

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

УТВЕРЖДАЮ



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

*[Handwritten signature]*

А.Н. Пронин

М.П. «16» марта 2018 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Установка для поверки и калибровки виброизмерительных  
преобразователей 9155 с вибростендами 2075E-875 и 2129E025

**Методика поверки**

**МП 2520-082-2018**

И.о. руководителя лаборатории 2520  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

*[Handwritten signature]*

Козляковский А. А.

«  »                      2018 г.

Настоящая методика поверки (далее МП) распространяется на установку для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155 с вибростендами 2075E-875 и 2129E025 (далее – установка), фирмы «The Modal Shop, Inc.», США и устанавливает методику первичной и периодической поверок.

Первичная поверка проводится:

- при вводе в эксплуатацию;
- после ремонта.

Интервал между поверками – 2 года.

## 1 Операции поверки

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Подтверждение соответствия программного обеспечения	7.2	да	да
Опробование	7.3	да	да
Определение уровня вибрационного шума среднеквадратического значения (СКЗ) виброускорения	7.4	да	да
Определение коэффициента нелинейных искажений	7.5	да	да
Определение относительного коэффициента поперечных составляющих вибростенда	7.6	да	да
Определение рабочих диапазонов виброускорений (виброскорости и виброперемещения) в заданном диапазоне частот	7.7	да	да
Определение погрешности аналого-цифрового преобразования	7.8	да	да
Определение погрешности измерительного канала с согласующим усилителем	7.9	да	да
Определение допустимой относительной погрешности воспроизведения параметров вибрации	7.10	да	да

## 2 Средства поверки

2.1 Перечень средств поверки представлен в таблице 2

Таблица 2 - Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки	Обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
7.3	- акселерометр 353В17  - акселерометр 301М26	диапазон частот 0,7 – 20000 Гц, коэффициент преобразования 1,02 мВ/(м·с <sup>-2</sup> );  диапазон частот 0,015 – 7000 Гц, коэффициент преобразования 51 мВ/(м·с <sup>-2</sup> ).
7.4, 7.5, 7.6	- вторичный эталон по ГОСТ Р 8.800-2012	

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

2.3 Допускается применение других средств измерений и вспомогательного оборудования, не приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

## 3 Требования к квалификации поверителей

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

## 4 Требования безопасности

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

4.2 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».

4.3 Установку и подключение средств поверки, поверяемых средств, а также вспомогательного оборудования производить при выключенном источнике питания.

## 5 Условия проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

– температура окружающего воздуха, °С	от + 10 до + 30
– относительная влажность, %	от 40 до 80
– атмосферное давление, кПа	от 95 до 107
– напряжение питания промышленной сети, В	от 215 до 225
– частота переменного напряжения промышленной сети, Гц	от 49,5 до 50,5

## 6 Подготовка к поверке

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

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

6.3 Все операции поверки должны проводиться не менее чем двумя лицами, имеющими квалификационную группу по технике безопасности не ниже 3.

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

## 7 Проведение поверки

### 7.1 Внешний осмотр

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

- отсутствие механических повреждений корпуса, соединительных кабелей и электрических разъемов, влияющих на работоспособность установки;
- соответствие комплектности и маркировки требованиям, установленным в технической документации установки;
- отсутствие загрязнений и выступающих заусенцев на контактирующих поверхностях вибропреобразователей;
- наличие всех крепежных элементов;
- резьбовые части электрических разъемов не должны иметь видимых повреждений;
- правильность монтажа установки.

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

### 7.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения

7.2.1 Процедура подтверждения соответствия программного обеспечения следующая:

- запустить программное обеспечение установки;
- на мониторе управляющего персонального компьютера (далее – ПК) установки должны отобразиться идентификационные данные программного обеспечения;
- провести проверку идентификационных данных программного обеспечения.

7.2.2 Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считается положительным, если полученные идентификационные данные (идентификационное наименование и номер версии) программного обеспечения установки соответствуют идентификационным данным технической документации на установку.

### 7.3 Опробование

7.3.1 Включают установку в соответствии с требованиями технической документации и запускают программу на ПК.

7.3.2 Закрепляют на вибростенде установки акселерометр, входящий в состав установки. Подключают акселерометр в соответствии с технической документацией на установку.

7.3.3 Запускают калибровку акселерометра. Значения амплитудно-частотной характеристики не должны превышать паспортных значений частотного диапазона акселерометра.

7.3.4 Операции по п.п. 7.3.2 - 7.3.3 повторяют для каждого вибростенда со своим акселерометром.

7.3.5 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если измеренная амплитудно-частотная характеристика акселерометров соответствует паспортным значениям.

7.4 Определение уровня вибрационного шума среднеквадратического значения (СКЗ) виброускорения

7.4.1 Уровень вибрационного шума на вибростенде определяют в месте, предназначенном для установки поверяемого преобразователя в процессе эксплуатации установки.

7.4.2 Закрепляют на вибростенде установки преобразователь пьезоэлектрический с усилителем измерительным, который подключают к измерительному каналу установки (Sensor Under Test) и включают установку.

7.4.3 Определение уровня вибрационного шума осуществляют по среднему квадратическому значению виброускорения, зафиксированному с помощью преобразователя пьезоэлектрического с усилителем измерительным при включенной установке, но при отсутствии сигнала возбуждения от задающего генератора на частоте 100 Гц.

7.4.4 Операции по п.п. 7.4.2 – 7.4.3 повторить для каждого вибростенда.

7.4.5 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения уровня вибрационного шума СКЗ виброускорения не превышают 0,1 м/с<sup>2</sup>.

7.5 Определение коэффициента нелинейных искажений

7.5.1 Коэффициент нелинейных искажений (THD) определяют для каждого вибростенда в диапазоне частот на верхних пределах номинальных диапазонов виброускорения.

7.5.2 Закрепляют на вибростенде установки преобразователь пьезоэлектрический с усилителем измерительным, который подключают к измерительному каналу установки (Sensor Under Test) и включают установку.

7.5.3 Последовательно задают частоты возбуждения, равные значениям 1/3-октавного ряда в рабочем диапазоне частот, и измеряют коэффициент нелинейных искажений.

7.5.4 Коэффициент нелинейных искажений рассчитывается программой и выводится в поле «Harmonic Distortion» в окне «Test Sensor Monitor», см. рисунок 1.

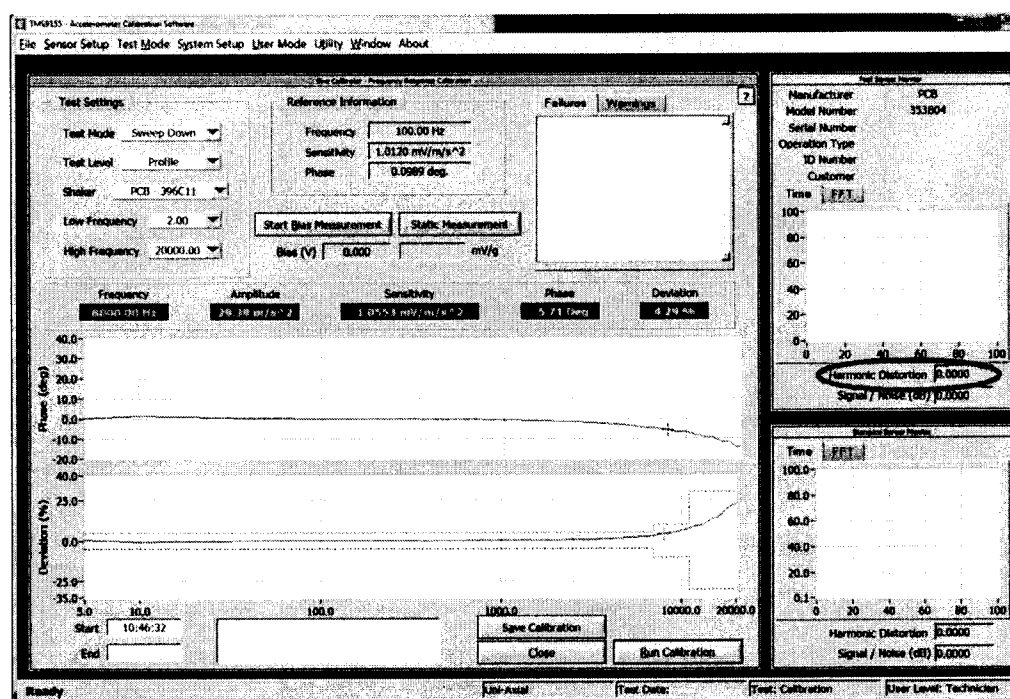


Рисунок 1 – Поле «Harmonic Distortion» в окне «Test Sensor Monitor»

7.5.5 Результаты измерений записывают в таблицу 3.

Таблица 3 – Коэффициент нелинейных искажений

Частота, Гц	Нижняя частота вибростенда	...	100	...	Верхняя частота вибростенда
Коэффициент нелинейных искажений (THD), %					

7.5.6 Операции по п.п. 7.5.2 – 7.5.5 повторить для каждого вибростенда.

7.5.7 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения коэффициента нелинейных искажений не превышают значения, указанного в таблице 4.

Таблица 4

Наименование характеристики	Значение	
	2075E-875	2129E025
Коэффициент нелинейных искажений в диапазоне частот, %:		
- от 16 до 50 Гц включ.	-	10,0
- от 0,5 до 100 Гц включ.	-	5,0
- от 5 до 16 Гц включ.	10,0	-
- св. 16 до 10000 Гц включ.	5,0	-

7.5.8 Допускается признавать пригодной к применению установку при превышении на отдельных частотах, указанных в таблице 4 значений коэффициента нелинейных искажений (количество таких частот не должно превышать 10% частот третьоктавного ряда рабочего диапазона частот). При этом частоты, на которых значение коэффициента нелинейных искажений превышает значение, указанное в таблице 4 на вибростенд, исключается из диапазона рабочих частот установки, о чем делается соответствующая запись на оборотной стороне свидетельства о поверке.

7.6 Определение относительного коэффициента поперечных составляющих вибростенда

7.6.1 Для определения относительного коэффициента поперечных составляющих вибростенда на столе вибростенда закрепляют в соответствии с требованиями РЭ трехкомпонентный преобразователь виброизмерительный с усилителем измерительным.

7.6.2 Задают на установке амплитуду виброускорения  $A_z$ , равную 0,3 верхнего значения рабочего диапазона амплитуд, и последовательно отсчитывают показания преобразователя виброизмерительного в направлении  $A_y$ ,  $A_x$ , и перпендикулярном основному направлению движения вибростенда ( $A_z$ ). Вычисляют относительный коэффициент поперечных составляющих вибростенда по формуле:

$$K_{0.п.} = \frac{\sqrt{A_x^2 + A_y^2}}{A_z} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где:

$A_z$  – значение СКЗ виброускорения вдоль рабочей оси,  $m/s^2$ ;

$A_y$ ,  $A_x$  – значение СКЗ виброускорения в двух взаимноперпендикулярных направлениях от рабочей оси,  $m/s^2$ .

7.6.3 Результаты измерений записывают в таблицу 5.

Таблица 5 – Коэффициент поперечных составляющих вибростенда

Частота, Гц	$A_z, \text{ м/с}^2$	$A_y, \text{ м/с}^2$	$A_x, \text{ м/с}^2$	К.о.п., %
Нижняя частота вибростенда				
...				
100				
...				
Верхняя частота вибростенда				

7.6.4 Операции по п.п. 7.6.1 – 7.6.3 повторить для каждого вибростенда.

7.6.5 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения относительного коэффициента поперечных составляющих вибростенда не превышают значения, указанного в таблице 6.

Таблица 6

Наименование характеристики	Значение	
	2075E-875	2129E025
Относительный коэффициент поперечного движения вибростола в диапазоне частот, %, не более:		
- от 0,5 до 2 Гц включ.	-	10,0
- св. 2 до 50 Гц включ.	-	5,0
- св. 50 до 100 Гц включ.	-	7,5
- от 6,3 до 2000 Гц включ.	5,0	-
- св. 2000 до 3150 Гц включ.	7,5	-
- св. 3150 до 10000 Гц включ..	11,0	-

7.6.6 Допускается признавать пригодной к применению установку при превышении на отдельных частотах, указанных в таблице 6 коэффициента поперечных составляющих (количество таких частот не должно превышать 10% частот третьоктавного ряда рабочего диапазона частот). При этом частоты, на которых значение коэффициента поперечных составляющих превышает значение, указанное в таблице 6 на вибростенд, исключается из диапазона рабочих частот установки, о чем делается соответствующая запись на оборотной стороне свидетельства о поверке.

7.7 Определение рабочих диапазонов виброускорений (виброскорости и виброперемещения) в заданном диапазоне частот

7.7.1 Рабочие диапазоны виброускорений (виброскорости и виброперемещения), воспроизводимые вибростендами, определяют на основании измерений уровня вибрационного шума по п.7.4 и коэффициента нелинейных искажений по п.7.5.

7.7.2 Для определения наибольшего значения виброускорения (виброскорости и виброперемещения), воспроизводимого (измеряемого) вибростендом, используют результаты определения коэффициента нелинейных искажений по п.7.5.

7.7.3 За максимальное значение виброускорения (виброскорости и виброперемещения), воспроизводимое вибростендом, принимают такое значение, при котором коэффициент нелинейных искажений не превышает значения, установленного в технической документации на вибростенд и в заявке на испытания.

7.7.4 За минимальное значение виброускорения (виброскорости и виброперемещения), воспроизводимого (измеряемого) вибростендом, принимают такое значение, которое превышает уровень собственных шумов акселерометра на 14 дБ ( $\approx$  в пять раз).

7.7.5 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные минимальное и максимальное значения воспроизводимых виброускорений (виброскорости и виброперемещения) соответствуют данным, указанным в таблице 7.

Таблица 7

Наименование характеристики	Значение	
	2075E-875	2129E025
Диапазон воспроизведения амплитудного виброускорения, м/с <sup>2</sup>	от 0,1 до 700	от 0,01 до 19,6
Диапазон воспроизведения среднего квадратического значения виброскорости, мм/с	от 0,1 до 780	от 0,01 до 780
Диапазон воспроизведения размаха виброперемещения, мм	от 0,01 до 25,4	от 0,01 до 255

7.7.6 Допускается признавать пригодной к применению установку при уменьшении рабочего диапазона воспроизводимых параметров вибрации, но не более, чем на 20% от диапазона, указанного в таблице 7 на вибростенд. При этом делается соответствующая запись о рабочем диапазоне воспроизводимых параметров вибрации на оборотной стороне свидетельства о поверке.

## 7.8 Определение погрешности аналого-цифрового преобразования

7.8.1 Для определения погрешности аналого-цифрового преобразования собирают схему в соответствии с рисунком 2.

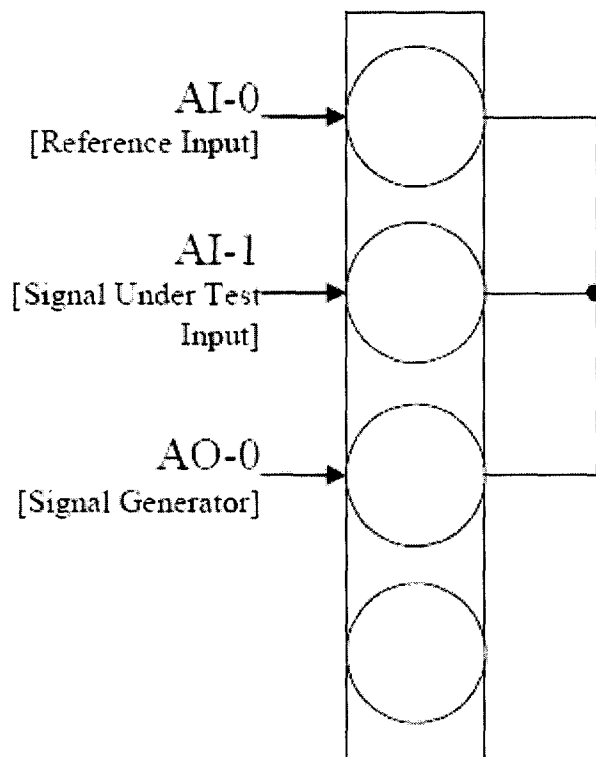


Рисунок 2 – Схема подключения установки для определения погрешности аналого-цифрового преобразования

7.8.2 Выбирают в меню пункт калибровки каналов (Test→Channel Calibration), см. рисунок 3



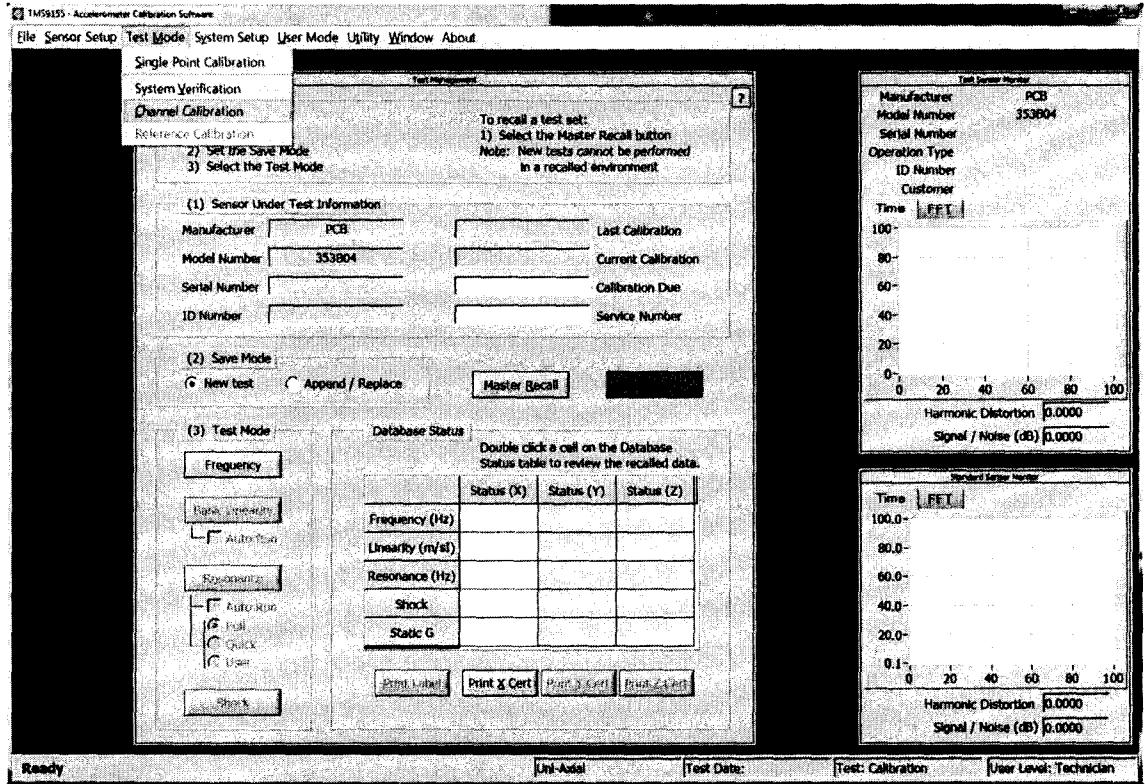


Рисунок 3 – Меню калибровки каналов (Test→Channel Calibration)

7.8.3 В появившемся окне «Channel Calibration» выбирают в поле «Conditioner» значение «None», без согласующих усилителей, см. рисунок 4. и нажимают кнопку «Start Channel Calibration» (Кнопка активна в режиме User level: Advanced).

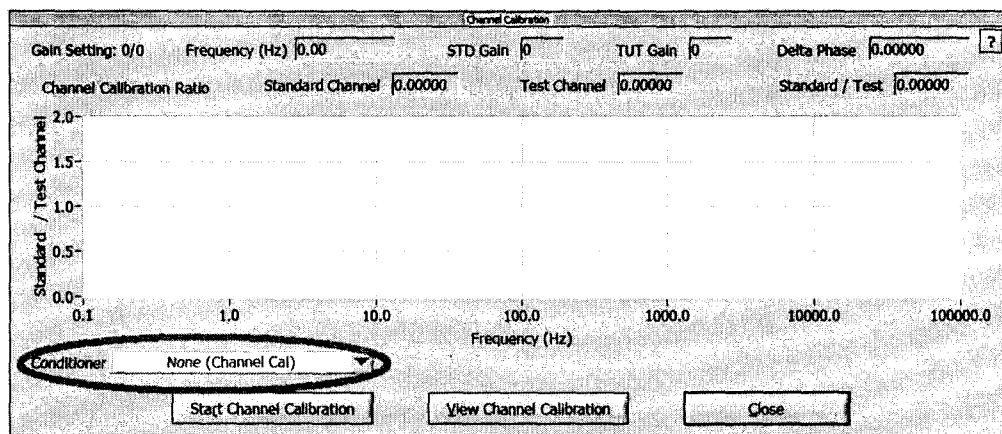


Рисунок 4 – Окно «Channel Calibration»

7.8.4 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения погрешности аналого-цифрового преобразования (отношение «Test Channel» к «Standard Channel») во всем частотном диапазоне не превышают значения 0,01 %.

## 7.9 Определение погрешности измерительного канала с согласующим усилителем

7.9.1 Для определения погрешности измерительного канала собирают схему с каждым согласующим усилителем, входящих в состав установки, в соответствии с технической документацией на установку.

7.9.2 Выбирают в меню пункт калибровки каналов (Test→Channel Calibration), см. рисунок 3.

7.9.3 В появившемся окне «Channel Calibration» выбирают в поле «Conditioner» значение подключенного согласующего усилителя, см. рисунок 5. И нажимают кнопку «Start Channel Calibration» (Кнопка активна в режиме User level: Advanced).

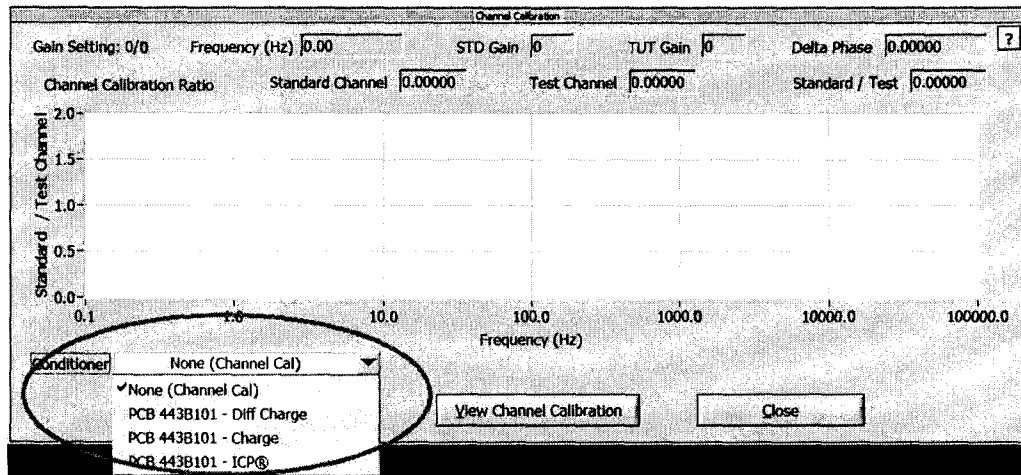


Рисунок 5 – Окно «Channel Calibration» с раскрытым полем «Conditioner»

7.9.4 Проверяют каждый согласующий усилитель во всем частотном диапазоне.

7.9.5 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения погрешности измерительного канала с согласующим усилителем (отношение «Test Channel» к «Standard Channel») во всем частотном диапазоне не превышают значения 0,01 %.

7.10 Определение допускаемой относительной погрешности воспроизведения параметров вибрации

7.10.1 Допускаемую относительную погрешность воспроизведения параметров вибрации установки  $\delta$  при доверительной вероятности 0,95 вычисляют по формуле:

$$\delta = \sqrt{\delta_0^2 + \gamma^2 + \delta_{ни}^2 + \delta_n^2 + \delta_{ADC}^2 + \delta_{Cond}^2}, \quad (2)$$

где:

$\delta_0$  – относительная погрешность эталонных СИ, с помощью которых проводят поверку установки, %;

$\gamma$  – неравномерность частотной характеристики, встроенного акселерометра пьезоэлектрического в комплекте с согласующим усилителем, %;

$\delta_{ни}$  – дополнительная относительная погрешность, вызванная нелинейными искажениями вибростенда, %, определяемая по формуле (3);

$\delta_n$  – дополнительная относительная погрешность, вызванная наличием поперечных составляющих движения вибростенда в рабочем диапазоне частот, %, определяется по формуле (4);

$\delta_{ADC}$  – дополнительная относительная погрешность аналого-цифрового преобразования, %;

$\delta_{Cond}$  – дополнительная погрешность измерительного канала с согласующим усилителем, %.

$$\delta_{ни} = \left( \sqrt{1 + K_{\Gamma}^2} - 1 \right) \cdot 100\%, \quad (3)$$

где:

$K_{\Gamma}$  – максимальное значение нелинейных искажений, определённое в п. 7.5.;

$$\delta_n = \frac{K_{он} \cdot K_{п}}{100}, \quad (4)$$

где:

$K_{оп}$  – максимальное значение относительного коэффициента поперечных составляющих вибростенда, %, определённое в п. 7.6;

$K_{п}$  – относительный коэффициент поперечных составляющих встроенного акселерометра пьезоэлектрического, %, (определяют из паспорта акселерометра);

*Примечание 1* – Встроенный в установку эталонный акселерометр в комплекте с согласующим усилителем поверяют на государственном первичном специальном эталоне ГЭТ 58-84 или на вторичном эталоне по документу «Методические указания МИ 1071-85. Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений параметров вибраций образцовые. Методика поверки» (при условии его демонтажа из вибростенда). При невозможности демонтажа встроенного эталонного акселерометра его метрологические характеристики определяются на вибростенде методом сличения с эталонным виброметром по документу «Методические указания МИ 1071-85. Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений параметров вибраций образцовые. Методика поверки».

7.10.2 За допускаемую относительную погрешность воспроизведения параметров вибрации установки принимается максимальное значение, полученное для каждого вибростенда с учетом своих значений коэффициента нелинейных искажений и коэффициента поперечных составляющих вибростенда.

7.10.3 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения погрешности воспроизведения параметров вибрации не превышают  $\pm 0,8$  %.

## 8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если характеристики установки для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155 с вибростендами 2075E-875 и 2129E025 соответствуют всем требованиям данной методики. В этом случае на установку выдается свидетельство о поверке.

8.2 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

8.3 Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155 с вибростендами 2075E-875 и 2129E025, не удовлетворяющая всем требованиям данной методики, к применению не допускается и выдается извещение о непригодности с указанием причин.