


СОГЛАСОВАНО

Руководитель отдела ГОСТ

SGS Germany GmbH

 С. Зайлер

«01» марта 2021 г.


SGS Germany GmbH
Rödingsmarkt 16
20459 Hamburg

УТВЕРЖДАЮ

И.о. генерального директора ФГУП

«ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

 А. Н. Пронин

«01» марта 2021 г.



ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ВИБРАЦИИ
ESW[®]-small

Программа испытаний в целях утверждения типа

г. Санкт-Петербург
2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ	3
2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ИСПЫТАНИЙ.....	3
3. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ.....	6
4. МЕТОДЫ (МЕТОДИКИ) ИСПЫТАНИЙ	6
4.1. Проверка полноты, правильности и способа выражения метрологических характеристик, нормированных в технической и эксплуатационной документации	6
4.2. Проверка внешнего вида, комплектности и маркировки.....	6
4.3. Проверка габаритных размеров и массы.....	6
4.4. Опробование	6
4.5. Определение начального рабочего тока.....	7
4.6. Определение действительного значения коэффициента преобразования преобразователя и отклонения коэффициента от номинального значения.....	7
4.7. Определение нелинейности амплитудной характеристики.....	8
4.8. Определение неравномерности частотной характеристики.....	8
4.9. Определение основной относительной погрешности преобразователя	9
4.10. Определение дополнительной относительной погрешности преобразования при изменении температуры окружающей среды	9
4.11. Определение потребляемой мощности	10
4.12. Выбор и опробование методики поверки	10
4.13. Проверка соответствия обязательным требованиям	11
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛА МЕЖДУ ПОВЕРКАМИ.....	11
6. АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ.....	11
7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ	11

1. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

1.1 Настоящая программа испытаний предназначена для проведения испытаний в целях утверждения типа преобразователей вибрации ESW[®]-small.

Область аккредитации ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» от 28.06.2021 – пункт 449.

1.2 Описание средства измерений и комплектность:

Преобразователи вибрации ESW[®]-small (далее – преобразователи) предназначены для измерений среднеквадратичных значений виброскорости (виброускорения).

Комплектность: преобразователь, руководство по эксплуатации.

Изготовитель – Holthausen Elektronik GmbH, Wevelinghoven 38, D-41334, Nettetal, Германия.

Заявка на проведение испытаний исх. № б/н от 05.11.2020 г., SGS Germany GmbH, Roedingsmarkt 16, D-20459, Hamburg, Germany.

Характер производства – серийное.

1.3 Место проведения испытаний: ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», 198412, Санкт-Петербург, г. Ломоносов, ул. Федюнинского, д. 2.

1.4 Количество отобранных и представляемых на испытания серийно изготовленных образцов Holthausen Elektronik GmbH:

1.4.1 На испытания представляются два образца преобразователей модификации ESW-small-Transmitter Ex-d 10-17 и модификации ESW-small-Transmitter Ex-d 10-25, что достаточно для распространения результатов на всю серию, так как конструкция и метрологические характеристики преобразователей однотипные.

1.4.2 Образец преобразователя представляется на испытания в составе:

- преобразователь;
- эксплуатационные документы (руководство по эксплуатации).

2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ИСПЫТАНИЙ

Таблица 1 – Содержание и объем испытаний

Наименование этапа испытаний	Ссылка на пункт методики испытаний	Сведения об эталонах и испытательном оборудовании для проведения испытаний
Проверка полноты, правильности и способа выражения метрологических характеристик, нормированных в технической и эксплуатационной документации	4.1	–
Проверка внешнего вида, комплектности и маркировки	4.2	-
Проверка габаритных размеров и массы	4.3	– штангенциркуль цифровой Horex 412805, рег. № 62497-15 в ФИФ, предел измерений 0,0 – 150 мм, ПГ ±0,01 мм; – весы лабораторные электронные неавтоматического действия ВЛТЭ 2100, наибольший предел взвешивания 2100 г, погрешность весов ±5 мг, рег. № 69452-17 в ФИФ; – термогигрометр ИВА-6, рег. № 46434-11 в ФИФ.

Наименование этапа испытаний	Ссылка на пункт методики испытаний	Сведения об эталонах и испытательном оборудовании для проведения испытаний
Опробование	4.4	<p>– рабочий эталон 2-го разряда единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г. Диапазон измерений виброперемещений от $2 \cdot 10^{-8}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ м, в диапазоне частот от 0,1 Гц до 10 кГц. ПГ $\pm(1,0-15,0)$ %;</p> <p>– мультиметр цифровой Fluke 287, рег.№ 56476-14 в ФИФ;</p> <p>– термогигрометр ИВА-6, рег. № 46434-11 в ФИФ.</p>
Определение начального рабочего тока	4.5	<p>– мультиметр цифровой Fluke 287, рег.№ 56476-14 в ФИФ;</p> <p>– термогигрометр ИВА-6, рег. № 46434-11 в ФИФ.</p>
Определение действительного значения коэффициента преобразования преобразователя и отклонения коэффициента от номинального значения	4.6	<p>– рабочий эталон 2-го разряда единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г. Диапазон измерений виброперемещений от $2 \cdot 10^{-8}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ м, в диапазоне частот от 0,1 Гц до 10 кГц. ПГ $\pm(1,0-15,0)$ %;</p> <p>– мультиметр цифровой Fluke 287, рег.№ 56476-14 в ФИФ;</p> <p>– термогигрометр ИВА-6, рег. № 46434-11 в ФИФ.</p>
Определение нелинейности амплитудной характеристики	4.7	<p>– рабочий эталон 2-го разряда единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г. Диапазон измерений виброперемещений от $2 \cdot 10^{-8}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ м, в диапазоне частот от 0,1 Гц до 10 кГц. ПГ $\pm(1,0-15,0)$ %;</p> <p>– мультиметр цифровой Fluke 287, рег.№ 56476-14 в ФИФ;</p> <p>– термогигрометр ИВА-6, рег. № 46434-11 в ФИФ.</p>

Наименование этапа испытаний	Ссылка на пункт методики испытаний	Сведения об эталонах и испытательном оборудовании для проведения испытаний
Определение неравномерности частотной характеристики	4.8	– рабочий эталон 2-го разряда единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г. Диапазон измерений виброперемещений от $2 \cdot 10^{-8}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ м, в диапазоне частот от 0,1 Гц до 10 кГц. ПГ $\pm(1,0-15,0)$ %; – мультиметр цифровой Fluke 287, рег. № 56476-14 в ФИФ; – термогигрометр ИВА-6, рег. № 46434-11 в ФИФ.
Определение основной относительной погрешности преобразователя	4.9	в соответствии с п.п. 4.6 – 4.8 программы испытаний
Определение дополнительной относительной погрешности преобразования при изменении температуры окружающей среды	4.10	рассмотрение и анализ протоколов предварительных испытаний, представленных заказчиком.
Определение потребляемой мощности	4.11	– мультиметр цифровой Fluke 287, рег. № 56476-14 в ФИФ; – термогигрометр ИВА-6, рег. № 46434-11 в ФИФ.
Выбор и опробование методики поверки	4.12	в соответствии с п.п. 4.4 – 4.9 программы испытаний
Проверка соответствия обязательным метрологическим требованиям	4.13	–
Определение интервала между поверками	5	–
Анализ конструкции	6	–

Средства измерений должны быть поверены, а эталоны и испытательное оборудование аттестовано.

Допускается применение эталонов, средств измерений и испытательного оборудования, отличных от приведенных в таблице 1, при условии обеспечения необходимой точности.

3. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Условия проведения испытаний:

- температура окружающего воздуха, °С от + 18 до +25
- относительная влажность, % от 30 до 80

Подготовка средств измерений к испытаниям должна производиться в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на них.

При проведении испытаний необходимо соблюдать требования раздела «Указания мер безопасности» инструкции по эксплуатации и других нормативных документов на средства измерений и испытательное оборудование.

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

Испытания в целях утверждения типа может проводить специалист, имеющий высшее профессиональное образование.

4. МЕТОДЫ (МЕТОДИКИ) ИСПЫТАНИЙ

4.1. Проверка полноты, правильности и способа выражения метрологический характеристик, нормированных в технической и эксплуатационной документации

4.1.1 Оценку полноты, правильности и способов выражения метрологических и технических характеристик в представленной технической и эксплуатационной документации проводить, проверяя соответствие характеристик требованиям РМГ 29-2013 «Метрология. Основные термины и определения», приказа Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения», ГОСТ 8.009-84 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений», постановление Правительства РФ от 31 октября 2009 года N 879 «Об утверждении Положения о единицах величин, допускаемых к применению в Российской Федерации».

4.2. Проверка внешнего вида, комплектности и маркировки

4.2.1 Проверка внешнего вида, комплектности и маркировки преобразователей проводится путем сравнения с технической документацией, представленной заявителем.

4.2.2 Результат проверки считается положительным, если конструкция, комплектация и маркировка преобразователей соответствует требованиям технической документации на преобразователи.

4.3. Проверка габаритных размеров и массы

4.3.1 Измерение габаритных размеров проводится штангенциркулем. Масса измеряется на весах лабораторных электронных.

4.3.2 Габаритные размеры и масса должны соответствовать указанным в эксплуатационной документации.

4.3.3 Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если габаритные размеры и масса соответствуют заявленным.

4.4. Опробование

4.4.1 Устанавливают преобразователь на вибростол таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности преобразователя совпадало с направлением колебаний вибростола.

4.4.2 В соответствии с руководством по эксплуатации подключают преобразователь соединительным кабелем к входу измерительной цепи.

4.4.3 Включают и прогревают приборы измерительной цепи и поверочной виброустановки.

4.4.4 С помощью измерительного прибора фиксируют начальный уровень сигнала на выходе преобразователя.

4.4.5 Подают напряжение от генератора через усилитель мощности на вибровозбудитель. Частота подаваемого напряжения не должна превышать 0,25 максимального значения рабочего диапазона частот проверяемого преобразователя.

4.4.6 Плавно увеличивают напряжение на подвижной катушке вибровозбудителя до тех пор, пока уровень амплитуды сигнала на выходе преобразователя не превысит начальный уровень сигнала, определенный по п. 4.4.4, в 10 раз, что служит критерием работоспособности преобразователя.

4.4.7 Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если выполняются требования п. 4.4.6 программы испытаний.

4.5. Определение начального рабочего тока

4.5.1 Для определения начального рабочего тока подключают преобразователь к источнику питания в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации.

4.5.2 Устанавливают и подают на преобразователь напряжение питания, указанного в руководстве по эксплуатации, и измеряют значение начального рабочего тока $I_{см}$ на выходе преобразователя.

4.5.2 Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если значение начального рабочего тока не более, указанного в руководстве по эксплуатации на преобразователь.

4.6. Определение действительного значения коэффициента преобразования преобразователя и отклонения коэффициента от номинального значения

4.6.1 Поверяемый преобразователь устанавливают на вибростол таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности совпадало с направлением колебаний вибростола. Преобразователь закрепляют на вибростоле поверочной виброустановки в соответствии с требованиями, установленными в руководстве по эксплуатации, предпочтительно крепление с помощью резьбового соединения (шпилька).

4.6.2 В соответствии с руководством по эксплуатации подключают преобразователь соединительным кабелем к вторичным приборам. Включают и прогревают вторичные приборы, а также измерительные и технические средства поверочной виброустановки. Выход преобразователя подключают соединительным кабелем к входу измерительной цепи. На вибростоле поверочной виброустановки задают действительное значение физической величины – виброскорость v_d с амплитудой не менее 10 мм/с на базовой частоте от 5 до 200 Гц.

4.6.3 Действительное значение коэффициента преобразования вычисляют по формуле 1.

$$K_d = \frac{I_v - I_{см}}{v_d}, \quad (1)$$

где K_d – действительное значение коэффициента преобразования;

I_v и $I_{см}$ – измеренные значения тока на выходе преобразователя и тока смещения (начальный рабочий ток), мА;

v_d – действительное значение воздействующее на преобразователь виброскорости, мм/с.

4.6.4 Отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального коэффициента преобразования вычисляют по формуле 2.

$$\delta_k = \frac{|K_d - K_n|}{K_n} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где K_n – номинальный коэффициент преобразования, указанный в эксплуатационной документации на преобразователь;

K_d – действительное значение коэффициента преобразования.

4.6.5 Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если отклонение от номинального коэффициента преобразования не превышает значения, указанного в эксплуатационной документации на преобразователи и в заявке на испытания.

4.7 Определение нелинейности амплитудной характеристики

4.7.1 Нелинейность амплитудной характеристики δ_a преобразователя определяют на фиксированной частоте рабочего диапазона не менее чем при пяти значениях физической величины, одно из которых должно быть минимальным, другое — максимальным для данного преобразователя. Для определения нелинейности амплитудной характеристики предпочтительна базовая частота. При невозможности задания требуемых значений физической величины на базовой частоте нелинейность амплитудной характеристики определяют на одной из частот, принадлежащей рабочему диапазону частот преобразователя, на которой возможно задание требуемого значения физической величины.

4.7.2 Проверяемый преобразователь устанавливают на вибростол таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности преобразователя совпадало с направлением колебаний вибростола. В соответствии с руководством по эксплуатации подключают преобразователь соединительным кабелем к вторичным приборам. Последовательно задают значения физической величины на выбранной частоте не менее пяти точек диапазона амплитуд, включая крайние значения. Считывают значения тока I_i и определяют значения коэффициента преобразования K_{Di} для каждого значения физической величины по формуле (1). Определяют среднее арифметическое значение коэффициента преобразования преобразователя K_{cp} , мА/(мм/с), по формуле 3.

$$K_{cp} = \frac{\sum_i^n K_{Di}}{n} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где n – число значений задаваемой физической величины при определении нелинейности амплитудной характеристики.

4.7.3 Для каждого значения виброскорости и частоты, определяют относительное отклонение $\delta_i^{ВП}$ коэффициента преобразования K_{Di} от среднего значения K_{cp} по формуле 4.

$$\delta_i^{ВП} = \frac{|K_{Di} - K_{cp}|}{K_{cp}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

4.7.4 За нелинейность амплитудной характеристики преобразователя δ_a принимают максимальное значение, вычисленное по формуле 5.

$$\delta_a = (\delta_i^{ВП})_{max}, \quad (5)$$

4.7.5 Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если максимальное значение нелинейности амплитудной характеристики преобразователя не превышает значения, указанного в эксплуатационной документации на преобразователи и в заявке на испытания.

4.8 Определение неравномерности частотной характеристики

4.8.1 Неравномерность частотной характеристики (ЧХ) преобразователя определяют на частотах третьоктавного ряда в рабочем диапазоне частот при амплитуде виброскорости не

менее 10 мм/с¹. Частотный ряд, в котором определяют неравномерность ЧХ, должен включать в себя нижнее и верхнее значения частот рабочего диапазона преобразователя.

4.8.2 Устанавливают преобразователь на вибростол поверочной виброустановки и подключают его в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации на преобразователь. Задают значение физической величины последовательно на частотах рабочего диапазона преобразователя и измеряют значения выходного тока I_i . Для каждого значения частоты вычисляют значение коэффициента преобразования по формуле 1. Используя полученные значения коэффициентов преобразования $K_{Дi}$, вычисляют их отклонения γ_i от действительного значения коэффициента преобразования $K_{Д}$, определенного на базовой частоте в соответствии с п. 4.6 по формуле 6.

$$\gamma_i = \frac{K_{Дi} - K_{Д}}{K_{Д}} \cdot 100 \% \quad (6)$$

4.8.3 За неравномерность частотной характеристики преобразователя принимают максимальное абсолютное значение, %, вычисленное по формуле 7.

$$\gamma = |\gamma_i|_{max} \quad (7)$$

4.8.4 Результаты испытаний считают удовлетворительными, если неравномерность частотной характеристики не превышает значения, указанного в эксплуатационной документации на преобразователи и в заявке на испытания.

4.9 Определение основной относительной погрешности преобразователя

4.9.1 Основную относительную погрешность преобразователя δ , %, при доверительной вероятности 0,95 определяют по формуле 8.

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

где δ_0 – погрешность эталонного средства измерений параметров вибрации, входящего в состав поверочной виброустановки, %.

4.9.2 Результаты испытаний считают удовлетворительными, если основная относительная погрешность не превышает значения, указанного в эксплуатационной документации на преобразователи и в заявке на испытания.

4.10 Определение дополнительной относительной погрешности преобразования при изменении температуры окружающей среды

4.10.1 Рассмотрение и анализ протоколов предварительных испытаний определения дополнительной относительной погрешности измерений от изменения температуры окружающей среды, представленных заказчиком.

4.10.2 Протоколы предварительных испытаний оцениваются на соответствие объекта испытаний заявленным требованиям, на правильность применения эталонов, СИ, ИО, оценивается соблюдение условий проведения испытаний при определении метрологических характеристик средства измерений, оценивается методика испытаний, примененной при предварительных испытаниях.

4.10.3 Результаты предварительных испытаний засчитываются, если дополнительная относительная погрешность измерений от изменения температуры окружающей среды не превышает значения, указанного в эксплуатационной документации на преобразователи и в заявке на испытания.

¹ На частотах, где технически невозможно получить указанную виброскорость, коэффициент преобразования определяют при виброскоростях, достижимых для вибростенда с коэффициентом гармоник не более 5 %

4.11 Определение потребляемой мощности

4.11.1 Выполнить электрические подключения преобразователей для определения потребляемой мощности. Выполнить операции подготовки к работе комплекса в соответствии с ЭД.

4.11.2 Подготовить мультиметр к работе в режиме измерения переменного напряжения и тока.

4.11.3 Перевести преобразователи в режим проведения измерений.

4.11.4 Установить напряжение равным номинальной величине 24 В и провести измерение потребляемого тока. Полученные результаты занести в протокол.

4.11.5 По результатам измерений силы тока и напряжения рассчитать потребляемую мощность по формуле 9:

$$P = U \cdot I \quad (9)$$

4.11.6 Преобразователи считаются прошедшими испытания, если потребляемая мощность не превышает значения, указанного в эксплуатационной документации на преобразователи и в заявке на испытания.

4.12 Выбор и опробование методики поверки

4.12.1 При опробовании подтверждается возможность выполнения процедур выбранной методики поверки ГОСТ Р 8.669-2009 «Виброметры с пьезоэлектрическими, индукционными и вихретоковыми вибропреобразователями. Методика поверки» с использованием основных и вспомогательных средств поверки, указанных в методике. Опробование методики поверки проводится путем последовательного выполнения процедур, предусмотренных методикой.

4.12.2 Проводится оценка реализуемости и возможности применения методики поверки: подтверждается возможность указанными в методике методами и средствами поверки установить соответствие СИ метрологическим требованиям. Оценка реализуемости методики поверки проводится путем анализа результатов поверки, полученных по результатам опробования, подтверждающих или не подтверждающих реализацию предложенных методикой методов и достаточность или недостаточность процедур, предусмотренных методикой, для подтверждения соответствия СИ, установленных к нему метрологическим требованиям.

4.12.3 При опробовании методики поверки выполняются операции, перечисленные в п.п. 4.4 – 4.9 программы испытаний.

4.12.4 Методика поверки считается опробованной, если применяемые методы и средства измерений позволяют провести операции и определить характеристики, перечисленные в п.п. 4.4 – 4.9 программы испытаний.

4.12.5 При опробовании методики поверки приводят обоснование реализуемости (нереализуемости) предложенных в методике поверки способов оформления результатов поверки средства измерений, обеспечивающих возможность отражения полученных результатов поверки, и о соответствии указанного в методике способа оформления результатов поверки требованиям приказа Минпромторга РФ от 31.07.2020 г. № 2510.

4.12.6 При опробовании методики поверки определяют о возможности проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средств измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

4.12.7 При опробовании методики поверки определяют о возможности нанесения знака поверки на конструкцию средства измерений и об обеспечении сохранности знака поверки в течении всего интервала между поверками.

4.13 Проверка соответствия обязательным требованиям

4.13.1 Проверка соответствия средства измерения требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах».

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛА МЕЖДУ ПОВЕРКАМИ

Интервал между поверками определяется на основании данных о средней наработке на отказ, времени непрерывной работы и погрешности средства измерений в соответствии с РМГ 74 – 2004 «ГСИ. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов», а также на основании Приказа Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 02.07.2019 г., № 1502.

6. АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ

6.1 Проверить конструкцию преобразователя на защиту от несанкционированного вмешательства в конструкцию с целью внесения метрологически значимых изменений и изменений, влияющих на результаты измерений.

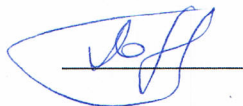
6.2 Проверить заводские номера, обеспечивающие идентификацию каждого экземпляра преобразователя, установление места, способа и формата нанесения заводского номера с целью обеспечения возможности прочтения и сохранности номера в процессе эксплуатации преобразователя.

6.3 Проверить возможность нанесения знака утверждения типа и знака поверки в местах, доступных для просмотра.

7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

Протоколы испытаний должны содержать результаты испытаний, сведения о сроках проведения испытаний, об эталонах единиц величин, средствах измерений, стандартных образцах, испытательном оборудовании и вспомогательных средствах, применяемых при испытаниях, а также соответствие применимых технических средств требованиям настоящей программы, сведения о месте и условиях проведения испытаний.

И.о. руководителя лаборатории
ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»



А. А. Козляковский