

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»  
(ФГБУ «ВНИИМС»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора  
по производственной метрологии  
ФГБУ «ВНИИМС»



А.Е. Колонин

М.П.

«18» 10 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ДАТЧИКИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИЛЫ 4Х

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 204/3-17-2023

г. Москва  
2023 г.

# ДАТЧИКИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИЛЫ 4Х

## МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

### МП 204/3-17-2023

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на датчики динамической силы 4Х (далее – датчики силы), изготовленные ООО «ГТЛАБ», и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверок.

Датчики динамической силы 4Х предназначены для измерений динамической силы, действующей на конструкции промышленных сооружений.

Датчики динамической силы 4Х выпускаются в следующих модификациях: 4V105HB-25; 4C105HB-2,5; 4V102HB-2,5; 4V102HB-25; 4C101HB-5; 4V104HB-100; 4C104HB-100; 4V101HB-5; 4V101HB-0,5; 4C105HB-22; 4C102HB-25; 4C103HB-50; 4V103HB-50; 4V103HB-25; 4V105HB-5; 4V105HB-2,5; 4C102HB-2,5 которые отличаются типом выходного сигнала, диапазоном измерений и номинальным значением коэффициента преобразования.

Датчики силы модификации 4V105HB-25; 4V102HB-2,5; 4V102HB-25; 4V104HB-100; 4V101HB-5; 4V101HB-0,5; 4V103HB-50; 4V103HB-25; 4V105HB-5, 4V105HB-2,5 имеют встроенный усилитель, соответствующий стандарту IEPЕ (Integrated Electronic Piezoelectric), обеспечивающий широкий диапазон питающего напряжения и тока (питание встроенного усилителя производится стабилизированным током от специализированного источника тока, соответствующего стандарту IEPЕ).

Датчики силы модификаций 4C105HB-2,5; 4C101HB-5; 4C104HB-100; 4C105HB-22; 4C102HB-25; 4C103HB-50; 4C102HB-2,5 являются датчиками с выходным сигналом по заряду.

При определении метрологических характеристик датчиков силы используется метод косвенных измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений ускорения, скорости и силы при ударном движении, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 ноября 2021 г. № 2537.

В качестве эталона при поверке датчиков силы применяется рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 12 ноября 2021 г. № 2537, в соответствии с этим можно сделать вывод о прослеживаемости датчиков силы к Государственному первичному эталону единиц ускорения при ударном движении (ГЭТ 57-84).

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические характеристики:

Таблица 1 – Метрологические характеристики датчиков динамической силы модификаций 4V101HB-0,5; 4V102HB-2,5; 4V105HB-2,5

| Наименование характеристики                                                                     | Значение     |               |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|-------------|
|                                                                                                 | 4V101HB-0,5  | 4V102HB-2,5   | 4V105HB-2,5 |
| Диапазон измерений динамической силы, Н:                                                        | от 10 до 500 | от 10 до 2500 |             |
| Номинальный коэффициент преобразования, мВ/Н                                                    | 10           | 2             |             |
| Отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, %     | ±20          |               |             |
| Пределы допускаемой приведенной к верхнему пределу диапазона измерений погрешности измерений, % | ±2,5         |               |             |

Таблица 2 – Метрологические характеристики датчиков динамической силы модификаций 4V101HB-5; 4V105HB-5; 4V103HB-50; 4V104HB-100

| Наименование характеристики                                                                     | Значение      |           |                |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|----------------|-------------|
|                                                                                                 | 4V101HB-5     | 4V105HB-5 | 4V103HB-50     | 4V104HB-100 |
| Диапазон измерений динамической силы, Н:                                                        | от 10 до 5000 |           | от 10 до 20000 |             |
| Номинальный коэффициент преобразования, мВ/Н                                                    | 1             |           | 0,1            | 0,05        |
| Отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, %     | ±20           |           |                |             |
| Пределы допускаемой приведенной к верхнему пределу диапазона измерений погрешности измерений, % | ±2,5          |           | ±6,0           | ±12,5       |

Таблица 3 – Метрологические характеристики датчиков динамической силы модификаций 4V103HB-25; 4V105HB-25; 4V102HB-25

| Наименование характеристики                                                                     | Значение       |            |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|------------|
|                                                                                                 | 4V103HB-25     | 4V105HB-25 | 4V102HB-25 |
| Диапазон измерений динамической силы, Н:                                                        | от 10 до 20000 |            |            |
| Номинальный коэффициент преобразования, мВ/Н                                                    | 0,2            |            |            |
| Отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, %     | ±20            |            |            |
| Пределы допускаемой приведенной к верхнему пределу диапазона измерений погрешности измерений, % | ±3,0           |            |            |

Таблица 4 – Метрологические характеристики датчиков динамической силы модификаций 4C105HB-2,5; 4C102HB-2,5; 4C101HB-5

| Наименование характеристики                                                                     | Значение      |             |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|---------------|
|                                                                                                 | 4C105HB-2,5   | 4C102HB-2,5 | 4C101HB-5     |
| Диапазон измерений динамической силы, Н:                                                        | от 10 до 2500 |             | от 10 до 5000 |
| Номинальный коэффициент преобразования, пКл/Н                                                   | 4             |             |               |
| Отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, %     | ±20           |             |               |
| Пределы допускаемой приведенной к верхнему пределу диапазона измерений погрешности измерений, % | ±2,5          |             |               |

Таблица 5 – Метрологические характеристики датчиков динамической силы модификаций 4С105НВ-22; 4С102НВ-25; 4С103НВ-50; 4С104НВ-100

| Наименование характеристики                                                                     | Значение       |            |            |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|------------|-------------|
|                                                                                                 | 4С105НВ-22     | 4С102НВ-25 | 4С103НВ-50 | 4С104НВ-100 |
| Диапазон измерений динамической силы, Н:                                                        | от 10 до 20000 |            |            |             |
| Номинальный коэффициент преобразования, пКл/Н                                                   | 2              |            |            |             |
| Отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, %     | ±20            |            |            |             |
| Пределы допускаемой приведенной к верхнему пределу диапазона измерений погрешности измерений, % | ±2,5           | ±3,0       | ±6,0       | ±12,5       |

Возможность поверки в сокращенном объеме не допускается. Возможность поканальной поверки для данного средства измерения (далее – СИ) не предусмотрена.

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в Таблице 6.

Таблица 6 – Операции поверки

| Наименование операции                                                                                                                                                                                                                             | Номер пункта МП | Обязательность проведения операций при поверке |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------|---------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                   |                 | первичной                                      | периодической |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                 | 2               | 4                                              | 5             |
| Внешний осмотр средства измерения                                                                                                                                                                                                                 | 6               | да                                             | да            |
| Подготовка к поверке и опробование средства измерений                                                                                                                                                                                             | 7               | да                                             | да            |
| Определение действительного значения коэффициента преобразования, отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и определение приведенной к верхнему пределу диапазона измерений погрешности измерений | 8.1             | да                                             | да            |

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C  $20 \pm 5$
- относительная влажность окружающего воздуха, %  $60 \pm 20$
- атмосферное давление, кПа  $101 \pm 4$

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

3.1 К поверке допускаются лица, имеющие необходимые навыки по работе с подобными СИ и ознакомленные с эксплуатационной документацией.

## 4. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки необходимо применять основные средства поверки, приведенные в таблице 7.

Таблица 7 – Средства поверки

| Номер пункта поверки | Метрологические и технические требования к основным средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки                                                            |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.1                  | Рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 12 ноября 2021 г. № 2537            | Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155-525 (рег. № 68875-17) |

4.2 При проведении поверки необходимо применять вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 8.

Таблица 8 – Средства поверки

| Номер пункта поверки | Метрологические и технические требования к вспомогательным средствам поверки, необходимые для проведения поверки                                                                                                                                                                           | Перечень рекомендуемых средств поверки                                                                                                                                                                   |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1                  | Средство измерений температуры от -10 °С до +60 °С с погрешностью не более $\pm 1$ °С; диапазоны измерения температуры от -10 до +60 °С, ПГ $\pm 0,4$ °С; измерения относительной влажности от 10 до 95 %, ПГ $\pm 3$ %; измерения абсолютного давления от 300 до 1200 ГПа, ПГ $\pm 5$ ГПа | Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13                                                                                                                                                        |
| 8.1                  | Весы и компараторы для взвешивания подвешиваемой массы с точностью не более $\pm 0,5$ % от взвешиваемой массы                                                                                                                                                                              | Компаратор МСМ 1005 (рег. № 63932-16) (при взвешивании от 2 до максимального предела измерений компаратора)<br>Весы прецизионные HWI34000 (14597-03) (от 300 г до максимального предела измерений весов) |

4.3 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, поверенные средства измерений утвержденного типа, обеспечивающие требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

## 5. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, установленные в ГОСТ 12.1.019-2017, ГОСТ 12.2.091-2012 и эксплуатационной документации фирмы-изготовителя.

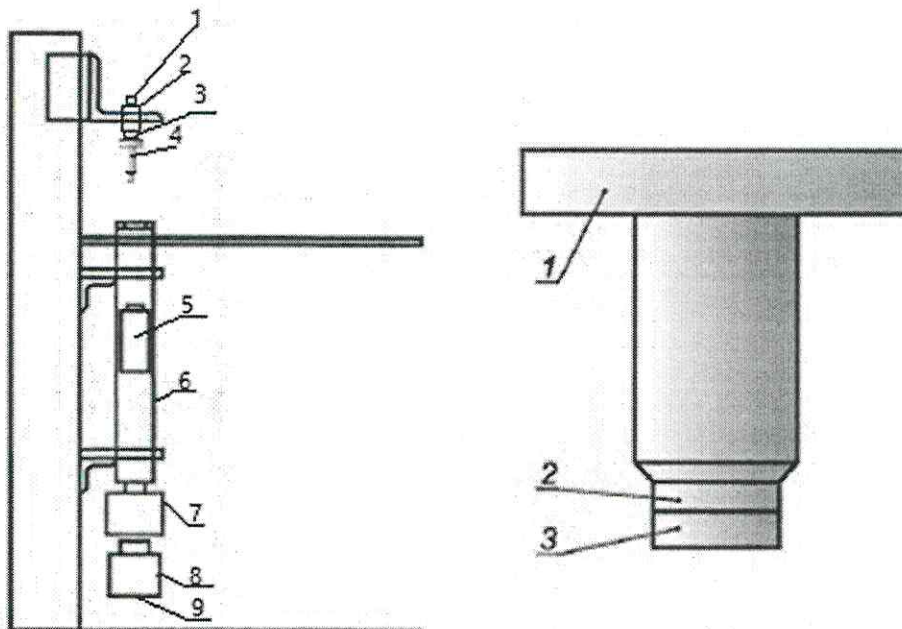
## 6. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

6.1. При внешнем осмотре устанавливают соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа, комплектности и маркировки, а также отсутствие механических повреждений корпусов, соединительных кабелей и разъемов.

6.2. В случае несоответствия хотя бы одному из выше указанных требований, датчик силы считается непригодным к применению, поверка не производится до устранения выявленных замечаний.

## 7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении поверки датчиков силы собрать схему согласно рисунку 1.



Установка 9155-525

Наковальня

1 – эталонный акселерометр;  
2 – дополнительная масса; 3 – поверяемый датчик силы; 4 – наковальня с прокладками;  
5 – поршень; 6 – цилиндр; 7 – клапан; 8 – регулятор; 9 – источник сжатого воздуха

1 – наковальня; 2 – резиновая прокладка;  
3 – войлочная прокладка

Рисунок 1 – Структурная схема проведения поверки датчиков силы.

Определить суммарную массу (далее – нагрузочная масса) элемента 2 (дополнительная масса) и элемента 1 (эталонного акселерометра) в сборе. Нагрузочная масса должна быть не менее 400 г.

7.2 Опробование датчиков силы провести путем выполнения следующих операций.

Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Воспроизвести ударное ускорение, соответствующее середине диапазона измерений ударной силы (расчитывается по формуле (1)). На мониторе установки для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155-525 убедиться в наличии сигнала полусинусоидальной формы от поверяемого преобразователя.

## 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

8.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования, отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и определение приведенной к верхнему пределу диапазона измерений погрешности измерений.

Измерения проводятся методом косвенных измерений при помощи эталонного ударного акселерометра.

Воспроизводимое значение ударного ускорения в  $i$ -й задаваемой точке динамической силы для поверяемого датчика силы определяют по формуле (1).

$$a_i = \frac{F_i}{m}, \text{ м/с}^2 \quad (1)$$

где:  $m$  –нагрузочная масса (дополнительная масса совместно с эталонным акселерометром), кг;  $F_i$  – заданное значение силы, Н.

8.1.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Воспроизвести не менее чем в 8 точках диапазона измерения от  $10\% \cdot V_{\text{пр. из.}}$  ( $V_{\text{пр. из.}}$  – верхний предел измерения силы поверяемого датчика силы) до  $V_{\text{пр. из.}}$ , определяя в каждой точке действительное значение коэффициента преобразования датчика силы по ускорению. В каждой точке определять не действительное значение коэффициента преобразования датчика силы по ускорению не менее чем пять раз. За измеренное значение коэффициента преобразования датчика силы по ускорению берется среднее измеренное значение, из всех измерений проводимых в данной точке.

8.1.2 Поставить дополнительную массу снизу (закрепить непосредственно на наковальне), сверху закрепить эталонный акселерометр, поверх которого закрепить поверяемый датчик силы на верхней поверхности эталонного акселерометра для определения действительного значения коэффициента преобразования по ускорению без влияния нагрузочной массы.

Воспроизвести те же точки ударного ускорения, как в п.8.1.1.

Рассчитать значение коэффициента преобразования по силе в каждой точке в соответствии с формулой (2):

$$K_{if} = \frac{K_{a.m} - K_{a.b.m.}}{m \cdot a}, \text{ мВ(пКл)/Н} \quad (2)$$

где:  $K_{a.m.}$  – коэффициент преобразования по ускорению полученный с нагрузочной массой на установке 9155-525, мВ(пКл)/(м·с<sup>-2</sup>);

$K_{a.b.m.}$  – коэффициент преобразования по ускорению полученный без нагрузочной массы на установке 9155-525, мВ(пКл)/(м·с<sup>-2</sup>);

$m$  – нагрузочная масса, кг;

$a$  – задаваемое значение ускорения, м/с<sup>2</sup>.

За действительное значение коэффициента преобразования  $K_d$  принимается среднее значение коэффициента из  $i$  измерений, рассчитанное по п.8.1.1. Отклонение коэффициента преобразования от номинального значения  $K_n$  рассчитывают по формуле (3):

$$\partial = \frac{K_d - K_n}{K_n} \times 100, \% \quad (3)$$

Измеренное значение силы в  $i$ -й точке рассчитывается по формуле (4):

$$F_{\text{изм}} = \frac{K_{if} \cdot m \cdot a_i}{K_d}, \text{ Н} \quad (4)$$

где:

$K_{if}$  – коэффициент преобразования при  $i$ -м значении виброускорения по формуле (2)

$m$  – нагрузочная масса, кг

$a_i$  – задаваемое значение ускорения в  $i$ -ой точке, м/с<sup>2</sup>.

Приведенную погрешность в каждой точке измерений рассчитать по формуле (5):

$$\partial_i = \frac{F_{\text{изм}} - m \cdot a_i}{F_{\text{в.п.}}} \cdot 100, \% \quad (5)$$

где:  $F_{\text{изм}}$  — измеренное значение силы по формуле (4);

$m$  — нагрузочная масса, кг;

$a_i$  — задаваемое значение ускорения в  $i$ -ой точке,  $\text{м/с}^2$ ;

$F_{\text{в.п.}}$  — верхний предел измерения силы поверяемого датчика, Н.

Определить максимальное значение по формуле (5) из  $i$  измерений.

Допускается при проведении поверки при необходимости использовать несколько различных масс разного номинала. Нагрузочную массу следует выбирать из расчета минимального ударного ускорения, регистрируемого регистратором ударных импульсов\*.

\* Например, для регистрирующей аппаратуры из состава установки для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155-525 (рег. № 68875-17) минимальное значение регистрируемого ударного ускорения составляет  $196 \text{ м/с}^2$ , в соответствии с этим минимальная масса рассчитывается из 2-го закона Ньютона ( $m=F/a$ ), желательно подбирать массу таким образом, что бы исходя из диапазона измерений ударного ускорения регистратора можно было реализовать весь диапазон измерений поверяемого датчика силы.

При проведении поверки необходимо выставлять фильтры низких частот таким образом, чтобы выходной сигнал с эталонного акселерометра и поверяемого датчика имели форму полусинуса в соответствии с рисунком 2.

Фильтр нижних частот необходимо выставлять на установке для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155-525 таким образом. Чтобы сигнал соответствовал рисунку 2.

Для датчиков силы с нагрузочными гайками: 4C102НВ-25; 4C102НВ-2,5; 4V102НВ-25; 4V102НВ-2,5; С103НВ-50; 4V103НВ-50; 4V103НВ-25; 4V104НВ-100, 4C104НВ-100 необходимо выдерживать момент затяжки, приведенный в паспорте на данные датчики. Для данных датчиков, при определении коэффициента преобразования, масса нагрузочных гаек не учитывается. Нагрузочная масса ставится поверх нагрузочной гайки, а при определении коэффициента без массы, коэффициент определяется с нагрузочной гайкой.

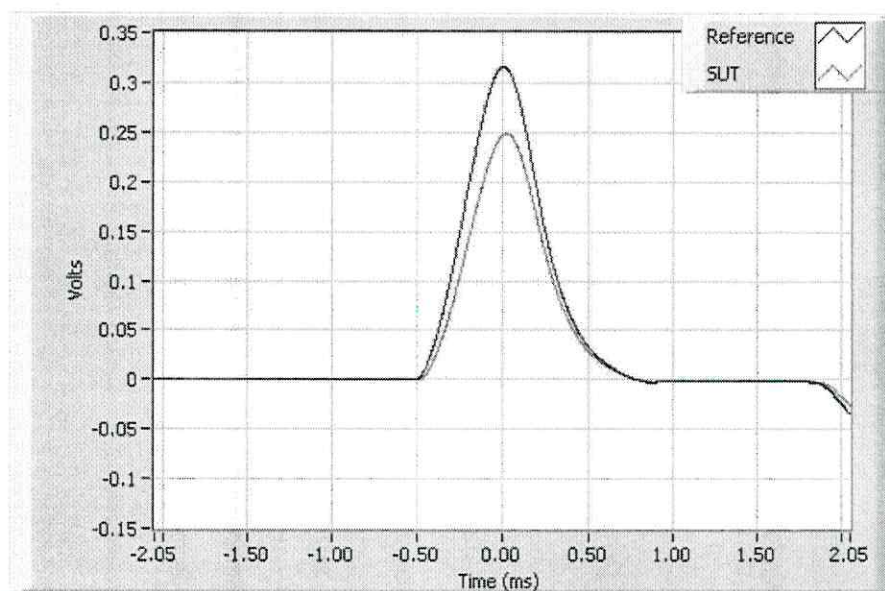


Рисунок 2 – Правильная форма сигнала с выхода эталонного акселерометра и датчика силы при проведении поверки.

## 8.2 Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям

Датчики силы считаются прошедшими поверку если отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения полученное в п. 8.1 не превышает  $\pm 20\%$  и максимальная приведенная погрешность измерений по п. 8.1 не превышает:

|                                                                                                                                       |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| - для модификаций 4V101НВ-0,5; 4V105НВ-5;<br>4C101НВ-5; 4C102НВ-2,5; 4C105НВ-22; 4V102НВ-<br>2,5; 4V105НВ-2,5; 4V101НВ-5; 4C105НВ-2,5 | $\pm 2,5 \%$  |
| - для модификаций 4V104НВ-100; 4C104НВ-100                                                                                            | $\pm 12,5 \%$ |
| - для модификаций 4V103НВ-25; 4V102НВ-25;<br>4V105НВ-25; 4C102НВ-25                                                                   | $\pm 3,0 \%$  |
| - для модификаций 4C103НВ-50, 4V103НВ-50                                                                                              | $\pm 6,0$     |

## 9. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Датчик силы, прошедший поверку с положительным результатом, признается пригодным к эксплуатации и допускаются к применению.

9.2 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений.

9.3. При отрицательных результатах поверки в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ на датчик силы оформляется извещение о непригодности к применению.

9.4 Результаты поверки датчика силы передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник отдела 204



А.Г. Волченко