

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

«30» июня 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ МВ-62

Методика поверки

МП 2520-118-2022

И.о. руководителя научно-исследовательской
лаборатории госэталонов в области измерений
вибраций, удара и переменных давлений
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Козляковский А.А.

«30»

06

2022 г.

г. Санкт-Петербург

2022 г.

Содержание

1. Общие положения	3
2. Перечень операций поверки средства измерений	3
3. Требования к условиям проведения поверки	4
4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку	4
5. Метрологические и технические требования к средствам поверки	4
6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	5
7. Внешний осмотр средства измерений	5
8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений	5
9. Определение метрологических характеристик средства измерений	6
9.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального	6
9.2 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	7
9.3 Определение нелинейности амплитудной характеристики	8
9.4 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования	9
9.5 Определение основной относительной погрешности измерений виброускорений в рабочих диапазонах амплитуд и частот	10
10. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10
11. Оформление результатов поверки	11

1. Общие положения

Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на вибропреобразователи МВ-62 (далее – ВИП), выпускаемые АО «Вибро-прибор», г. Санкт-Петербург и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость к:

- Государственному специальному эталону единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела ГЭТ 58-2018 согласно Приказа Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения»;
- Государственному специальному эталону единицы ускорения при ударном движении ГЭТ 57-84 согласно Приказа Росстандарта № 2537 от 12.11.2021 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений ускорения, скорости и силы при ударном движении».

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки:

- метод прямых измерений и метод косвенных измерений в соответствии с Приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018;
- метод прямых измерений и метод косвенных измерений в соответствии с Приказом Росстандарта № 2537 от 12.12.2021.

2. Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняются операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Определение действительного значения коэффициента преобразования. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального	да	да	9.1
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	да	да	9.2
Определение нелинейности амплитудной характеристики	да	нет	9.3
Определение относительного коэффициента поперечного преобразования	да	нет	9.4
Определение относительной погрешности измерений виброускорений в рабочих диапазонах амплитуд и частот	да	да	9.5
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °Сот + 18 до + 25;
- относительная влажность, %.....от 45 до 85.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

Поверку ВИП проводят поверители метрологических служб юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, аккредитованных на проведение поверки в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации.

Поверители обязаны иметь профессиональную подготовку и опыт работы в области измерений параметров вибрации и ударного ускорения, а также обязаны знать требования руководства по эксплуатации на ВИП и требования настоящей методики. Для проведения поверки ВИП достаточно одного поверителя.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +18 до +25 °С с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,3$ °С, в диапазоне измерений относительной влажности от 30 до 80 % с погрешностью не более ± 2 %.	Термогигрометр ИВА-6Н-Д, рег. № 46434-11 в ФИФ.
8, 9.1 – 9.4	Эталон единицы длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела, соответствующие требованиям к эталонам 2-го разряда по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г., диапазон измерений виброускорений от 10^{-1} до 10^4 м/с ² , в диапазоне частот от 1 Гц до 5 кГц, ПГ $\pm(1,0-7,0)$ %	Рабочий эталон 2-го разряда единицы длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г.
9.3	Эталон ускорения при ударном движении, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 1-го разряда по Приказу Росстандарта № 2537 от 12.12.2021, в диапазоне измерений ускорений $1 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^6$ м/с ² , ПГ $10 \cdot 10^{-2}$	Рабочий эталон 1-го разряда единицы ускорения при ударном движении в диапазоне $50 - 10^6$ м/с ² по Приказу Росстандарта № 2537 от 12.12.2021.
Примечание - Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5.2 Применяемые средства измерений должны быть исправны, иметь действующие записи о результатах поверки средств измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФ ОЕИ), или сертификаты калибровки, а эталоны и испытательное оборудование аттестовано.

Допускается применение других средств измерений, эталонов и испытательного оборудования, не приведенных в таблице 1, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик испытуемых средств измерений с требуемой точностью.

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверочных работ необходимо соблюдать требования по обеспечению безопасности на рабочих местах по ГОСТ 12.2.061-81, а также все требования, указанные в технических условиях на ВИП и нормативные документы на средства поверки.

Средства поверки, а также вспомогательное оборудование, которые подлежат заземлению, должны быть надежно заземлены.

7. Внешний осмотр средства измерений

7.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие ВИП следующим требованиям:

- соответствие комплектности и маркировки требованиям, установленным в эксплуатационной документации ВИП;
- отсутствие загрязнений и выступающих заусенцев на контактирующих поверхностях ВИП;
- отсутствие повреждений корпуса, разъёма и соединительного кабеля ВИП.

7.2 Результат проверки считается положительным, если ВИП соответствуют требованиям эксплуатационной документации и признаются пригодными к применению, если выполняется п. 7.1.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке ВИП.

8.1.1 Подготовка ВИП к поверке должна производиться в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на них.

8.1.2 При проведении поверки необходимо соблюдать требования раздела «Указания мер безопасности» инструкции по эксплуатации и других нормативных документов на ВИП.

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

8.1.4 Перед проведением поверки необходимо проверить условия окружающей среды на соответствие требованиям п. 3 настоящей методики поверки.

8.2 Для проведения опробования необходимо выполнить следующие операции:

8.2.1 При проведении опробования проверяют работоспособность ВИП, проверяемый ВИП закрепляют на измерительном столе виброустановки (далее – вибростол) из состава рабочего эталона, в соответствии с технической документацией на ВИП, таким образом, чтобы конструктивная ось чувствительности «Х» совпадала с направлением оси действия вибрации.

Выход ВИП подключают соединительным кабелем к входу согласующего усилителя, выход которого соединяют с входом вольтметра, входящий в состав виброустановки.

8.2.2 Включают и прогревают приборы виброустановки.

8.2.3 С помощью вольтметра фиксируют уровень помех на выходе согласующего усилителя.

8.2.4 Подают напряжение от генератора через усилитель мощности на вибровозбудитель, входящий в состав виброустановки. Частота подаваемого напряжения не должна превышать 0,25 максимального значения рабочего диапазона частот проверяемого ВИП.

8.2.5 Плавно увеличивают напряжение до тех пор, пока сигнал на выходе ВИП не превысит уровень помех на 40 дБ.

8.2.6 Провести операции опробования по п.п. 8.2.1-8.2.5 для конструктивных осей чувствительности «Y», «Z» и «K», закрепляя ВИП на переходнике таким образом, чтобы проверяемая конструктивная ось чувствительности совпадала с направлением оси действия вибрации.

8.2.7 Результаты опробования считаются удовлетворительными, если выполняются требования п. 8.2.5 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 ВИП определяют на виброустановке из состава рабочего эталона в соответствии с руководством по эксплуатации на виброустановку.

9.1.2 ВИП закрепляют на вибростоле в соответствии с технической документацией на ВИП, таким образом, чтобы конструктивная ось чувствительности «X» совпадала с направлением оси действия вибрации. Выход ВИП подключают соединительным кабелем к входу согласующего усилителя, выход которого соединяют с входом вольтметра.

9.1.3 Задают виброускорение на базовой частоте с амплитудой 10 м/с², считывают не менее трёх показаний вольтметра. Базовая частота для исполнений МВ-62-5-1, составляет 40 Гц, для исполнений МВ-62-1-2, МВ-62-1-3 составляет 160 Гц.

9.1.4 Рассчитывают действительное значение коэффициента преобразования по конструктивной оси чувствительности «X» K_D^X , мВ/м·с⁻², по формуле (1):

$$K_D^X = \frac{U_{cy}}{a_d \cdot K_{cy}}, \quad (1)$$

где U_{cy} – показание вольтметра, подключенного к входу согласующего усилителя, мВ;

a_d – виброускорение, задаваемое виброустановкой, м/с²;

K_{cy} – коэффициент преобразования согласующего усилителя.

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

$$K_{\text{Дср}}^X = \frac{\sum_{i=1}^n K_{\text{Д}i}^X}{n}, \quad (2)$$

где $K_{\text{Дср}}^X$ – среднее арифметическое значение коэффициента преобразования;

n – число измерений, $n \geq 3$.

9.1.5 Рассчитывают отклонение действительного значения коэффициента преобразования ВИП от номинального значения по конструктивной оси чувствительности «X», указанного в НД по формуле (3):

$$\delta^X = \frac{K_{\text{Дср}}^X - K_{\text{ном}}^X}{K_{\text{ном}}^X} \cdot 100, \quad (3)$$

где $K_{\text{ном}}^X$ – номинальное значение коэффициента преобразования ВИП по конструктивной оси чувствительности «X», мВ/(м/с²);

$K_{\text{Дср}}^X$ – измеренное значение коэффициента преобразования ВИП по конструктивной оси чувствительности «X», мВ/(м/с²).

9.1.6 Провести измерения и расчёты для конструктивных осей чувствительности «Y», «Z» и «K» по п.п. 9.1.2-9.1.5. Для определения действительных значений коэффициентов преобразования ($K_{\text{Дср}}^Y$, $K_{\text{Дср}}^Z$, $K_{\text{Дср}}^K$) ВИП по конструктивным осям чувствительности «Y», «Z» и «K» необходимо ВИП закрепить на переходнике таким образом, чтобы проверяемая конструктивная ось чувствительности «Y», «Z» или «K» совпадала с направлением оси действия вибрации.

9.1.7 Результаты считают удовлетворительными, если отклонение действительного значения коэффициента преобразования ВИП не превышает $\pm 5,0$ %.

9.2 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики

9.2.1 Определение рабочего диапазона частот проводится при определении неравномерности амплитудно-частотной характеристики ВИП.

9.2.2 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики ВИП определяют на виброустановке из состава рабочего эталона в соответствии с руководством по эксплуатации на виброустановку.

9.2.3 ВИП закрепляют на вибростоле в соответствии с технической документацией на ВИП, таким образом, чтобы конструктивная ось чувствительности «X» совпадала с направлением оси действия вибрации. Выход ВИП подключают соединительным кабелем к входу согласующего усилителя, выход которого соединяют с входом вольтметра.

9.2.4 Задают виброускорение с амплитудой (1 – 20) м/с² последовательно на десяти или более значениях частот третьоктавного ряда рабочего диапазона ВИП, включая крайние частоты, и фиксируют на вольтметре значение напряжения с ВИП.

Значения частот выбирают из ряда:

1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000 Гц.

Допускается отклонение частот от значений указанного ряда при сохранении интервала между отдельными частотами не менее октавы.

Для каждого значения частоты рассчитывают значение коэффициента преобразования по формуле (1). Используя полученные значения коэффициентов преобразования, вычисляют их отклонения по формуле (4), %:

$$\gamma_i^X = \frac{K_{Di}^X - K_D^X}{K_D^X} \cdot 100, \quad (4)$$

где K_D^X – измеренное значение коэффициента преобразования ВИП на базовой частоте, мВ/(м/с²);

K_{Di}^X – измеренное значение коэффициента преобразования ВИП в i-ой точке диапазона частот, мВ/(м/с²).

9.2.5 Наибольшее из отклонений γ принимают за неравномерность частотной характеристики:

$$\gamma^X = |\gamma_i|_{max}, \quad (5)$$

9.2.6 Для определения неравномерности амплитудно-частотной характеристики по конструктивным осям чувствительности «Y», «Z» и «K» необходимо закрепить ВИП на переходнике таким образом, чтобы конструктивная ось чувствительности «Y», «Z» или «K» совпадала с направлением оси действия вибрации. Провести измерения и расчёты по п.п. 9.2.3-9.2.5.

9.2.7 Результаты считают удовлетворительными, если неравномерность амплитудно-частотной характеристики по конструктивным осям чувствительности «X», «Y», «Z» и «K» не превышает значений, указанных в таблице 3.

Таблица 3 – Пределы неравномерности амплитудно-частотной характеристики ВИП

Исполнение вибропреобразователя	Частотный диапазон, Гц	Неравномерность АЧХ, %
МВ-62-Х-1	от 1,0 до 150	±10
МВ-62-Х-2	от 10 до 2000	±10
МВ-62-Х-3	от 10 до 5000	±10

9.3 Определение нелинейности амплитудной характеристики

9.3.1 Нелинейность амплитудной характеристики ВИП определяют на виброустановке из состава рабочего эталона в соответствии с руководством по эксплуатации на виброустановку.

9.3.2 ВИП закрепляют на вибростоле в соответствии с технической документацией на ВИП, таким образом, чтобы конструктивная ось чувствительности «X» совпадала с направлением оси действия вибрации. Выход ВИП подключают соединительным кабелем к входу согласующего усилителя, выход которого соединяют с входом вольтметра.

9.3.3 Нелинейность амплитудной характеристики определяют не менее чем при пяти значениях виброускорения рабочего диапазона амплитуд ВИП, одно из которых должно быть минимальным, другое максимальным. На амплитудах свыше 500 м/с² (для исполнений МВ-62-Х-2, МВ-62-Х-3) нелинейность амплитудной характеристики допускается определять при воздействии ударного ускорения.

9.3.4 Последовательно задают виброускорение на фиксированной частоте.

9.3.5 Для каждого значения амплитуды рассчитывают значение коэффициента преобразования по формуле (1). Используя полученные значения коэффициентов преобразования, определяют среднее арифметическое значение коэффициента преобразования ВИП по формуле (2).

Для каждого значения амплитуды определяют относительное отклонение коэффициента преобразования от среднего арифметического значения по формуле (6), %:

$$\delta_{ai}^X = \frac{|K_{Дi}^X - K_{ср}^X|}{K_{ср}^X} \cdot 100, \quad (6)$$

9.3.6 За нелинейность амплитудной характеристики ВИП по измерительной оси чувствительности «Х» принимают максимальное значение, рассчитанное по формуле (7), %:

$$\delta_a^X = (\delta_{ai}^X)_{max}, \quad (7)$$

9.3.7 Для определения нелинейности амплитудной характеристики по конструктивным осям чувствительности «Y», «Z» и «K» необходимо закрепить ВИП на переходнике таким образом, чтобы конструктивная ось чувствительности «Y», «Z» или «K» совпадала с направлением оси действия вибрации. Провести измерения и расчёты по п.п. 9.3.2-9.3.6.

9.3.8 Результаты считают удовлетворительными, если максимальное значение нелинейности амплитудной характеристики не превышает значения 3 %

9.4 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования

9.4.1 Относительный коэффициент поперечного преобразования ВИП определяют на виброустановке из состава рабочего эталона в соответствии с руководством по эксплуатации на виброустановку.

9.4.2 ВИП устанавливают на вибростол с помощью специального устройства таким образом, чтобы измерительная ось чувствительности «Х» была перпендикулярна к направлению колебаний. Выход ВИП подключают соединительным кабелем к входу согласующего усилителя, выход которого соединяют с входом вольтметра, входящий в состав виброустановки. Специальное устройство должно обеспечивать поворот ВИП вокруг его оси чувствительности на 360° с интервалом не более 30°.

9.4.3 Задают виброускорение от 20 до 50 м/с² на фиксированной частоте от 10 до 200 Гц. Значение виброускорения для ВИП не должно превышать предельно допустимых значений в поперечном направлении. Значение виброускорения выбирают таким образом, чтобы при направлении вибрации вибростола, совпадающем с направлением максимума коэффициента поперечной чувствительности ВИП, отношение значения, измеренного на выходе согласующего усилителя напряжения к значению шума, на его выходе было не менее 14 дБ (≈ 5 раз).

9.4.4 Считывают показания вольтметра для каждого положения ВИП, соответствующего повороту вокруг оси чувствительности на 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°, 300°, 330°. Повторяют процедуру еще раз и считывают показания вольтметра. Вычисляют среднее арифметическое значение показаний вольтметра $U_{i\text{ср}}$, мВ, по формуле (8):

$$U_{i\text{ср}}^X = 0,5 (U_i + U_i^n), \quad (8)$$

где U_i – показания вольтметра для каждого положения ВИП, мВ.

9.4.5 Относительный коэффициент поперечного преобразования для каждого положения ВИП вычисляют по формуле (9), %:

$$K_{\text{ОП}i}^X = \frac{U_{i\text{ср}}^X}{a_d K_D^X} \cdot 100, \quad (9)$$

где K_D^X – действительное значение коэффициента преобразования ВИП по измерительной оси чувствительности «X», определенное по формуле (1), мВ/(м/с²).

9.4.6 В качестве относительного коэффициента поперечного преобразования принимают максимальное значение, %, вычисленное по формуле (10):

$$K_{оп}^X = (K_{опi}^X)_{max}, \quad (10)$$

9.4.7 Для определения относительного коэффициента поперечного преобразования по конструктивным осям чувствительности «Y», «Z» и «K» необходимо закрепить ВИП на переходнике таким образом, чтобы конструктивная ось чувствительности «Y», «Z» или «K» была перпендикулярна к направлению колебаний. Провести измерения и расчёты по п.п. 9.4.2-9.4.6.

9.4.8 Результаты считаются удовлетворительными, если максимальное значение поперечного преобразования ВИП не превышает значения 5%.

9.5 Определение основной относительной погрешности измерений виброускорений в рабочих диапазонах амплитуд и частот

9.5.1 Основную относительную погрешность ВИП при доверительной вероятности 0,95 определяют по формуле (11), %:

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{\delta_0^2 + \delta_{АЧХ(\%)}^2 + \delta_a^2}, \quad (11)$$

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

$\delta_{АЧХ(\%)}$ – неравномерность амплитудно-частотной характеристики ВИП, %;

δ_a – нелинейность амплитудной характеристики ВИП, %.

9.5.2 Результаты считают удовлетворительными, если основная относительная погрешность ВИП не превышает ± 12 %.

10. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 ВИП соответствует метрологическим требованиям, если полученное значение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального не превышает ± 5 %.

10.2 ВИП соответствует метрологическим требованиям, если полученное значение неравномерности амплитудно-частотной характеристики ВИП не превышает значений, указанных в таблице 3.

10.3 ВИП соответствует метрологическим требованиям, если полученное значение нелинейности амплитудной характеристики ВИП, не превышает 3 %.

10.4 ВИП соответствует метрологическим требованиям, если полученное значение относительного коэффициента поперечного преобразования ВИП не превышает 5 %.

10.5 ВИП соответствует метрологическим требованиям, если полученное значение основной относительной погрешности ВИП не превышает ± 12 %.

10.6 При соблюдении всех требований пп. 10.1 – 10.5 настоящей методики поверки подтверждается ВИП соответствующим метрологическим требованиям и на основании положительных результатов поверки ВИП признается пригодным к применению.

11. Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки считаются положительными, если метрологические характеристики ВИП удовлетворяют всем требованиям данной методики. В этом случае результаты поверки оформляются в соответствии с действующими нормативными документами Российской Федерации.

11.2 При отрицательных результатах поверки ВИП к применению не допускается и на него оформляется извещение о непригодности.

11.3 Сведения о результатах поверки средств измерений в целях подтверждения поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.4 По заявлению владельца средств измерений или лица, представившего их на поверку, с учетом требований методик поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие средств измерений метрологическим требованиям) выдает свидетельства о поверке, оформленные в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (в случае его оформления).