



ФБУ «ТЕСТ-С.-ПЕТЕРБУРГ»



СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
ФБУ «Тест-С.-Петербург»

Р. В. Павлов



2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Датчики ударных импульсов SPM 4XXXX и SPM TRAXX

Методика поверки

433-191-2022 МП

г. Санкт-Петербург

2022 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на датчики ударных импульсов SPM 4XXXX и SPM TRAXX (далее – датчики), изготовленные фирмой «SPM Instrument AB», Швеция и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Поверяемые датчики должны иметь прослеживаемость к государственному первичному специальному эталону ГЭТ 57-84 «Государственный первичный специальный эталон единицы ускорения при ударном движении» в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений ускорения, скорости и силы при ударном движении, утвержденной приказом Росстандарта от 12.11.2021 г. № 2537.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик датчиков применяется метод косвенных измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8		
Подготовка к поверке	8.1	Да	Да
Опробование	8.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений	9		
Определение частоты установочного резонанса датчиков	9.1	Да	Нет
Определение диапазона измерения датчиков ударных импульсов при электрическом возбуждении	9.2	Да	Нет
Определение относительного коэффициента затухания датчиков	9.3	Да	Нет
Определение пикового значения сигнала датчика ударных импульсов при возбуждении сигналом 96 дБ, диапазона и погрешности измерения ударных импульсов при механическом возбуждении	9.4	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да

Поверка датчиков прекращается в случае получения отрицательного результата при проведении хотя бы одной из операций, а датчики признают не прошедшими поверку.

Проведение поверки в сокращенном диапазоне измерений измеряемой величины не предусмотрено.

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С.....от 15 до 25;
- относительная влажность, %, не более.....80.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, аттестованные на право проведения поверки данного вида средств измерений, ознакомленные с устройством и принципом работы поверяемого средства измерений и средств поверки по эксплуатационной документации.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

Рекомендуемые средства поверки указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень средств поверки, рекомендуемых к применению при проведении поверки

Номер пункта методики поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки
8.2, 9.1-9.3	Генератор сигналов произвольной формы 33220А (рег. номер в ФИФ 62209-15)	$F_{\text{синус}} = (1 \cdot 10^{-6} - 20 \cdot 10^6) \text{ Гц}$ $U_{\text{pp}} \pm (0,01 - 10) \text{ В}$ $ПГ \pm (0,01 \cdot U_{\text{pp}} + 1) \text{ мВ}$
8.2, 9.1-9.3	Осциллограф цифровой TDS1012B (рег. номер в ФИФ 32618-06)	от 0 до 100 МГц от 5 нс/дел до 50 с/дел от 2 мВ/дел до 5 В/дел ПГ $\pm 3 \%$
8.2, 9.1-9.3	Усилитель измерительный NEXUS (рег. номер в ФИФ 43778-10)	$U_{\text{pp}} \pm 31,6 \text{ В}$ от -20 до 60 дБ от 0,1 до $1 \cdot 10^5 \text{ Гц}$ ПГ $\pm 0,1 \text{ дБ}$
9.4	Установка калибровочная CU-01 (рег. номер в ФИФ 36177-07)	Рабочий эталон 2-го разряда согласно государственной поверочной схеме для средств измерений ускорения, скорости и силы при ударном движении, утвержденной приказом Росстандарта № 2537 от 12.11.2021 г.; диапазон виброускорений от 0 до 77 м/с ² ; частота следования импульсов от 0,1 до 1080 Гц; СКО размаха ударных импульсов не более 5 %
9.4	Анализатор состояния механизмов Leonova Emerald (рег. номер в ФИФ 74923-19)	Диапазон ударных импульсов от -19 до 99 дБ; ПГ $\pm 1 \text{ дБ}$

Эталоны единиц величин должны быть зарегистрированы в Федеральной государственной информационной системе Росстандарта (ФГИС «АРШИН») или утверждены приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. Средства измерений должны быть утвержденного типа.

П р и м е ч а н и е – Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие метрологические характеристики с требуемой точностью.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки необходимо соблюдать указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средства поверки.

При проведении поверки датчики ударных импульсов, снимаемые для поверки с оборудования, должны пройти радиохимическую очистку. Для радиохимической очистки датчиков применять спирт этиловый из расчета 10 мл на один датчик.

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре систем должно быть установлено:

- наличие заводского номера;
- наличие и четкость маркировки, включая маркировку взрывозащиты;
- отсутствие в любой части датчика какие-либо видимых механических повреждений (вмятин, сколов, повреждений хвостовика, резьбовых частей и др.);
- посадочные поверхности датчиков должны быть очищены от загрязнений и не должны иметь видимых повреждений.

Результат поверки положительный, если выполняются все вышеперечисленные требования.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Поверяемые датчики должны быть перенесены в помещение, предназначенное для поверки, и выдержаны в течение 2 часов, если они находились в условиях отличных от регламентированных п. 3.

8.1.2 Подготовить средства поверки в соответствии с их эксплуатационной документацией.

8.1.3 Крепление поверяемых датчиков к эквивалентному грузу должны соответствовать требованиям «Инструкции по монтажу (демонтажу) датчиков ударных импульсов 4XXXX и TRAXX фирмы «SPM Instrument AB» TC RU C-SE.ГБ04.В.00018 ИМ.

8.1.4 Поверка всей группы датчиков, входящих в состав информационно-измерительной системы мониторинга состояния подшипников качения механических объектов, производится в произвольной последовательности с регистрацией индивидуальных номеров и результатов поверки каждого датчика в рабочем журнале представителя метрологической службы.

8.2 Опробование

8.2.1 Для опробования датчиков SPM 4XXXX и SPM TRAXX используют специальный эквивалентный груз, эскиз и требования к которому приведены в приложении А.

8.2.2 В резьбовое отверстие М8 эквивалентного груза устанавливают поверяемый датчик SPM 4XXXX или шпильку-болт для крепления датчиков SPM TRAXX и вворачивают его на посадочное место с моментом затяжки 15 Нм с помощью тензометрического гаечного ключа с размером захвата 17 мм.

П р и м е ч а н и е – Перед каждой установкой датчика посадочная поверхность эквивалентного груза должна оставаться чистой, без видимых повреждений.

8.2.3 Собирают схему внешних электрических соединений в соответствии с рисунком 1. Для подключения датчика SPM 4XXXX и SPM TRAXX к задающему генератору 1 и цифровому осциллографу 2 используют технологический кабель, состоящий из разъема TNC (для связи с датчиками SPM 4XXXX и SPM TRAXX), коаксиального кабеля RG-58, сплиттера на 2 канала (тройника) и разъемов для подсоединения к выходу генератора 1 и входу осциллографа 2.

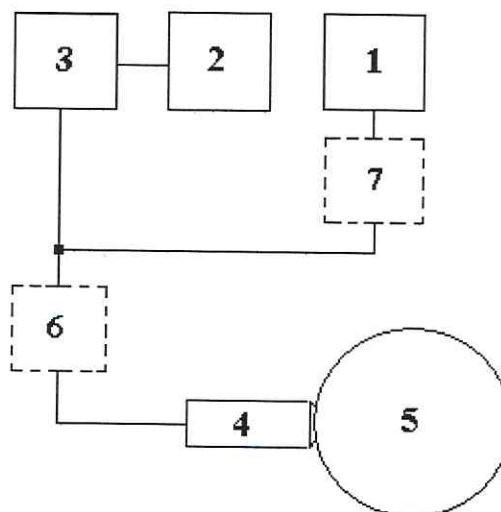


Рисунок 1 – Схема внешних электрических соединений для проверки датчиков SPM 4XXXX и SPM TRAXX

- 1 – генератор сигналов произвольной формы;
- 2 – осциллограф цифровой;
- 3 – усилитель измерительный;
- 4 – проверяемый датчик ударных импульсов SPM 4XXXX или SPM TRAXX, закрепленный на эквивалентном грузе;
- 5 – эквивалентный груз (Приложение А);
- 6 – внешнее согласующее устройство TMU-12 (применять для проверки датчиков SPM 4XXXX или SPM TRAXX модификаций 40000 и 44000);
- 7 – делитель 40 дБ.

8.2.4 После сборки электрической схемы эквивалентный груз устанавливают на стол (стеллаж), подложив под него прокладку из мягкого поролона упаковочного толщиной 20–40 мм.

П р и м е ч а н и е – Эквивалентный груз с датчиком SPM 4XXXX и SPM TRAXX во время проведения операций по определению заданных методикой параметров должен находиться на поролоновой прокладке в свободном (незакрепленном) состоянии; влияние на него дополнительных масс (касание руками, прокладка через него кабельных трасс и т.д.) должно быть исключено.

8.2.5 Подготавливают средства проверки к работе в соответствии с их эксплуатационной документацией.

8.2.6 Легким постукиванием кончиком отвертки по поверхности эквивалентного груза с обратной стороны от закрепленного на нём датчика убедиться в наличии сигнала от проверяемого датчика на экране осциллографа цифрового.

Результат проверки положительный, если сигнал от постукивания датчика отображается на экране осциллографа.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение частоты установочного резонанса датчика

9.1.1 Задают на выходе генератора 1 электрические колебания прямоугольной формы напряжением $U_{\text{АМП}} = (2 \pm 0,005) \text{ В}$ на частоте 100 Гц.

9.1.2 Настраивают цифровой осциллограф таким образом, чтобы на его экране регистрировались собственные затухающие колебания закрепленного датчика за один период колебаний генератора в соответствии с рисунком 2.

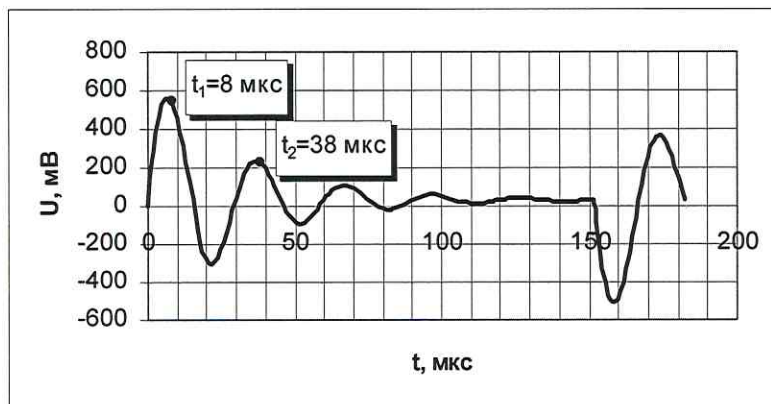


Рисунок 2 – Определение частоты установочного резонанса $f_{\text{рез}}$

9.1.3 Фиксируют моменты достижения кривой затухающих колебаний первого t_1 и второго t_2 максимумов и вычисляют частоту установочного резонанса датчика в кГц по формуле

$$f_{\text{рез}} = \frac{1000}{t_2 - t_1} \quad (9.1)$$

9.2 Определение диапазона измерения датчиков ударных импульсов при электрическом возбуждении

9.2.1 Для определения диапазона измерения при электрическом возбуждении датчиков SPM 4XXXX и SPM TRAXX используют средства поверки по п. 8.2 настоящей методики.

9.2.2 Подготовку установки для определения диапазона измерения и последовательность в проведении операции осуществляют в соответствии с пп. 8.2.1–8.2.5 настоящей методики.

9.2.3 Регистрируют на экране цифрового осциллографа собственные затухающие колебания закрепленного датчика за один период колебаний генератора в соответствии с рисунком 3.

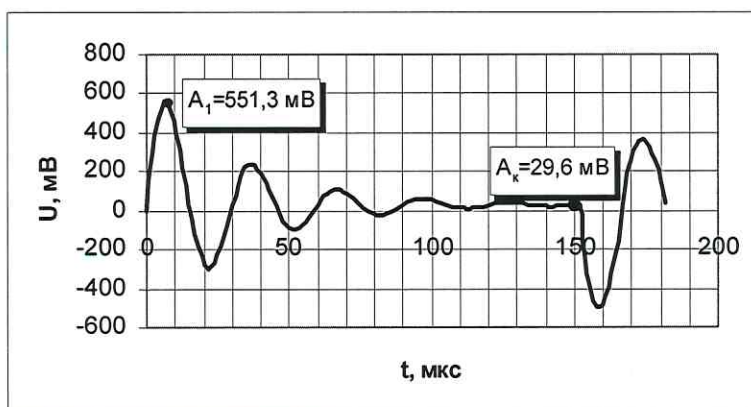


Рисунок 3 – Определение пикового значения сигнала ускорения датчиков ударных импульсов при электрическом возбуждении

9.2.4 Фиксируют значения первого A_1 максимума и конечное значение сигнала перед началом следующего импульса A_k на кривой затухающих колебаний и вычисляют пиковое значение сигнала датчика ударных импульсов при электрическом возбуждении в дБ по формуле

$$S_{отн}^i = 20 \lg(A_1 - A_k) + 20 \quad (9.2)$$

9.2.5 Повторяют измерения по пп. 9.2.1, 9.2.4 для различных амплитуд напряжения прямоугольной формы, установленного на генераторе в диапазоне амплитуд напряжений от 0,10 мВ (с учетом делителя 40 дБ, подключаемого на выход генератора) до 10 В.

Примечание – Значения пикового значения сигнала датчиков SPM 4XXXX и SPM TRAXX при электрическом возбуждении определяется амплитудой напряжения генератора, возбуждающего датчик, и может варьироваться для различных модификаций датчиков при одинаковых амплитудах напряжения генератора.

9.3 Определение относительного коэффициента затухания датчиков

9.3.1 Для определения относительного коэффициента затухания датчиков SPM 4XXXX и SPM TRAXX в закрепленном состоянии используют средства поверки по п. 8.2 настоящей методики.

9.3.2 Подготовку установки для определения коэффициента затухания датчика и последовательность в проведении операции осуществляют в соответствии с пп. 8.2.1–8.2.5 настоящей методики.

9.3.3 Регистрируют на экране цифрового осциллографа собственные затухающие колебания закрепленного датчика за один период колебаний генератора в соответствии с рисунком 4.

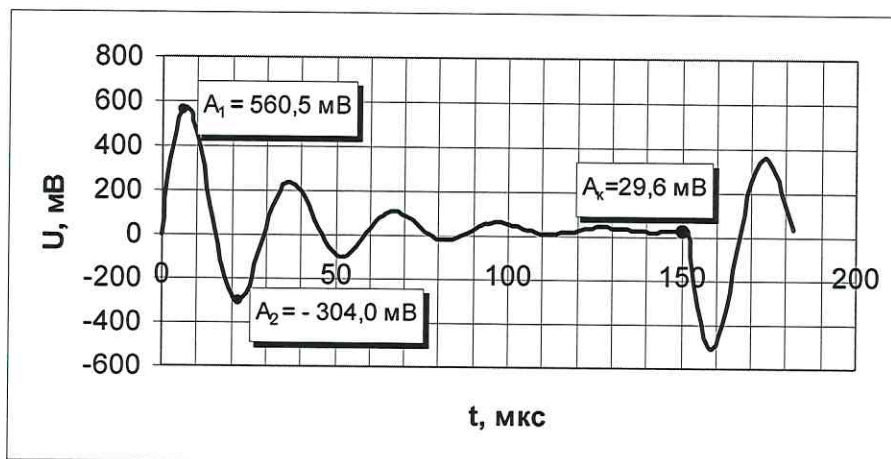


Рисунок 4 – Определение относительного коэффициента затухания ε

9.3.4 Фиксируют значения первого A_1 максимума и первого минимума A_2 и конечное значение сигнала перед началом следующего импульса A_k на кривой затухающих колебаний и вычисляют значение относительного коэффициента затухания датчика в закрепленном состоянии по формуле

$$\varepsilon = \frac{-\ln \frac{|A_2 - A_k|}{A_1 - A_k}}{\pi} \quad (9.3)$$

Примечание – Операции по пп. 9.1–9.3 для конкретного датчика рекомендуется выполнять одновременно.

9.4 Определение пикового значения сигнала датчика ударных импульсов при возбуждении сигналом 96 дБ, диапазона и погрешности измерения ударных импульсов при механическом возбуждении

9.4.1 Для определения диапазона и погрешности измерения ударных импульсов собрать измерительную схему согласно рисунку 5. В резьбовое отверстие устройства 16016 установки калибровочной CU-01 устанавливают поверяемый датчик SPM 4XXXX или шпильку-болт для крепления датчиков SPM TRAXX и вворачивают его на посадочное место с моментом затяжки 15 Нм с помощью тензометрического гаечного ключа с размером захвата 17 мм.

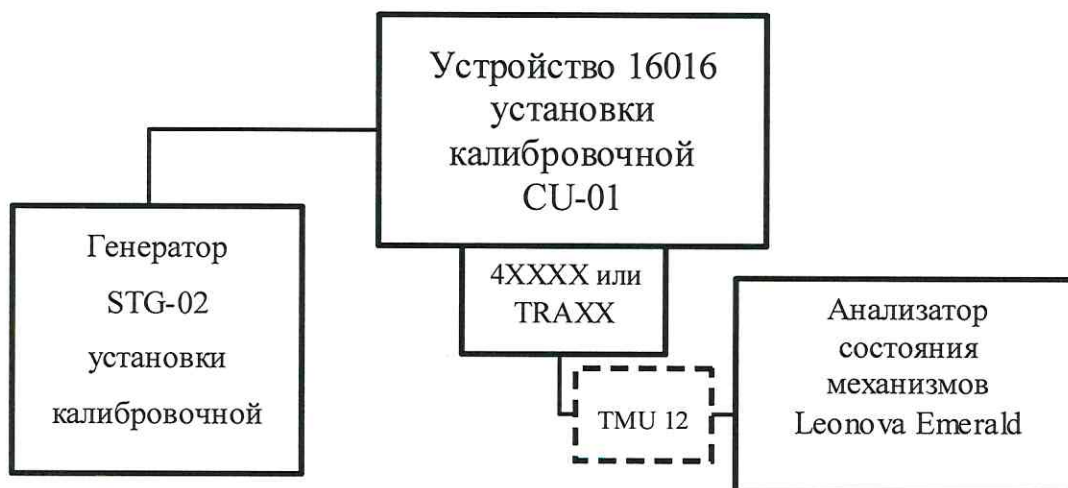


Рисунок 5 – Измерительная схема для проверки диапазона и погрешности измерения ударных импульсов при механическом возбуждении

9.4.2 Для определения погрешности измерения ударных импульсов соединить выход генератора STG-02 с устройством 16016 установки калибровочной CU-01. Соединить выход датчика ударных импульсов 4XXXX или TRAXX со входом вспомогательного анализатора состояния механизмов Leonova Emerald.

Примечание – При проверке датчиков семейства 4XXXX и TRAXX взрывозащищенного исполнения с анализатором состояния механизмов Leonova Emerald не взрывозащищенного исполнения применять внешнее согласующее устройство TMU-12, либо соответствующий барьер искрозащиты.

9.4.3 Установить на выходе генератора STG-02 режим измерения **Shock Pulse**, далее – **Single Pulse** выходное напряжение синусоидального сигнала полуразмахом 6,3 В и частотой повторения импульсов 1000 Гц, соответствующее уровню сигнала 96 дБ, относительно 100 мкВ (при этом уровень полуразмаха виброускорения на выходе устройства 16016 установки калибровочной CU-01 составляет номинально 56 дБ относительно 100 мм/с²).

9.4.4 Произвести отсчет показаний анализатора состояния механизмов Leonova Emerald. Считать, что пиковое значение сигнала датчика ударных импульсов находится в допустимых пределах, если показания находятся в пределах (55 ± 3) дБ LR и (55 ± 3) дБ HR.

9.4.5 Установить на выходе генератора STG-02 режим измерения **Shock Pulse**, далее – **STG Pulse**, частоту модулирующего генератора равную 1000 Гц.

9.4.6 Провести измерения при помощи анализатора состояния механизмов Leonova Emerald, задавая пиковое значение сигнала на выходе генератора STG-02, используя контрольные значения в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3

$(LR/HR)_{ген}, дБ$	$(LR/HR)_{зад}, дБ$	$(LR/HR)_{изм}, дБ$	$\Delta dB_{изм}, дБ$	$\Delta dB_{доп}, дБ$
96	55/55			± 3
75/65	34/24			± 3
45/35	6/-6			± 3
20/10	-20/-30			± 3

9.4.7 Повторить измерения по пп. 9.4.6 три раза.

9.4.8 По трем наблюдениям определить средние значения для $(LR/HR)_{изм}$.

9.4.9 Вычислить отклонения измеренных значений ударных импульсов от заданных для значений LR/HR и занести результаты в таблицу 3.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Датчик считают пригодным, если:

значение $f_{рез}$ находится в пределах от 28 до 36 кГц;

значения $S_{отн}^d$ находится в пределах от 0 до 99 дБ;

значение ε находится в пределах от 0,15 до 0,30;

полученные отклонения измеренных значений ударных импульсов от заданных для значений LR/HR находятся в пределах допусков, установленных в таблице 3.

11 Оформление результатов поверки

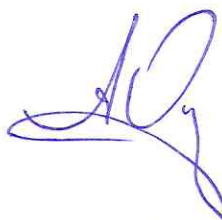
11.1 Результаты поверки датчиков SPM 4XXXX и SPM TRAXX оформляют в виде протокола, типовая форма которого приведена в приложении Б, на основании экспериментальных данных, полученных в процессе первичной (периодической) поверки и зафиксированных в рабочем журнале.

11.2 Датчики прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению.

11.3 При отрицательных результатах поверки датчик признается не годным.

11.4 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца датчика или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений (при положительном результате поверки) или извещение о непригодности средства измерений (при отрицательном результате поверки).

Начальник отдела № 433



А. И. Онищук

Начальник сектора виброакустических
измерений отдела № 433

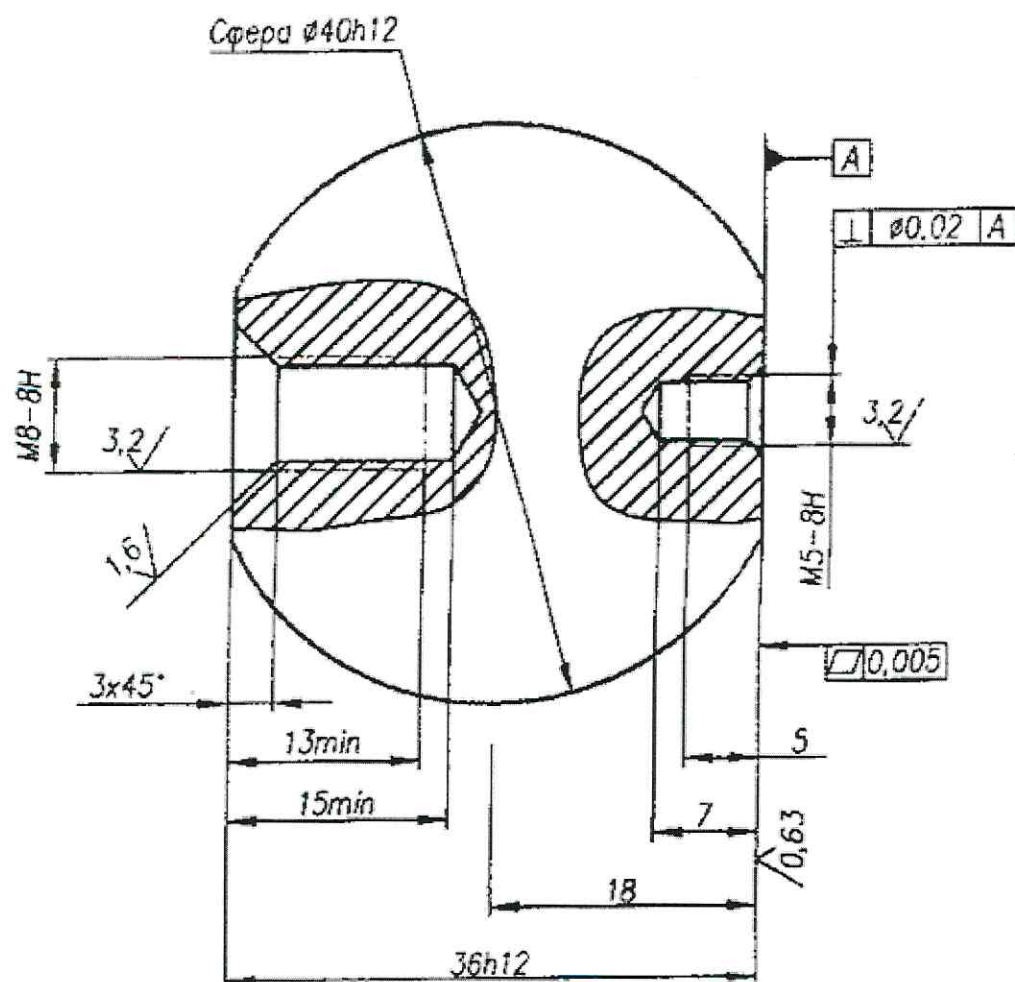


А. Ю. Смирнов

Приложение А
(обязательное)

Эскиз эквивалентного груза

0,8/ (✓)



1. Материал : сталь 45ХНМФ ГОСТ 4543-71.
2. 55...60 HRC₂.
3. Отверстие МВ выполняется в соответствии с инструкцией по монтажу на датчики SPM4XXXX.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Протокол первичной (периодической) поверки датчиков SPM 4XXXX и SPM TRAXX
№ от 20.. г.

1 Поверка датчиков проведена рабочей группой в составе:

.....
.....

2 Назначение датчиков – датчики ударных импульсов подлежат применению в составе ИИСМ состояния подшипников механических объектов (роторных агрегатов)

_____ (наименование технологической установки)
_____ в качестве первичных измерительных преобразователей.
(наименование организации)

3 Наименование и номер документа, по которому проводилась поверка «Датчики ударных импульсов SPM 4XXXX и SPM TRAXX. Методика поверки» 433-191-2022

4 Условия поверки

5 Результаты внешнего осмотра датчиков

5.1 Наличие индивидуальных номеров датчиков _____

5.2 Наличие маркировки взрывозащиты _____

5.3 Состояние контактирующих поверхностей _____

6 Результаты поверки

№ датчика SPM 4XXXX и SPM TRAXX	Значение $f_{рез}$ при первичной поверке, кГц	Диапазон пиковых значений сигнала $S_{отн}$ при электрическом возбуждении, дБ	Значение ε при первичной поверке

где $f_{рез}$ – значение частоты установочного резонанса датчика, кГц;

$S_{отн}$ – пиковое значение сигнала датчика ударных импульсов при электрическом возбуждении, дБ;

ε – значение относительного коэффициента затухания датчиков.

Форма № 433-04-02-
МИ ГЦИ СИ

ПРОТОКОЛ № _____

от _____

первичной поверки аппаратуры для мониторинга _____

зав. № _____

изготовитель "SPM Instrument AB", Швеция

наименование _____

принадлежащей _____

Условия поверки _____

Параметр	Фактические значения
Температура окружающего воздуха	21 °С
Относительная влажность воздуха	30%

Средства поверки

Наименование, тип, заводской номер	Метрологические характеристики
Установка калибровочная CU-01, зав. № _____	(0 - 77) м/с ² , (0.1 - 1080) Гц, ПГ +/- 5 %
Свид. о поверке № _____ от г. _____	0 dB _{sv} соотв. 1·10 ⁻² м/с ² или 100 мкВ

Операции поверки

- Внешний осмотр: _____ соответствует _____
- Обозначения мест установки датчики ударных импульсов: ВХ - воздушный холодильник
Н - насосная
- Состав измерительных каналов: измерительный блок типа № _____
установленный в шкафу № _____
датчики ударных импульсов типа SPM 42011-R

Результаты поверки

Таблица 1

Уровень, заданный на STG-02, dBsv	Ожидаемое значение LR/HR, dBsv	Значение, измеренное датчиками ударных импульсов, dBsv							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		установленного:							
		обозначения и серийные №№ датчиков ударных импульсов:							
96	56/56	55/55	55/55	55/55	55/55				
70/60	30/20	29/19	29/19	29/19	29/19				
45/35	5/-5	4/-7	4/-7	4/-7	4/-7				
0	-20/-20	-19/-19	-19/-19	-19/-19	-19/-19				
Допустимое отклонение LR/HR, dBsv		+/- 3	+/- 3	+/- 3	+/- 3	+/- 3	+/- 3	+/- 3	+/- 3

Таблица 1 Продолжение

Уровень, заданный на STG-02, dBsv	Ожидаемое значение LR/HR, dBsv	Значение, измеренное датчиками ударных импульсов, dBsv							
		9	10	11	12	13	14	15	16
		установленного:							
		обозначения и серийные №№ датчиков ударных импульсов:							
96	56/56								
70/60	30/20								
45/35	5/-5								
0	-20/-20								

7 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов поверки признать параметры исследованных датчиков стабильными и пригодными к использованию в составе «Системы мониторинга состояния подшипников механических объектов (роторных агрегатов) «Установки».

(наименование организации, эксплуатирующей данную установку)

На основании результатов поверки выдано свидетельство о поверке

№ _____ от _____

или извещение о непригодности № _____ от _____

Причина оформления извещения о непригодности _____

Подписи лиц, проводивших поверку: _____