


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  
заместитель генерального директора  
П. Криков  
доверенность № 547/2021  
от 24.12.2021  
«12» декабря 2024 г.


Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи переменного давления измерительные  
ПДУ  
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ  
МП 231-0137-2024

Руководитель сектора  
перспективных разработок и  
испытаний в области давления

 А.А. Пименова

Инженер 2 категории НИЛ  
государственных эталонов и  
научных исследований в области  
измерений избыточного давления и  
разности давлений

 В.В. Зайцев

г. Санкт-Петербург  
2024 г.

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на Преобразователи переменного давления измерительные ПДУ (далее по тексту – преобразователи), 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.

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 °С до +25 °С;
- атмосферное давление от 92,0 до 106,7 кПа;
- относительная влажность воздуха от 30 % до 80 %.

## 4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка преобразователей 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 таблицах 5.1 и 5.2.

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
п. 8.1 (контроль условий поверки)	<p>Диапазон измерений температуры от плюс 15 °С до плюс 25 °С, абсолютная погрешность не более <math>\pm 0,3</math> °С.</p> <p>Диапазон измерений относительной влажности воздуха от 30 % до 80 %, абсолютная погрешность не более <math>\pm 2</math> %.</p> <p>Диапазон измерений атмосферного давления от 92,0 до 106,7 кПа, абсолютная погрешность не более <math>\pm 0,25</math> кПа.</p>	Термогигрометр ИВА-6, модификация ИВА-6Н-Д (рег. № 46434-11).
р. 9 (определение метрологических характеристик средства измерений)	<p>Эталонные установки с диапазоном измерений переменного давления от 10 до 1000 кПа, длительностей в диапазоне от <math>5 \cdot 10^{-6}</math> до 1 с, пределы допускаемой относительной погрешности должны находиться в диапазоне от <math>\pm 3</math> % до <math>\pm 10</math> %.</p> <p>диапазон частот 0 – 1 ГГц, диапазон напряжений 0,1 – 100 В, ПГ <math>\pm 1</math> %</p>	<p>Рабочие эталоны переменного давления по Государственной поверочной схеме для средств измерений переменного давления, утвержденной приказом Росстандарта от 24.11.2023 № 2417</p> <p>осциллограф цифровой TDS 2002B, рег. № 32618-06 в.</p>

5.2 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.

5.3 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 преобразователи 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 на шильдиках устройств следующей информации: данные об изготовителе, наименование средства измерений, его заводской номер и дата выпуска.

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 Контроль условий поверки

8.1.1 При контроле условий поверки проводятся измерения параметров окружающей среды с использованием средств поверки в соответствии с Таблицей 5.1.

8.1.2 Параметры окружающей среды должны соответствовать п.3.1 настоящей МП.

8.2 Подготовка к поверке

8.2.1 Подготовка средств измерений к поверке должна производиться в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на них

8.2.2 При проведении поверки необходимо соблюдать требования раздела «Указания мер безопасности» руководства по эксплуатации и других нормативных документов на преобразователи и средства измерений, применяемые при поверке.

8.2.3 Все подключения и отключения к преобразователям можно производить только при отключенном напряжении питания.

8.3 Опробование средства измерений

8.3.1 При проведении опробования проверяют работоспособность преобразователя. Поверяемый преобразователь соединяют с согласующим усилителем сигналов (далее усилитель сигналов), выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 2002B.

8.3.2 Устанавливают осциллограф в режим работы «Цикл».

8.3.3 Воздействуют на преобразователь механическими колебаниями, например, постукивая пальцем, и наблюдают появление сигнала на экране осциллографа.

8.3.4 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если выполняются требования п. 8.2.3 настоящей методики поверки.



## 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### 9.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального

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

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

9.1.3 Воспроизводят импульсное давление значениями амплитуд из диапазона измерений давления, не менее 3 значений (обязательно наличие верхнего и нижнего значений из диапазона измерений давления), регистрируют отклик.

9.1.4 Определяют действительное значение коэффициента преобразования преобразователя,  $Su_i$  В/МПа, по формуле (1):

$$Su_i = \frac{U_{вых_i}}{P_{изм_i}}, \quad (1)$$

где  $U_{вых_i}$  – амплитуда напряжения на выходе проверяемого преобразователя, В;

$P_{изм_i}$  – измеренное значение амплитуды давления, МПа;

Проводят не менее 3 измерений, после чего рассчитывают среднее арифметическое значение коэффициента преобразования по формуле (2):

$$Su_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n Su_i}{n}, \quad (2)$$

где  $Su_{ср}$  – среднее арифметическое значение коэффициента преобразования;

$n$  – число измерений,  $n \geq 3$ .

9.1.5 Рассчитывают относительное отклонение действительного значения коэффициента преобразования преобразователя от номинального значения, %, указанного в НД по формуле (3):

$$\delta_{Su} = \frac{Su_{ср} - Su_{ном}}{Su_{ном}} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где  $Su_{ном}$  – номинальное значение коэффициента преобразования преобразователя, В/МПа.

9.1.6 Результаты поверки считают удовлетворительными если отклонение действительного значения коэффициента преобразования преобразователя от номинального значения не превышает 20%.

### 9.2 Определение собственной резонансной частоты преобразователя

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

9.2.2 Воспроизводят импульсное давление и регистрируют отклик преобразователя.

9.2.3 Измеряют период  $T_{рез}$  записанной на осциллограмме характеристики. С помощью формулы  $f_{рез} = 1/T_{рез}$  определяют собственную резонансную частоту.

9.2.4 Операции по п.п. 9.2.2-9.2.3 повторяют не менее 3 раз.

9.2.5 Результаты поверки считают удовлетворительными, если собственная резонансная частота преобразователя составляет не менее 40 кГц для ПДУ5, ПДУ5В, и не 100 кГц для ПДУ10.

### 9.3 Определение нелинейности амплитудной характеристики. Определение диапазона измерений амплитуд переменных давлений

9.3.1 Диапазон измеряемых давлений преобразователя определяют на эталонной установке.

9.3.2 Диапазон измеряемых давлений определяют не менее, чем при трех значениях



амплитуды единичного скачка давления, расположенных равномерно по рабочему диапазону измеряемых преобразователем амплитуд переменных давлений (включая нижнее и верхнее значения).

9.3.3 Преобразователь устанавливают на эталонной установке в соответствии с руководством по эксплуатации эталонной установки.

9.3.4 Воспроизводят единичный скачок импульсного давления заданной амплитуды, соответствующей требованиям п. 9.3.3, и регистрируют отклик преобразователя. Определяют коэффициент преобразования, по формуле (1).

9.3.5 При каждом эталонном значении амплитуды единичного скачка давления проводят не менее 3 измерений, после чего рассчитывают среднее арифметическое значение коэффициента преобразования для заданного эталонного значения амплитуды единичного скачка давления по формуле (2).

9.3.6 Повторяют процедуру определения коэффициента преобразования в соответствии с требованиями п. 9.1.4.

9.3.7 Определяют для каждого эталонного значения амплитуды единичного скачка давления относительное отклонение от действительного значения коэффициента преобразования преобразователя (см. п. 9.1) по формуле (4), %:

$$\delta_a^{Pi} = \frac{su_{cp} - su_{cp}^{Pi}}{su_{cp}^{Pi}} \cdot 100 \% \quad (4)$$

9.3.8 Наибольшее из отклонений  $\delta_a$  принимают за нелинейность амплитудной характеристики:

$$\delta_a = |\delta_a^{Pi}|_{MAX} \quad (5)$$

9.3.9 Результаты поверки считают удовлетворительными, если значение нелинейности для преобразователей ПДУ5, ПДУ5В составляет не более 10 % в диапазоне измерений амплитуд переменных давлений от 0,01 до 0,5 МПа, а для преобразователей ПДУ10 не более  $\pm 10$  % в диапазоне измерений амплитуд переменных давлений от 0,02 до 1 МПа.

#### **9.4 Определение диапазона рабочих частот и определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот измеряемых давлений**

9.4.1 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот измеряемых давлений ( $\delta_{АЧХ}$ ) преобразователей определяют расчетным методом по формуле (6), %:

$$\delta_{АЧХ} = \left| \frac{1}{1 - \left(\frac{f_{max}}{f_{с.рез}}\right)^2} - 1 \right| \cdot 100 \% \quad (6)$$

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

$f_{с.рез}$  — значение собственной резонансной частоты преобразователя, определенной по п. 4.8 настоящей программы испытаний, кГц.

9.4.2 Верхнее значение диапазона рабочих частот преобразователей определяется максимальным значением неравномерности АЧХ, не более 5 %.

9.4.3 За нижнее значение диапазона рабочих частот преобразователей принимается величина нижней границы фильтра верхних частот усилителя сигналов, указанная в технической документации на преобразователь.

9.4.4 Результаты поверки считают удовлетворительными, если значение неравномерности амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот измеряемых давлений не превышает 5%.

## **10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ**

### **10.1 Определение основной относительной погрешности измерений переменного давления**

10.1.1 Основную относительную погрешность измерений  $\delta$  при доверительной вероятности 0,95 определяют по формуле (8):

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \delta_a^2 + \delta_{АЧХ}^2}, \quad (8)$$

где  $\delta_0$  – погрешность эталонной установки при определении действительного значения коэффициента преобразования преобразователя, %

$\delta_a$  – нелинейность амплитудной характеристики преобразователя, % (формула (5));

$\delta_{АЧХ}$  – неравномерность амплитудно-частотной характеристики преобразователя, % (формула (6)).

10.1.2 Результаты определения считают удовлетворительными, если основная относительная погрешность измерений переменного давления находится в пределах 15%.

### **10.2 Критерии соответствия средства измерений метрологическим требованиям**

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

10.2.2 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, 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 Протокол оформляется по запросу.