

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,  
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ»  
(ФБУ «РОСТЕСТ – МОСКВА»)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора  
ФБУ «Ростест-Москва»



Е.В. Морин

«07» ноября 2016 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Акселерометры Dytran серии 3000

Методика поверки  
РТ-МП-3934-441-2016

Москва  
2016

Настоящая методика распространяется на акселерометры Dytran серии 3000 (далее - акселерометры) фирмы Dytran Instruments, Inc., и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками 24 месяца.

## 1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта НД по поверке	Обязательность проведения операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	Да	Да
Опробование	7.2	Да	Да
Определение предела допускаемого отклонения коэффициента преобразования на базовой частоте 100 Гц	7.3	Да	Да
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	7.4	Да	Да
Определение нелинейности амплитудной характеристики	7.5	Да	Да
Определение относительного коэффициента поперечного преобразования акселерометра	7.6	Да	Нет

## 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки применяют средства измерений и вспомогательные устройства, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства измерений

Номер пункта НД по поверке	Наименование средств поверки
7.3, 7.4, 7.6	Станция для калибровки преобразователей вибрации 9155, диапазон частот: от 0,2 Гц до 20000 Гц, I-го разряда по ГОСТ Р 8.800-2012
7.5	Установка для калибровки акселерометров ударом K9525С, диапазон пикового ударного ускорения: от 196 м/с <sup>2</sup> до 98000 м/с <sup>2</sup> , I-го разряда по ГОСТ 8.137-84 Установка поверочная ударная УУП-2, диапазон пикового ударного ускорения от 30 до 4000 м/с <sup>2</sup>
7.2	Усилитель измерительный Nexus мод. 2692, 0,1-200000 Гц Динамический диапазон 120 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 0,05 дБ
7.2	Осциллограф цифровой LeCroy WaveAce 2034, диапазон коэффициентов отклонения от 2 мВ/дел до 5 В/дел, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения постоянного напряжения $\pm(3 \cdot 10^{-2} \cdot U + 0,1 \text{ дел} \cdot K_{\text{откл}} + 1 \text{ мВ})$
Примечание - Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.	

### **3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ**

К проведению поверки акселерометров допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим инженерным образованием, имеющим опыт работы с аналогичным оборудованием, ознакомленный с эксплуатационной документацией и настоящей методикой поверки.

### **4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

4.1 К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

4.2 При работе с измерительными приборами и вспомогательным оборудованием должны быть соблюдены требования безопасности, оговоренные в соответствующих технических описаниях и эксплуатационных документах применяемых приборов.

### **5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ**

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:  
температура окружающего воздуха ..... (20 ± 5) °С;  
относительная влажность воздуха..... не более 80 %;  
атмосферное давление ..... от 94 до 106 кПа

### **6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ**

6.1 Проверить наличие средств поверки, укомплектованность их технической документацией (далее - ТД) и необходимыми элементами соединений.

6.2 Используемые средства поверки разместить, заземлить и соединить в соответствии с требованиями ТД на указанные средства.

6.3 Подготовку, соединение, включение и прогрев средств поверки, регистрацию показаний и другие работы по поверке произвести в соответствии с ТД на указанные средства.

### **7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ**

#### **7.1. Внешний осмотр**

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие акселерометра следующим требованиям:

- отсутствие видимых механических повреждений корпуса акселерометра, отсутствие внешних повреждений соединительного кабеля, исправность крепежных приспособлений;
- соответствие комплектности и маркировки технической документации.

В случае обнаружения несоответствия хотя бы по одному из вышеуказанных требований, акселерометр признается негодным для применения.

**Результаты внешнего осмотра считать удовлетворительными, если акселерометр соответствует вышеперечисленным требованиям, комплектность полная.**

#### **7.2. Опробование**

Для проведения опробования акселерометров необходимо:

- подготовить акселерометр к работе в соответствии с эксплуатационной документацией;
- разместить акселерометр на рабочем месте, исключив перегибание соединительных кабелей;
- подключить акселерометр к входу усилителя измерительного Nexus мод. 2692;
- выход усилителя соединить с входом (канал 1) осциллографа цифрового «LeCroy WaveAce 2034» (далее – осциллограф);

Слегка постукивая по корпусу акселерометра, контролировать показания осциллографа, подключенного к выходу усилителя.

При изменении выходного сигнала синхронно с ударами, акселерометр признается работоспособным.

**Результаты опробования считаются удовлетворительными, если для акселерометров предусмотренная процедура опробования успешно выполняется.**

### 7.3. Определение предела допускаемого отклонения коэффициента преобразования на базовой частоте 100 Гц

Для определения значения коэффициента преобразования на базовой частоте акселерометров необходимо:

- подготовить станцию для калибровки преобразователей вибрации модель 9155 (далее – установка 9155) к проведению измерений коэффициента преобразования в соответствии с «Руководством по эксплуатации»;
- закрепить испытуемый акселерометр на вибрационном столе посредством шпильки (для трехосевых акселерометров допускается крепление при помощи клея);
- подключить акселерометр к входу согласующего усилителя 443В101;
- выход усилителя соединить с входом «Sensor under test» (далее – SUT) установки 9155;
- на ПЭВМ запустить программу для калибровки акселерометров «Accelerometer calibration software» (далее – программа). В меню открывшейся вкладки выбрать опцию «System setup»→ «Model number template» (Рисунок 1).

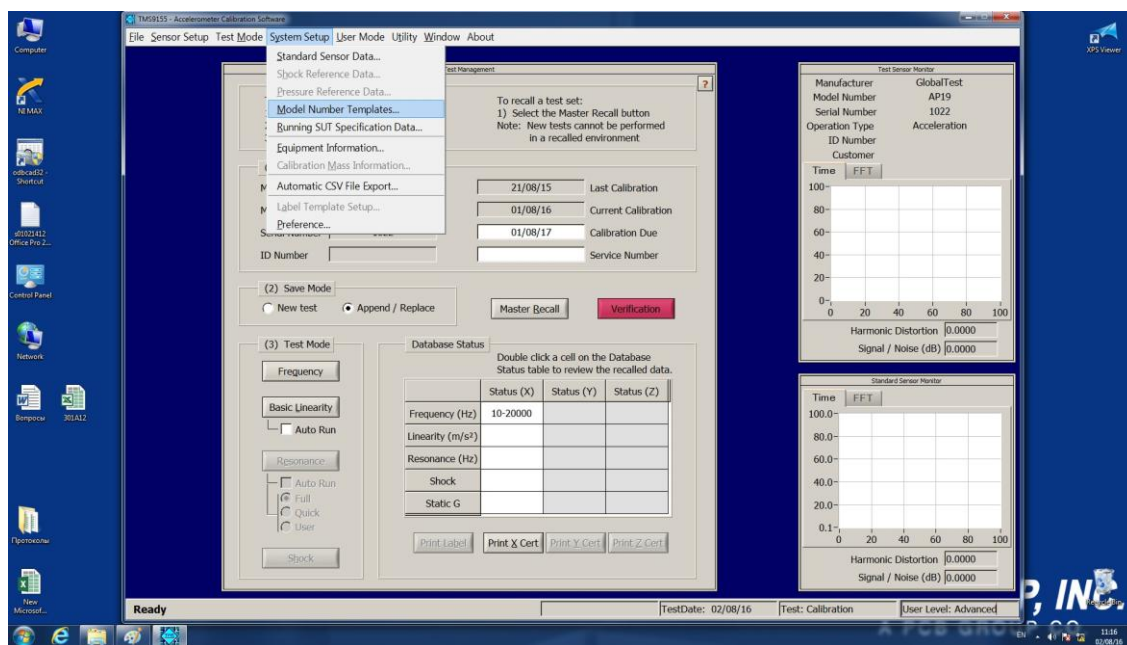


Рисунок 1. Запуск программы для калибровки акселерометров.

Для занесения в память программы метрологических характеристик испытуемого акселерометра, в открывшемся окне выбрать опцию «Add template» (Рисунок 2).

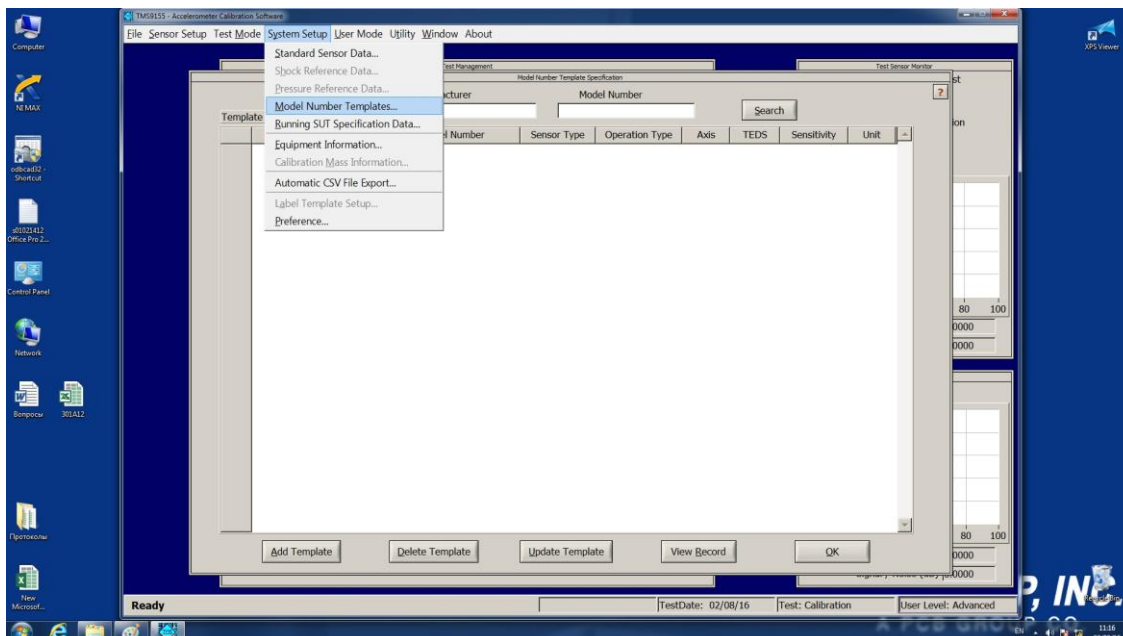


Рисунок 2. Занесение характеристик испытуемого акселерометра в программу.

В открывшемся окне прописать данные и метрологические характеристики испытуемого акселерометра (Рисунок 3):

- модель;
- производитель;
- паспортная чувствительность;
- значение базовой частоты;
- верхний предел диапазона измерений ускорения;
- габаритные размеры;
- масса;
- диапазон температур
- номинальный предел допускаемого отклонения коэффициента преобразования на базовой частоте.

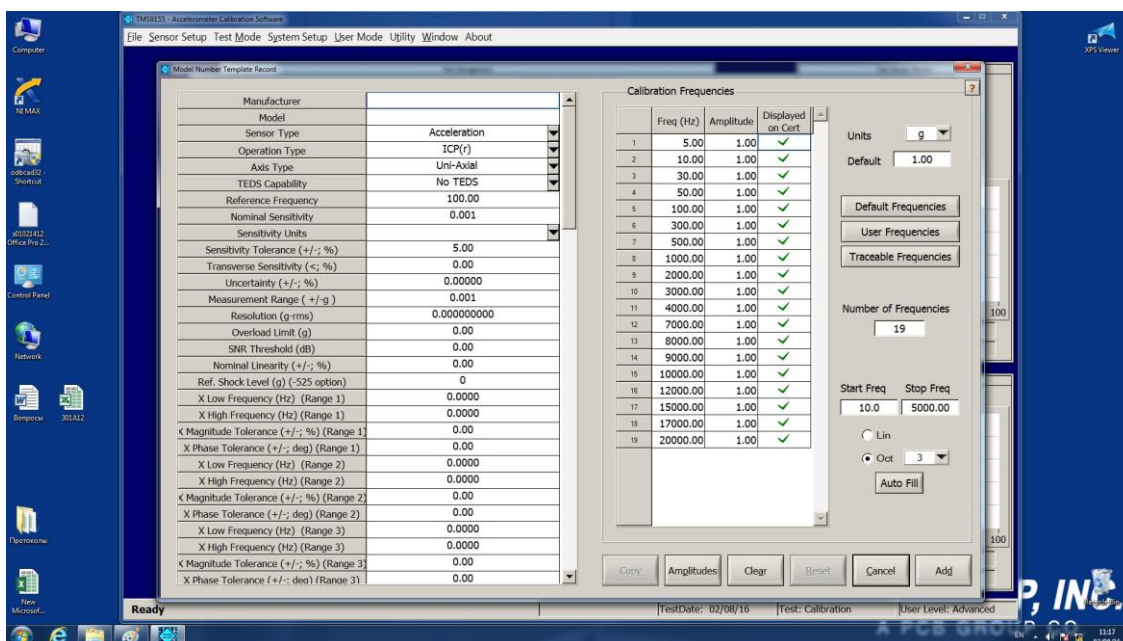


Рисунок 3. Занесение в программу метрологических характеристик акселерометра.

- нажать клавишу «Add», в основном меню «Model number template record», добавив тем самым информацию по испытуемому акселерометру в память программы.

- в основном окне выбрать опцию «Runing SUT Specification data»→ «Add SUT» (Рисунок 4);
- добавить заводской номер испытуемого акселерометра.

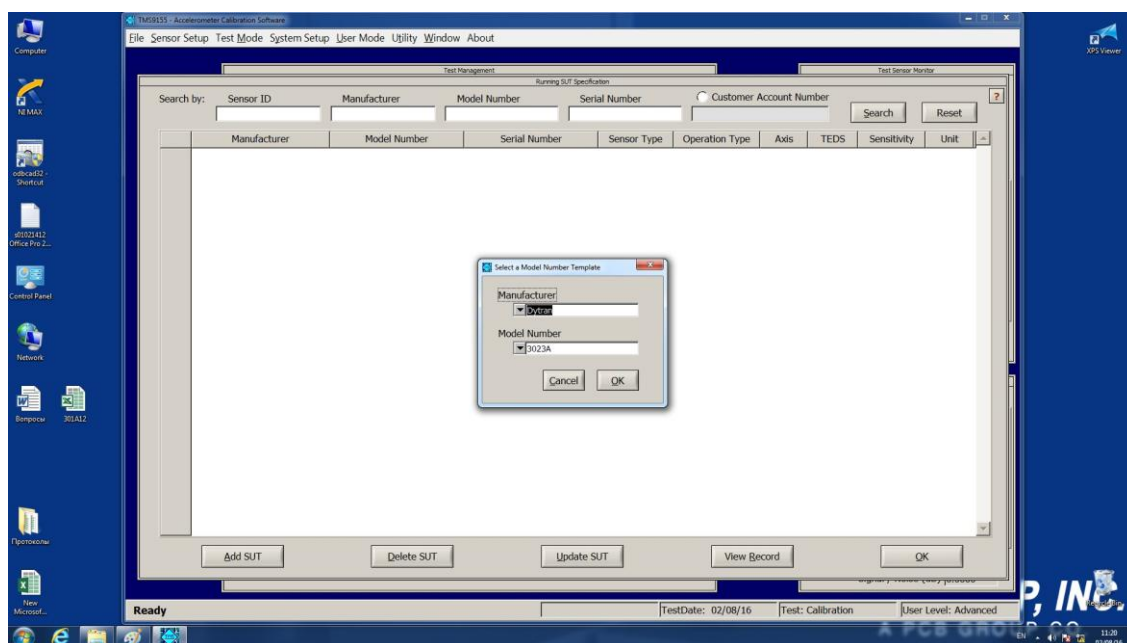


Рисунок 4. Параметры поиска сохраненного акселерометра.

- в меню «SUT Information» выбрать испытуемый акселерометр, используя информацию по производителю и заводскому номеру.
- подтвердить процедуру нажатием клавиши «Ок».
- войти в меню «Frequency» (Рисунок 5).
- произвести измерение коэффициента преобразования на базовой частоте.

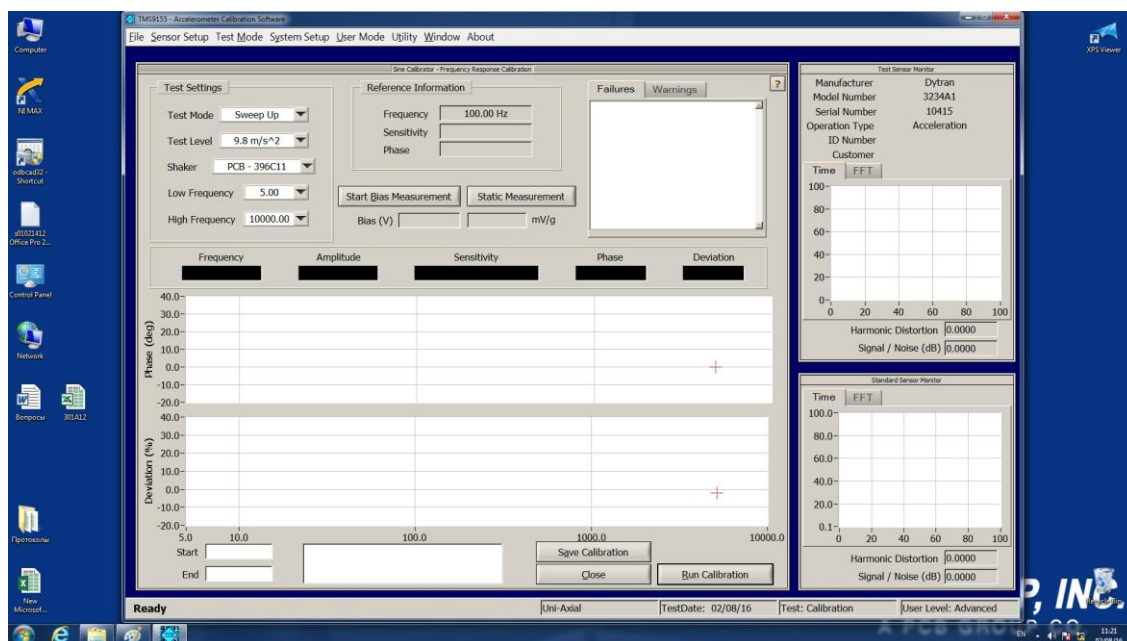


Рисунок 5. Интерфейс измерения ускорения и коэффициента преобразования испытуемого акселерометра.



Таблица 3

Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 100 Гц, $K_n$ , мВ(пКл)/мс <sup>-2</sup>	Измеренное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 100 Гц, $K_\delta$ , мВ(пКл)/мс <sup>-2</sup>	Предел допускаемого отклонения значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 100 Гц, %
1	2	3

Для определения коэффициента преобразования необходимо выполнить операции, прописанные выше. На установке 9155 воспроизвести ускорение амплитудой 10 м/с<sup>2</sup> на базовой частоте 100 Гц. Расчет коэффициента преобразования осуществляется установкой 9155 в автоматическом режиме (Рисунок 6).

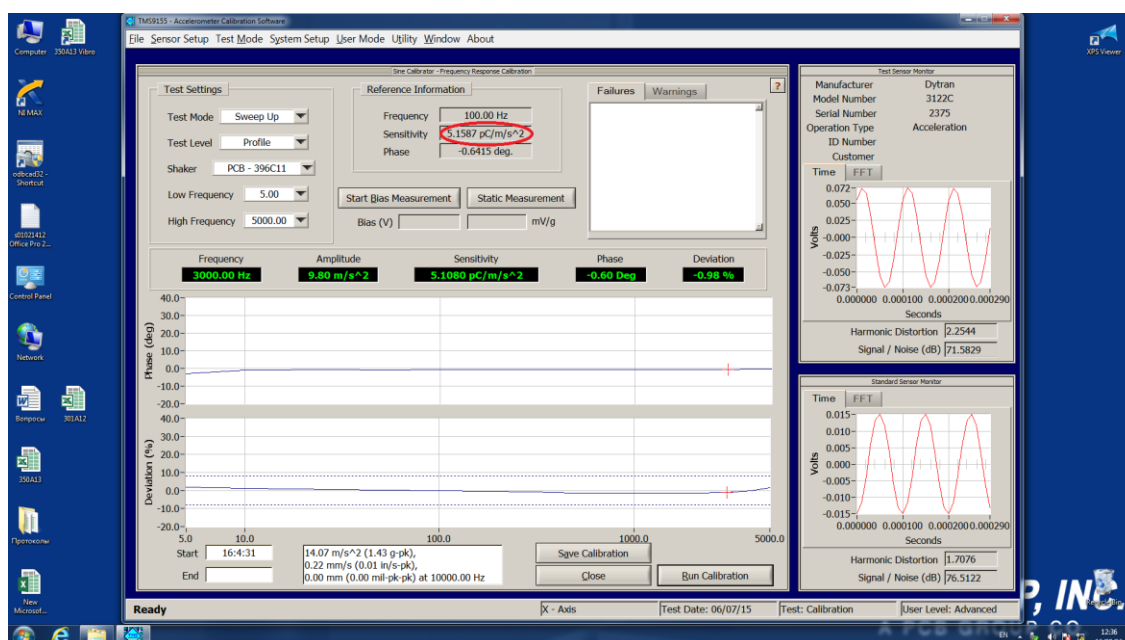


Рисунок 6. Интерфейс программы определения коэффициента преобразования испытуемого акселерометра.

Для трехосевых акселерометров провести описанную серию измерений для осей X, Y, Z. Полученные результаты измерения коэффициента преобразования ( $K_\delta$ ) занести в соответствующую графу таблицы 3.

Определение предела допускаемого отклонения коэффициента преобразования на базовой частоте вычисляют по формуле:

$$\delta = \frac{K_\delta - K_n}{K_n} \cdot 100 \quad (1)$$

где:  $K_n$  – паспортное значение коэффициента преобразования испытуемого акселерометра;  
 $K_\delta$  – измеренное значение коэффициента преобразования испытуемого акселерометра.

Для трехосевых акселерометров предел допускаемого отклонения вычисляется для осей X, Y, Z.

Полученные результаты занести в соответствующую графу таблицы 3.

Результаты испытаний по данному пункту считаются удовлетворительными, если предел допускаемого отклонения коэффициента преобразования акселерометра не превышает предельно допустимого значения, указанного в эксплуатационной документации на данную модификацию акселерометра.

#### 7.4. Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики

Для определения неравномерности амплитудно-частотной характеристики необходимо осуществить подключение в соответствии с алгоритмом, прописанным в п.7.3.

На ПЭВМ запустить программу для калибровки акселерометров «Accelerometr calibration software». В меню открывшейся вкладки выбрать опцию «System setup»→ «Model number template». В открывшемся окне выбрать опцию «Add template». В открывшемся окне «Calibration Frequencies» прописать не менее 10 точек рабочего диапазона частот испытуемого акселерометра (Рисунок 7). В строке «Magnitude Tolerance» прописать номинальный предел отклонения коэффициента преобразования в рабочем диапазоне частот.

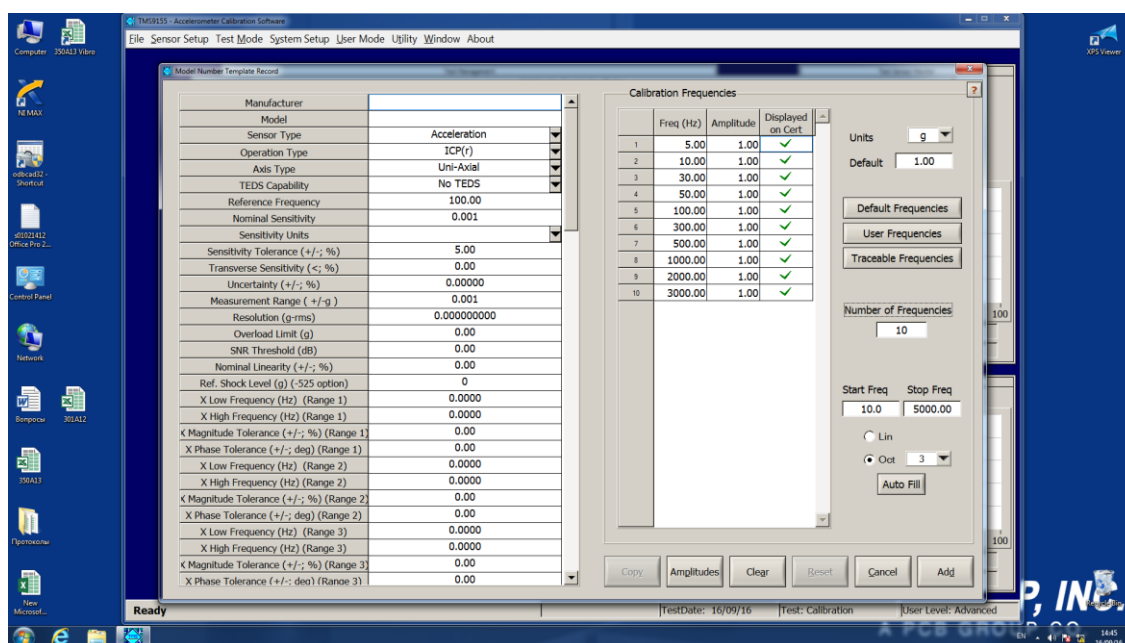


Рисунок 7. Занесение в программу диапазона частот и предела допускаемого отклонения в диапазоне частот

На установке 9155 воспроизвести ускорение, равное  $10 \text{ м/с}^2$ . Данное ускорение остается неизменным в каждой из десяти точек, исследуемого диапазона частот. Расчет коэффициента преобразования на каждой частоте осуществляется установкой 9155 в автоматическом режиме.

Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики вычисляют по формуле (1). Полученные результаты занести в таблицу 4.



Таблица 4

Заданная частота, Гц	Измеренное значение коэффициента преобразования на заданной частоте, мВ(пКл)/мс <sup>-2</sup>	Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 100 Гц, К <sub>п</sub> , мВ(пКл)/мс <sup>-2</sup>	Предел допускаемого отклонения значения коэффициента преобразования в рабочем диапазоне частот, %
1	2	3	4

Результаты испытаний по данному пункту считаются удовлетворительными, если неравномерность амплитудно-частотной характеристики акселерометра не превышает предельно допустимого значения, указанного в эксплуатационной документации на данную модификацию акселерометра.

### 7.5. Определение нелинейности амплитудной характеристики

Для определения нелинейности амплитудной характеристики акселерометров необходимо:

- подготовить установку для калибровки акселерометров ударом K9525C (далее – установка K9525C) к проведению измерений в соответствии с «Руководством по эксплуатации»;
- закрепить испытуемый акселерометр на измерительном столе посредством шпильки (для трехосевых акселерометра допускается крепление при помощи клея);
- подключить акселерометр к входу согласующего усилителя 482A21;
- выход усилителя соединить с входом «Sensor under test» (далее – SUT) установки K9525C.
- на ПЭВМ запустить программу для калибровки акселерометров «Accelerometer calibration software». В меню открывшейся вкладки выбрать опцию «System setup»→ «Model number template» (Рисунок 8).

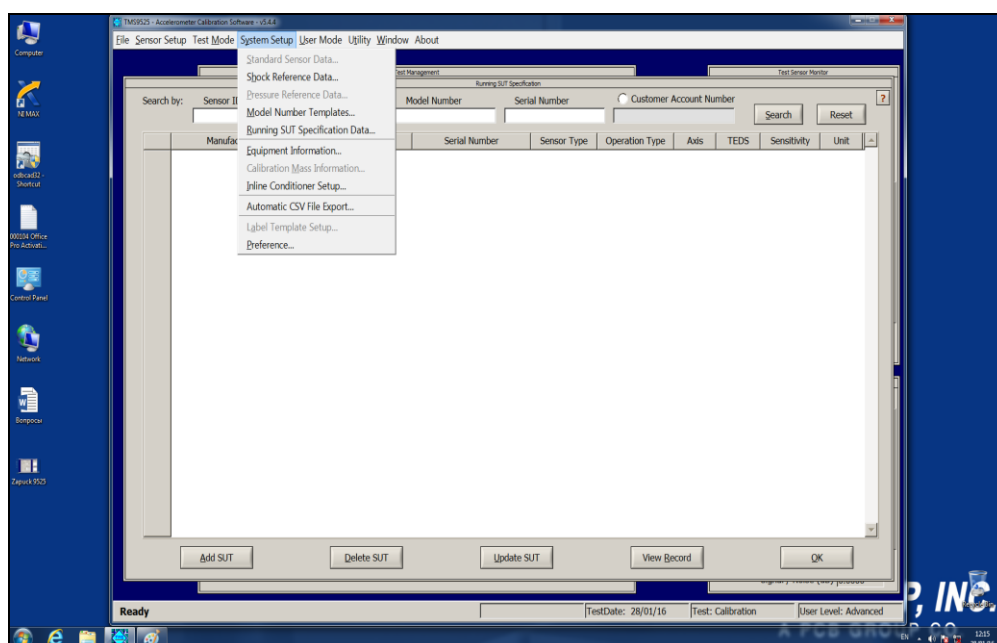


Рисунок 8. Запуск программы для калибровки акселерометров.

Для занесения в память программы информации по испытываемому акселерометру, в открывшемся окне выбрать опцию «Add template» (Рисунок 9).

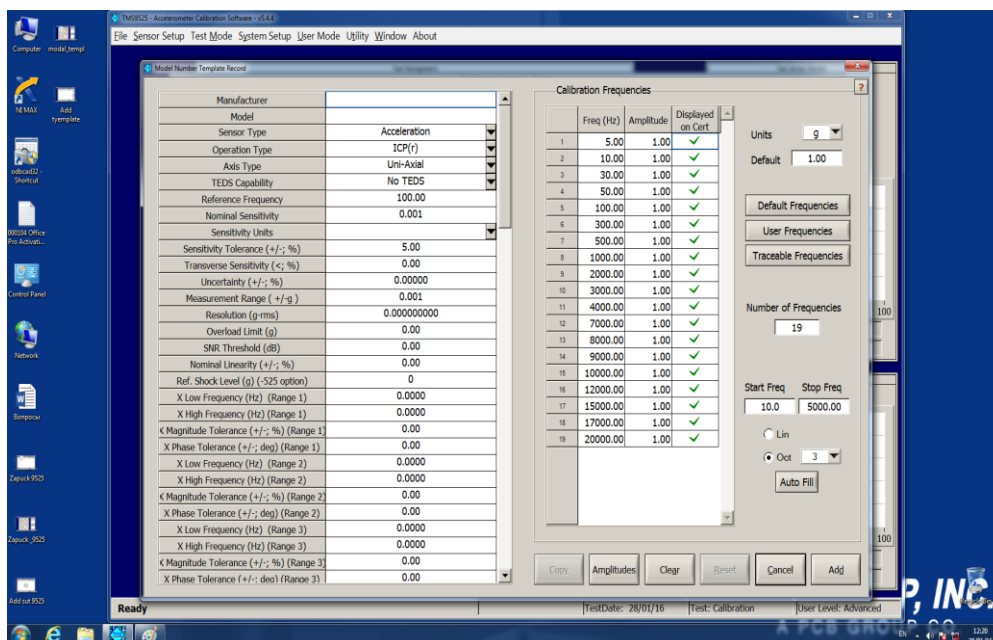


Рисунок 9. Занесение характеристик испытываемого акселерометра в программу.

В открывшемся окне прописать данные испытываемого акселерометра (модель, изготовитель, коэффициент преобразования).

- выбрать пункт меню «Amplitudes».
- прописать в открывшемся окне контрольные точки ускорений (25 %, 50 %, 75 % и 100 % от верхнего предела измерений), на которых будут проводиться измерения (Рисунок 10).
- подтвердить введенные значения, нажав клавишу «Ок».

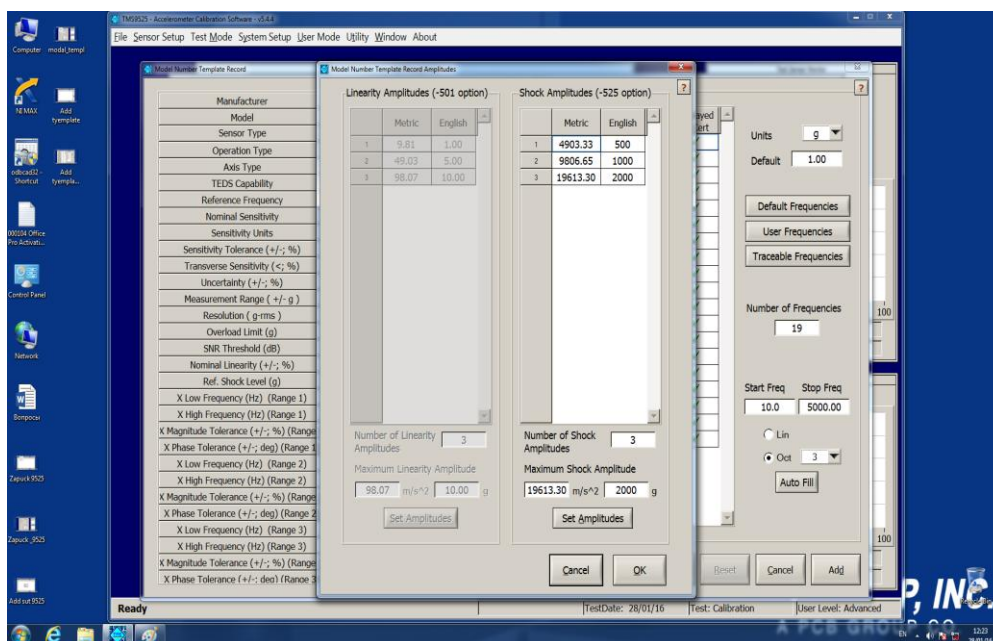


Рисунок 10. Занесение в программу контрольных точек ускорений, на которых будут проводиться измерения.

- нажать клавишу «Add», в основном меню «Model number template», добавив тем самым информацию по испытываемому акселерометру в память программы.
- в основном окне выбрать опцию «Runing SUT Specification data»→ «Add SUT» (Рисунок 11).

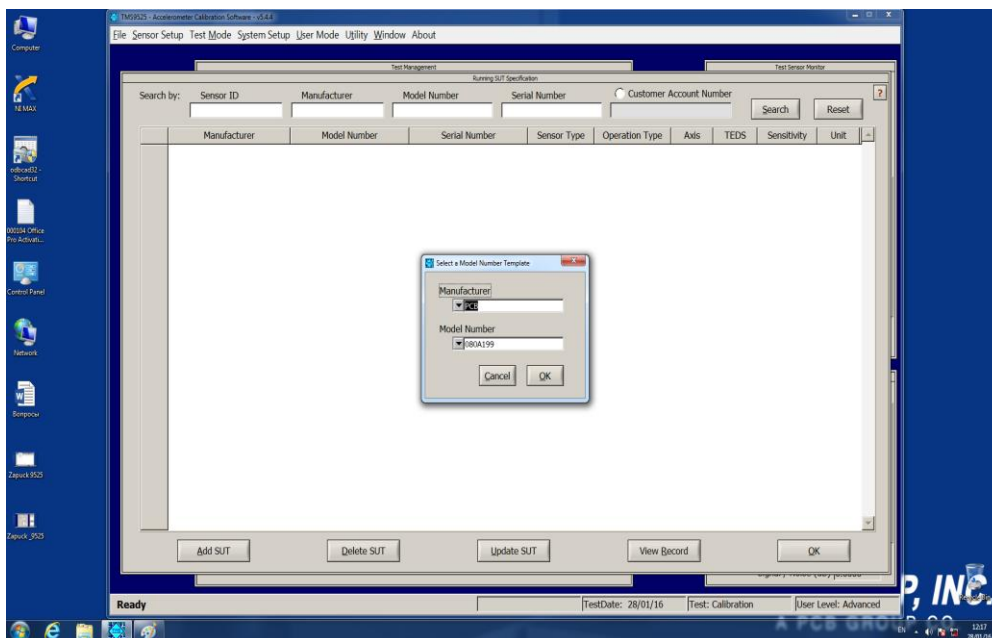


Рисунок 11. Параметры поиска сохраненного акселерометра.

- в меню «SUT Information» выбрать испытуемый акселерометр, используя информацию по производителю и заводскому номеру.
- подтвердить процедуру нажатием клавиши «Ок».
- войти в меню «Shock» (Рисунок 12).
- произвести измерение уровней ускорения в каждой контрольной точке согласно РЭ на ударную установку.

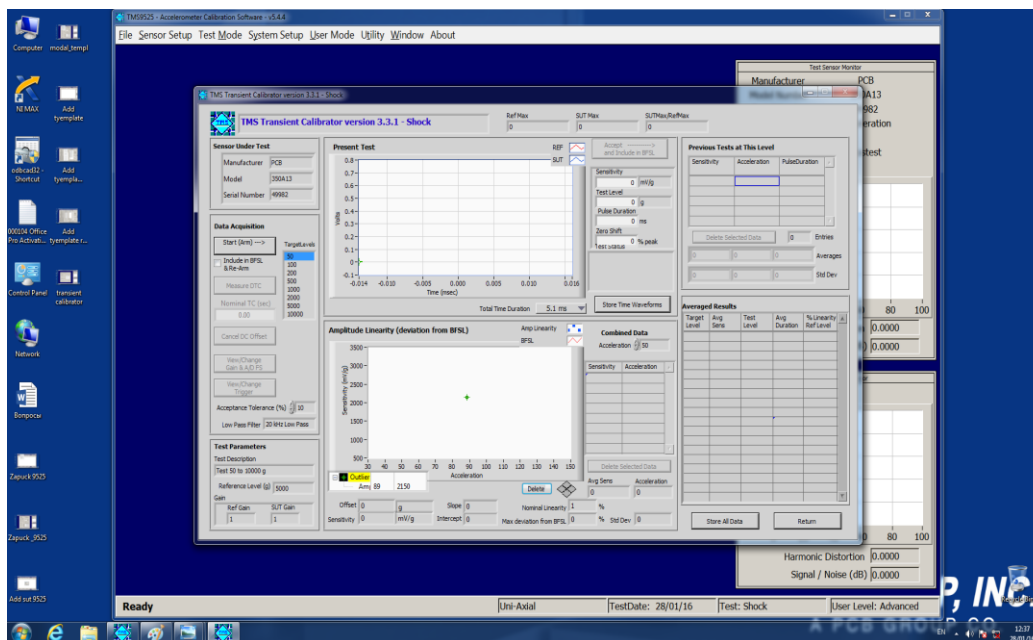


Рисунок 12. Меню измерения пикового ударного ускорения и коэффициента преобразования испытуемого акселерометра.

Для трехосевых акселерометров провести описанную серию измерений для осей X, Y, Z. За показатель нелинейности амплитудной характеристики принять максимальное по модулю значение, вычисленное по формуле 2:

$$|A_{\max}| = \frac{K_{\partial i} - K_{cp}}{K_{cp}} \cdot 100, (2)$$

где:  $K_{\partial}$  - измеренный коэффициент преобразования (из табл. 3);  
 $K_{cp}$  – среднее значение коэффициента преобразования по формуле 3.  
 Вычисление среднего значения коэффициента преобразования ( $K_{cp}$ ):

$$K_{cp} = \frac{\sum_i K_{\partial i}}{n} \quad (3)$$

где:  $K_{\partial i}$  – коэффициент преобразования в  $i$ -том измерении ускорения;  
 $n$  – число измерений.

Полученные результаты занести в таблицу 5.

Таблица 5

Заданное значение ускорения, м/с <sup>2</sup>	Нелинейность АХ	Среднее значение коэффициента преобразования	Максимальное значение нелинейности АХ, %
1	2	3	4
25%			
50%			
75%			
100%			

**Результаты испытаний по данному пункту считаются удовлетворительными, если нелинейность амплитудной характеристики не превышает значение нелинейности амплитудной характеристики, указанное в эксплуатационной документации на данную модификацию акселерометра.**

#### 7.6. Определение относительного коэффициента поперечного преобразования акселерометра

Для определения относительного коэффициента поперечного преобразования акселерометров необходимо:

- подготовить установку 9155 для воспроизведения ускорения в соответствии с «Руководством по эксплуатации»;
- подготовить специальное поворотное устройство, обеспечивающее поворот акселерометра вокруг его оси чувствительности на 360° с интервалом не более 30°;
- закрепить поворотное устройство на вибрационном столе установки 9155;
- закрепить испытуемый акселерометр на поворотном устройстве посредством шпильки (для трехосевых акселерометров допускается крепление при помощи клея);
- подключить акселерометр к входу согласующего усилителя 443В101;
- выход усилителя соединить с входом «Sensor under test» установки 9155;
- задать уровень ускорения равный 50 м/с<sup>2</sup> на базовой частоте 100 Гц;
- после каждого  $i$ -ого измерения изменять положение акселерометра на 30°, закрепляя его на поворотном устройстве.

Система в автоматическом режиме фиксирует значение коэффициента поперечного преобразования для каждого положения акселерометра, соответствующего повороту вокруг оси чувствительности на 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°, 300°, 330°.

Полученные результаты занести в таблицу 6.

Таблица 6

Коэффициент преобразования на базовой частоте 100Гц, К, мВ(пКл)/м·с <sup>-2</sup>	Заданный уровень ускорения, м/с <sup>2</sup>	Угол поворота, °	Коэффициент поперечного преобразования, К <sub>di</sub> , мВ(пКл)/м·с <sup>-2</sup>	Относительный коэффициент поперечного преобразования, %
1	2	3	4	5
		0		
		30		
		60		
		90		
		120		
		150		
		180		
		210		
		240		
		270		
		300		
		330		

Вычислить относительный коэффициент поперечного преобразования по формуле (4):

$$K_{II} = \frac{K_{cp}}{K} \cdot 100 \quad (4)$$

где:  $K_{II}$  – относительный коэффициент поперечного преобразования  
 $K$  – коэффициент преобразования акселерометра, определенный в п. 7.3;  
 $K_{cp}$  – среднее значение коэффициента преобразования акселерометра рассчитанное по формуле (3).

**Результаты испытаний по данному пункту считаются удовлетворительными, если относительный коэффициент поперечного преобразования акселерометра не превышает значение, указанное в эксплуатационной документации на данную модификацию акселерометра.**

## 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Результаты измерений, полученные в процессе поверки, заносят в протокол произвольной формы.

8.2 При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке в соответствии с приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015.

8.3 При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании, или выполнении операций поверки, выдается извещение о непригодности в соответствии с приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации № 1815 от 02.07.2015.