


Федеральное государственное унитарное предприятие  
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
имени профессора Н.Е. Жуковского»  
ФГУП «ЦАГИ»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отделения измерительной  
техники и метрологии -

главный метролог ФГУП «ЦАГИ»

 В.В. Петровевич

«12» апреля 2021 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Датчики силоизмерительные тензорезисторные  
ALT Sensor LCS

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 4.28.020-2021

Заместитель начальника НИО-7

 А.И. Самойленко

Начальник сектора № 3 НИО-7

 С.В. Дыцков

Инженер ФГУП «ЦАГИ»

 А.А. Колпаков

г. Жуковский  
2021 г.

## 1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на Датчики силоизмерительные тензорезисторные ALT Sensor LCS (далее – датчики силы), производства «Anhui Zhimin Electrical Technology Co., Ltd., КНР» и устанавливает методику его первичной и периодической поверки.

Настоящая методика поверки разработана в соответствии с требованиями Приказа № 2907 от 28.08.2020 «Об утверждении порядка установления и изменения интервала между поверками средств измерений, порядка установления, отмены методик поверки и внесения изменений в них, требований к методикам поверки средств измерений».

Поверяемые средства измерений прослеживаются к Государственному первичному эталону (ГЭТ32-2011) единицы силы в соответствии с Приказом Росстандарта № 2498 от 22.10.2019 г. «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы».

Интервал между поверками – 12 месяцев.

## 2 Перечень операций поверки средств измерений

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

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1. Внешний осмотр	6	да	да
2. Подготовка к поверке и опробование	7	да	да
3. Определение метрологических характеристик	8	да	да
4. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	9	да	да
5. Оформление результатов поверки	10	да	да

2.1 Проведение поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средств измерений, для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений не предусмотрено.

2.2 При получении отрицательного результата при проведении любой из операций, приведенной в таблице 1, поверка должна быть прекращена.

## 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

Температура воздуха, °С ..... от 15 до 25

Изменение температуры в течение поверки, °С ..... не более 2

Относительная влажность воздуха, %, не более ..... 80

Напряжение сети переменного тока, В .....  $220 \pm 22$

Частота сети, Гц .....  $50 \pm 0,2$

#### 4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяются средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование типа (условное обозначение) средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
7	Машины силовоспроизводящие 1-го разряда согласно государственной поверочной схеме для средств измерений силы, утвержденной приказом росстандарта № 2498 от 22 октября 2019 г.
7	Аппаратура тензометрическая АИСТ МС-6 (рег. № 79841-20), диапазон измерений коэффициента преобразования $\pm 3$ мВ/В, предел допускаемой приведенной погрешности к верхнему пределу измерений $\pm 0,002$ %.

Примечания:

Допускается применять средства поверки, не приведенные в перечне, но обеспечивающие определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью. Суммарное значение соотношения погрешности применяемых средств поверки и поверяемых средств измерений должно быть не более 1/3.

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

5.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности ГОСТ 12.3.019-80 и требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на поверяемые датчики, а также на используемое поверочное, испытательное и вспомогательное оборудование.

#### 6 Внешний осмотр

6.1 При внешнем осмотре проверяют комплектность поверяемых датчиков, отсутствие видимых повреждений, наличие необходимой маркировки, соответствие внешнего вида требованиям эксплуатационной документации и ее соответствие утвержденному типу.

#### 7 Подготовка к поверке и опробование

7.1 Поверяемые датчики силы и средства поверки следует подготовить к работе в соответствии с технической документацией на них.

7.2 Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке (об аттестации), сертификатов о калибровке или отметок о поверке (калибровке).

7.3 Выдержка датчиков силы при температуре по 3.1 должна быть не менее 6 ч., если он находился в климатических условиях, отличающихся от нормальных.

7.4 Временные интервалы между двумя последовательными нагружениями должны быть по возможности одинаковыми.

7.5 Регистрировать показания следует не ранее, чем через 30 секунд от начала измерения силы.

##### 7.6 Опробование

7.6.1 При опробовании проверяют соответствие функционирования датчиков требованиям эксплуатационной документации.

## 8 Определение метрологических характеристик

Перед проведением измерений датчик устанавливают в силовоспроизводящую машину и нагружают максимальной силой в заданном режиме (растяжение или сжатие) и выдерживают в течении 30 минут.

Подключают датчик силы к усилителю измерительному в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1.

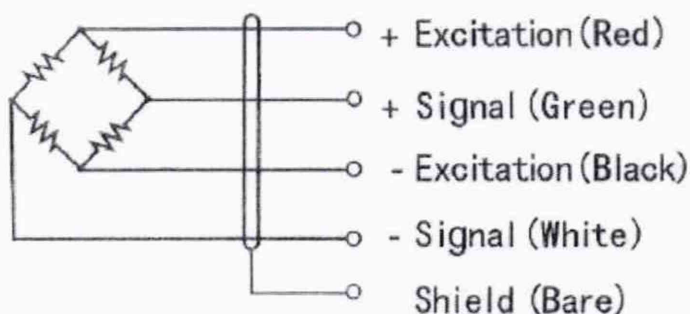


Рисунок 1 – Схема подключения датчика силы

Соединение		Цвет провода
Напряжение питания (+)	EXC+	красный
Напряжение питания (-)	EXC-	черный
Измерительный сигнал (+)	SIG+	зеленый
Измерительный сигнал (-)	SIG-	белый
Экранирование	SHIELD	-

Нагружают датчик 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  $120^\circ$  и  $240^\circ$  (рисунок 2) относительно первоначального положения. Регистрируют соответствующие показания датчика  $X_3, X_5$  (при нагружении) и  $X_4, X_6$  (при разгрузке).

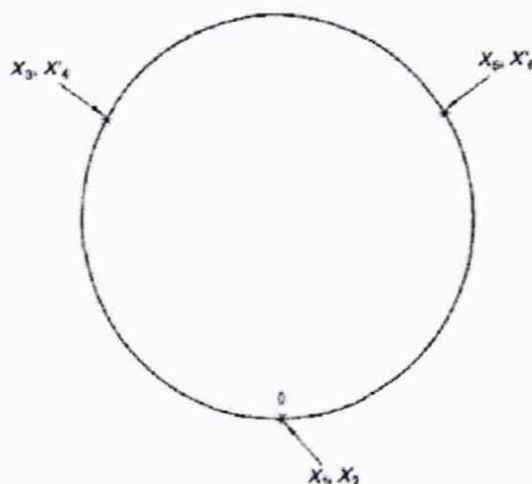


Рисунок 2

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

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

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

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

## 9 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение приведенной погрешности измерений силы, связанных с воспроизводимостью и повторяемостью показаний,  $b$  и  $b'$ .

Погрешность рассчитывается для каждой ступени прикладываемой силы при вращении датчика ( $b$ ) и без вращения ( $b'$ ), с помощью следующих уравнений:

$$b = \left| \frac{X_{max} - X_{min}}{\bar{X}_{Nr}} \right| \times 100 \%$$

где  $X_{max}$  и  $X_{min}$  – максимальное и минимальное значения выходного сигнала в положениях  $X_1$ ,  $X_3$  и  $X_5$  на данной ступени нагружения, мВ/В;

$\bar{X}_{Nr} = \frac{X_1 + X_3 + X_5}{3}$  – среднее значение выходного сигнала в положениях  $X_1$ ,  $X_3$  и  $X_5$  при верхнем пределе измерений, мВ/В.

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

где  $\bar{X}_{Nwr} = \frac{X_1 + X_2}{2}$  – среднее значение выходного сигнала в положениях  $X_1$  и  $X_2$  при ВПИ, мВ/В.

Результаты поверки считаются положительными, если значения приведенных погрешностей измерений силы, связанные с воспроизводимостью и повторяемостью показаний, не выходят за пределы:

- $\pm 0,13 \%$  для датчиков силы с верхним пределом измерений до 1 МН;
- $\pm 0,24 \%$  для датчиков силы с верхним пределом измерений свыше 1 МН.

9.2 Определение приведенной погрешности измерений силы, связанной с дрейфом нуля,  $f_0$ .

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

Приведенная погрешность, связанная с дрейфом нуля, рассчитывается по формуле:

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

где  $i_0$  и  $i_f$  – значения выходного сигнала до приложения нагрузки и после разгрузки соответственно, мВ/В;

$X_N$  – значение выходного сигнала при ВПИ, мВ/В.

Результаты поверки считаются положительными, если значения приведенной погрешности измерений силы, связанной с дрейфом нуля, не выходят за пределы

- $\pm 0,13 \%$  для датчиков силы с верхним пределом измерений до 1 МН;
- $\pm 0,24 \%$  для датчиков силы с верхним пределом измерений свыше 1 МН.

9.3 Определение приведенной погрешности измерений силы, связанной с гистерезисом,  $v$ .

Приведенная погрешность, 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 погрешности, связанную с гистерезисом, используя следующие уравнения:

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

$$\text{где } v_1 = \left| \frac{X'_4 - X_3}{X_{N3}} \right| \times 100 \%, \quad v_2 = \left| \frac{X'_6 - X_5}{X_{N5}} \right| \times 100 \%;$$

$X_{N3}$  – значение выходного сигнала в положении  $X_3$  при ВПИ, мВ/В;

$X_{N5}$  – значение выходного сигнала в положении  $X_5$  при ВПИ, мВ/В.

Результаты поверки считаются положительными, если значения приведенной погрешности измерений силы, связанной с гистерезисом, не выходят за пределы:

- $\pm 0,13 \%$  для датчиков силы с верхним пределом измерений до 1 МН;
- $\pm 0,24 \%$  для датчиков силы с верхним пределом измерений свыше 1 МН.

9.4 Определение приведенной погрешности измерений силы, связанной с ползучестью,  $s$ .

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:

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

Результаты поверки считаются положительными, если значения приведенной погрешности измерений силы, связанной с ползучестью, не выходят за пределы:

- $\pm 0,13 \%$  для датчиков силы с верхним пределом измерений до 1 МН;
- $\pm 0,24 \%$  для датчиков силы с верхним пределом измерений свыше 1 МН.

9.5 Определение приведенной погрешности измерений силы, связанной с интерполяцией,  $f_c$ .

Для каждой ступени нагружения относительную погрешность градуировочной характеристики рассчитывают по формуле:

$$f_c = \frac{\bar{X}_r - X_a}{X_{Na}} \times 100 \%,$$

где  $\bar{X}_r$  – среднее значение выходного сигнала в положениях  $X_1$ ,  $X_3$  и  $X_5$  на данной ступени нагружения, мВ/В;

$X_a$  – значение, рассчитанное по градуировочной характеристике  $X_a = kF + b$ , где  $k$  – коэффициент чувствительности, мВ/В,  $F$  – отношение приложенной нагрузки к номинальной  $F_i/F_{ном}$ ,  $b$  – свободный член, мВ/В;

$X_{Na}$  – максимальное значение, рассчитанное по градуировочной характеристике.

Результаты поверки считаются положительными, если значения приведенной погрешности измерений силы, связанной с интерполяцией, не выходят за пределы:

- $\pm 0,13 \%$  для датчиков силы с верхним пределом измерений до 1 МН;
- $\pm 0,24 \%$  для датчиков силы с верхним пределом измерений свыше 1 МН.

Примечание: полученные значения отклонений характеризуют временную нестабильность показаний датчика за интервал между поверками.

## **10 Оформление результатов поверки**

Результаты поверки датчиков силы подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средств измерений или лица, представившего его на поверку, на средство измерений:

- при положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке и (или) знак поверки ставится в паспорт.

- при отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

Результаты поверки заносят в протокол. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в Приложении А.



