

СОГЛАСОВАНО
Заместитель руководителя ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»



В.А. Лапшинов

«24» января 2024 г.

ГСИ. Преобразователи линейных перемещений KTSL(НАС)

Методика поверки

МП-782/01-2024

1. Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи линейных перемещений КТSL(НАС) (далее – преобразователи), изготавливаемые ООО «КТС» г. Москва, и устанавливает объем и методы их первичной и периодической поверки.

Преобразователи до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, в процессе эксплуатации – периодической поверке.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение			
	B1	S	R	F
Модификация				
Нижний предел измерений линейных перемещений, мм	0	0	0	0
Верхний предел измерений линейных перемещений, мм	от 25 до 5500 ¹⁾	от 25 до 5500 ¹⁾	от 25 до 5500 ¹⁾	от 50 до 25000 ¹⁾
Допускаемая приведенная к верхнему пределу измерений погрешность измерений линейных перемещений, %	$\pm 0,01\%$ но не менее 50 мкм			

¹⁾ Фактический верхний предел измерений преобразователя указывается в паспорте

Метрологические характеристики поверяемых преобразователей подтверждаются методом непосредственного сличения линейных перемещений.

Определение метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивает передачу единицы длины методом прямых измерений преобразователям с диапазоном измерений до 2000 мм включительно от рабочего эталона 4-го разряда – мер длины концевых плоскопараллельных, преобразователям с диапазоном измерений свыше 2000 мм от рабочего эталона 3-го разряда – ленты измерительной, и от рабочего эталона 2-го разряда – измерителем линейных перемещений лазерным, в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «29» декабря 2018 г. № 2840, чем обеспечивается прослеживаемость единиц величин поверяемого средства измерений к следующему Государственному первичному эталону (далее – ГПЭ):

ГЭТ2-2021 – ГПЭ единицы длины – метра.

2. Перечень операций поверки средств измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок выполняют операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Контроль условий поверки	Да	Да	8.1
Опробование	Да	Да	8.2
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	Да	Да	9
Определение диапазона измерений и приведенной к верхнему пределу измерений погрешности линейных перемещений	Да	Да	9.1
Оформление результатов поверки	Да	Да	10

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающей среды, °C от плюс 15 до плюс 25;
- относительная влажность, %, не более 90, без конденсации.

Примечание: при проведении измерений условия окружающей среды средств поверки (эталонов) должны соответствовать требованиям, приведённым в их эксплуатационной документации.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, ознакомившиеся с настоящей методикой поверки и с эксплуатационной документацией на преобразователи и средства поверки и работающие в организации, аккредитованной на право проведения поверки средств измерений.

4.2 Поверители обязаны иметь профессиональную подготовку и опыт работы с преобразователями, а также обязаны знать требования настоящей методики.

4.3 Для проведения поверки преобразователя достаточно одного поверителя.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки должны применяться средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства измерений и вспомогательное оборудование

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от плюс 15 до плюс 25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 0 до 90 % с погрешностью не более 2 %	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7 (рег. № 71394-18)
п. 9.1 Определение диапазона измерений и приведенной к верхнему пределу измерений погрешности линейных перемещений	Рабочие эталоны 4-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «29» декабря 2018 г. № 2840 – меры длины концевые плоскопараллельные, наборы № 2, 9, границы абсолютных погрешностей $\pm(0,2+2 \cdot L)$ мкм, где L – длина, м;	Меры длины концевые плоскопараллельные Туламыш, (рег. № 51838-12)
	Рабочие эталоны 3-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «29» декабря 2018 г. № 2840 – лента измерительная, диапазон измерений от 0,001 до 6 м, границы абсолютных погрешностей $\pm(20+30 \cdot L)$ мкм, где L – длина, м;	Ленты измерительные эталонные 3-го разряда, (рег. № 36469-07)
	Лупа с кратностью не менее 5×;	Лупы измерительные ЛИ-3-10×, (рег. № 429-73)
	Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2018 г. № 2840 – измерители линейных перемещений лазерные, диапазон измерений (10...10000) мм, допускаемая абсолютная погрешность измерений перемещений не более $\pm(10 \cdot L)$ мкм, где L – измеряемое перемещение, м;	Системы лазерные измерительные XL-80 (Рег. № 35362-13)
	Средство измерений силы постоянного тока от 0 до 24 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения $\pm 0,01$ мА	Мультиметр 3458А, рег. № 25900-03
	Средство измерений напряжения постоянного тока от 0 до 10 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения $\pm 0,01$ В	

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Средство воспроизведения напряжения 12 (24) В (- 15 / +20) %, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока $\pm 0,1$ В	Источник питания постоянного тока GPR-73060D, рег. № 55898-13
Примечания: 1) Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть аттестованы или поверены в установленном порядке. Все средства измерений, применяемые при поверке, должны быть утвержденного типа и поверены в установленном порядке. 2) Допускается применение иных средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.		

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки, меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности согласно эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений, средства поверки, правилам по технике безопасности, которые действуют на месте проведения поверки.

7. Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие средства измерений следующим требованиям:

- внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- маркировки требованиям эксплуатационной документации;
- к отсутствию механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики изделия;
- комплектности, необходимой для проведения измерений, в соответствии с руководством по эксплуатации.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений).

Перед проведением работ средство измерений и эталоны должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них и выдержаны не менее 4 часов при постоянной температуре, в условиях, приведённых в п. 3 настоящей методики.

8.2 Опробование

При опробовании проверить:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединённых деталей и элементов;
- плавность и равномерность движения подвижных частей;
- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей;
- работоспособность всех функциональных режимов и узлов.

Если хотя бы одно из перечисленных требований не выполняется, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции по поверке не производят.

9. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям

9.1 Определение диапазона измерений и приведенной к верхнему пределу измерений погрешности линейных перемещений

Подключить преобразователь линейных перемещений в соответствии со способом и спецификацией электрического подключения, приведенного в Приложении 1 «Подробные

технические характеристики преобразователей KTSL(НАС) по сериям и моделям» документа «Преобразователи линейных перемещений KTSL(НАС). Руководство по эксплуатации». При подключении должны использоваться проводники с сечением от 0,25 до 1,00 мм² с применением кабельных наконечников.

Источником питания постоянного тока подать на схему напряжение в соответствии с требованиями эксплуатационной документации.

9.1.1 Определение метрологических характеристик преобразователей с использованием мер конечных длины и ленты измерительной.

9.1.1.1 Выставить магнит преобразователя в начальное положение, соответствующее выходному сигналу, подводя каретку со стороны положительных показаний преобразователя до тех пор, пока показания преобразователя не окажутся близкими к нулю в пределах погрешности измерения прибора, оставаясь положительными:

- для преобразователей с аналоговым интерфейсом по току - силы электрического тока I_0 , указанному в паспорте преобразователя, $\pm 0,01$ мА, что соответствует нижнему пределу измерений 0 мм;

- для преобразователей с аналоговым интерфейсом по напряжению – напряжению электрического тока U_0 , указанному в паспорте преобразователя, $\pm 0,01$ В, что соответствует нижнему пределу измерений 0 мм;

- для преобразователей с цифровым интерфейсом – показаниям в пределах 0...0,05 мм, что соответствует нижнему пределу измерений, отображаемом в программном обеспечении.

Для этого использовать концевую меру длины (блок концевых мер длины) КМД₀ необходимого размера, установив её в соответствии с рисунком 1.

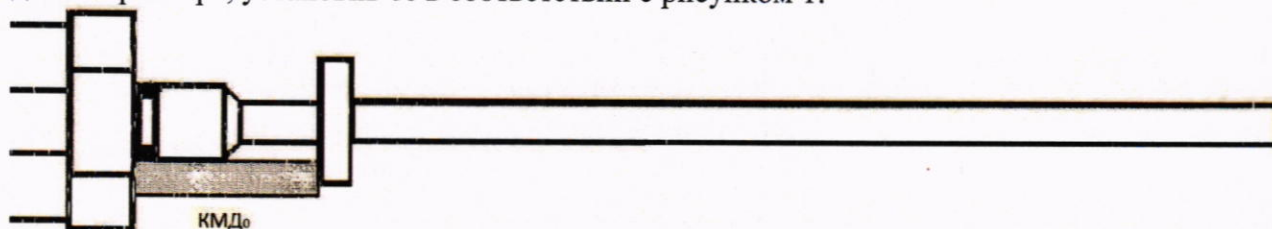


Рисунок 1 – Схема установки КМД₀

9.1.1.2 Необходимо измерить значение перемещения не менее, чем в пяти точках, равномерно расположенных в диапазоне измерений, включая его крайние точки. Для преобразователей с верхним пределом измерений до 2000 мм включительно перемещение задавать с применением концевых мер длины. Для преобразователей с верхним пределом измерений свыше 2000 мм перемещение задавать с применением ленты измерительной эталонной 3-го разряда и компаратора для поверки рулеток, для увеличения точности снятия отсчёта по шкале ленты использовать лупу с кратностью не менее 5×.

9.1.2 Определение метрологических характеристик преобразователей с использованием системы лазерной измерительной XL-80.

Установить преобразователь на направляющую, таким образом, чтобы волновод располагался параллельно направляющей. Магнит закрепить на каретку, которая перемещается вдоль направляющей. При перемещении каретки, магнит должен перемещаться вдоль волновода преобразователя.

Установить и настроить систему XL-80 для измерения перемещения каретки вдоль направляющей, закрепив на каретку отражатель от системы XL-80. Делительная оптика должна быть расположена между интерферометром и отражателем.

Расположить каретку с отражателем примерно в нулевое положение преобразователя в порядке, описанном в п. 9.1.1.1 настоящей методики.

Обнулить показания системы XL-80.

Расположить каретку с отражателем в середину диапазона измерений преобразователя и записать данные с преобразователя и показания системы XL-80.

где $L_{изм}^c$ – значение перемещения в середине диапазона, измеренное преобразователем, мм

$L_{эт}^c$ – значение перемещения в середине диапазона, измеренное системой XL-80, мм

Диапазон измерений поверяемого преобразователя разделить на 5 равных частей.

Перемещая каретку с магнитом вдоль волновода с шагом 1/5 от верхнего предела измерения преобразователя, записывать полученные результаты с системы XL-80 и преобразователя.

Процедуру повторить 3 раза в двух направлениях (прямой и обратный ход).

9.1.3 Определить значение перемещения.

Для преобразователей с аналоговым интерфейсом необходимо мультиметром измерить значение выходного сигнала при заданном перемещении и вычислить значение перемещения по формуле:

Для преобразователей с аналоговым интерфейсом (0...20) мА значение перемещения $L_{изм}$ рассчитывается по формуле:

$$L_{изм} = \frac{L_{max}}{16} \cdot I_{изм}, \quad (1)$$

Для преобразователей с аналоговым интерфейсом (4...20) мА значение перемещения $L_{изм}$ рассчитывается по формуле:

$$L_{изм} = \frac{L_{max}}{16} \cdot (I_{изм} - 4), \quad (2)$$

Для преобразователей с аналоговым интерфейсом (0...5) В значение перемещения $L_{изм}$ рассчитывается по формуле:

$$L_{изм} = \frac{L_{max}}{5} \cdot U_{изм}, \quad (3)$$

Для преобразователей с аналоговым интерфейсом (0...10) В значение перемещения $L_{изм}$ рассчитывается по формуле:

$$L_{изм} = \frac{L_{max}}{10} \cdot U_{изм}, \quad (4)$$

Для преобразователей с аналоговым интерфейсом (-10...+10) В значение перемещения $L_{изм}$ рассчитывается по формуле:

$$L_{изм} = \frac{L_{max}}{20} \cdot (U_{изм} + 10), \quad (5)$$

Для преобразователей с аналоговым интерфейсом (-5...+5) В значение перемещения $L_{изм}$ рассчитывается по формуле:

$$L_{изм} = \frac{L_{max}}{10} \cdot (U_{изм} + 5), \quad (6)$$

где L_{max} – верхний предел измерений преобразователя, мм,

$I_{изм}$ – выходной сигнал преобразователя, мА,

$U_{изм}$ – выходной сигнал преобразователя, В.

Для преобразователей с интерфейсом Modbus, SSI, CANopen, ProfiBUS, Profinet, EtherCAT и Start/Stop значение перемещения $L_{изм}$ считывается непосредственно с преобразователя.

9.1.4 Для определения абсолютной погрешности измерений:

Определить поправку измерения нулевой точки Δ по измерениям в середине диапазона по формуле:

$$\Delta = L_{изм}^c - L_{эт}^c \quad (7)$$

Определить абсолютную погрешность измерений по формуле:

$$D = L_{изм} - L_{эт} - \Delta \quad (8)$$

где $L_{изм}$ – значение перемещений, измеренное преобразователем, мм,

$L_{эт}$ – значение перемещений, заданное с помощью эталонных СИ, мм,

За окончательный результат принять среднее из полученных значений D из всех расчетов абсолютной погрешности измерений в данной точке диапазона.

9.1.5. Определить приведенную погрешность измерений по формуле:

$$\delta = \frac{D}{L_{\max}} \cdot 100\%, \quad (9)$$

где $L_{\max}$ – верхний предел измерений преобразователя, мм.

Проверка диапазона измерений осуществляется одновременно с определением приведенной погрешности измерений методом проведения измерений во всём заявляемом диапазоне.

Значения диапазона и погрешности измерений должны соответствовать значениям, указанным в таблице 1.

10 Оформление результатов поверки

Сведения о результате и объёме поверки средств измерений должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

При положительных результатах поверки средство измерений признается годным к применению.

Выдача свидетельства о поверке средства измерений осуществляется в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений.

Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено. Пломбирование средства измерений не производится.

При отрицательных результатах поверки, средство измерений признается непригодным к применению.

Выдача извещения о непригодности к применению средства измерений с указанием основных причин непригодности осуществляется в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений.

Инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»



С.К. Нагорнов