

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»
Федеральное государственное унитарное предприятие
РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики

ЦЕНТР ИСПЫТАНИЙ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц
RA.RU.311769

пр. Мира, д. 37, г. Саров, Нижегородская обл., 607188
Телефон 83130 22224 Факс 83130 22232
E-mail: nio30@olit.vniief.ru

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ЦИ СИ,
главный метролог РФЯЦ-ВНИИЭФ –
начальник НЮ


В.К. Дарымов
М.п. « 08 » 04 2022


Государственная система по обеспечению единства измерений

УСТАНОВКИ НИЗКОЧАСТОТНЫЕ AP8005M

Методика поверки

МП А3009.0431-2022

Содержание

1	Общие положения.....	3
2	Перечень операций поверки	4
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 по обеспечению безопасности проведения поверки.....	5
7	Внешний осмотр	5
8	Проверка прочности и электрического сопротивления изоляции.....	6
9	Подготовка к поверке и опробование	6
10	Определение метрологических характеристик.....	7
11	Подтверждение соответствия метрологическим требованиям.....	11
12	Оформление результатов поверки.....	11
	Приложение А (справочное) Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте методики поверки.....	12
	Приложение Б (справочное) Перечень принятых сокращений	12
	Приложение В (справочное) Примеры измерений при помощи анализатора сигналов ZET-017-U4	13

1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее МП) распространяется на установки низкочастотные АР8005М.

Установки низкочастотные АР8005М (далее – установка) предназначены для воспроизведения единицы ускорения в диапазоне частот до 5 Гц. Принцип действия установки основан на регистрации выходного сигнала вибропреобразователя (далее – ВИП) при его вращении в гравитационном поле Земли.

Установки соответствуют рабочим эталонам 2-го разряда в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения».

Поверяемые средства измерений прослеживаются к государственному первичному специальному эталону единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела ГЭТ 58-2018 в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772.

МП устанавливает методику первичной и периодической поверок установок методом прямых измерений с использованием рабочих эталонов 1-го разряда в соответствии с ГПС, утверждённой приказом от 27 декабря 2018 г. № 2772.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Относительный коэффициент поперечных составляющих воспроизводимого ускорения, %, не более	15
Коэффициент гармоник воспроизводимого ускорения, %, не более	10
Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения ускорения, %	5

Первичной поверке установки подвергаются при выпуске из производства и после ремонта. Организация и проведение поверки в соответствии с действующими нормативными документами.

При проведении периодической поверки допускается сокращать проверяемые режимы (поддиапазоны) воспроизведения частоты вращения (проводить поверку только для редуктора 1 или редуктора 2) в соответствии с потребностями потребителя, при этом в свидетельстве о поверке должна быть сделана запись об ограничении использования режимов (поддиапазонов) воспроизведения частоты вращения.

Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП, приведен в приложении А.

Перечень принятых сокращений приведен в приложении Б

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

2.2 При получении отрицательного результата какой-либо операции поверки дальнейшая поверка не проводится, и результаты оформляются в соответствии с 11.2.

Таблица 2 – Перечень операций при поверке

Наименование операции	Номер пункта МП	Обязательность проведения при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	7	Да	Да
Проверка прочности и электрического сопротивления изоляции	8	Да	Нет
Подготовка к поверке и опробование	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик	10	Да	Да
Проверка номинального значения амплитуды воспроизводимого ускорения, коэффициента гармоник, диапазона и относительной нестабильности частоты вращения	10.1	Да	Да
Проверка относительного коэффициента поперечных составляющих воспроизводимого ускорения	10.2	Да	Да
Проверка относительной погрешности воспроизведения ускорения	10.3	Да	Да

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 18 до 25 °С;
- относительная влажность воздуха при температуре 20 °С не более 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт.ст.);
- напряжение питающей сети (230±23) В;
- частота питающей сети от (50±1) Гц.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускается персонал, аттестованный в качестве поверителей, изучивший ЭД на установку, данную МП и имеющий опыт работы с оборудованием, перечисленным в таблице 2.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют СИ и оборудование, приведенные в таблице 3.

5.2 Допускается использовать другие СИ и оборудование, в том числе входящие в состав установки, обеспечивающие требуемые диапазоны и точности измерений.

Таблица 3 – Перечень средств измерений, применяемых при поверке

Наименование СИ	Требуемые характеристики		Рекомендуемый тип	Кол-во	Пункт МП
	Диапазон измерений	Погрешность измерений			
Установка для проверки параметров электрической безопасности	20 МОм/500 В	$\pm 10 \%$	GPT-79804 (рег. № 50682-12)	1	8*
Эталон 1 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом № 2772	от 0,03 до 10 Гц до 20 м/с ²	$\pm 3 \%$	301M26 (рег. № 50255-12) с усилителем 480C02 (рег. № 36256-07)	1	9.2, 10.1
Набор концевых мер длины	от 0.57 до 2 мм	кл.2 (ГОСТ 9038)	Набор №20 (рег. № 38376-13)	1	10.2
Анализатор спектра	от 0,02 до 200 Гц до 10 В	$\pm 1 \%$	ZET 017-U4 (рег. № 39236-08)	1	9.2, 10.1
Барометр-анероид контрольный	от 630 до 795 мм рт.ст	± 1 мм рт.ст.	M-67 (рег. № 3744-73)	1	9.1.2
Прибор комбинированный	от 30 до 80 %, от 16 до 40 °С	$\pm 3 \%$, $\pm 0,5$ °С	Testo 610 (53505-13)	1	9.1.2
Мультиметр цифровой	от 207 до 253 В, от 49,5 до 50,5 Гц	$\pm 1 \%$, $\pm 0,1$ Гц	34410A (рег. № 47717-11)	1	9.1.2

* - только при первичной поверке

5.3 Эталон первого разряда должен иметь протокол (свидетельство о поверке) с указанием действительных значений коэффициента преобразования в диапазоне частот от 0,1 до 10 Гц.

5.4 Все применяемые СИ должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке. СИ входящие в состав установки поверяются в соответствии с их методиками поверки.

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо руководствоваться «Правилами устройства установок» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей». Меры безопасности при подготовке и проведении измерений должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0-75.

6.2 При проведении поверки должны быть выполнены все требования безопасности, указанные в ЭД на установку, средства поверки и испытательное оборудование. Все используемое оборудование должно иметь защитное заземление.

7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре необходимо установить:

- соответствие маркировки изделия требованиям ЭД;
- соответствие заводского номера паспортным данным;
- отсутствие механических повреждений разъёмов, соединительных кабелей и электронного оборудования;
- отсутствие задиров на посадочной поверхности поворотной платформы и переходников, применяемых для закрепления испытуемых ВИП.

7.2 При наличии вышеуказанных дефектов испытания не проводят до их устранения. Если дефекты устранить невозможно, установку бракуют.

8 Проверка прочности и электрического сопротивления изоляции

8.1 Проверка электрической прочности изоляции

8.1.1 Проверку электрической прочности изоляции проводят с помощью установки для проверки электрической безопасности GPT-79804.

Испытательное напряжение $1,5^{+0,1}$ кВ переменного тока частотой (50 ± 1) Гц прикладывают между заземлением корпуса и соединенными вместе выводами сетевого разъёма. Проверяемые цепи должны находиться под испытательным напряжением в течение одной минуты, после чего производят уменьшение испытательного напряжения до минимального.

8.1.2 Установку считают выдержавшей испытания, если не произошло пробоя или перекрытия изоляции. Появление «короны» и (или) шума не является признаком неудовлетворительных испытаний.

8.2 Проверка электрического сопротивления изоляции

8.2.1 Проверку сопротивления изоляции проводят с помощью установки для проверки электрической безопасности GPT-79804 при напряжении постоянного тока 500 В. Сопротивление изоляции измеряют между заземлением корпуса установки и соединенными между собой выводами сетевого разъёма.

8.2.2 Установку считают выдержавшей испытания, если сопротивление изоляции составляет не менее 20 МОм.

9 Подготовка к поверке и опробование

9.1 Подготовка к поверке

9.1.1 Перед проведением поверки и опробованием подготавливают СИ и оборудование к работе в соответствии с ЭД на них. При колебаниях температур в складских и рабочих помещениях в пределах более $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ необходимо выдержать полученную со склада установку не менее двух часов в нормальных условиях.

9.1.2 Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке на СИ, а также соответствие условий поверки разделу 3.

9.2 Опробование

9.2.1 Размещают установку на рабочей поверхности (например, массивный стол). Регулируя опоры станины добиваются горизонтального положения установки по встроенному уровню.

9.2.2 В соответствии с РЭ устанавливают поворотную платформу на выходной вал редуктора № 1, эталонный ВИП устанавливают на куб поворотной платформы и совмещают центр масс инерционного элемента эталонного ВИП с осью вращения с помощью фиксирующих винтов монтажного блока.

9.2.3 Собирают схему измерений согласно рисунку 1. В качестве регистратора (8) к выходу ВИП (4) через согласующий усилитель (7) подсоединяют анализатор спектра. Включают и прогревают измерительные приборы согласно РЭ на

них. На анализаторе спектра устанавливают ФНЧ 10 Гц.

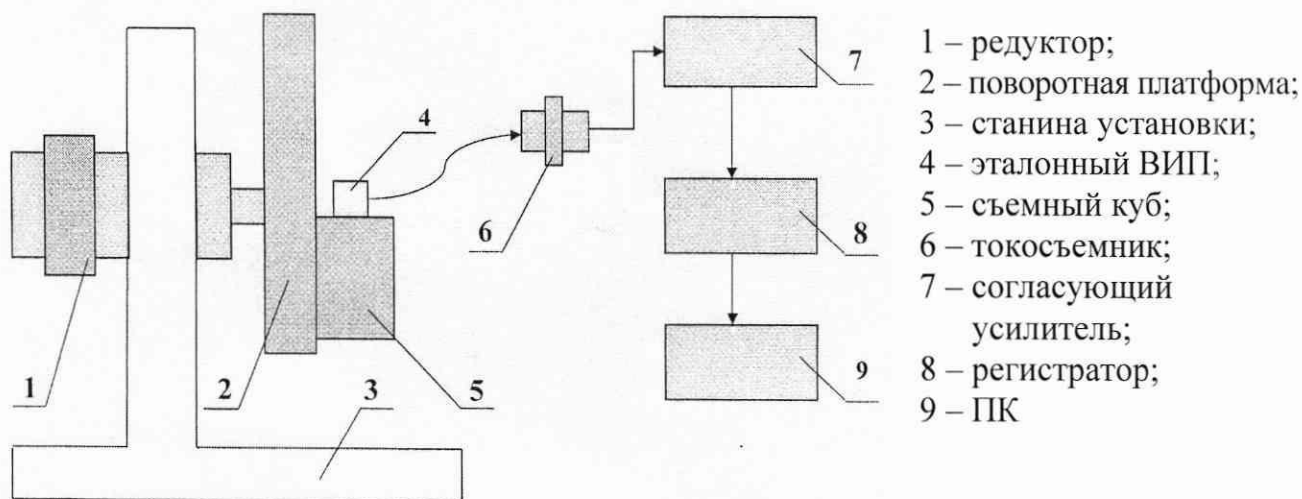


Рисунок 1 – Схема измерений

Примечание – При использовании в качестве эталонного ВИП AP1006 (выход по заряду) следует использовать согласующее устройство AG05 или измерительный усилитель, например, 2692. При использовании в качестве эталонного ВИП 301M26 (выход по напряжению) следует использовать согласующее устройство AG05-01 или измерительный усилитель 480C02.

9.2.4 В соответствии с РЭ на установку воспроизводят максимальную частоту вращения редуктора № 1.

9.2.5 Установку считают прошедшей опробование с положительным результатом, если при работе установки нет нетипичных шумов или вибраций в частотном преобразователе, электродвигателе, редукторах и их перегрева и на экране регистратора наблюдается сигнал синусоидальной формы.

10 Определение метрологических характеристик

10.1 Проверка номинального значения амплитуды воспроизводимого ускорения, коэффициента гармоник, диапазона частот и пределов допускаемой относительной нестабильности частоты вращения

10.1.1 В соответствии с РЭ устанавливают поворотную платформу на выходной вал редуктора № 1, эталонный ВИП устанавливают на куб поворотной платформы и совмещают центр масс инерционного элемента эталонного ВИП с осью вращения с помощью фиксирующих винтов монтажного блока. Собирают схему измерений согласно рисунку 1, в качестве регистратора (8) к выходу ВИП (4) через согласующий усилитель (7) подсоединяют анализатор спектра. Включают и прогревают измерительные приборы согласно РЭ на них. На анализаторе спектра устанавливают ФНЧ 50 Гц.

10.1.2 В соответствии с РЭ на установку воспроизводят максимальную частоту вращения редуктора № 1 F_{max} , Гц. Через время, достаточное для выхода ВИП на рабочий режим, измеряют амплитуду выходного сигнала ВИП U_i , мВ, коэффициент гармоник K_{gi} , %, и частоту вращения F_i , Гц. Результаты измерений заносят в таблицу 4 (измерение 10 об.).

Примечания

1 При измерении коэффициента гармоник K_{zi} , %, следует учитывать, что наименьшая частота измерений коэффициента гармоник с помощью анализатора ZET 017-U4 составляет 0,4 Гц. Как правило, отсутствие видимых на глаз искажений означает, что коэффициента гармоник синусоидального сигнала не превышает 10 %.

2 Для корректного измерения коэффициента гармоник K_{zi} , %, следует на анализаторе спектра устанавливать значение частоты среза ФНЧ в 10 раз превышающую частоту вращения поворотной платформы. Пример приведен в приложении В.

10.1.3 Повторяют измерения по 10.1.3 через время не менее 2 минуты или через время, достаточное для совершения не менее 20 оборотов платформы (измерение 20 об.).

10.1.4 В соответствии с РЭ на установку воспроизводят минимальную частоту вращения редуктора № 1 F_{min} , Гц. Повторяют измерения по 10.1.2, 10.1.3.

Таблица 4 – Результаты измерений

Редуктор № 1		U_i , мВ	K_{zi} , %	F_i , Гц	δ_{Fi} , %	A_i , м/с ²	δ_{Ai} , %
F_{max}	Измерение 10 об.						
	Измерение 20 об.						
F_{min}	Измерение 10 об.						
	Измерение 20 об.						

10.1.5 Рассчитывают относительную нестабильность воспроизводимой частоты вращения, δ_{Fi} , %, по формуле

$$\delta_{Fi} = \frac{F_{10} - F_{20}}{F_{20}} \cdot 100, \quad (1)$$

где F_{10} – частота колебаний, соответствующая измерению 10 об., Гц;

F_{20} – частота колебаний, соответствующая измерению 20 об., Гц.

10.1.6 Рассчитывают измеренную амплитуду ускорения A_i , м/с², по формуле

$$A_i = \frac{U_i}{K_{np} \cdot K_{yc}}, \quad (2)$$

где U_i – i -я измеренная амплитуда выходного сигнала ВИП, мВ, рассчитанная по формуле

$$U_i = \frac{|U_{max}| + |U_{min}|}{2}, \quad (3)$$

K_{np} – коэффициент преобразования ВИП на воспроизводимой частоте, приведен в свидетельстве о поверке (протоколе), мВ/(м·с²);

K_{yc} – коэффициент преобразования согласующего усилителя, мВ/мВ.

U_{max} , U_{min} – максимальное и минимальное амплитудное значение выходного сигнала ВИП (усредненные значения по не менее трем периодам колебаний), мВ.

10.1.7 Рассчитывают относительное отклонение амплитуды воспроизводимого ускорения от номинального δ_{Ag} , %, по формуле

$$\delta_{Ag} = \frac{A_i - A_g}{A_g} \times 100, \quad (4)$$

где A_i – i -е измеренное амплитудное значение воспроизводимого ускорения, м/с^2 ;
 A_g – ускорение свободного падения в месте расположения установки, м/с^2 .

Примечание – Если величина ускорения свободного падения в месте расположения установки неизвестна, следует пользоваться значением $9,807 \text{ м/с}^2$.

10.1.8 Повторяют измерения по 10.1.2 – 10.1.7 для редуктора № 2.

Примечание – При проведении периодической поверки по заявлению потребителя допускается не проводить измерения для редукторов, которые не используются при эксплуатации установки.

10.1.9 Установку считают прошедшей проверку с положительным результатом, если:

- диапазон частоты вращения поворотной платформы находится в пределах от 0,1 до $(5 \pm 20 \%)$ Гц;
- относительная нестабильность частоты вращения находится в пределах $\pm 3 \%$;
- коэффициент гармоник воспроизводимого ускорения не более 10% .

10.2 Проверка относительного коэффициента поперечных составляющих воспроизводимого ускорения

10.2.1 Собирают схему измерений согласно рисунку 2а). Металлический угольник (3) устанавливают на основании установки. С помощью концевых мер длины устанавливают зазор L_n равный 1 мм (0,7 мм при необходимости) между ребром угольника (3) и самой выступающей частью поворотной платформы (4). Включают установку и постепенно увеличивают частоту вращения платформы до максимальной.

Если поворотная платформа при вращении задевает угольник, необходимо увеличить зазор L_n .

Если поворотная платформа не задевает угольник, в дальнейших расчетах используется значение $L_n = 1000 \text{ мкм}$ (700 мкм).

10.2.2 Повторяют операции по 10.2.1 для определения амплитуды ускорения поперек оси вращения поворотной платформы (рисунок 2б).

10.2.2.3 Рассчитывают амплитуду ускорения действующую вдоль (поперек) оси вращения $A_B(A_n)$, м/с^2 , по формуле

$$A_B(A_n) = 4 \cdot 10^{-6} \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot L_n, \quad (5)$$

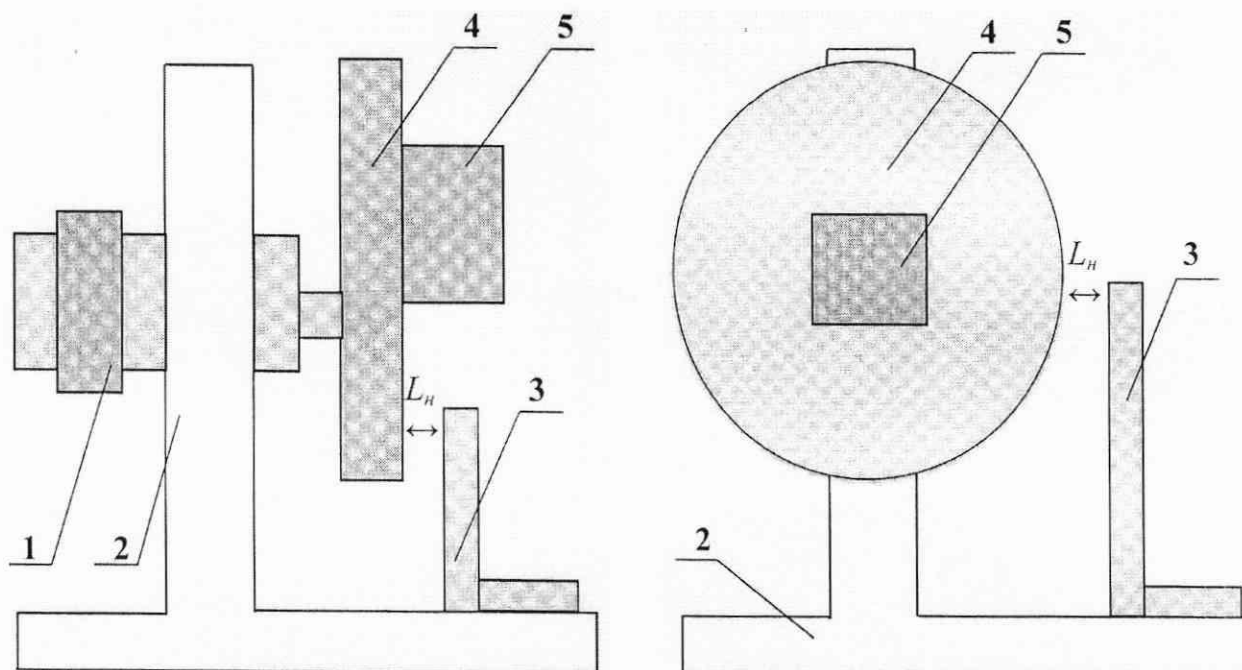
где f – частота вращения поворотной платформы, Гц;

L_n – выставленный зазор, мкм.

10.2.2.4 Рассчитывают относительный коэффициент поперечных составляющих воспроизводимого ускорения $K_{\perp}$, %, по формуле

$$K_{\perp} = \frac{\sqrt{A_B^2 + A_n^2}}{9,807} \cdot 100, \quad (6)$$

где 9,807 – ускорение свободного падения, м/с^2 .



1 – редуктор; 2 – станина установки; 3 – железный угольник;
4 – поворотная платформа; 5 – съемный куб

а) определение амплитуды ускорения
вдоль оси вращения

б) определение амплитуды ускорения
поперек оси вращения

Рисунок 2 – Проверка относительного коэффициента поперечных составляющих воспроизводимого ускорения

10.2.2.5 Повторяют операции по 10.2.2.1 – 10.2.2.4 для остальных редукторов установки.

10.2.3 Установку считают прошедшей проверку с положительным результатом, если относительный коэффициент поперечных составляющих воспроизводимого ускорения не более 15 %.

10.3 Проверка относительной погрешности воспроизведения ускорения

10.3.1 Проверку относительной погрешности воспроизведения СКЗ виброускорения проводят по формуле

$$\delta_A = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{Ag}^2 + \delta_e^2 + \delta_n^2}, \quad (7)$$

где 1,1 – коэффициент, определяемый доверительной вероятностью 0,95;

δ_{Ag} – относительное отклонение амплитуды воспроизводимого ускорения от номинального по 10.1, %;

δ_e – дополнительная погрешность воспроизведения от наличия высших гармоник, определяемая в процентах по формуле

$$\delta_e = (\sqrt{1 + K_{г.к.}^2} - 1) \cdot 100, \quad (8)$$

где $K_{г.к.}$ – значение коэффициента гармоник по 10.1, выраженное в относительных единицах. Для частот вращения менее 0,5 Гц значение коэффициента гармоник следует принимать равным 10 % при отсутствии видимых на глаз искажений выходного сигнала эталонного ВИП;

δ_n – дополнительная погрешность воспроизведения от наличия поперечных составляющих, определяемая в процентах по формуле

$$\delta_n = K_{\perp} \cdot K_{on}, \quad (9)$$

где $K_{\perp}$ – значение коэффициента поперечных составляющих по 10,2;

K_{on} – относительный коэффициент поперечного преобразования ВИП, выраженный в относительных единицах, $K_{on} \leq 0,05$.

10.3.2 Установку считают прошедшей проверку с положительным результатом, если относительная погрешность воспроизведения ускорения находится в пределах $\pm 5\%$.

11 Подтверждение соответствия метрологическим требованиям

11.1 При подтверждении соответствия установки метрологическим требованиям руководствуются процедурами, описанными в разделе 10.

11.2 Установку считают соответствующей метрологическим требованиям при положительных результатах проверок, установленных в пунктах 10.1, 10.2 и 10.3.

11.3 Проводят проверку подтверждения соответствия установки рабочим эталонам 2-го разряда в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения».

12 Оформление результатов поверки

12.1 Оформление результатов поверки проводят в соответствии с требованиями системы менеджмента качества организации, проводившей поверку.

Протокол поверки оформляют в произвольной форме.

12.2 В соответствии с приказом от 31 июля 2020 № 2510, при положительных результатах поверки при необходимости оформляют свидетельство о поверке с указанием разряда эталона в соответствии с ГПС. Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Пломбирование установок не предусмотрено.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и (или) паспорт.

12.3 Установку, не прошедшую поверку, к применению не допускают. На неё выдают извещение о непригодности по форме, установленной системой менеджмента качества организации, проводившей поверку.

Начальник КИЛ
ООО «ГлобалТест»

Ведущий инженер-исследователь
ЦИ СИ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»



Р.В. Ромадов



Д.В. Зверев

Приложение А
(справочное)
Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП

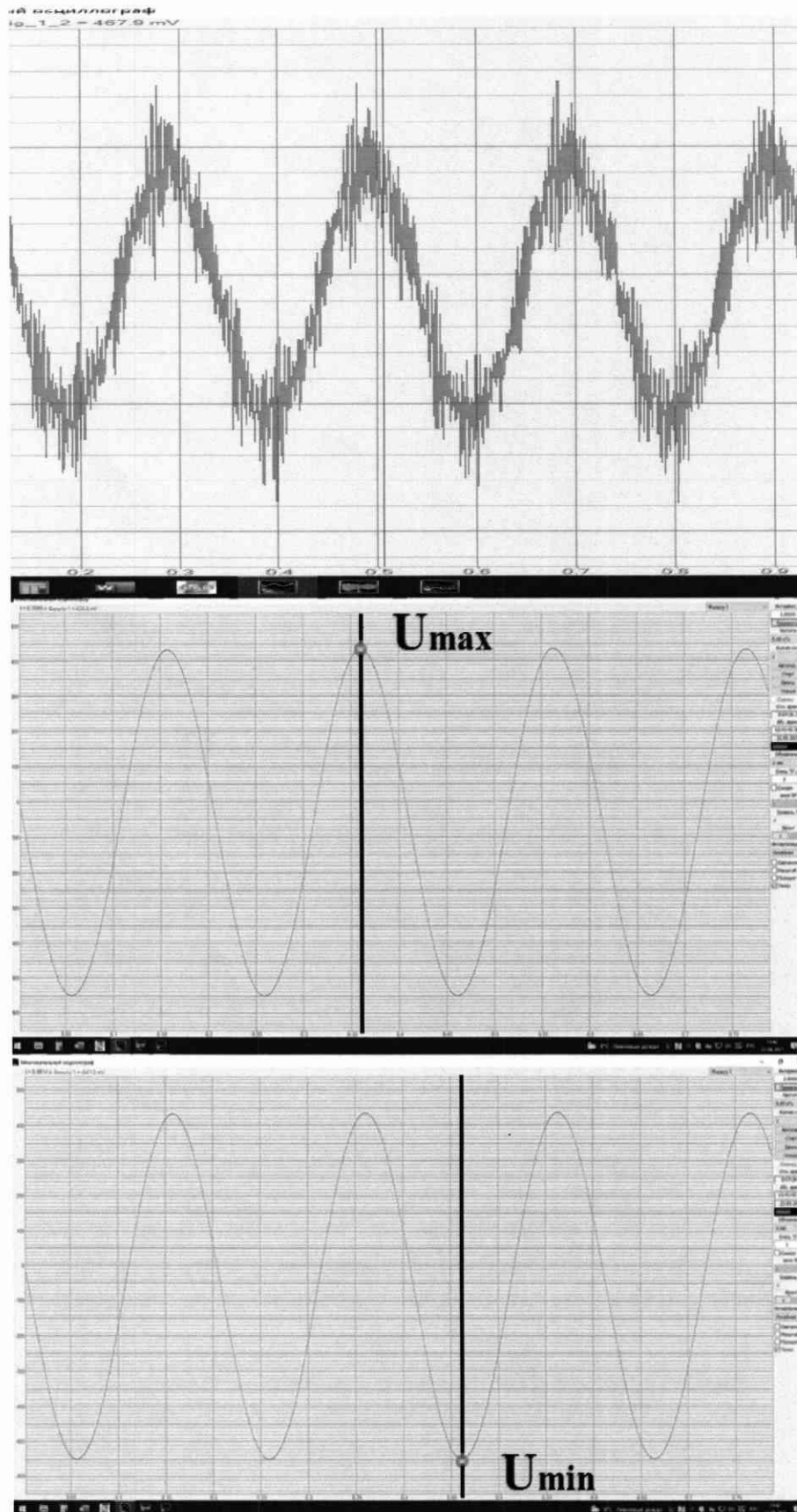
Обозначение документа, на который дана ссылка	Наименование документа, на который дана ссылка
ГОСТ 12.2.007.0-75	ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности
ГОСТ 9038-90	Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия
Приказ Минпромторга России от 31 ноября 2021 г. № 2537	Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке
Приказ Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772	Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения
	Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (утверждены приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 г. № 6)
	Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 г. № 903н)

Приложение Б
(справочное)
Перечень принятых сокращений

ВИП – виброизмерительный преобразователь ускорения;
ГПС – государственная поверочная схема;
МП – методика поверки;
СИ – средства измерения;
ФНЧ – фильтр низкой частоты;
ЭД – эксплуатационная документация.

Приложение В (справочное)

Примеры измерений при помощи анализатора сигналов ZET-017-U4



а) Выходной сигнал
ВИП 301М26.
Частота вращения 4,9 Гц.
Фильтр ФНЧ отключен.

б) Выходной сигнал
ВИП 301М26.
Частота вращения 4,9 Гц.
Включен ФНЧ 50 Гц.
Измерение U_{max} , мВ.

в) Выходной сигнал
ВИП 301М26.
Частота вращения 4,9 Гц.
Включен ФНЧ 50 Гц.
Измерение U_{min} , мВ.

Рисунок В.1 – Измерение амплитуды выходного сигнала

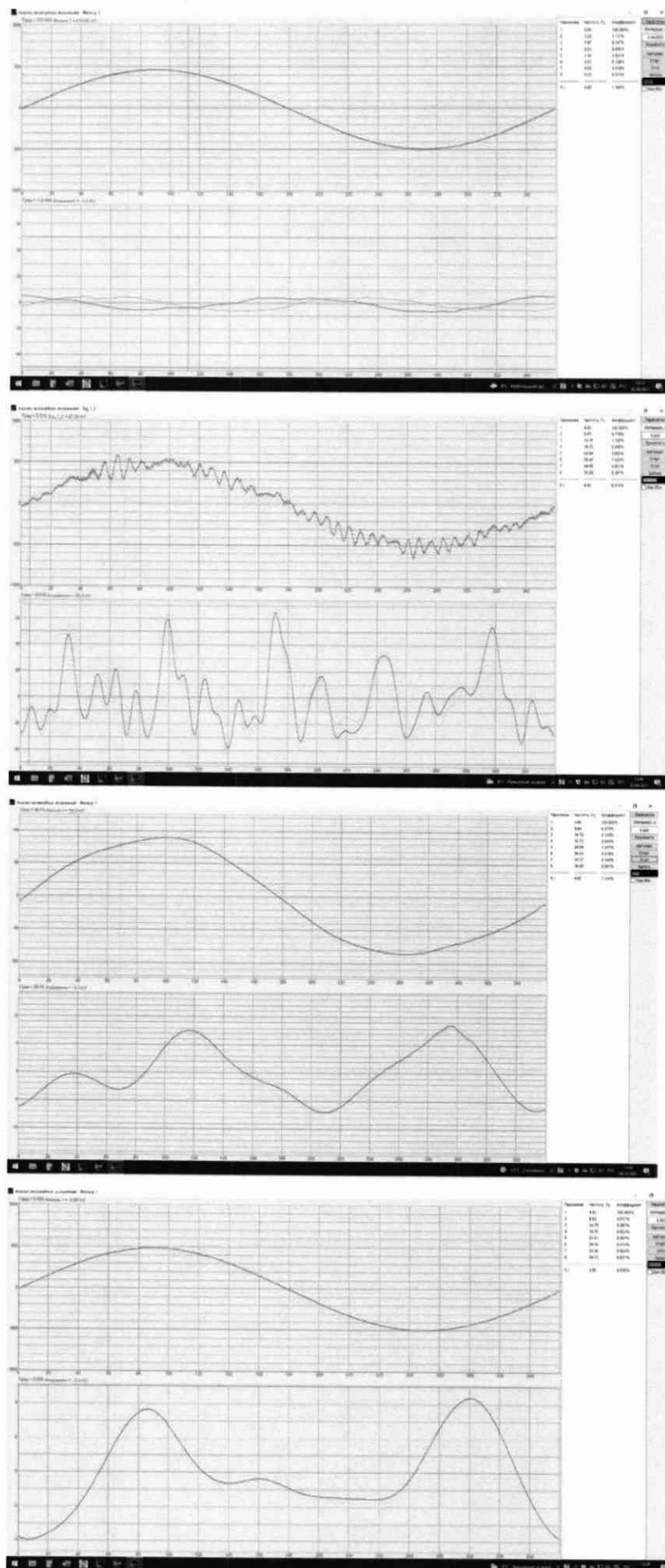


Рисунок В.2 – Измерение коэффициента гармоник воспроизводимого ускорения