

СОГЛАСОВАНО

Начальник

ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Ф. Мамлеев

« 18 »

МП



Государственная система обеспечения единства измерений

Контроллеры управления ударным воздействием IPS-2000

Методика поверки

IPS-2000 МП

2023 г.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) применяется для поверки контроллеров управления ударным воздействием IPS-2000 (далее – контроллеры) и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

1.2 Первичная поверка проводится:

- при вводе в эксплуатацию;
- после ремонта.

1.3 По заявлению владельца контроллера или лица, предоставившего его на поверку, возможно поверка на меньшем числе физических величин, диапазонов измерений, в сокращенном диапазоне рабочих частот.

1.4 Контроллеры соответствуют средствам измерений по следующим ГПС:

- утвержденной приказом Росстандарта от 28.07.2023 № 1520 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы»;

- утвержденной приказом Росстандарта от 18.08.2023 № 1706 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц».

1.5 Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость:

- к Государственному первичному эталону единицы электрического напряжения ГЭТ 13-2001 согласно приказу Росстандарта от 28.07.2023 № 1520 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы»;

- к Государственному первичному специальному эталону единицы электрического напряжения (вольта) в диапазоне частот $10 - 3 \cdot 10^7$ Гц ГЭТ 89-2008 согласно приказу Росстандарта от 18.08.2023 № 1706 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц».

1.6 Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки:

- метод прямых измерений в соответствии с приказом Росстандарта № 1520 от 28.07.2023;

- метод сравнения в соответствии с приказом Росстандарта № 1706 от 18.08.2023.

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

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение
Число входных измерительных каналов	2; 4
при измерении напряжения постоянного тока	
Диапазон измерений напряжения постоянного тока, В	от 0,03 до 10
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока, %:	
в диапазоне от 0,03 до 0,1 В	$\pm 2,0$
в диапазоне от 0,1 до 10 В включ.	$\pm 1,0$
при измерении напряжения переменного тока	
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0,1 до 24000
Диапазон измерений амплитудных значений напряжения переменного тока, В	от 0,03 до 10
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений амплитудных значений напряжения переменного тока на частоте 1000 Гц, %:	
в диапазоне от 0,03 до 0,1 В	$\pm 2,0$
в диапазоне от 0,1 до 10 В включ.	$\pm 1,0$

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Значение
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики относительно частоты 1000 Гц, дБ, не более:	
в диапазоне частот от 0,1 до 5 Гц	0,3
в диапазоне частот от 5 до 5000 Гц включ.	0,1
в диапазоне частот св. 5000 до 10000 Гц включ.	0,3
в диапазоне частот св. 10000 до 24000 Гц включ.	3,0
при измерении заряда	
Диапазон рабочих частот, Гц	от 1 до 5000
Диапазон измерений заряда, пКл	от 30 до 10000
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений заряда на частоте 1000 Гц, %:	
в диапазоне от 30 до 1000 пКл	$\pm 4,0$
в диапазоне от 1000 до 10000 пКл включ.	$\pm 1,0$
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики относительно частоты 1000 Гц, дБ, не более:	0,3

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операции	Проведение операции при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1. Внешний осмотр	да	да	7
2. Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
3. Проверка программного обеспечения	да	да	9
4. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений			10
4.1 Определение относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока	да	да	10.1
4.2 Определение относительной погрешности измерений амплитудных значений напряжения переменного тока на частоте 1000 Гц	да	да	10.2
4.3 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно частоты 1000 Гц при измерении напряжения переменного тока	да	да	10.3
14 Определение относительной погрешности измерений заряда на частоте 1000 Гц	да	да	10.4
15 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно частоты 1000 Гц при измерении заряда	да	да	10.5

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающего воздуха, °Cот +18 до +25;
относительная влажность воздуха, %, не более80;
атмосферное давление, кПа от 96 до 104.

Примечание 1 – При проведении поверочных работ условия окружающей среды средств поверки (рабочих эталонов) должны соответствовать регламентируемым в их инструкциях по эксплуатации требованиям.

4. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки могут быть допущены лица, прошедшие специальную подготовку в качестве поверителей.

4.2 Поверитель должен изучить эксплуатационные документы на поверяемые контроллеры и используемые средства поверки.

5. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

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

5.2 Все средства поверки должны быть исправны и иметь действующие документы о поверке (знак поверки).

Таблица 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Раздел 3	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне от 10 до 30 °C с абсолютной погрешностью в пределах ± 1 °C. Средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 90 % с абсолютной погрешностью в пределах ± 3 %. Средство измерений атмосферного давления в диапазоне от 86,6 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью в пределах $\pm 0,5$ кПа	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 44744-10
10.1	Рабочий эталон 3-го разряда по приказу Росстандарта № 1520 от 28.07.2023: пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока в диапазоне значений от 0,03 до 10 В $\pm 0,5$ %.	Калибратор универсальный Н4-11, рег. № 25610-03

Продолжение таблицы 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.2 – 10.5	Рабочий эталон 3-го разряда по приказу Росстандарта № 1706 от 18.08.2023: воспроизведение напряжения переменного тока в диапазоне от 0,03 до 10 В, диапазон рабочих частот от 0,1 Гц до 24 кГц, пределы допускаемой погрешности установки уровня напряжения ± 1 %	Генератор сигналов сложной формы со сверхнизким уровнем искажений DS360, рег. № 45344-10
10.2 – 10.5	Рабочий эталон 3-го разряда по приказу Росстандарта № 1706 от 18.08.2023: измерение напряжения переменного тока в диапазоне от 0,03 до 10 В, диапазон рабочих частот от 5 Гц до 24 кГц, пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 0,5$ %	Мультиметр цифровой 34401А, рег. № 54848-13
Вспомогательное оборудование		
10.4	Средство измерений ёмкости в диапазоне от 10^{-14} до 0,16 Ф, пределы допускаемой относительной погрешности измерений ёмкости $\pm 0,15$ %	Измеритель иммитанса Е7-16, рег. № 12843-96
10.4, 10.5	Ёмкостной эквивалент датчика с электрической ёмкостью 1000 пФ ± 1 %, диапазон рабочих частот от 0,1 до 5000 Гц	Эквивалент пьезокерамического датчика АС 200
Примечание 2 – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки средства поверки, а также вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление, не допускается использование в качестве заземления корпусов силовых электрических и осветительных щитов и арматуру центрального отопления.

6.2 Меры безопасности при подготовке и проведении поверки должны соответствовать действующим требованиям ГОСТ 12.2.007.0-75, «Требования безопасности к электротехническому изделию и его частям».

6.3 Подключение средств поверки, поверяемых средств, а также вспомогательного оборудования производить при выключенном источнике питания.

7. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие контроллера следующим требованиям:

- отсутствие механических повреждений корпуса и электрических разъемов, влияющих на работоспособность контроллера;

7.1.2 Результат проверки считается положительным, если контроллер соответствует требованиям технической документации и признается пригодными к применению, если выполняется п. 7.1.1.

8. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

8.1.1 Во время подготовки к поверке необходимо ознакомиться с нормативно-технической документацией на контроллер и подготовить средства измерений и вспомогательное оборудование, необходимые для проведения поверки.

8.1.2 Контроль условий проведения поверки по пункту 3.1 провести перед началом поверки, а затем периодически, но не реже одного раза в три часа.

8.2 ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.2.1 Пользуясь указаниями РЭ, установить на управляющий компьютер с CD-диска, входящего в комплект контроллера, специальное ПО.

8.2.2 Включить контроллер и дождаться его загрузки (Индикатор состояния контроллера непрерывно горит зеленым цветом). На управляющем компьютере запустить программу Shock Test Software.exe (ярлык по умолчанию на рабочем столе).

8.2.3 Выбрать тип теста «Вертикальный удар» (рисунок 1).

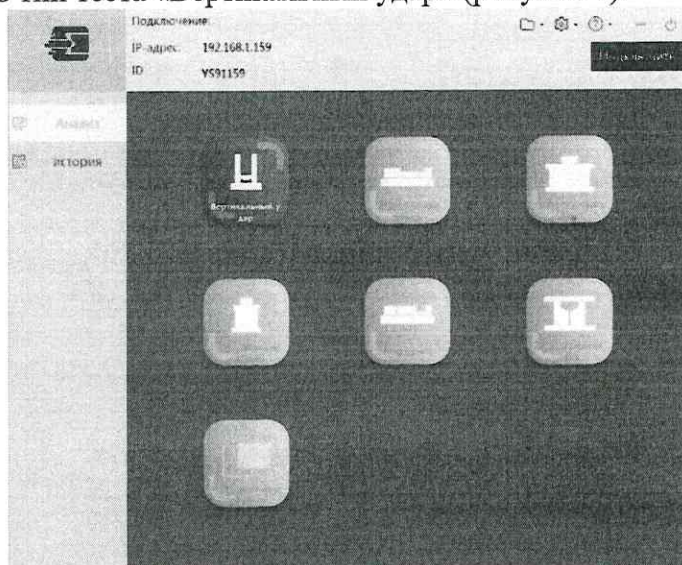


Рисунок 1 – Главное окно ПО «Shock Test Software»

8.2.4 В появившемся окне (рисунок 2) на панели меню «Файл (F)» выбрать вкладку «Создать испытание».

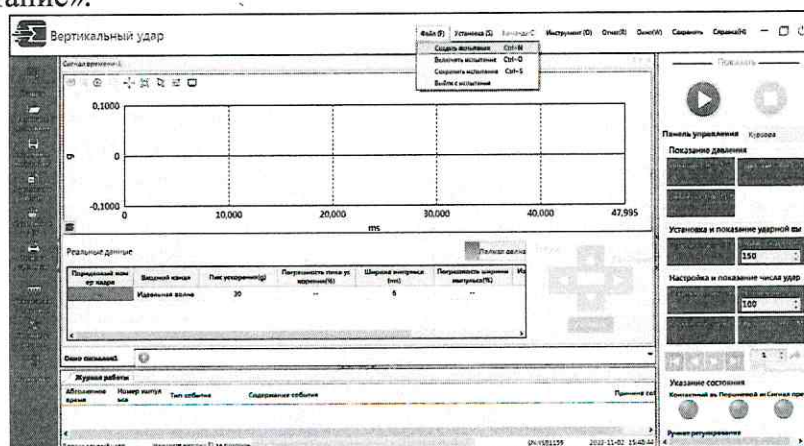


Рисунок 2

8.2.5 В появившемся окне нажать виртуальную кнопку «Вертикальный удар». Далее кнопку «Yes» (рисунок 3).

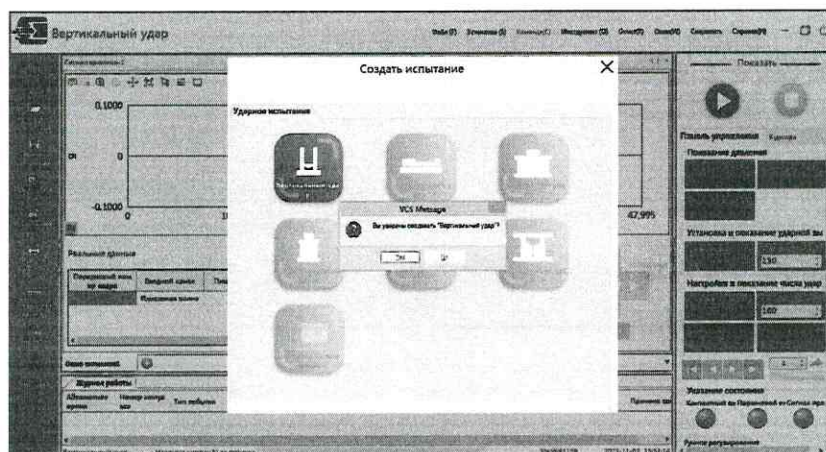


Рисунок 3

8.2.6 В появившемся окне нажать виртуальную кнопку «Вертикальный удар». Далее кнопку «Yes» и создать испытание, а затем кнопку «No», не сохраняя текущие настройки испытания.

8.2.7 Во вкладке «Параметр канала» произвести настройку всех измерительных каналов следующим образом (Рисунок 4):

- тип канала – «Тест»;
- режим связи – «AC GND»;
- тип датчика – «Ускорение»;
- чувствительность – «1 mV/(g)».

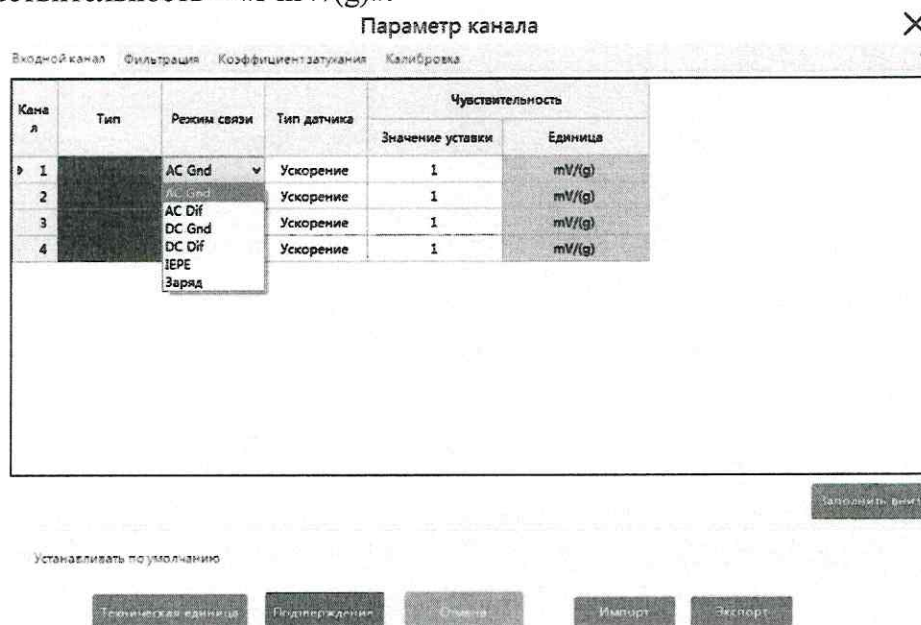


Рисунок 4

8.2.8 Нажать клавишу «Подтверждение».

8.2.9 Во вкладке «Установка» произвести настройку параметров измерений во вкладках «Контрольный параметр испытаний» и «Целевой спектр испытаний».

8.2.10 Во вкладке «Контрольный параметр испытаний» установить в поле «Уровень +/-» значение 10 g, соответствующее входному напряжению 10 мВ при чувствительности датчика 1 мВ/г (Рисунок 5).

✕

Установка

Контрольный параметр испытания

Целевой спектр испытания

Предварит...

Выборка/Показание

Количество точек кадра

Выборочная частота

Автоматическое согласование и выборка

Показанная ширина полной волны

Показанная ширина основной волны

Пик поиска

16384

192K Hz

48.00 ms

24.00 ms

0.00 ~ 48.00 ms

Ограничение параметров

Запуск

Диапазон высокой частоты

Коэффициент калибровки системы

Увеличить предел

Параметры кодера

Метод сбора выскты

Мультиязычное деление кода

Непрерывное столкновение

Склонение по высоте

Задержка выпуска клапана

Уровень (+/-)

Количество точек опережения/задержки

время опережения/задержки

Точка согласованных данных

1500.000 mm

3.000

1000.000 mm

80.000 mm

60 T/M

Напряже

200 Кра

0.000 mm

100.0 ms

10.000 g

-2304 (-9215.9215)

-12.0 ms

Установить

Все входные каналы

Техническая единица

Подтверждение

Отмена

Рисунок 5

8.2.11 Во вкладке «Целевой спектр испытаний» в поле «Пик ускорения» установить в поле «Пик ускорения» значение 1000 g (Рисунок 6). Нажать клавишу «Подтверждение».

Установка

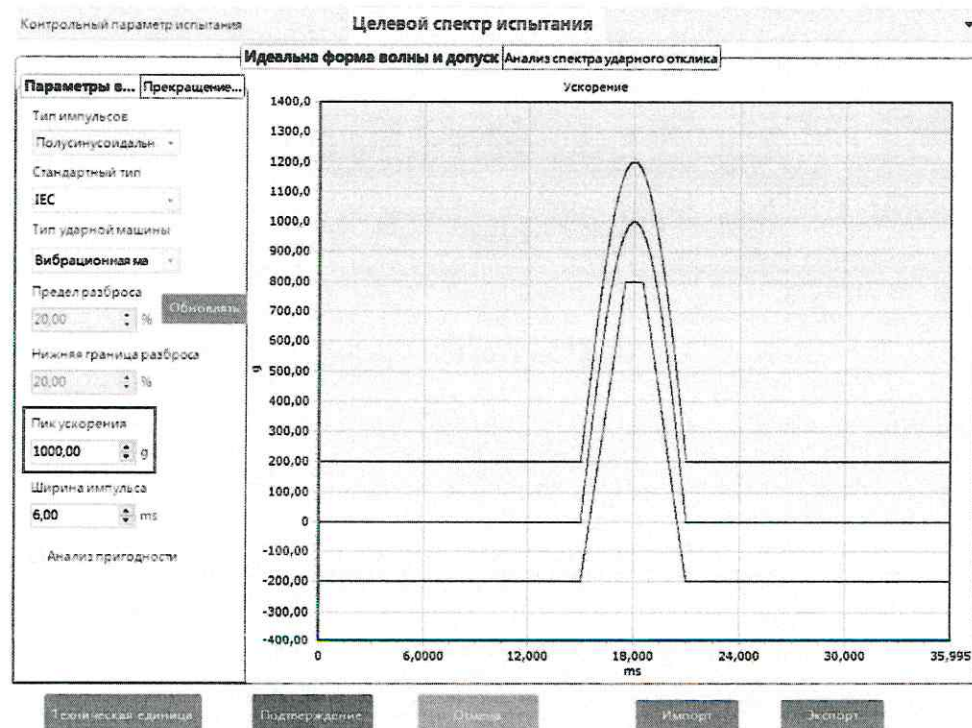


Рисунок 6

8.2.12 Нажать правой клавишей мыши на поле «Сигнал времени-1» и выбрать вкладку «Настройка дисплея». В открывшемся окне «Настройки индикации» установить галочки напротив всех измерительных каналов. Нажать клавишу «Подтверждение» (Рисунок 7).

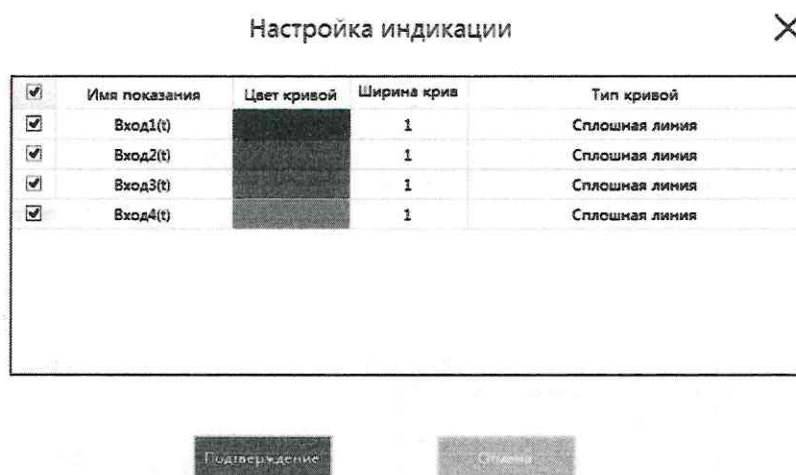


Рисунок 7

8.2.13 Собрать схему, изображенную на рисунке 8, подключив к входам 1 - 4 контроллера выход генератора DS360 (при отсутствии возможности подключения всех каналов с применением тройников или специализированных кабелей, допускается проведение измерений каналами поочередно).

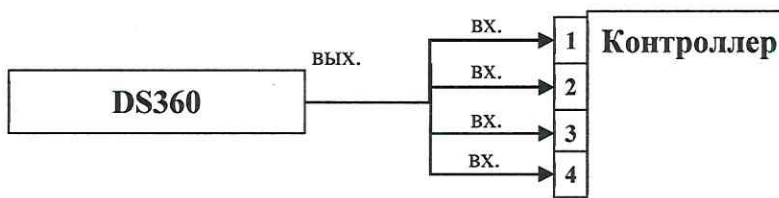


Рисунок 8

8.2.14 Установить на выходе генератора DS360 на частоте 1 кГц среднеквадратическое значение (СКЗ) выходного напряжения 0,7071 В, соответствующее амплитудному значению 1 В. Нажать кнопку , дождаться завершения процесса инициализации и настройки измерительных каналов.

8.2.15 Нажать на кнопку «Однократный удар» и провести измерение входного ускорения, соответствующего напряжению переменного тока. После проведения измерений в всплывающем окне нажать кнопку «ОК» (рисунок 9). По окончании измерений нажать кнопку .

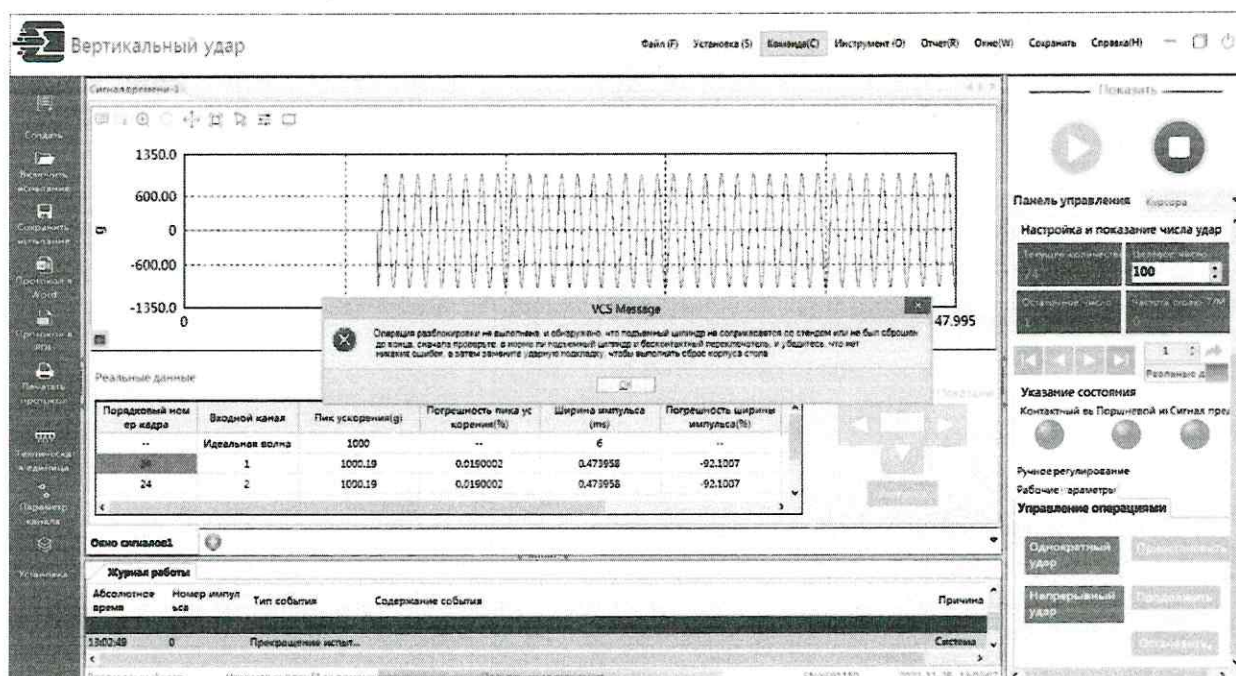


Рисунок 9

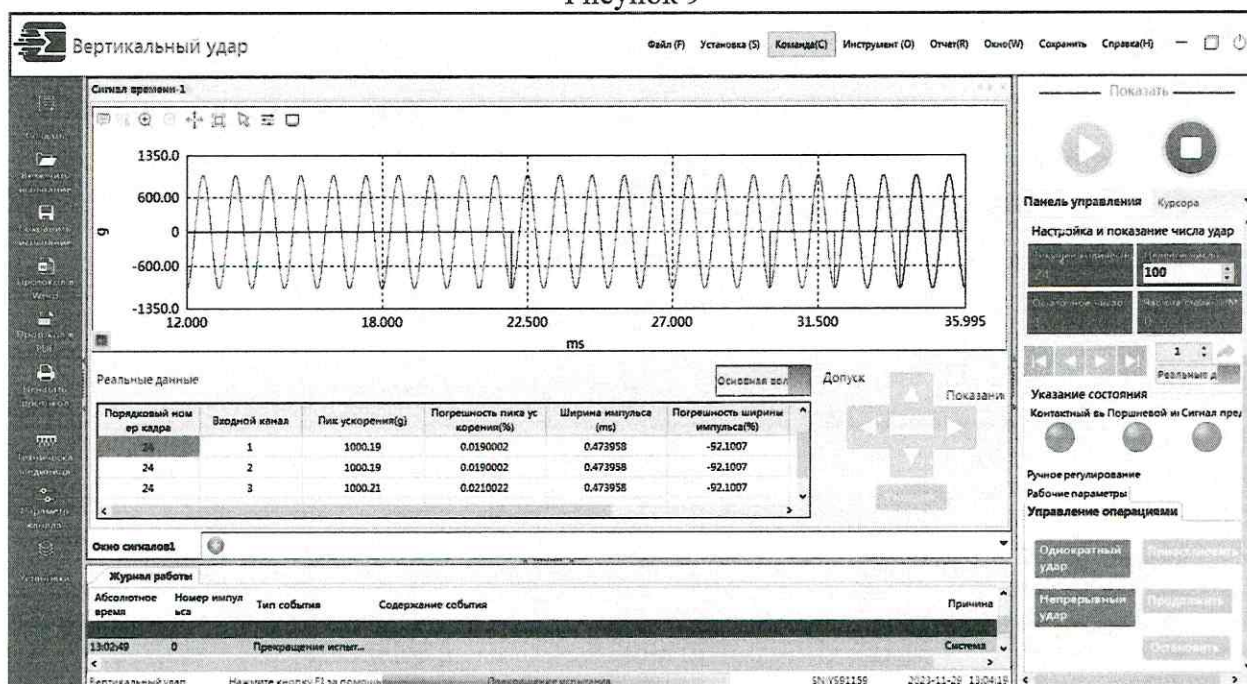


Рисунок 10

8.2.16 Контроллер считать работоспособным, если сообщения об ошибках инициализации ПО отсутствуют, загрузка встроенного ПО контроллера прошло успешно, связь ПК с контроллером установлена, а на виртуальном дисплее наблюдается синусоидальные сигналы (рисунок 10), а значения в столбце «Погрешность пика ускорения (%)» не выходят допускаемые пределы $\pm 1\%$ для всех каналов. В противном случае контроллер дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт.

9. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

9.1 Осуществить проверку соответствия следующих заявленных идентификационных данных ПО:

- наименование ПО;
- идентификационное наименование ПО;
- номер версии (идентификационный номер) ПО;
- цифровой идентификатор метрологически значимой части ПО (контрольная сумма исполняемого кода);
- алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО.

9.2 Для этого установить программу HashTab или аналогичную по функционалу, далее:

- 1) запустить файл установки HashTab Setup.exe;
- 2) в открывшемся окне нажать кнопку «Next»;
- 3) далее нажать кнопку «I Agree»;
- 4) в открывшемся окне оставить параметры без изменения. Нажать кнопку «Install»;
- 5) после завершения установки, в появившемся окне нажать кнопку «Finish».

9.3 Проверка контрольной суммы программных модулей:

- 1) открыть папку с программным пакетом «Shock Test Software» (по умолчанию C:\VCS);
- 2) нажать правой кнопкой манипулятора «Мышь» на файл исполняемой программы VCS.exe. В открывшемся меню выбрать «Свойства»;
- 3) выбрать вкладку «Хеш-суммы файлов»;
- 4) в таблице напротив строки «MD5» зафиксировать буквенно-цифровой код;
- 5) во вкладке «Версия», в окне «Имя элемента:» выбрать «Версия продукта», зафиксировать цифровой код версии.

9.4 Результат проверки считать положительными, если полученные идентификационные данные ПО (идентификационные наименования, номера версий, цифровые идентификаторы), указанные во вкладках «Версия» и «File Hashes», соответствуют идентификационным данным, записанным в формуляре.

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока

10.1.1 Во вкладке «Параметр канала» произвести настройку всех измерительных каналов следующим образом (Рисунок 11):

- тип канала – «Тест»;
- режим связи – «DC GND»;
- тип датчика – «Ускорение»;
- чувствительность – «1 mV/(g)».

Нажать клавишу «Подтверждение» и выполнить п. 8.2.10.

Параметр канала X

Входной канал Фильтрация Коэффициент затухания Калибровка

Канал	Тип	Режим связи	Тип датчика	Чувствительность	
				Значение установки	Единица
1		DC Gnd	Ускорение	0.001	mV/g
2		AC Gnd	Ускорение	0.001	mV/g
3		AC Gnd	Ускорение	0.001	mV/g
4		AC Diff	Ускорение	0.001	mV/g

DC Gnd
 AC Gnd
 AC Diff
 DC Diff
 IEPE
 Заряд

Сбросить канал

Устанавливать по умолчанию

Температура единица
Подтверждение
Справка
Импорт
Экспорт

Рисунок 11

10.1.2 Собрать схему, изображенную на рисунке 12.

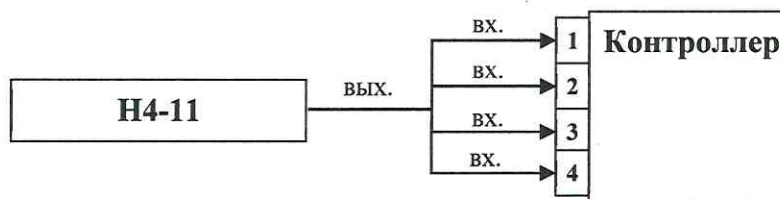


Рисунок 11 – Схема подключения

10.1.3 Последовательно установить на выходе калибратора Н4-11 значения напряжения постоянного тока в соответствии с таблицей 4. При этом перед каждым измерением в меню «Установка» производить настройку параметров измерений во вкладке «Целевой спектр испытаний» в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4

Значение ускорения во вкладках «Контрольный параметр испытаний» и «Целевой спектр испытаний», g	Установленные на Н4-11 значения напряжения постоянного тока U_z , В	Рассчитанные значения напряжения постоянного тока U_n , мВ	Относительная погрешность измерений напряжения постоянного тока, δ , %	Допускаемые пределы, %	Диапазон измерений напряжения постоянного тока, В
30	0,03			$\pm 2,0$	от 0,03 до 0,1
50	0,05				
90	0,09				
100	0,10			$\pm 1,0$	от 0,1 до 10 включ.
1000	1,00				
2000	2,00				
5000	5,00				
7000	7,00				
10000	10,00				

10.1.4 При каждом установленном значении необходимо нажимать кнопку  и дожидаться завершения процесса инициализации и настройки измерительных каналов. Далее нажимать на кнопку «Однократный удар» и проводить измерения входного ускорения, соответствующего напряжению постоянного тока (рисунок 12).

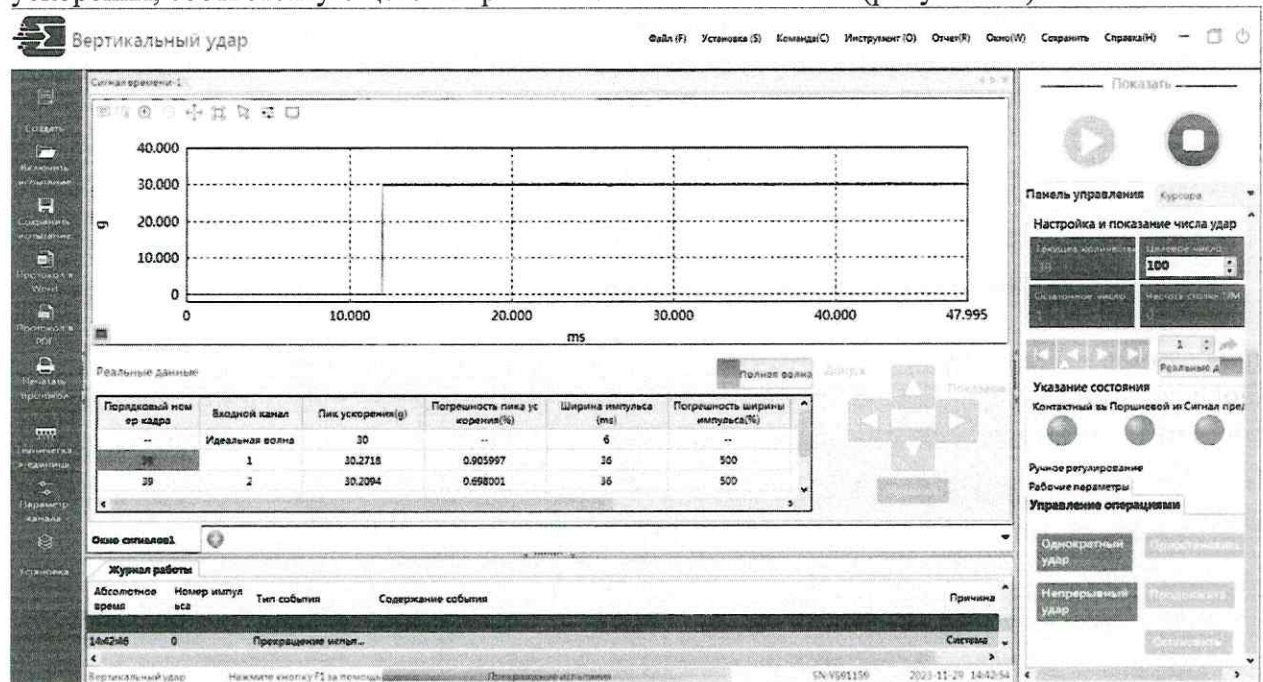


Рисунок 12

10.1.5 Дождаться окончания измерений. По окончании цикла измерений контроллер выводит в соответствующие ячейки таблицы «Реальные данные» виртуального окна на экране ПК измеренные значения и рассчитанные погрешности.

По окончании измерений нажать кнопку .

При этом по измеренным амплитудным значениям ускорения A из ячейки «Пик ускорения (g)» таблицы «Реальные данные» рассчитать значения напряжения по формуле (1):

$$U_{\text{и}} = A \cdot K / 1000, \quad (1)$$

где A – ускорение из ячейки «Пик ускорения (g)» таблицы «Реальные данные», g; $K = 1 \text{ мВ/г}$ – значение чувствительности по п. 10.1.1.

10.1.6 Значения относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока рассчитывается программно по формуле (2):

$$\delta = 100 \% \cdot (U_{\text{и}} - U_3) / U_3, \quad (2)$$

где $U_{\text{и}}$ – значение напряжения постоянного тока, соответствующее рассчитанному по формуле 1, В; U_3 – значение напряжения постоянного тока, установленное на выходе Н4-11, В.

10.1.7 Занести результаты расчётов в таблицу 4.

10.1.8 Если значения относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока выходят за допустимые пределы, приведенные в таблице 4, провести калибровку контроллера в соответствии с РЭ и повторить пп. 10.1.1 – 10.1.7.

10.1.9 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока находятся в допустимых пределах,

приведенных в таблице 4. В противном случае контроллер дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт.

10.2 Определение относительной погрешности измерений амплитудных значений напряжения переменного тока на частоте 1000 Гц

10.2.1 Во вкладке «Параметр канала» произвести настройку всех измерительных каналов следующим образом (Рисунок 4):

- тип канала – «Тест»;
- режим связи – «AC GND»;
- тип датчика – «Ускорение»;
- чувствительность – «1 mV/(g)».

Нажать клавишу «Подтверждение» и выполнить п. 8.2.10.

10.2.2 Собрать схему, изображенную на рисунке 13.

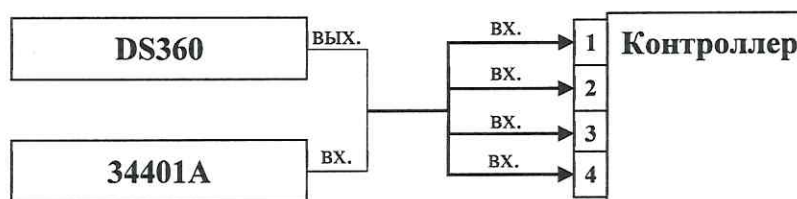


Рисунок 13 – Схема подключения

10.2.3 Последовательно установить на выходе генераторы DS360 среднеквадратические значения (СКЗ) напряжения переменного тока на частоте 1000 Гц, соответствующие амплитудным значениям, приведенным во втором столбце таблицы 5, контролируя установленные значения мультиметром 34401A. При этом перед каждым измерением во вкладке «Установка» производить настройку параметров измерений во вкладке «Целевой спектр испытаний» в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5

Значение ускорения во вкладках «Контрольный параметр испытаний» и «Целевой спектр испытаний», g	Амплитудные значения напряжения переменного тока, соответствующие СКЗ, измеренным 34401A $U_{\sim}$, В	Рассчитанные амплитудные значения напряжения переменного тока $U_{и-}$, мВ	Относительная погрешность измерений напряжения переменного тока, $\delta_{\sim}$, %	Допускаемые пределы, %
30	0,03			$\pm 2,0$
50	0,05			
90	0,09			
100	0,10			
1000	1,00			$\pm 1,0$
2000	2,00			
5000	5,00			
7000	7,00			
10000	10,00			

10.2.4 При каждом установленном значении необходимо нажимать кнопку и дожидаться завершения процесса инициализации и настройки измерительных каналов. Далее нажимать на кнопку «Однократный удар» и проводить измерения входного ускорения, соответствующего амплитудным значениям напряжения переменного тока (рисунок 14).

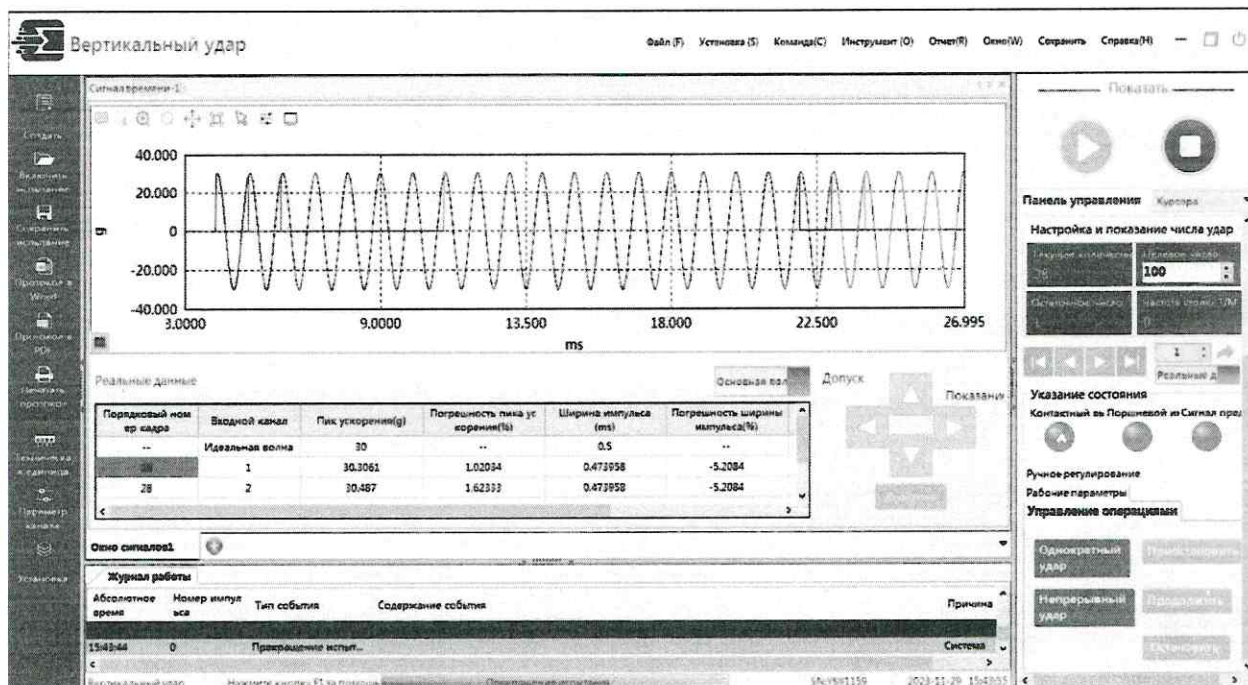


Рисунок 14

10.2.5 Провести операции по п. 10.1.5 для значения чувствительности по п. 10.2.1.

10.2.6 Значения относительной погрешности измерений напряжения переменного тока рассчитывается программно по формуле (3):

$$\delta_{\sim} = 100 \% \cdot (U_{и\sim} - U_{\sim}) / U_{\sim}, \quad (3)$$

где $U_{и\sim}$ – амплитудное значение напряжения переменного тока, соответствующее рассчитанному по формуле 1, В; $U_{\sim}$ – амплитудное значение напряжения переменного тока, установленное на выходе DS360 и измеренное 34401A, В.

10.2.7 Занести результаты расчётов в таблицу 5.

10.2.8 Если значения относительной погрешности измерений напряжения переменного тока на частоте 1000 Гц выходят за допустимые пределы, приведенные в таблице 5, провести калибровку контроллера в соответствии с РЭ и повторить пп. 10.2.1 – 10.2.7.

10.2.9 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений напряжения переменного тока на частоте 1000 Гц находятся в допустимых пределах, приведенных в таблице 5. В противном случае контроллер дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт.

10.3 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно частоты 1000 Гц при измерении напряжения переменного тока

10.3.1 Выполнить операции по п. 10.2.1 и 10.2.2.

10.3.2 Последовательно установить на выходе генераторы DS360 среднеквадратическое значения (СКЗ) напряжения переменного тока, соответствующее амплитудному значению $U_{\sim}=1$ В на частотах, приведенных в таблице 6 (начиная с частоты 5 Гц установленные значения контролировать мультиметром 34401A). При этом в меню «Установка» производить настройку параметров измерений во вкладке «Целевой спектр испытаний» в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6

Частота, Гц	Рассчитанные амплитудные значения напряжения переменного тока $U_{и\sim}$, мВ	Отклонение АЧХ от значения на частоте 1000 Гц, $\gamma_{\sim}$, дБ	Неравномерность АЧХ, $ \gamma_{\sim\max} $, дБ	Допускаемое значение неравномерности, дБ
0,1				0,3
1,0				
4,0				
5,0				
100,0				0,1
1000,0				
5000,0				
7000,0				
9000,0				0,3
10000,0				
15000,0				
20000,0				
24000,0				3,0

10.3.3 При каждом установленном значении необходимо нажимать на кнопку «Однократный удар» и проводить измерения входного ускорения, соответствующего амплитудным значениям напряжения переменного тока.

10.3.4 Провести операции по п. 10.1.5 для значения чувствительности по п. 10.2.1. По окончании измерений нажать кнопку .

10.3.5 Рассчитать отклонение АЧХ для каждой частоты по формуле (4):

$$\gamma_{\sim} = 20\text{Log}_{10}(U_{и\sim}/U_{1000}), \quad (4)$$

где U_{1000} – рассчитанное амплитудное значение напряжения переменного тока для частоты 1000 Гц, В.

10.3.6 За неравномерности АЧХ $|\gamma_{\sim\max}|$ каждого входного канала для частотных поддиапазонов от 0,1 до 5 Гц, от 5 Гц до 5000 Гц включительно, свыше 5000 Гц до 10000 Гц включительно и свыше 10000 Гц до 24000 Гц включительно принимаются максимальные абсолютные значения из полученного ряда частот для соответствующих частотных диапазонов.

10.3.7 Если неравномерность АЧХ выходит за допускаемые пределы, приведенные в таблице 6, провести калибровку контроллера в соответствии с РЭ и повторить пп. 10.3.1 – 10.3.6.

10.3.8 Результаты поверки считать положительными, если неравномерности АЧХ не превышают допускаемых значений, приведенных в таблице 6. В противном случае контроллер дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт.

10.4 Определение относительной погрешности измерений заряда на частоте 1000 Гц

10.4.1 Во вкладке «Параметр канала» произвести настройку всех измерительных каналов следующим образом (Рисунок 15):

- тип канала – «Тест»;
- режим связи – «Заряд»;
- тип датчика – «Ускорение»;
- чувствительность – «1 pC/(g)».

Нажать клавишу «Подтверждение» и выполнить п. 8.2.10.

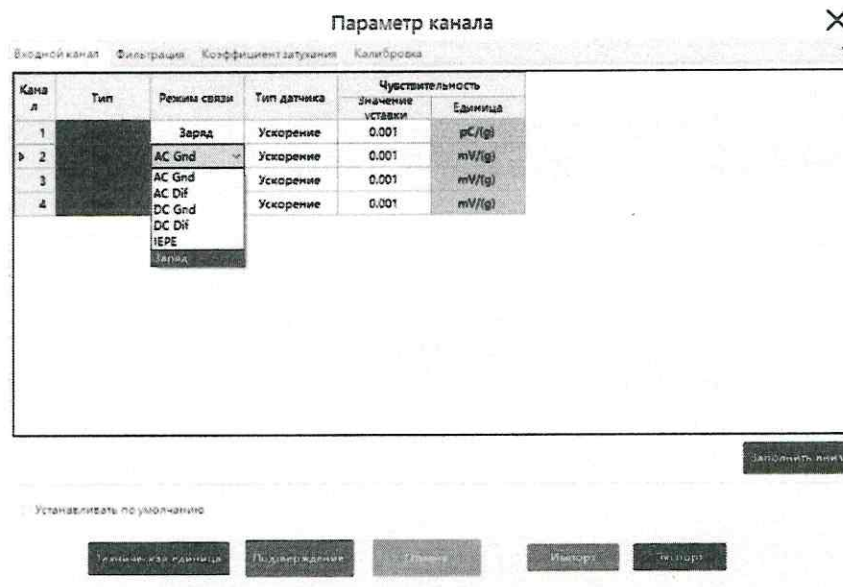


Рисунок 15

10.4.2 Собрать схему, изображенную на рисунке 16 подключив выход DS360 к входам контроллера через эквиваленты пьезокерамического датчика AC 200 (при отсутствии возможности подключения всех каналов с применением эквивалентов пьезокерамического датчика AC 200, тройников или специализированных кабелей, допускается проведение измерений каналами поочередно).

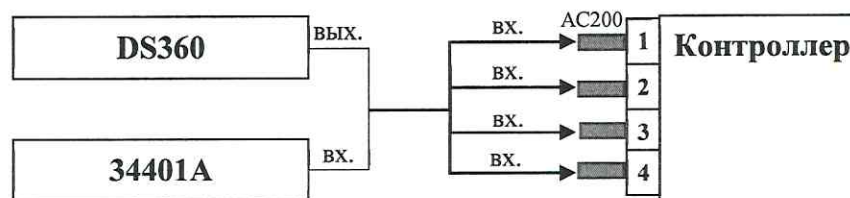


Рисунок 16 – Схема подключения

10.4.3 Последовательно установить на выходе генераторы DS360 среднеквадратические значения (СКЗ) напряжения переменного тока на частоте 1000 Гц, соответствующие амплитудным значениям, приведенным во втором столбце таблицы 7, контролируя установленные значения мультиметром 34401A. При этом перед каждым измерением в меню «Установка» производить настройку параметров измерений во вкладке «Целевой спектр испытаний» в соответствии с таблицей 7.

Таблица 7

Значение ускорения во вкладках «Контрольный параметр испытаний» и «Целевой спектр испытаний», g	Амплитудные значения напряжения переменного тока, соответствующие СКЗ, измеренным 34401A U_c , В	Рассчитанные значения заряда на входе контроллера Q_z , пКл	Рассчитанные значения заряда Q_n по измеренным значениям ускорения, пКл	Относительная погрешность измерений напряжения переменного тока, δ_z , %	Допускаемые пределы, %
1	2	3	4	5	6
30	0,03				±4,0
50	0,05				
90	0,09				
100	0,10				

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6
1000	1,00				±1,0
2000	2,00				
5000	5,00				
7000	7,00				
10000	10,00				

10.4.4 При каждом установленном значении необходимо нажимать кнопку  и дожидаться завершения процесса инициализации и настройки измерительных каналов. Далее нажимать на кнопку «Однократный удар» и проводить измерения входного ускорения, соответствующего значениям заряда (рисунок 17).

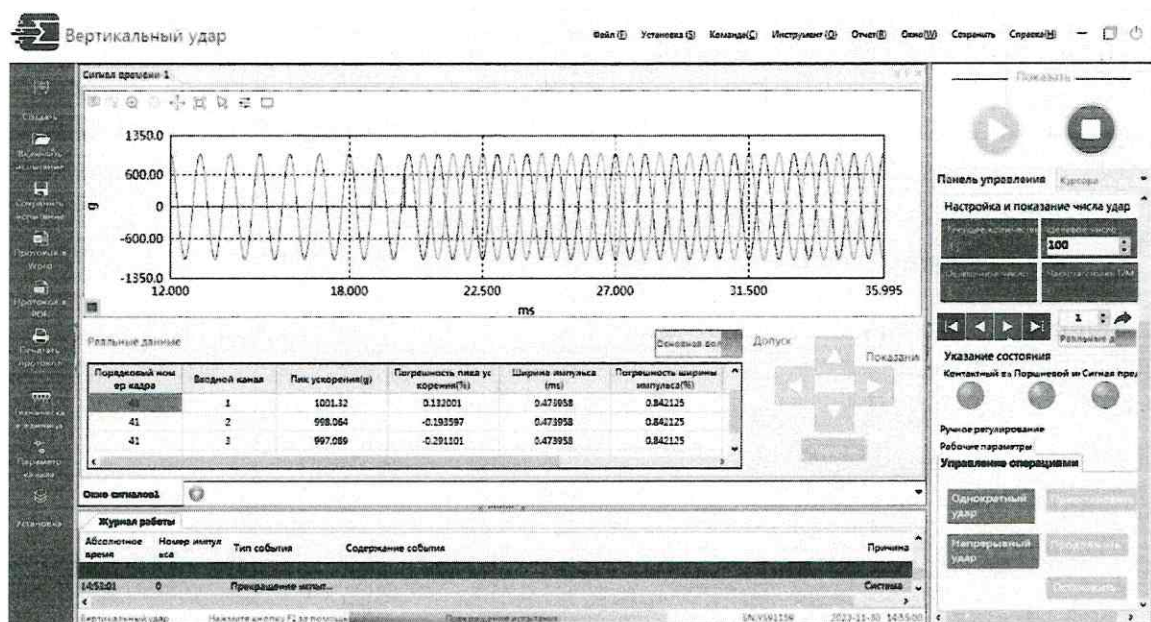


Рисунок 17

10.4.5 Дождаться окончания измерений. По окончании цикла измерений контроллер выводит в соответствующие ячейки таблицы «Реальные данные» виртуального окна на экране ПК измеренные значения и рассчитанные погрешности.

По окончании измерений нажать кнопку .

При этом по измеренным амплитудным значениям ускорения A из ячейки «Пик ускорения (g)» таблицы «Реальные данные» рассчитать значения заряда в пКл по формуле (4):

$$Q_i = A \cdot K / 1000, \quad (4)$$

где A – ускорение из ячейки «Пик ускорения (g)» таблицы «Реальные данные», g; $K = 1$ пКл/g – значение чувствительности по п. 10.4.1.

10.4.6 С помощью измерителя иммитанса E7-16 измерить действительное значение емкости C_3 каждого эквивалента пьезокерамического датчика AC 200.

10.4.7 Рассчитать значения заряда в пКл на входе контроллера Q_3 по формуле (5):

$$Q_3 = U_3 \cdot C_3, \quad (5)$$

где U_3 – амплитудное значение напряжения переменного тока на выходе DS360, измеренное мультиметром 34401A, В; C_3 – измеренное действительное значение емкости эквивалента пьезокерамического датчика AC 200, пФ.

10.4.8 Значения относительной погрешности измерений заряда рассчитывается программно по формуле (6):

$$\delta_3 = 100 \% \cdot (Q_n - Q_3) / Q_3, \quad (6)$$

10.4.9 Занести результаты расчётов в таблицу 7.

10.4.10 Если значения относительной погрешности измерений заряда на частоте 1000 Гц выходят за допускаемые пределы, приведенные в таблице 7, провести калибровку контроллера в соответствии с РЭ и повторить пп. 10.4.1 – 10.4.9.

10.4.11 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений заряда на частоте 1000 Гц находятся в допускаемых пределах, приведенных в таблице 7. В противном случае контроллер дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт.

10.5 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно частоты 1000 Гц при измерении заряда

10.5.1 Выполнить операции по п. 10.4.1 и 10.4.2.

10.5.2 Последовательно установить на выходе генераторы DS360 среднеквадратическое значения (СКЗ) напряжения переменного тока, соответствующее амплитудному значению $U_{\sim}=1$ В на частотах, приведенных в таблице 8 (начиная с частоты 5 Гц установленные значения контролировать мультиметром 34401А). При этом в меню «Установка», во вкладке «Целевой спектр испытаний» установить значение 1000 г.

Таблица 8

Частота, Гц	Рассчитанные значения заряда $Q_{н-}$, пКл	Отклонение АЧХ от значения на частоте 1000 Гц, γ_3 , дБ	Неравномерность АЧХ, $ \gamma_{3\max} $, дБ	Допускаемое значение неравномерности, дБ
1,0				0,3
5,0				
100,0				
1000,0				
5000,0				

10.5.3 При каждом установленном значении необходимо нажимать на кнопку «Однократный удар» и проводить измерения входного ускорения, соответствующего амплитудным значениям напряжения переменного тока (рисунок 13).

10.5.4 Провести операции по п. 10.4.5 для значения чувствительности по п. 10.4.1. По окончании измерений нажать кнопку .

10.5.5 Рассчитать отклонение АЧХ для каждой частоты по формуле (7):

$$\gamma_3 = 20 \text{Log}_{10}(Q_{н-}/Q_{1000}), \quad (7)$$

где U_{1000} – рассчитанное амплитудное значение напряжения переменного тока для частоты 1000 Гц, В.

10.5.6 За неравномерности АЧХ $|\gamma_{\sim\max}|$ каждого входного канала в рабочем диапазоне частот от 0,1 до 5000 Гц принимаются максимальные абсолютные значения из полученного ряда частот.

10.5.7 Если неравномерность АЧХ выходит за допускаемые пределы, приведенные в таблице 8, провести калибровку контроллера в соответствии с РЭ и повторить пп. 10.5.1 – 10.5.6.

10.5.8 Результаты поверки считать положительными, если неравномерность АЧХ не превышает допускаемого значения, приведенного в таблице 8. В противном случае контроллер дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт.

11. Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результатах поверки контроллера передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 По заявлению владельца контроллера или лица, представившего его на поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие контроллера метрологическим требованиям) выдается свидетельство о поверке.

11.3 По заявлению владельца контроллера или лица, представившего его на поверку, в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие контроллера метрологическим требованиям) выдается извещение о непригодности к применению.

11.4 Обязательное оформление протокола поверки не требуется. Оформление протокола поверки возможно по заявлению владельца контроллера или лица, представившего его на поверку.

11.5 Способ защиты от несанкционированного вмешательства представлен в описании типа, дополнительных действий по соблюдению требований по защите от несанкционированного вмешательства не требуется.

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



А.Г. Максак

Старший научный сотрудник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



А.А. Горбачев