

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

СОГЛАСОВАНО  
Генеральный директор  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А.Н. Пронин

«27» января 2022 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Датчики силоизмерительные КДН-6

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 2301-0331-2022

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

  
И.Ю. Шмигельский

Научный сотрудник

  
Е.С. Тихомирова

г. Санкт-Петербург  
2022 г.

## 1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на датчики силоизмерительные ДНК-6 (далее – датчики) производства Vishay Nobel AB, Швеция и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость поверяемых датчиков к государственному первичному эталону единицы силы ГЭТ 32-2011.

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки: прямое измерение воспроизводимой эталоном величины, подвергаемым поверке датчиков.

Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

При пользовании настоящей методикой поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей ссылку.

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7	Да	Да
Опробование	8	Да	Да
Определение составляющих погрешности, связанных с воспроизводимостью и повторяемостью показаний датчиков, $b$ и $b'$	9.2.1	Да	Да
Определение составляющей погрешности, связанной с дрейфом нуля, $f_0$	9.2.2	Да	Да
Определение составляющей погрешности, связанной с гистерезисом или определение составляющей погрешности, связанной с ползучестью.	9.2.3	Да	Да
Определение составляющей погрешности, связанной с интерполяцией	9.2.4	Да	Да
Определение относительной погрешности измерений силы	9.2.5	Да	Да

## 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 Операции по всем пунктам настоящей методики проводить при следующих условиях испытаний:

- температура окружающего воздуха, °С ..... от +15 до +35

- относительная влажность, % ..... от 45 до 80

## 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 Сотрудники, проводящие поверку, должны иметь высшее или среднее техническое образование и опыт работы в соответствующей области измерений, должны изучить правила работы с поверяемым средством измерений и обладать соответствующей квалификацией для работы со средствами поверки и вспомогательным оборудованием.

## 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
7-8	-
9	Рабочие эталоны 1-го разряда единицы силы с пределами допускаемой относительной погрешности не более $\delta = 0,16 \%$

Примечание: Допускается применение аналогичных средств поверки не приведенных в перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

### 6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на поверяемые датчики, а также на используемые средства поверки и вспомогательное оборудование.

### 7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие датчика следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида описанию типа СИ;
- отсутствие видимых повреждений корпуса;
- наличие и сохранность всех надписей маркировки.

Результаты внешнего осмотра признают положительными, если внешний вид соответствует описанию типа СИ.

### 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением измерений датчик нагрузить три раза максимальной нагрузкой. Продолжительность каждого предварительного нагружения должна составлять от 1 минуты до 1,5 минут.

### 9 Определение метрологических характеристик

9.1 Нагружают датчик от НмПИ до НПИ двумя сериями эталонных сил только с возрастающими значениями, при одном положении датчика в рабочем пространстве эталонной машины. Регистрируют соответствующие показания датчика  $X_1, X_2$ .

Затем нагружают и разгружают датчик двумя рядами силы с возрастающими и убывающими значениями в положениях с поворотом на  $120^0$  и  $240^0$  (рисунок 1) относительно первоначального положения. Регистрируют соответствующие показания датчика  $X_3, X_5$  (при нагружении) и  $X'_4, X'_6$  (при разгрузении).

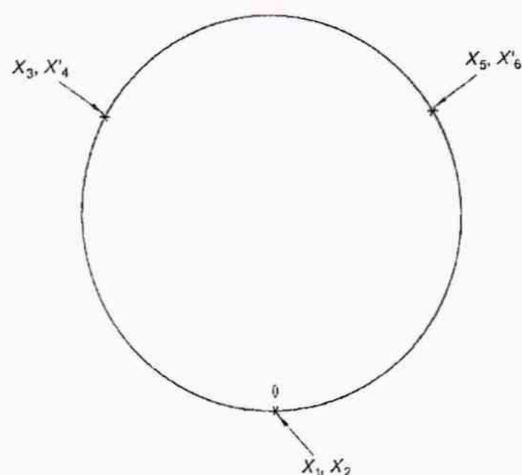


Рисунок. 1

Каждый ряд нагружения (разгружения) должен содержать не менее восьми ступеней, по возможности, равномерно распределенных по диапазону измерений датчика.

Следует соблюдать временной интервал не менее 3-х минут между последовательными рядами нагружки.

После полного разгружения датчика следует регистрировать его нулевые показания после ожидания в течение, по крайней мере, 30 секунд.

Не менее 1 раза за время поверки датчик должен быть разъединен с переходными деталями и заново собран. Рекомендуется делать это между вторым и третьим рядами нагружения.

Если датчик применяют только для возрастающей нагружки, то при испытании определяют вместо гистерезиса характеристику ползучести. При этом записывают показания на 30 с и 300 с после приложения максимальной нагружки, в каждом из режимов приложения силы. Если ползучесть измеряется при нулевой силе, датчик должен быть предварительно нагружен максимальной силой и выдержан под нагружкой в течение 60 с. Испытание на ползучесть может проводиться в любое время после предварительной нагружки.

## 9.2 Обработка результатов измерений

9.2.1 Определение составляющих погрешности, связанных с воспроизводимостью и повторяемостью показаний датчиков,  $b$  и  $b'$ .

Эти составляющие погрешности рассчитываются для каждой ступени прикладываемой силы при вращении датчика ( $b$ ) и без вращения ( $b'$ ), с помощью следующих уравнений:

$$b = \left| \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\bar{X}_r} \right| \cdot 100\%$$

$$\text{где } \bar{X}_r = \frac{X_1 + X_3 + X_5}{3}$$

$$b' = \left| \frac{X_2 - X_1}{\bar{X}_{wr}} \right| \cdot 100\%$$

$$\text{где } \bar{X}_{wr} = \frac{X_1 + X_2}{2}$$

9.2.2 Определение составляющей погрешности, связанной с дрейфом нуля,  $f_0$ .

До и после каждой серии испытаний следует записывать показания без нагружки. Нулевое показание следует регистрировать примерно через 30 секунд после того, как нагружка полностью снята.

Составляющая погрешности, связанная с дрейфом нуля рассчитывается по формуле:

$$f_0 = \frac{i_f - i_0}{X_N} \cdot 100\%$$

где  $i_0$  и  $i_f$  - показания датчика до приложения нагружки и после разгружения соответственно;

$X_N$  - показания датчика при максимальной нагружке.

9.2.3 Определение составляющей погрешности, связанной с гистерезисом или определением составляющей погрешности, связанной с ползучестью.

9.2.3.1 Определение составляющей погрешности, связанной с гистерезисом

Составляющая погрешности, связанная с гистерезисом определяется при сериях нагружения с возрастающими силами и затем с уменьшающимися силами.

Разность между значениями, полученными для обеих серий с возрастающими силами и с убывающими силами, позволяет рассчитать составляющую относительной погрешности, связанную с гистерезисом, используя следующие уравнения:

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

$$\text{где } v_1 = \left| \frac{X'_4 - X_3}{X_3} \right| \cdot 100\%, \quad v_2 = \left| \frac{X'_6 - X_5}{X_5} \right| \cdot 100\%$$

### 9.2.3.2 Определение составляющей погрешности, связанной с ползучестью

Рассчитать разницу выходного сигнала  $i_{30}$ , полученного на 30 с и  $i_{300}$ , полученного на 300 с после приложения или снятия максимальной силы, выразить эту разницу в процентах от максимального отклонения по формуле:

$$c = \left| \frac{i_{300} - i_{30}}{X_N} \right| \cdot 100\%$$

### 9.2.4 Определение составляющей погрешности, связанной с интерполяцией.

Для каждой ступени нагружения относительную погрешность интерполяции рассчитывают по формуле:

$$f_c = \frac{\bar{X}_r - X_a}{X_a} \cdot 100\%$$

где  $\bar{X}_r$  по п. 9.2.1;

$X_a$  - значение, рассчитанное по градуировочной характеристике  $X_a = X_a(F_i)$ , где  $F_i$  - приложенная эталонная сила.

9.2.5 Доверительная относительная погрешность, т.е. интервал, в котором с вероятностью 0,95 лежит значение погрешности оценивается по формуле:

$$f_c \pm W$$

где  $f_c$  - максимальное полученное значение относительной погрешности градуировочной характеристики;

$W$  - относительная расширенная неопределенность определения погрешности градуировочной характеристики датчика рассчитанная для каждой нагрузки по формуле:

$$W = k \cdot w_c$$

$$w_c = \sqrt{w_1^2 + w_2^2 + w_3^2 + w_4^2 + w_5^2 + w_6^2}$$

где  $k = 2$ , для уровня доверия 0,95;

$w_1$  - относительная стандартная неопределенность, связанная с приложенной эталонной силой;

$$w_2 = \frac{1}{|\bar{X}_r|} \cdot \sqrt{\frac{1}{6} \cdot \sum_{i=1,3,5} (X_i - \bar{X}_r)^2} \cdot 100\% - \text{относительная стандартная неопределенность,}$$

связанная с воспроизводимостью результатов измерений;

$$w_3 = \frac{b'}{\sqrt{3}} - \text{относительная стандартная неопределенность, связанная с повторяемостью}$$

результатов измерений;

$$w_4 = \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot \frac{r}{F} \cdot 100\% - \text{относительная стандартная неопределенность, связанная с разре-}$$

шающей способностью индикатора, где  $F$  - показания при приложенной нагрузке,  $r$  - разрешающая способность, равная дискретности отсчетного устройства;

$$w_5 = \frac{v}{3\sqrt{3}} - \text{относительная стандартная неопределенность, связанная с гистерезисом,}$$

учитывается, если испытания датчика проводилась при возрастающей и убывающей нагрузках;

$$w_6 = \frac{c}{\sqrt{3}} - \text{относительная стандартная неопределенность, связанная с ползучестью, учи-}$$

тывается, если испытания датчика проводилась только при возрастающей нагрузке;

$w_6 = f_0$  – относительная стандартная неопределенность, связанная с дрейфом нуля.

Полученный интервал не должен выходить за пределы относительной погрешности  $\pm 0,5\%$ , что выражается неравенством:

$$|f_c| + W \leq \delta ,$$

где  $\delta$  – пределы относительной погрешности, %

### 10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Датчик соответствует метрологическим требованиям, установленным в описании типа, если метрологические характеристики соответствуют указанным в таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение									
	20	50	100	200	300	400	500	1000	2000	
Наибольший предел измерений, кН	2	5	10	20	30	40	50	100	200	
Наименьший предел измерений, кН										
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений силы, %	±0,5									
Предельное значение составляющей погрешности, связанной с воспроизводимостью показаний ( $b$ ), %	0,1									
Предельное значение составляющей погрешности, связанной с повторяемостью показаний ( $b_j$ ), %	0,1									
Предельные значения составляющей погрешности, связанной с градуировочной характеристикой ( $f_c$ ), %	±0,25									
Предельные значения составляющей погрешности, связанной с дрейфом нуля ( $f_0$ ), %	±0,035									
Предельное значение составляющей погрешности, связанной с гистерезисом ( $v$ ), %	0,2									
Предельное значение составляющей погрешности, связанной с ползучестью ( $c$ ), %	0,1									

### 11 Оформление результатов поверки

11.1 Положительные результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявке заказчика, положительные результаты поверки можно дополнительно оформлять выдачей свидетельства о поверке.

11.2 Отрицательные результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.