

8.4.1 При опробовании проводят проверку общего функционирования датчика.

8.4.2 Работоспособность датчика проверяют, изменяя измеряемое давление от нижнего предельного значения до верхнего, при этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала датчика.

8.4.3 Проверку герметичности датчика проводят по методике аналогичной методике (п. 8.3) со следующими особенностями:

- изменение давления определяют по изменению выходного сигнала поверяемого датчика, включенного в систему;
- в случае обнаружения негерметичности системы с поверяемым датчиком следует отдельно проверить систему и датчик.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального. Определение нелинейности амплитудной характеристики. Определение диапазона измерений амплитуд переменных давлений

9.1.1 Действительное значение коэффициента преобразования датчика определяют на эталонной установке переменного давления (далее – эталонная установка).

9.1.2 Датчик устанавливают на эталонной установке с помощью специальных элементов крепления, входящих в комплект установки.

9.1.3 Создают переменное давление значениями амплитуд n ($n=1, \dots, i$) равномерно распределенных в диапазоне измерений датчика, при этом i должно быть не менее 3, а также обязательно наличие верхнего и нижнего значений из диапазона измерений давления датчиков. При каждом значении создаваемой амплитуды регистрируют выходной сигнал датчиков m раз ($m=1, \dots, j$), при этом j должно быть не менее 3.

9.1.4 Определяют действительное значение коэффициента преобразования датчика, S_{ij} , В/МПа, по формуле:

$$S_{ij} = \frac{U_{ij}}{P_{ij}}, \quad (2)$$

где U_{ij} – амплитуда напряжения на выходе проверяемого датчика, В;

P_{ij} – измеренное значение амплитуды давления, МПа.

Среднее арифметическое значение коэффициента преобразования для каждого значения амплитуды переменного давления рассчитывают по формуле:

$$S_i = \frac{\sum_{j=1}^m S_{ij}}{m}. \quad (3)$$

Действительное значение коэффициента преобразования датчика рассчитывают по формуле:

$$S = \frac{\sum_{i=3}^n S_i}{n}. \quad (4)$$

9.1.5 Рассчитывают относительное отклонение действительного значения коэффициента преобразования датчика от номинального значения, %, указанного в НД по формуле:

$$\delta_s = \frac{S - S_{ном}}{S_{ном}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где $S_{ном}$ – номинальное значение коэффициента преобразования датчика, В/МПа.

9.1.6 Определяют для каждого эталонного значения амплитуды единичного скачка давления относительное отклонение от действительного значения коэффициента преобразования датчика (см. п. 9.1.4) по формуле:

$$\delta_{a,i} = \frac{S - S_i}{S_i} \cdot 100\%. \quad (6)$$

9.1.7 Наибольшее из отклонений $\delta_{a,i}$ принимают за нелинейность амплитудной характеристики:

$$\delta_a = \max(|\delta_{a,i}|). \quad (7)$$

9.1.8 Результаты поверки считают удовлетворительными если в диапазоне амплитуд переменных давлений, значение нелинейности амплитудной характеристики δ_a не превышает 4 %, а отклонение действительного значения коэффициента преобразования датчика δ_s от номинального значения не превышает 10%.

9.2 Определение собственной резонансной частоты датчика

9.2.1 Датчик закрепляют на эталонной установке с помощью специальных элементов крепления, входящих в комплект установки.

9.2.2 Воспроизводят импульсное давление с продолжительностью фронта не более 5 мкс и регистрируют отклик датчика.

9.2.3 Измеряют средний из 10-ти колебаний период $T_{рез}$ записанной на осциллограмме характеристики. С помощью формулы определяют собственную резонансную частоту $f_{с.рез}$:

$$f_{с.рез} = \frac{1}{T_{рез}}. \quad (8)$$

9.2.4 Операции по п.п. 9.2.2-9.2.3 повторяют не менее 3 раз. За результат определения $f_{с.рез}$ принимается наименьшее из полученных значений.

9.2.5 Результаты поверки считают удовлетворительными, если собственная резонансная частота датчика составляет не менее 12 кГц.

9.3 Определение диапазона рабочих частот и определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот измеряемых давлений

9.3.1 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот измеряемых давлений ($\delta_{ачх}$) датчиков определяют расчетным методом по формуле:

$$\delta_f = \left| \frac{1}{1 - \left(\frac{f_{\max}}{f_{c.\text{рез}}} \right)^2} - 1 \right| \cdot 100\%, \quad (9)$$

где $f_{\max}$ — верхнее значение частоты рабочего диапазона измеряемых давлений датчиков, кГц;

$f_{c.\text{рез}}$ — значение собственной резонансной частоты датчика, определенной по п. 9.2.3 настоящей методики, кГц.

9.3.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если значение неравномерности амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот измеряемых давлений не превышает 6,7 %.

9.4 Проверка диапазона измерений избыточного давления и определение основной погрешности измерений избыточного давления

9.4.1 Проверку диапазона измерений давления и определение основной погрешности измерений давления датчиков проводят следующим образом. По эталону на входе датчика устанавливают давление и фиксируют выходной сигнал с датчиков.

9.4.2 Основную приведенную погрешность измерений давления определяют по результатам измерений в течение одного цикла нагружения не менее чем при пяти значениях давления равномерно распределенных в диапазоне измерений, включая верхнее и нижнее предельные значения давления.

9.4.3 При проверке давление плавно повышают и проводят измерение при заданных значениях давления. При достижении верхнего предела измерений датчик выдерживают в течение 1 минуты при этом давлении. После чего давление плавно понижают и проводят отсчитывание давления при тех же значениях, что и при повышении давления.

9.4.4 Расчетные значения выходного сигнала датчиков для заданного эталоном значения измеряемого давления определяют по формуле:

$$U_p = \frac{U_m}{P_m} \cdot P, \quad (10)$$

где: U_p — расчетное значение выходного сигнала, В;

P — действительное значение измеряемого давления, МПа;

U_m — верхнее предельное значение выходного аналогового сигнала, В;

P_m — верхний предел измерений.

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение основной относительной погрешности измерений переменного давления

10.1.1 Основную относительную погрешность измерений δ при доверительной вероятности 0,95 определяют по формуле:

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{et}^2 + \delta_a^2 + \delta_f^2}, \quad (11)$$

где δ_{et} – погрешность эталонной установки, использованной при определении действительного значения коэффициента преобразования датчика, %

δ_a – нелинейность амплитудной характеристики датчика, % (формула (7);

δ_f – неравномерность амплитудно-частотной характеристики датчика, % (формула (9).

10.1.2 Результаты определения считают удовлетворительными, если основная относительная погрешность измерений переменного давления находится в пределах 10 %.

10.2 Определение основной приведенной погрешности измерений избыточного давления

10.2.1 Основную приведенную погрешность γ определяют по формуле:

$$\gamma = \frac{U - U_p}{U_m} \cdot 100\% . \quad (12)$$

где U – значение выходного сигнала постоянного напряжения поверяемого датчика, В.

10.2.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если основная приведенная погрешность измерений избыточного давления не превышает $\pm 0,6$ % или ± 1 % (в зависимости от указанной в паспорте датчика).

10.3 Критерии соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.3.1 Критерием соответствия средства измерений метрологическим требованиям является соответствие требованиям разделов 7, 8, 9 и положительном результате проверки контролируемых характеристик п. 10.1 и 10.2 настоящей методики. При соблюдении всех требований результат поверки считают положительным, а средство измерений допускается к применению.

10.3.2 Если при проведении одной из операций проверки получен отрицательный результат и/или значения контролируемых характеристик поверяемого средства измерений превышают предельные значения, приведенные в пп. 10.1.1 и пп. 10.2.2, то результаты считаются отрицательными.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

11.2 При положительных результатах поверки, в соответствии с заявлением владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений, оформляется свидетельство о поверке.

11.3 При отрицательных результатах поверки, в соответствии с заявлением владельца или лица, представившего средство измерений, выдают извещение о непригодности к применению средства измерений.

11.4 Результаты измерений заносят в протокол произвольной формы.