

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»



А.Н. Пронин

июня 2018г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Преобразователи переменного давления измерительные
серии EL-SCADA RAVxx**

**Методика поверки
МП 2520-078-2018**

И.о. руководителя НИЛ 2520

А.А.Козляковский

Разработчик

Инженер 1 категории

Н.А.Селькина

г. Санкт-Петербург
2018 г.

Настоящая методика поверки (далее МП) распространяется на Преобразователи переменного давления измерительные серии EL-SCADA RAVxx (далее преобразователь), предназначенные для измерений и преобразований переменного давления в жидких и газообразных средах в пропорциональный электрический сигнал и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Поверка проводится:

- при вводе в эксплуатацию;
- после ремонта

Интервал между поверками – 1 год.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 - Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Проверка сопротивления изоляции	7.2	да	да
Проверка электрической емкости	7.3	да	да
Опробование работоспособности	7.4	да	да
Определение собственной резонансной частоты преобразователя	7.5	да	да
Определение действительного значения коэффициента преобразования	7.6	да	да
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	7.7	да	да
Проверка диапазона частот измеряемых давлений	7.8	да	да
Определение нелинейности амплитудной характеристики	7.9	да	да
Проверка диапазона амплитуд измеряемых давлений	7.10	да	да
Определение основной относительной погрешности измерений	7.11	да	да

2 Средства поверки

2.1 Перечень средств поверки представлен в таблице 2

Таблица 2 - Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки	Обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
7.2	Мегаомметр Ф4101	Номинальное напряжение 100 В; 500 В; 1000 В, диапазон измерения сопротивления изоляции от 0 до 20000 МОм, ПГ $\pm 2,5$ %, рег. № 4542-74
7.3	Измеритель емкости Е8-4	Диапазон измерений от 1 до 10000000 пФ, пределы погрешности $\pm 1,5$ %, рег. № 3870-73
7.4-7.10	Осциллограф цифровой TDS 1012B (далее осциллограф TDS 1012B). Усилитель измерительный модели 2635	Диапазон частот от 0 до 1 ГГц, диапазон напряжений от 0,1 до 100 В, ПГ ± 1 %, рег. № 32618-06 Диапазон частот от 0,1 Гц до 200 кГц, коэффициент усиления 0,01 мВ – 10 В/пКл, рег. № 7111-79
7.5, 7.7 7.8	Эталонная установка для воспроизведения импульсного давления в газовой среде УУТ-4 из состава ГЭТ 131-81.	Диапазон измерений импульсного давления $1 \cdot 10^5$ - $1 \cdot 10^6$ Па, диапазон длительностей $1 \cdot 10^{-5}$ - $5 \cdot 10^{-3}$ с, погрешность воспроизведения единицы: СКО результата измерений не превышает $1 \cdot 10^{-2}$, неисключенная систематическая погрешность не превышает $3 \cdot 10^{-2}$
7.6 7.9 7.10	Эталонная установка для воспроизведения импульсного давления в жидкости УБК-2М, из состава ГЭТ 131-81.	Диапазон измерений амплитуд импульсного давления $1 \cdot 10^4$ - $25 \cdot 10^6$ Па, диапазон длительностей $5 \cdot 10^{-3}$ - 10 с, погрешность воспроизведения единицы: СКО результата измерений не превышает $2 \cdot 10^{-2}$, неисключенная систематическая погрешность не превышает $3 \cdot 10^{-2}$

2.2 Средства измерений, применяемые при поверке, должны иметь действующие свидетельства о поверке.

2.3 Допускается применение других средств измерений и вспомогательного оборудования, удовлетворяющих требованиям настоящей методики по погрешности.

3 Требования к квалификации поверителей

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

4 Требования безопасности

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие требования безопасности:

- средства измерений, а также вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление;
- сопротивление заземления должно быть не более 4 Ом. Не допускается использовать в качестве заземления корпус (коробку) силовых электрических и осветительных щитов и арматуру центрального отопления;
- персонал, осуществляющий поверку, должен иметь удостоверение на право работы с установками, имеющими напряжение до 1000 В.

5 Условия проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающего воздуха, °C..... 20 ± 2
относительная влажность, %..... 60 ± 20
атмосферное давление, кПа 100 ± 4

6 Подготовка к поверке

Подготовка средств поверки должна проводиться в соответствии с эксплуатационной документацией на средства поверки. Установка и крепление поверяемых преобразователей к эталонным установкам должно соответствовать руководству по эксплуатации.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие поверяемого преобразователя требованиям комплектности технической документации и наличие свидетельства о последней поверке.

7.1.2 Преобразователь не должен иметь внешних повреждений корпуса и соединительных кабелей.

7.1.3 Преобразователь должен иметь маркировку с указанием типа и номера.

7.1.4 При невыполнении вышеуказанных требований преобразователь признается непригодным для проведения поверки.

7.2 Проверка сопротивления изоляции

7.2.1 При проверке сопротивления изоляции преобразователя подключают мегаомметр Ф4101 к контактам преобразователя. Измеряют сопротивление изоляции.

7.2.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если сопротивление изоляции соответствует значению, указанному в НД на преобразователь.

7.3 Проверка емкости

7.3.1 При проверке емкости преобразователя подключают измеритель емкости цифровой Е8-4 к контактам преобразователя. Измеряют емкость.

7.3.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если емкость соответствует значению, указанному в НД на преобразователь.

7.4 Опробование работоспособности

7.4.1 При проведении опробования проверяют работоспособность преобразователя. Поверяемый преобразователь соединяют с входом усилителя измерительного модели 2635 (далее усилитель 2635), выход которого соединяют с входом осциллографа цифрового TDS 1012B (далее осциллограф TDS 1012B), работающего в ждущем режиме.

7.4.2 Устанавливают осциллограф в режим работы «Цикл».

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

7.4.4 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если выполняются требования п.7.4.3 МП.

7.5 Определение собственной резонансной частоты

7.5.1 Преобразователь закрепляют на эталонной установке для воспроизведения импульсного давления в газовой среде УУТ-4 (далее эталонная установка УУТ-4) в ее торце с помощью специальных элементов крепления, входящих в комплект установки.

7.5.2 Соединяют преобразователь с входом усилителя измерительного 2635, выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 1012B, работающего в ждущем режиме.

7.5.3 Воспроизводят импульсное давление и регистрируют отклик преобразователя на экране осциллографа.

7.5.4 Записанный на осциллографе сигнал направляют в ПК.

7.5.5 Операции по п.п. 7.5.3-7.5.4 повторяют не менее 3 раз.

7.5.6 Записанный в ПК сигнал, являющийся переходной характеристикой преобразователя обрабатывают по программе дифференцирования и получают импульсную характеристику преобразователя.

Ее выводят на дисплей ПК и при необходимости распечатывают с помощью принтера.

7.5.7 Обработывая импульсную характеристику с помощью преобразования Фурье, получают собственную частоту преобразователя как максимальную амплитуду на наименьшей частоте спектра.

7.5.8 Результаты поверки считают удовлетворительными, если собственная резонансная частота преобразователя будет соответствовать НД на преобразователь.

7.6 Определение действительного значения коэффициента преобразования

7.6.1 Действительное значение коэффициента преобразования преобразователя определяют на эталонной установке для воспроизведения импульсного давления в жидкости УБК-2М (далее эталонная установка УБК-2М) в соответствии с руководством по эксплуатации на эталонную установку.

7.6.2 Преобразователь устанавливают на эталонной установке УБК-2М с помощью специальных элементов крепления, входящих в комплект установки. Соединяют преобразователь с входом усилителя измерительного 2635, выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 1012B, работающего в ждущем режиме.

7.6.3 Воспроизводят импульсное давление значениями амплитуд из диапазона, указанного в НД на преобразователь, не менее 3 значений амплитуд (обязательно наличие верхнего и нижнего значений из диапазона амплитуд), регистрируют отклик преобразователя на экране осциллографа.

7.6.4 Значения для амплитуд импульсного давления $P_{изм_i}$ определяют согласно п.7.10.

7.6.5 Определяют действительное значение коэффициента преобразования, Sq_i , пКл/кПа, по формуле (1)

$$Sq_i = \frac{U_{нов_i}}{P_{изм_i} \cdot K_{ну}}, \quad (1)$$

где $U_{нов_i}$ - амплитуда напряжения на выходе поверяемого преобразователя, мВ

$P_{изм_i}$ - измеренное значение амплитуды давления, кПа

$K_{пу}$ - коэффициент передачи усилителя измерительного, мВ/пКл

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

$$Sq_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n Sq_i}{n}, \quad (2)$$

где Sq_{cp} - среднее арифметическое значение коэффициента преобразования

n - число измерений, $n \geq 3$

7.6.6 Рассчитывают относительное отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, указанного в НД на преобразователь по формуле (3)

$$\delta_{Sq} = \frac{Sq_{cp} - Sq_n}{Sq_n}, \quad (3)$$

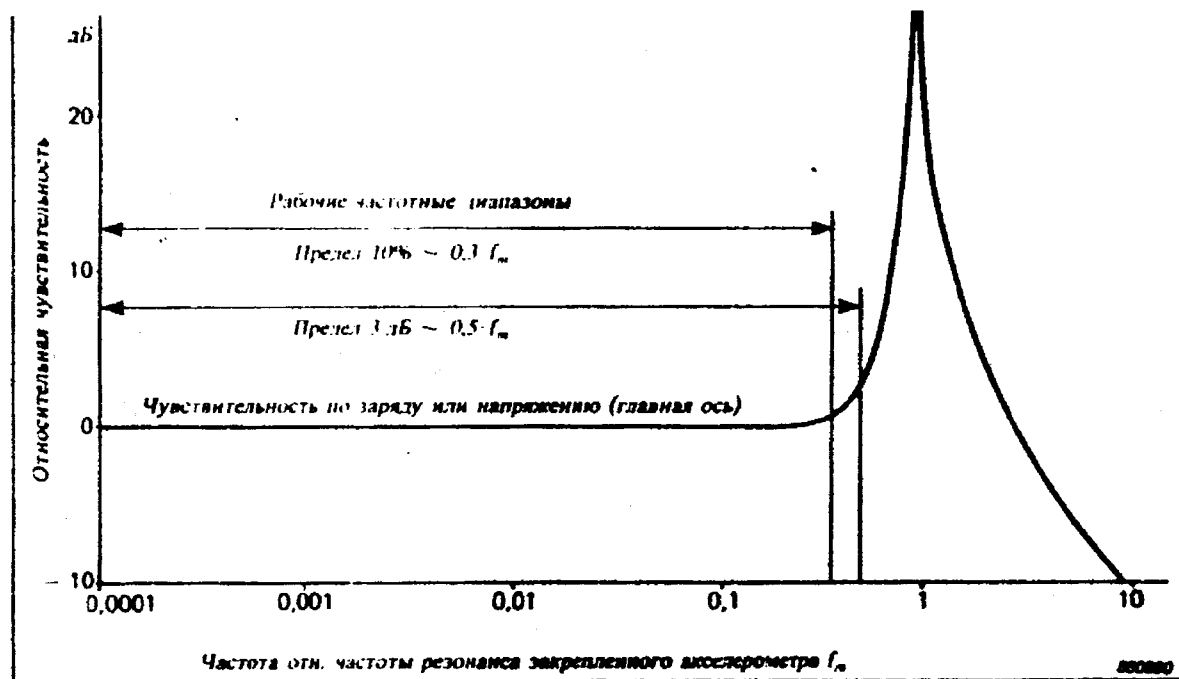
где Sq_n - номинальное значение коэффициента преобразования преобразователя, пКл/кПа.

7.6.7 Относительное отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения не должно превышать значений, указанных в НД на преобразователь.

7.6.8 Результаты поверки считают удовлетворительными, если действительное значение коэффициента преобразования будет соответствовать НД на преобразователь.

7.7 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ).

7.7.1 По результатам определения собственной резонансной частоты преобразователя (п.7.5) обрабатывают импульсную характеристику преобразователя с помощью преобразования Фурье.



Кривая амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) преобразователя

7.7.2 Кривая АЧХ преобразователя связана с выражением (4)

$$A = \frac{1}{1 - \left(\frac{f}{f_m}\right)^2}, \quad (4)$$

где A — отношение амплитуд в области высоких и низких частот

f_m – значение частоты резонанса, закрепленного преобразователя

На основе выражения (4) можно определить рабочий частотный диапазон преобразователя и вычислить отклонения, присущие отдельным частотам и получаемые в результате измерений значений амплитуды, от соответствующих действительных значений амплитуды исследуемых механических колебаний.

В качестве верхнего предела рабочего частотного диапазона преобразователя можно использовать различные значения, связанные с определенными значениями отклонений, получаемых в результате измерений значений амплитуды от действительных значений амплитуды механических колебаний.

Предел 5 % определен частотой, на которой относительное отклонение получаемого в результате измерения значения амплитуды от действительного значения амплитуды воздействующих на преобразователь механических колебаний составляет 5 %. С не превышающей 5 % погрешностью можно измерять механические колебания с частотами, меньшими приблизительно деленного на 5 (коэффициент умножения 0,22) значения резонансной частоты закрепленного преобразователя.

7.7.3 На основании определения собственной резонансной частоты (п.7.5) значение неравномерности принимаем равной 5 %.

Сверху частотный диапазон ограничен значением, полученным в результате умножения собственной резонансной частоты на коэффициент умножения 0,22.

Снизу частотный диапазон ограничен фильтром верхних частот усилителя измерительного 2635.

7.7.4 Результаты поверки считают удовлетворительными, если в диапазоне частот измеряемых давлений, значение неравномерности АЧХ δ_f будет соответствовать НД на преобразователь.

7.8 Проверка диапазона частот измеряемых давлений

7.8.1 Результаты поверки считают удовлетворительными, если в диапазоне частот указанном в НД, значение неравномерности АЧХ будет соответствовать НД на преобразователь.

7.9 Определение нелинейности амплитудной характеристики преобразователя

4.9.1 Нелинейность амплитудной характеристики (АХ) преобразователя определяют на эталонной установке УБК-2М методом непосредственного сличения с эталонными преобразователями давления.

4.9.2 Нелинейность 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).

7.9.3 Преобразователь устанавливают на эталонной установке УБК-2М в соответствии с руководством по эксплуатации эталонной установки. Соединяют преобразователь с входом усилителя измерительного 2635, выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 1012В, работающего в ждущем режиме.

7.9.4 Воспроизводят единичный скачок импульсного давления заданной амплитуды, соответствующей требованиям п. 7.9.2 МП, и регистрируют отклик преобразователя на экране осциллографа. Определяют коэффициент преобразования, по формуле (1) МП.

При каждом эталонном значении амплитуды единичного скачка давления проводят не менее трех измерений, после чего рассчитывают среднее арифметическое значение коэффициента преобразования $S_{q,ср}^{P_i}$ для заданного эталонного значения амплитуды единичного скачка давления P_i по формуле (2).

7.9.5 Повторяют процедуру определения коэффициента преобразования в соответствии с требованиями п. 7.9.4.

7.9.6 Определяют для каждого эталонного значения амплитуды единичного скачка давления P_i относительное отклонение от действительного значения коэффициента преобразования преобразователя по формуле (5), %

$$\delta_a^{P_i} = \frac{S_{qcp} - S_{qcp}^{P_i}}{S_{q1}} \quad (5)$$

7.9.7 Наибольшее из отклонений δ_a принимают за нелинейность амплитудной характеристики

$$\delta_a = \left| \delta_a^{P_i} \right|_{\text{МАК}} \quad (6)$$

7.9.8 Проверяют максимальное допускаемое давление.

7.9.9 Результаты поверки считают удовлетворительными, если в диапазоне амплитуд измеряемых давлений, значение нелинейности АХ δ_a будет соответствовать НД на преобразователь.

7.10 Проверка диапазона амплитуд переменных давлений

7.10.1 Диапазон амплитуд переменных давлений проверяется после определения нелинейности амплитудной характеристики преобразователя (п. 4.9).

7.10.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если в диапазоне амплитуд переменных давлений, указанном в НД, значение нелинейности амплитудной характеристики преобразователя будет соответствовать НД на преобразователь.

7.11 Определение основной относительной погрешности измерений

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

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{\delta_0^2 + \delta_f^2 + \delta_a^2}, \quad (7)$$

где δ_0 - погрешность эталонной установки при определении действительного значения коэффициента преобразования преобразователя, $\delta_0 = 3,0$;

δ_a - нелинейность амплитудной характеристики преобразователя, % (п.7.9.7);

δ_f - неравномерность АЧХ преобразователя, % (п.7.7.3).

7.11.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если основная относительная погрешность измерений будет соответствовать НД на преобразователь.

8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты поверки считаются положительными, если характеристики преобразователя удовлетворяют всем требованиям данной методики. В этом случае на преобразователь выдается свидетельство о поверке.

8.2 При отрицательных результатах преобразователь к применению не допускается и на него выдается извещение о непригодности с указанием причин.

8.3 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и в паспорт.