

правильно»

1657

УТВЕРЖДАЮ

**Начальник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГИИИ МО РФ**



А.В. Кузин

« 30 » 2008 г.

Инструкция

Система измерений динамических процессов СИДП

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

2008 г.

Содержание

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| 1. ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ | 3 |
| 2. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ | 5 |
| 3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ | 5 |
| 4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ | 5 |
| 5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ | 5 |
| 5.1. Внешний осмотр | 5 |
| 5.2. Опробование | 5 |
| 5.3. Определение метрологических характеристик | 5 |
| 5.3.1. Определение погрешности комплексных компонентов | 5 |
| 5.3.2. Определение погрешности ИК параметров вибрации | 6 |
| 5.3.3. Определение погрешности ИК параметров удара | 8 |
| 5.3.4. Определение погрешности ИК избыточного и абсолютного давлений | 10 |
| 5.3.5. Определение погрешности ИК параметров пульсации давления | 10 |
| 5.3.6. Определение погрешности ИК линейного ускорения | 11 |
| 5.3.7. Определение погрешности ИК перемещения | 12 |
| 5.3.8. Определение погрешности ИК параметров деформации | 13 |
| 6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ | 14 |

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика поверки распространяется на систему измерения динамических процессов СИДП (далее по тексту – систему) и устанавливает методику ее первичной, периодической и внеочередной поверок.

Методика поверки разработана в соответствии с РМГ 51-02.

Организация и порядок проведения поверки установлены в соответствии с ПР 50.2.006-94; ПР 50.2.012-94; ПР 50.2.014-96.

Методы экспериментального определения погрешности системы регламентированы МИ 2440-97, МИ 2168-91.

Способы поверки измерительных каналов (ИК) - в соответствии с ГОСТ 8.596-2002:

Конфигурация ИК системы (входящие в ИК типы и номера измерительных преобразователей, усилителей зарядов и соединительных проводов) не должна изменяться в течении межповерочного интервала. В случае изменения конфигурации одного или нескольких каналов в течении межповерочного интервала они подлежат внеочередной поверке.

Рекомендуемый межповерочный интервал - один год.

1 ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки проводят операции, указанные в таблице 1, и должны использоваться средства измерений (СИ), указанные в таблице 2, 3.

1.2 Для проведения поверки СИДП должны применяться СИ утвержденных типов, имеющие действующие свидетельства о поверке.

Таблица 1

| Номер пункта методики | Наименование операции | Проведение операции при | | |
|-----------------------|---|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| | | Первичной поверке | Периодической поверке | Внеочередной поверке |
| 5.1 | Внешний осмотр | Да | Да | Да |
| 5.2 | Опробование | Да | Да | Да |
| 5.3 | <u>Определение метрологических характеристик</u> | | | |
| 5.3.1 | Определение погрешности регистраторов (ИВК) ИК | Да | Да | Да |
| 5.3.2. | Определение погрешности ИК параметров вибрации | Да | Да | Да |
| 5.3.3 | Определение погрешности ИК параметров удара | Да | Да | Да |
| 5.3.4 | Определение погрешности ИК избыточного и абсолютного давления | Да | Да | Да |
| 5.3.5 | Определение погрешности ИК пульсации давления | Да | Да | Да |
| 5.3.6 | Определение погрешности ИК линейного ускорения | Да | Да | Да |
| 5.3.7 | Определение погрешности ИК перемещения | Да | Да | Да |
| 5.3.8 | Определение погрешности ИК параметров деформации | Да | Да | Да |

1.3 При несоответствии характеристик поверяемой системы установленным требованиям по любому из пунктов таблицы 1 она к дальнейшей поверке не допускается и последующие операции не проводят, за исключением оформления результатов по 6.2.

Таблица 2

| Номер пункта документа по поверке | Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные характеристики средства поверки |
|-----------------------------------|---|
| <i>Основные средства поверки</i> | |
| 5.3.1, | Калибратор универсальный Н4-6: диапазон воспроизведения напряжения переменного тока от 0,1 мкВ до 100 В в диапазоне частот от 0,1 Гц до 100 кГц, погрешность $\pm (0,02-0,05) \%$ |
| 5.3.2, 5.3.3, 5.3.6 | Установка поверочная вибрационная 2-го разряда по МИ 2070: диапазон частот от 5 до 2000 Гц; от 0 до 300 м/с ² ; погрешность воспроизведения ускорения $1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-1}$ |
| 5.3.2, 5.3.3, 5.3.6 | Преобразователь виброизмерительный 4371 с усилителем измерительным 2626: нелинейность АХ 5 % (на частоте 72 Гц) в диапазоне от 0,1 до 300 м/с ² , 7 % в диапазоне от 300 до 10000 м/с ² |
| 5.3.2, 5.3.3, 5.3.6 | Измеритель нелинейных искажений С6-12 (диапазон амплитуды синусоидального напряжения от 100 мкВ до 100 В, погрешность 0,5 %, погрешность Кг 0,5%) |
| 5.3.4 | Грузопоршневой манометр МП-60: кл.т. 0,05, предел измерений 60 кгс/см ² |
| 5.3.4 | Грузопоршневой манометр МП-6: кл.т. 0,05, предел измерений 6 кгс/см ² |
| 5.3.5 | Частотомер электронно-счетный ЧЗ-57: диапазон от 0,1 Гц до 100 МГц, погрешность не более $\pm 1,5 \cdot 10^{-7}$ |
| 5.3.7 | Штангенциркуль ШЦ1: диапазон измерений от 0 до 150 мм, погрешность не более $\pm 0,1 \%$ |
| 5.3.8 | Индикатор часового типа ИЧ-10: цена деления 0,01 мм |

Примечание: Допускается применять другие средства поверки с равнозначными или лучшими техническими характеристиками.

2. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К поверке системы допускаются лица, аттестованные на право поверки средств измерений, указанных выше видов, и прошедших обучение работе с системой.

Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь удостоверение на право работы на электроустановках с напряжением до 1000 В с группой допуска не ниже III.

3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.2.007.3-75, ГОСТ 12.3.019-80, "Правил эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей". Должны также быть обеспечены требования безопасности, указанные в эксплуатационных документах на средства поверки.

4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| • температура окружающей среды, °С | от 18 до 25; |
| • атмосферное давление, кПа | от 97 до 105; |
| • относительная влажность воздуха, % | от 40 до 80; |
| • электропитание - однофазная сеть, В | от 198 до 242; |
| • частота, Гц | от 49,5 до 50,5; |
| • коэффициент несинусоидальности | не более 10 %. |

4.2. Средства поверки подготавливают к работе согласно указаниям, приведенным в соответствующих эксплуатационных документах.

5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливается комплектность системы. На корпусе усилителей не допускается наличие механических повреждений. Заводской номер, указанный на приборе, должен совпадать с номером, указанным в эксплуатационной документации.

5.2. Опробование

Опробование функционирования системы проводить в соответствии с разделом 2 руководства по эксплуатации. На вход каждого поверяемого ИК подать воздействие от эталонного СИ от нижнего предельного значения до верхнего, при этом на выходе ИК (на экране) индицируются значения физической величины, задаваемого эталонным СИ.

Разность между индицируемыми значениями физической величины по поверяемому ИК и задаваемыми эталонными СИ не должна превышать значения допускаемой погрешности.

5.3. Определение метрологических характеристик (МХ)

5.3.1. Определение погрешности комплексных компонентов

Погрешности комплексных компонентов (регистраторов МІС-300М(16), МІС-300М(24), МІС-200, ПОС №1 и ПОС №2) определить:

в рабочем диапазоне частот от 0 до 28 кГц;

в рабочем диапазоне амплитуд от 0 до 8,5 В (для МІС);

в рабочем диапазоне амплитуд от 0 до 10 В (для ПОС).

Собрать схему поверки рис.1.



Рис.1. Схема определения МХ комплексного компонента.

Для определения неравномерности АЧХ на вход регистратора подать от калибратора универсального Н4-6 (далее – калибратор) напряжение переменного тока, равное напряжению 4 В, в диапазоне частот от 0 до 28 кГц в точках (0,1; 5; 12,5; 40; 160; 630; 1000; 2500; 10000; 20000; 28000 Гц).

Неравномерность АЧХ регистратора определить по формуле (1) и занести в протокол (Приложение 1):

$$\delta_{\text{нр}} = \frac{v - v_0}{v_0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где v - отклонение показаний регистратора от показаний на базовой частоте (1000 Гц);

v_0 - показание регистратора на базовой частоте.

Для определения приведенной погрешности на базовой частоте (1000 Гц) задать с калибратора напряжение переменного тока в диапазоне от 0 до 8,5 В (для МІС), в точках (0,1; 2; 4; 6; 8,5 В) и в диапазоне от 0 до 10 В (для ПОС), в точках (0,1; 2; 4; 6; 8,5; 10 В)

Погрешность определить по формуле (2) и занести в протокол (Приложение 1):

$$\delta_{\text{акк}} = \frac{\Delta v_{\text{max}}}{v_0} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где Δv_{max} - максимальное отклонение показаний регистратора от значений калибратора;

v_0 - значение напряжения, воспроизводимого калибратором соответствующее v_{max} .

Результат считать положительным, если для всех ИК комплексного компонента выполняется условие $\delta_{\text{акк}} \leq 0,4$; $\delta_{\text{нр}} \leq 1$. В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

5.3.2. Определение погрешности ИК параметров вибрации.

5.3.2.1. Установить вибропреобразователь (ИП) каждого ИК параметров вибрации по очереди на поверочную вибрационную установку 2-го разряда по МИ 2070 (см. рис. 2).

5.3.2.2. Определить градуировочные коэффициенты каждого ИК параметров вибрации.

Для градуировки ИК необходимо определить градуировочный коэффициент A_i для каждого ИК (на базовой частоте 160 Гц при амплитуде задания виброускорения 10 м/с^2), который затем ввести в программу. Определение коэффициента A_i проводится в соответствии с указаниями РЭ (СИДП).

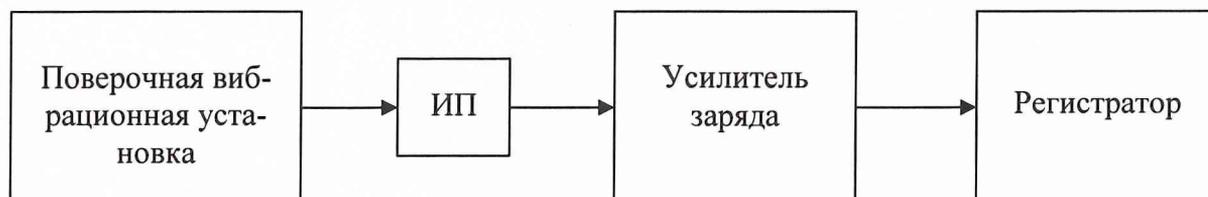


Рис.2. Схема определения МХ ИП вибрации.

5.3.2.3. Определение основной погрешности ИК параметров вибрации:

в рабочем (I) диапазоне амплитуд ($1 - 300 \text{ м/с}^2$);

в рабочем (II) диапазоне амплитуд ($300 - 1000 \text{ м/с}^2$);

в рабочем диапазоне частот ($5 - 2000 \text{ Гц}$).

Погрешность ИК системы в диапазоне амплитуд ($1 - 300 \text{ м/с}^2$) - $\delta(I)_{a-ик}$, определять на фиксированной частоте (базовой, равной 160 Гц) в точках (1; 50; 100; 150; 200; 250; 300 м/с^2). На поверочной виброустановке воспроизвести значения амплитуд виброускорения при базовой частоте.

По результатам измерения определить основную погрешность ИК системы $\delta(I)_{a-ик}$ в процентах по формуле (4) и занести в Протокол (Приложение 1).

$$\delta(I)_{a-ик} = \frac{v - v_0}{v_0} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где v_0 - значение параметра, воспроизводимое поверочной установкой;

v - значение, соответствующее показаниям регистратора.

Погрешность ИК системы в диапазоне амплитуд ($300 - 1000 \text{ м/с}^2$) - $\delta(II)_{a-ик}$, определять в точках 370; 500; 600; 700; 800; 900; 1000 м/с^2 на фиксированной частоте 400 Гц. Установить ИП на вибростенд камертонный рядом с вибропреобразователем 4371 (в соответствии с рис. 3.) воспроизвести значения амплитуд виброускорения, при этом коэффициент нелинейных искажений, измеренный с помощью прибора С6-12 не должен превышать $\pm 10 \%$.



Рис.3. Схема определения МХ ИК вибрации (в диапазоне амплитуд выше 300 м/с^2).

По результатам измерений определить погрешность ИК системы $\delta(II)_{a-ик}$ в процентах по формуле (5) и занести в протокол (Приложение 2).

$$\delta(II)_{a_{ик}} = \frac{v - v'_0}{v'_0} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где $v'_0 = \frac{v_0}{K\delta}$ - значение амплитуды по С6-12 (v_0 - показания С6-12 (В); $K\delta$ - коэффициент преобразования ВИП 4371 по паспорту);
 v - значение, соответствующее показаниям регистратора.

Погрешность системы в рабочем диапазоне частот $\delta_{f,\ddot{e}\ddot{e}}$ определить при виброускорении, равном 10 м/с^2 , воспроизводимым поверочной виброустановкой при значениях частот, находящихся в пределах рабочего диапазона ИК системы. Исходя из рабочего диапазона частот (5-2000) Гц, указанные выше частоты должны иметь следующие значения: 5; 10; 12,5; 25; 63; 80; 125; 160; 200; 315; 400; 630; 1000; 1250; 1600; 2000 Гц.

На поверочной установке воспроизвести указанные значения частот при амплитуде вибрации, равном 10 м/с^2 и записать показания системы.

Основную погрешность ИК системы в рабочем диапазоне частот $\delta_{f,\ddot{e}\ddot{e}}$ относительно базовой частоты 160 Гц в процентах определить по формуле (5) при постоянном значении воспроизводимой аппаратурой амплитуды вибрации (10 м/с^2) и занести в протокол (Приложение 2):

$$\delta_{f,\ddot{e}\ddot{e}} = \frac{v - v_0}{v_0} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где: v - максимальные или минимальные отклонение показаний регистратора;
 v_0 - показание системы на базовой (фиксированной) частоте 160 Гц, на которой определяли основную погрешность в диапазоне амплитуд.

5.3.2.4. Расчёт погрешности измерений параметров вибрации от 1 до 300 м/с^2 (в диапазоне частот от 5 до 2000 Гц) проводить по формуле (6), данные расчетов внести в протокол (Приложение 2).

$$\delta(I)_{ВИК} = K \sqrt{\delta_s^2 + \delta(I)_{ик.он}^2 + \delta(I)_{ик}^2} \quad (6)$$

где $K = 1,1$ - поправочный коэффициент при доверительной вероятности 0,95;
 δ_s - погрешность рабочего эталона в диапазоне частот от 5 до 2000 Гц (6,0 %);
 $\delta(I)_{ик.он} = \sqrt{\delta(I)_{a.ик}^2 + \delta_{f.ик}^2}$ - погрешность ИК в рабочих диапазонах амплитуд и частот;
 $\delta(I)_{ик} = \frac{1}{2} \delta(I)_{ик.он}$ - погрешность ИК от нестабильности системы за время работы.

Расчёт погрешности измерений параметров вибрации от 300 до 1000 м/с^2 (в диапазоне частот от 5 до 2000 Гц) проводить по формуле (7), данные расчетов занести в протокол (Приложение 2):

$$\delta(II)_{ВИК} = K \sqrt{\delta_{\text{С612}}^2 + \delta_{\text{С612}}^2 + \delta(II)_{ик.он}^2 + \delta(II)_{ик}^2} \quad (7)$$

где $K = 1,1$ - поправочный коэффициент при доверительной вероятности 0,95;
 $\delta_{\text{С612}}$ - погрешность ВИП 4371 (5,0 %);
 $\delta_{\text{С612}}$ - погрешность С6-12 (0,5 %);
 $\delta(II)_{ик.он} = \sqrt{\delta(II)_{a.ик}^2 + \delta_{f.ик}^2}$ - основная погрешность ИК в рабочих диапазонах амплитуд и частот;

$\delta(II)_{ик} = \frac{1}{2} \delta(II)_{ик.он}$ - погрешность ИК от нестабильности системы за время работы.

Расчёт погрешности измерений параметров вибрации на базовой частоте (160 Гц) проводить по формуле (8), данные расчетов внести в протокол (Приложение 2):

$$\delta_{ВИК} = K \sqrt{\delta_{\delta}^2 + \delta_{ик.оп}^2 + \delta_{ик}^2} \quad (8)$$

где $K = 1,1$ - поправочный коэффициент при доверительной вероятности 0,95;
 δ_{δ} - погрешность рабочего эталона измерения на базовой частоте 160 Гц (1 %);
 $\delta_{ик.оп} = \sqrt{\delta_{а.ик}^2 + \delta_{f.ик}^2}$ - погрешность ИК в рабочих диапазонах амплитуд и частот ($\delta_{f.ик} = 0$);
 $\delta_{ик} = \frac{1}{2} \delta_{ик..оп.}$ - погрешность ИК от нестабильности системы за время работы.

5.3.2.4. При поэлементной поверке определение МХ ИК проводить по формуле (9):

$$\delta_{ВИК} = K \sqrt{\delta_{\delta}^2 + \delta_{ик.оп}^2 + \delta_{ик}^2 + \delta_{акк i}^2}, \quad (9)$$

где $K = 1,1$ - поправочный коэффициент при доверительной вероятности 0,95;
 $\delta_{акк i}$ - погрешность комплексного компонента i -го канала;
 δ_{δ} - погрешность рабочего эталона в диапазоне частот от 5 до 2000 Гц (6,0 %);
 $\delta_{ик.оп} = \sqrt{\delta_{а.ик}^2 + \delta_{f.ик}^2}$ - погрешность устройства (ИП утвержденного типа с усилителем) в рабочих диапазонах амплитуд и частот;
 $\delta_{ик} = \frac{1}{2} \delta_{ик..оп.}$ - погрешность от нестабильности (ИП с усилителем) за время работы

Результат поверки считать положительным, если для всех измерительных каналов с ИП КД, КВ выполняется условие $\delta(I)_{ВИК} \leq 15\%$; $\delta(II)_{ВИК} \leq 15\%$; $\delta_{ВИК} \leq 5,5\%$.

Результат поверки считать положительным, если для всех измерительных каналов с ИП АР выполняется условие $\delta(I)_{ВИК} \leq 15,8\%$; $\delta(II)_{ВИК} \leq 15,8\%$; $\delta_{ВИК} \leq 6,4\%$.

В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

5.3.3. Определение погрешности ИК параметров удара.

В зависимости от используемого ИП собрать схему измерений (Рис.4а или 4б).

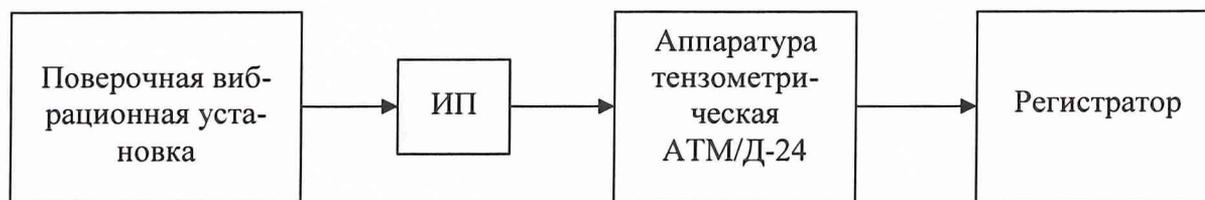


Рис.4а. Схема определения МХ ИК параметров удара (в диапазоне амплитуд от 1 до 300 м/с²), для ИП типов АНЭ-211, АНЭ-211-02.

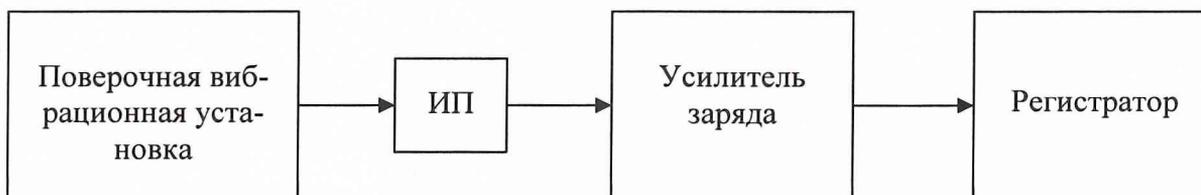


Рис.4б. Схема определения МХ ИК параметров удара (в диапазоне амплитуд от 1 до 300 м/с²) для ИП типов КД-34, АР-30, АР-31, АР-37.

Поверку ИК проводить в режиме вибрации по п.5.3.2. в соответствии с сервисной методикой завода изготовителя. В качестве эталона использовать поверочную вибрационную поверочную установку 2-го разряда по МИ 2070. Результаты расчетов погрешности измерений параметров удара занести в протокол (Приложение 3).

Для определения МХ в диапазоне амплитуд от 300 до 10000 м/с², в зависимости от используемых ИП собрать схему измерений (Рис.5а или Рис.5б). Погрешность ИК параметров удара в диапазоне амплитуд (300 – 10000 м/с²), определять в точках (500; 1000; 2500; 5000; 7500; 10000 м/с²), $\delta_{\text{ВИП } 4371}$ - погрешность ВИП 4371 (7,0 %);



Рис.5а. Схема определения МХ ИК параметров удара (в диапазоне амплитуд свыше 300 м/с²) для ИП типов АНЭ-211, АНЭ-211-02.



Рис.5б. Схема определения МХ ИК параметров удара (в диапазоне амплитуд свыше 300 м/с²) для ИП типов КД-34, АР-30, АР-31, АР-37.

Результат поверки считать положительным, если для всех измерительных каналов с ИП КД выполняется условие $\delta(I)_{\text{УИК}} \leq 11,9 \%$; $\delta(II)_{\text{УИК}} \leq 11,9 \%$; $\delta_{\text{УИК}} \leq 5,5 \%$.

Результат поверки считать положительным, если для всех измерительных каналов с ИП АР выполняется условие $\delta(I)_{\text{УИК}} \leq 11,9 \%$; $\delta(II)_{\text{УИК}} \leq 11,9 \%$; $\delta_{\text{УИК}} \leq 6,4 \%$.

Результат поверки считать положительным, если для всех измерительных каналов с ИП АНЭ-211 выполняется условие $\delta(I)_{\text{УИК}} \leq 11,9 \%$; $\delta(II)_{\text{УИК}} \leq 11,9 \%$; $\delta_{\text{УИК}} \leq 7,4 \%$.

В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

5.3.4. Определение погрешности ИК избыточного и абсолютного давления.

5.3.4.1. Собрать схему измерений рис.6.

5.3.4.2. Закрепить ИП в гнезде грузопоршневого манометра МП-60 или МП-6 (в зависимости от амплитудного диапазона ИП).

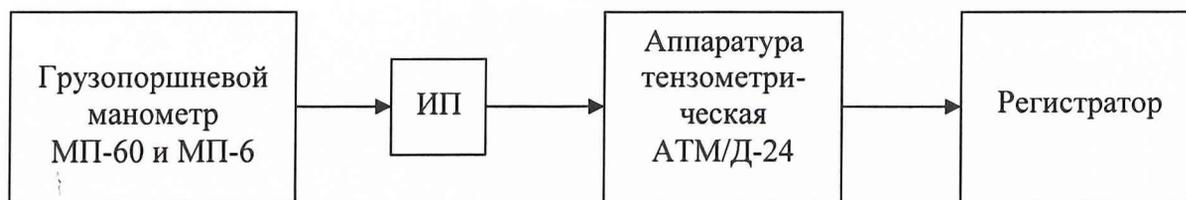


Рис.6. Схема определения МХ ИП избыточного и абсолютного давлений.

5.3.4.3. Определить градуировочный коэффициент ИК.

Для градуировки ИК необходимо при отсутствии нагружения «выставить ноль», задать 5 кгс/см² определить градуировочный коэффициент A_t для каждого ИК, соответствующий показаниям манометра МП-60 и МП-6, который затем ввести в программу. Определение коэффициента A_t проводится в соответствии с указаниями руководства пользователя (СИДП РЭ).

Определение МХ ИК проводить в режиме статического изменения давления с применением в качестве рабочего эталона грузопоршневой манометр МП-60 или МП-6 по МИ 2145-91 методом последовательного нагружения во всем диапазоне измерений ИП, при прямом и обратном ходе на каждой ступени нагружения.

Для ИП ЛХ-415 от 0,05 до 30 кгс/см² использовать манометр МП-60, нагружать в точках (1, 5, 10, 15, 25, 30 кгс/см²).

Для ИП ДАВ-068 от 0,05 до 10 кгс/см² использовать манометр МП-60, нагружать в точках (1, 2, 3, 4,5, 6, 7, 8, 9, 10 кгс/см²).

Для ИП ДАВ-078 от 0,05 до 5 кгс/см² использовать манометр МП-6, нагружать в точках (0,5, 1, 2, 3, 4, 5 кгс/см²).

Для ИП ЛХ-412 от 0,05 до 60 кгс/см² использовать манометр МП-60, нагружать в точках (5, 10, 20, 40, 60 кгс/см²).

5.3.4.4. Расчет погрешности измерений абсолютного и избыточного давления.

Расчет погрешности проводить при доверительной вероятности 0,95 по формуле (10) и занести в протокол (Приложение 4):

$$\delta_{\text{ДИК}} = K \sqrt{\delta_{\text{МП}}^2 + \delta_{\text{ик.оп}}^2 + \delta_{\text{ик}}^2}, \quad (10)$$

где $K = 1,1$ – поправочный коэффициент при доверительной вероятности 0,95;

$\delta_{\text{МП}}$ – погрешность рабочего эталона грузопоршневого манометра МП-60 и МП-6 (0,05 %);

$\delta_{\text{ик.оп}}$ – погрешность ИК; $\delta_{\text{ик.оп}} = \frac{\Delta P}{P_0}$, $\Delta P = \frac{\Delta P' + \Delta P''}{2}$, $\Delta P' = P_{\text{н.х.}} - P_0$, $\Delta P'' = P_{\text{о.х.}} - P_0$

$P_{\text{н.х.}}$ – измеренное значение давления при прямом ходе;

$P_{\text{о.х.}}$ – измеренное значение давления при обратном ходе;

P_0 – значение давления в точках нагружения;

$\delta_{\text{ик}} = \frac{1}{2} \delta_{\text{ик.оп}}$ – погрешность от нестабильности системы за время работы.

Результат поверки считать положительным, если для всех измерительных каналов с ИП ЛХ-415, ЛХ-415 выполняется условие $\delta_{\text{ДИК}} \leq 1,3$ %.

Результат поверки считать положительным, если для всех измерительных каналов с ИП ДАВ-068, ДАВ-078 выполняется условие $\delta_{\text{ДИК}} \leq 1$ %.

В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

5.3.5. Определение погрешности ИК пульсации давления.

5.3.5.1. Собрать схему измерений рис.7. Провести градуировку ИК в динамическом режиме изменения давления в диапазоне, соответствующем диапазону ИП, с помощью образцового манометра к.т. 0,4 и пульсатора ЛХ-53П.

5.3.5.2. Закрепить ИП в гнезде пульсатора, подать сжатый воздух (30 кгс/см²) через штуцер в соответствии с ЛХ-53П РЭ.

5.3.5.3. Определить градуировочный коэффициент канала.

Для градуировки ИК необходимо определить градуировочный коэффициент A_t для каждого ИК, задать переменное давление 1,5 кгс/см² контролировать по образцовому манометру к.т. 0,4, на частоте

40 Гц контролировать по частотомеру электронно-счетному ЧЗ-57, коэффициент затем ввести в программу. Определение коэффициента A_t проводится в соответствии с указаниями руководства пользователя (СИДП РЭ).

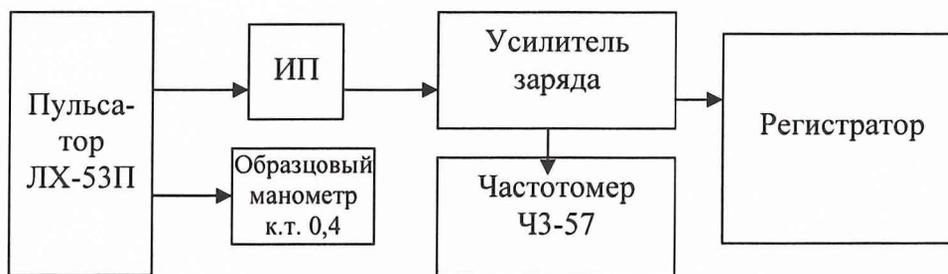


Рис.7. Схема определения МХ ИП пульсации давления.

Задать уровень переменного давления на частотах 40 Гц и 50 Гц в соответствии с амплитудным диапазоном ИП в точках (0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5 кгс/см²), контролировать с помощью образцового манометра к.т. 0,4 и ЧЗ-57.

5.3.5.4. Расчет погрешности измерений переменного давления..

По результатам измерений определить погрешность ИК системы ($\delta_{\text{аА}}$) в процентах по формуле (11) и занести в протокол (Приложение 6).

$$\delta_{\text{аА}} = \frac{v - v_0}{v_0} \cdot 100\%, \quad (11)$$

где v_0 - значение параметра, по показаниям манометра;
 v - показание регистратора.

Расчёт относительной погрешности проводить при доверительной вероятности 0,95 по формуле (12) и занести в протокол (Приложение 6).

$$\delta_{\text{ПДИК}} = K \sqrt{\delta_M^2 + \delta_{\text{ЧЗ-57}}^2 + \delta_{\text{ик.он}}^2 + \delta_{\text{ик}}^2}, \quad (12)$$

где $K = 1,1$ – поправочный коэффициент при доверительной вероятности 0,95;
 δ_M - погрешность манометра (Образцовый манометр к.т. 0,4 на 30 кгс/см² $\delta_0 = 0,8\%$);
 $\delta_{\text{ЧЗ-57}}$ - погрешность частотомера (Частотомер электронно-счетный ЧЗ-57 $\delta_0 = 1,5 \cdot 10^{-7}$);
 $\delta_{\text{ик.он}} = \delta_{\text{ап}}$ - погрешность ИК;
 $\delta_{\text{ик}} = \frac{1}{2} \delta_{\text{ик.он}}$ - погрешность от нестабильности системы за время работы.

Результат поверки считать положительным, если для всех измерительных каналов с ИП ЛХ-610 выполняется условие $\delta_{\text{ПДИК}} \leq 10,6\%$.

Результат поверки считать положительным, если для всех измерительных каналов с ИП ДПС-013 выполняется условие $\delta_{\text{ПДИК}} \leq 13,7\%$.

В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

5.3.6. Определение погрешности ИК линейного ускорения.

Собрать схему измерений рис.8. Поверку ИК проводить в режиме вибрации в соответствии с сервисной методикой завода изготовителя по п.5.3.2. В качестве рабочего эталона использовать поверочную вибрационную поверочную установку 2-го разряда по МИ 2070.

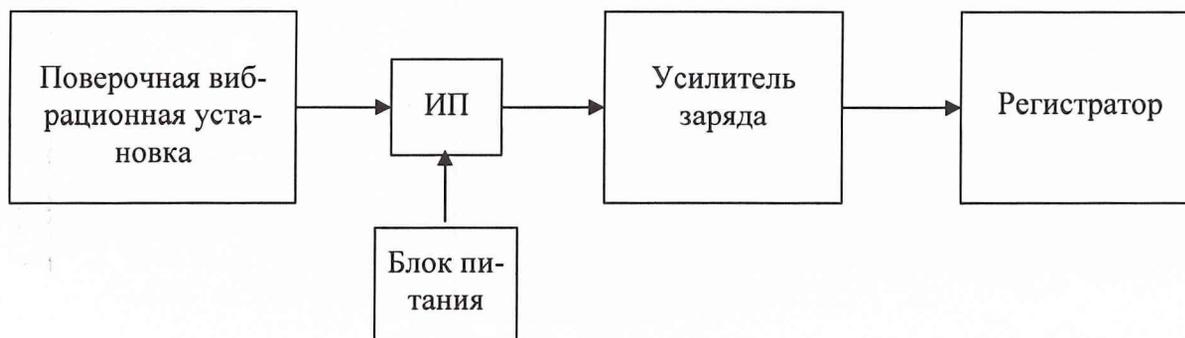


Рис. 8. Схема определения МХ ИК линейного ускорения.

Для ИП АЛЕ 049-21 АХ определять на частоте 160 Гц в точках 1; 50; 100; 150; 200; 250; 300 м/с².
Для ИП АЛЕ 049-04 АХ определять на 31 Гц частоте в точках 1; 10; 20; 30; 40; 45 м/с².

По результатам измерений определить погрешность ИК системы $\delta_{a-ик}$ в процентах по формуле (13) и занести в Протокол (Приложение 7).

$$\delta_{a-ик} = \frac{v - v_0}{v_0} \cdot 100\%, \quad (13)$$

где v_0 - значение параметра, воспроизводимое поверочной установкой;
 v - значение, соответствующее показаниям регистратора.

$$\delta(I)_{ЛУИК} = K \sqrt{\delta_s^2 + \delta_{ик.он}^2 + \delta_{ик}^2} \quad (14)$$

где $K = 1,1$ - поправочный коэффициент при доверительной вероятности 0,95;

δ_s - погрешность рабочего эталона (3,0 %);

$\delta_{ик.он} = \delta_{a-ик}$ - погрешность ИК;

$\delta_{ик} = \frac{1}{2} \delta_{ик.он}$ - погрешность ИК от нестабильности системы за время работы.

Результат считать положительным, если для всех ИК выполняется условие $\delta_{ЛУИК} \leq 5,1$ %. В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

5.3.7. Определение погрешности ИК перемещения.

5.3.7.1. Собрать блок-схему (рис. 9). Включить блок питания и выдержать ИП во включенном состоянии в течение 15 минут.

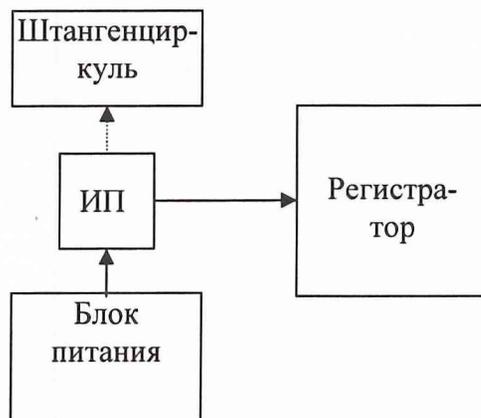


Рис. 9. Схема определения МХ ИП перемещения.

Передвигая подвижную систему ИП (сердечник) убедиться в изменении выходного сигнала на экране регистратора.

5.3.7.2. Определение градуировочного коэффициента.

ИП установить на платформу (чертеж в Приложении А), соединить со штангенциркулем для регулировки подвижной части. Ввести сердечник в ИП добиться такого положения, при котором выходное напряжение ИК было бы равно нулю. Провести балансировку канала согласно СИДП РЭ.

Для градуировки ИК необходимо определить градуировочный коэффициент A_1 для каждого ИК, задать половину диапазона ИП, коэффициент затем ввести в программу. Определение коэффициента A_1 проводится в соответствии с указаниями руководства пользователя (СИДП РЭ).

5.3.7.3. Определение нелинейности (АХ) датчика.

Нелинейность АХ определить в рабочем диапазоне перемещений датчика.

Перемещать подвижный сердечник датчика в одну и другую сторону от нулевого положения (для ИП типа MDCL 100 - ± 50 мм; для ИП типа MDCL 200 - ± 100 мм, для ИП типа MMR 30 - ± 15 мм) измерять значение выходного напряжения не менее чем в 10-ти точках по всему пути, равномерно расположенных от 0,1 до 0,9 от максимального значения.

Нелинейность амплитудной характеристики (δ_a) определить по формуле (15) и занести в протокол (Приложение 8).

$$\delta_{a\ddot{e}\ddot{e}} = \frac{v - v_0}{v_0} \cdot 100, \quad (15)$$

где v_0 – перемещение, устанавливаемое по штангенциркулю.

v – значение перемещения, рассчитанное по значению напряжения постоянного тока, измеренного регистратором с учетом коэффициентом преобразования.

5.3.7.4. Расчет погрешности ИК перемещения

Расчет погрешности определить по формуле (16) и занести в протокол (Приложение 8).

$$\delta_{\text{ПИК}} = K \sqrt{\delta_{\text{Ш}}^2 + \delta_{\text{ик.он}}^2 + \delta_{\text{ик}}^2} \quad (16)$$

где $K = 1,1$ – поправочный коэффициент при доверительной вероятности 0,95;

$\delta_{\text{Ш}}$ – погрешность штангенциркуля (ЩЦ1 0,1 %);

$\delta_{\text{ик.н}} = \delta_{a\ddot{e}\ddot{e}}$ – нелинейность амплитудной характеристики;

$\delta_{\text{ик}} = \frac{1}{2} \delta_{\text{ик.он}}$ – погрешность от нестабильности системы за время работы.

Результат поверки считать положительным, если для всех измерительных каналов выполняется условие $\delta_{\text{ПИК}} \leq 1$ %. В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

5.3.8. Определение погрешности ИК параметров деформации

Поверку ИК проводить в режиме статического изменения деформации методом последовательного нагружения во всем диапазоне измерений ИП, при прямом и обратном ходе на каждой ступени нагружения, контролировать по индикатору часового типа ИЧ-10 (1мм соответствует 600 мкм/м).

5.3.8.1. Собрать схему измерений рис.10. Чувствительный элемент прикрепить к стенду тарировочному тензометрическому с помощью клея. Провести градуировку ИП в режиме статического изменения деформации в диапазоне, соответствующему диапазону ИП, с помощью стенда тарировочного тензометрического, контролировать с помощью индикатора часового типа ИЧ-10.

5.3.8.2. Определить градуировочный коэффициент канала.

Для градуировки ИК необходимо определить градуировочный коэффициент A_i для каждого ИК, соответствующий показаниям индикатора часового типа ИЧ-10, который затем ввести в программу. Определение коэффициента A_i проводится в соответствии с указаниями руководства пользователя (СИДП РЭ).



Рис.10. Схема определения МХ ИП деформации.

Задать относительное перемещение в соответствии с амплитудным диапазоном ИК в точках 300; 600; 900; 1200, 1500, 1800, 2100, 2400, 2700, 3000 мкм/м, контролировать с помощью индикатора ИЧ-10 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5 мм соответственно.

Нелинейность амплитудной характеристики (δ_a) определить по формуле (17) и занести в протокол (Приложение 9).

$$\delta_{a\ddot{e}\ddot{e}} = \frac{v - v_0}{v_0} \cdot 100, \quad (17)$$

где v_0 – относительное перемещение, устанавливаемая по индикатору часового типа ИЧ-10.
 v – значение относительного перемещения, измеренное регистратором.

5.3.9.2. Расчет погрешности ИК параметров деформации

Расчет погрешности проводится при доверительной вероятности 0,95 по формуле (18), результаты расчетов занести в протокол (Приложение 9):

$$\delta_{\text{ддИК}} = K \sqrt{\delta_{\text{э}}^2 + \delta_{\text{ик оп}}^2 + \delta_{\text{ик}}^2} \quad (18)$$

где $K = 1,1$ – поправочный коэффициент при доверительной вероятности 0,95;

$\delta_{\text{э}}$ – погрешность рабочего эталона (Длинномер ИЧ-10 - 0,01 %);

$\delta_{\text{ик оп}} = \delta_{a\ddot{e}\ddot{e}}$ – погрешность ИК;

$\delta_{\text{ик}} = \frac{1}{2} \delta_{\text{оп.ик}}$ – погрешность от нестабильности системы за время работы.

Результат поверки считать положительным, если для всех ИК выполняется условие $\delta_{\text{ддИК}} \leq 1\%$. В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

8. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Положительные результаты поверки системы оформляются свидетельством о поверке в соответствии с ПР 50.2.006-94.

8.2 При несоответствии результатов поверки требованиям любого из пунктов настоящей методики система к дальнейшей эксплуатации не допускается и выдается извещение о непригодности в соответствии с ПР 50.2.006-94. В извещении указывается причина непригодности и приводится указание о направлении в ремонт или невозможности дальнейшего использования системы.

8.3. О результатах поверки производится запись в формуляре системы.

Научный сотрудник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИИ МО РФ

С.Н. Чурилов

Старший научный сотрудник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИИ МО РФ

А.А. Горбачев

Таблица 1

| № № п/п | Измеряемые параметры | Диапазон измерений | Пределы допускаемой относительной погрешности | Первичный преобразователь | Измерительный прибор (усилитель) | Регистрирующее устройство |
|---------|--|--|---|-----------------------------------|----------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1. | <i>ИК параметров вибрации</i> | | | | | |
| | Амплитуда виброускорения, м/с^2 | от 1 до 300 (в диапазоне частот от 5 до 2000 Гц) | 16 % | КВ-12 КД-32 КД-41 КД-35а | LP-01 MP-07 ME 908 | MIC-300M(24) MIC-300M(16) MIC-200(12) ПОС 1(24) ПОС 2(24) |
| | | от 300 до 1000 (в диапазоне частот от 5 до 2000 Гц) | 16 % | AP-30 AP-31 AP-37 AP-38 | | |
| | | на базовой частоте (160 Гц) | 7 % | AP-40 AP-57 | | |
| 2. | <i>ИК параметров удара</i> | | | | | |
| | Амплитуда ударного ускорения, м/с^2 | от 1 до 300 (в диапазоне частот от 5 до 2000 Гц) | 12 % | КД-34 AP-30 AP-31 AP-37 | LP-01 MP-07 ME 908 | MIC-300M(24) MIC-300M(16) MIC-200(12) ПОС 1(24) ПОС 2(24) |
| | | от 300 до 10000 (в диапазоне частот от 5 до 2000 Гц) | 12 % | АНЭ-211 АНЭ-211-02 | | |
| | | на базовой частоте (160 Гц) | 8 % | | | |
| 3. | <i>ИК избыточного и абсолютного давления</i> | | | | | |
| | Избыточное и абсолютное давление, Па (кгс/см^2) | от $0,05 \cdot 10^5$ до $30 \cdot 10^5$ (от 0,05 до 30) | $\pm 2 \%$ | ЛХ-415 | АТМ/Д-24 | MIC-300M(24) MIC-300M(16) MIC-200(12) ПОС 1(24) ПОС 2(24) |
| | | от $0,05 \cdot 10^5$ до $10 \cdot 10^5$ (от 0,05 до 10) | | ДАВ-068 | | |
| | | от $0,05 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^5$ (от 0,05 до 5) | | ДАВ-078 | | |
| | | от $0,05 \cdot 10^5$ до $60 \cdot 10^5$ (от 0,05 до 60) | | ЛХ-412 | | |
| 4. | <i>ИК пульсации давления</i> | | | | | |
| | Переменное давление, Па (кгс/см^2) | от $0,05 \cdot 10^5$ до $5,0 \cdot 10^5$ (от 0,05 до 5,0) | $\pm 14 \%$ | ЛХ-610 | LP-01; MP-07; ME 908 | MIC-300M(24) MIC-300M(16) MIC-200(12) ПОС 1(24) ПОС 2(24) |
| | | | | ДПС-013 | | |

| | | | | | | |
|----|--------------------------------------|---|-------|------------|--------------------------|---|
| 5. | <i>ИК линейного ускорения</i> | | | | | |
| | Линейное ускорение, м/с ² | от минус 350 до минус 1 и от 1 до 350 | ± 6 | АЛЕ 049-21 | LP-01 MP-07 ME 908 | MIC-300M(24) MIC-300M(16) MIC-200(12) ПОС 1(24) ПОС 2(24) |
| | | от минус 45 до минус 1 и от 1 до 45 | | АЛЕ 049-04 | | |
| 6. | <i>ИК перемещения</i> | | | | | |
| | Перемещение, мм | от минус 50 до минус 0,5 и от 0,5 до 50 | ± 1 % | MDCL 100 | - | MIC-300M(24) MIC-300M(16) MIC-200(12) ПОС 1(24) ПОС 2(24) |
| | | от минус 100 до минус 1 и от 1 до 100 | | MDCL 200 | | |
| | | от минус 15 до минус 0,15 и от 0,15 до 15 | | MMR 30 | | |
| 7. | <i>ИК параметров деформации</i> | | | | | |
| | Относительное перемещение, мкм/м | от минус 3000 до 3000 | ± 1 % | КФ5P1 | АТМ/Д-24 | MIC-300M(24) MIC-300M(16) MIC-200(12) ПОС 1(24) ПОС 2(24) |

Анализ погрешности системы.

Расчет предела допускаемой погрешности системы при поверке поэлементным способом.

Таблица 2

| № п/п | Наименование измерительного канала (ИК) | Тип СИ входящих в ИК | Технические характеристики | | Основная погрешность СИ | Предельная допустимая погрешность ИК | Примечания |
|-------|---|----------------------|-----------------------------|---|--------------------------|--------------------------------------|------------|
| | | | Рабочий диапазон частот, Гц | Диапазон измеряемых параметров | | | |
| 1. | ИК параметров вибрации | КД32 | 5-10000 | 25000 м/с ² | | | |
| | | КД33 | 5-10000 | 50000 м/с ² | | | |
| | | КД35А | 5-6000 | 3000 м/с ² | | | |
| | | АР-30 | 5-20000 | 10000 м/с ² | ±2 % | | |
| | | АР-37 | 5-15000 | 10000 м/с ² | | | |
| | | КД34 | 5-20000 | 100000 м/с ² | | | |
| | | МР-07 | 0-20000 | Чувствительность мВ/пКл, 3,5; 0,7 | ±3 % | | |
| | | МЕ-908 | 0-20000 | Чувствительность мВ/пКл, 3,2;0,76;0,35;0,08 | ±3 % | | |
| | | LP-01 | 0-2000 | Чувствительность мВ/пКл, 10 | ±3 % | | |
| | | МПС-300М | 0-28000 | ±0,02; ±0,1; ±0,2; ±1,0; ±2,0; ±8,5 В | ±0,2 % ±2 %(с МЕ-908) | | |
| | | МПС-200 | 0-28000 | ±0,02; ±0,1; ±0,2; ±1,0; ±2,0; ±8,5 В | ±0,1 % | | |
| | | ПОС -1 | 0-20000 | ±5; ±12 В | 0,4% 4%(с ус.) | | |
| | | ПОС-2 | 0-20000 | ±5; ±12 В | 0,4% 4%(с ус.) | | |

| № п/п | Наименование измерительного канала (ИК) | Тип СИ входящих в ИК | Технические характеристики | | Основная погрешность СИ | Предельная допустимая погрешность ИК | Примечания |
|-------|---|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|------------|
| | | | Рабочий диапазон частот, Гц | Диапазон измеряемых параметров | | | |
| 2. | ИК параметров удара | АНЭ-211 | 5-2000 | 1000 м/с ² | ±5 % | | |
| | | АНЭ-211-02 | 5-2000 | 5000 м/с ² | ±5 % | | |
| | | АТМ/Д-24М | 0-2000 | ±12; ±6; ±3; ±1,5 В | ±0,2 % | | |
| | | МІС-300М | 0-28000 | ±0,02; ±0,1; ±0,2; ±1,0; ±2,0; ±8,5 В | ±0,2 % ±2 % (с МЕ-908) | | |
| | | МІС-200 | 0-28000 | ±0,02; ±0,1; ±0,2; ±1,0; ±2,0; ±8,5 В | ±0,1 % | | |
| | | ПОС -1 | 0-20000 | ±5; ±12 В | 0,4% 4% (с ус.) | | |
| | | ПОС -2 | 0-20000 | ±5; ±12 В | 0,4% 4% (с ус.) | | |
| 3. | ИК избыточного и абсолютного давления | ЛХ-415 | 5-500 | от 0 до 15 кгс/см ² | 0,8 % | | |
| | | ДАВ-068 | 5-500 | от 0 до 5 кгс/см ² | 0,6 % | | |
| | | АТМ/Д-24М | 0-2000 | ±12; ±6; ±3; ±1,5 В | ±0,2 % | | |
| | | МІС-300М | 0-28000 | ±0,02; ±0,1; ±0,2; ±1,0; ±2,0; ±8,5 В | ±0,2 % ±2 % (с МЕ-908) | | |
| | | МІС-200 | 0-28000 | ±0,02; ±0,1; ±0,2; ±1,0; ±2,0; ±8,5 В | ±0,1% | | |
| | | ПОС -1 | 0-20000 | ±5; ±12 В | 0,4% 4% (с ус.) | | |
| | | ПОС -2 | 0-20000 | ±5; ±12 В | 0,4% 4% (с ус.) | | |
| 4. | ИК пульсации давления | ЛХ-610 | 5-10000 | 0,05-5,0 кгс/см ² | | | |
| | | ДПС-013 | 40-50000 | 0,05-5,0 кгс/см ² | | | |

| № п/п | Наименование измерительного канала (ИК) | Тип СИ входящих в ИК | Технические характеристики | | Основная погрешность СИ | Предельная допустимая погрешность ИК | Примечания |
|-------|---|----------------------|-----------------------------|---|--------------------------|--------------------------------------|------------|
| | | | Рабочий диапазон частот, Гц | Диапазон измеряемых параметров | | | |
| | | MP-07 | 0-20000 | Чувствительность мВ/пКл, 3,5; 0,7 | ±3 % | | |
| | | ME-908 | 0-20000 | Чувствительность мВ/пКл, 3,2;0,76;0,35;0,08 | ±3 % | | |
| | | LP-01 | 0-2000 | Чувствительность мВ/пКл, 10 | ±3 % | | |
| | | MIC-300M | 0-28000 | ±0,02; ±0,1; ±0,2; ±1,0; ±2,0; ±8,5 В | ±0,2 % ±2 %(с ME-908) | | |
| | | MIC-200 | 0-28000 | ±0,02; ±0,1; ±0,2; ±1,0; ±2,0; ±8,5 В | ±0,1 % | | |
| | | ПОС -1 | 0-20000 | ±5; ±12 В | 0,4% 4%(с ус.) | | |
| | | ПОС -2 | 0-20000 | ±5; ±12 В | 0,4% 4%(с ус.) | | |
| 5. | ИК линейного ускорения | АЛЕ-049-21 | 0-256 | ±350 м/с ² | 0,5 % | | |
| | | АЛЕ-049-04 | 0-64 | ±45 м/с ² | 0,5 % | | |
| | | MP-07 | 0-20000 | Чувствительность мВ/пКл, 3,5; 0,7 | ±3 % | | |
| | | ME-908 | 0-20000 | Чувствительность мВ/пКл, 3,2;0,76;0,35;0,08 | ±3 % | | |
| | | LP-01 | 0-2000 | Чувствительность мВ/пКл, 10 | ±3 % | | |
| | | MIC-300M | 0-28000 | ±0,02; ±0,1; ±0,2; ±1,0; ±2,0; ±8,5 В | ±0,2 % ±2 %(с ME-908) | | |
| | | MIC-200 | 0-28000 | ±0,02; ±0,1; ±0,2; ±1,0; ±2,0; ±8,5 В | ±0,1 % | | |
| | | ПОС -1 | 0-20000 | ±5; ±12 В | 0,4% 4%(с ус.) | | |
| | | ПОС -2 | 0-20000 | ±5; ±12 В | 0,4% 4%(с ус.) | | |

| № п/п | Наименование измерительного канала (ИК) | Тип СИ входящих в ИК | Технические характеристики | | Основная погрешность СИ | Предельная допустимая погрешность ИК | Примечания |
|----------|---|----------------------|-----------------------------|--|------------------------------|--------------------------------------|------------|
| | | | Рабочий диапазон частот, Гц | Диапазон измеряемых параметров | | | |
| 6. | ИК перемещения | MDCL 100 КД-1555 | | ±50 мм | 0,51 | | |
| | | MDCL 200 КД-1555 | | ±50 мм | 0,56 | | |
| | | MMR 30 | | | | | |
| | | MIC-300M | 0-28000 | ±0,02; ±0,1; ±0,2; ±1,0; ±2,0; ±8,5 В | ±0,2 % ±2 %(с ME-908) | | |
| | | MIC-200 | 0-28000 | ±0,02; ±0,1; ±0,2; ±1,0; ±2,0; ±8,5 В | ±0,1 % | | |
| | | ПОС -1 | 0-20000 | ±5; ±12 В | 0,4% 4%(с ус.) | | |
| | | ПОС -2 | 0-20000 | ±5; ±12 В | 0,4% 4%(с ус.) | | |
| 7. | ИК относительного перемещения | ЕТ 286 | | | | | |
| | | КФ5P1 | 0-300 | ±3000 мкм/м | | | |
| | | АТМ/Д-24М | 0-2000 | ±12; ±6; ±3; ±1,5 В | ±0,2 % | | |
| | | MIC-300M | 0-28000 | ±0,02; ±0,1; ±0,2; ±1,0; ±2,0; ±8,5 В | ±0,2 % ±2 % (с ME-908) | | |
| | | ПОС-1 | 0-20000 | ±5; ±12 В | 0,4% 4%(с ус.) | | |
| | | ПОС-2 | 0-20000 | ±5; ±12 В | 0,4% 4%(с ус.) | | |