

СОГЛАСОВАНО
Заместитель руководителя ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»



В.А. Лапшинов

«09» сентября 2023 г.

«ГСИ. Датчики линейных перемещений стержневые MSI.
Методика поверки.»

МП-594/05-2023

г. Чехов
2023 г.

1. Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки датчиков линейных перемещений стержневых MSI (далее – датчики), применяемых в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

В целях обеспечения прослеживаемости поверяемого датчика к государственным первичным эталонам единиц величин необходимо соблюдать требования настоящей методики поверки.

Определение метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивает передачу единицы длины методом прямых измерений датчикам с диапазоном измерений до 2000 мм включительно от рабочего эталона 4-го разряда – мер длины концевых плоскопараллельных, датчикам с диапазоном измерений выше 2000 мм от рабочего эталона 3-го разряда – ленты измерительной, 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.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике поверки.

2. Перечень операций поверки средств измерений

При проведении поверки средств измерений (далее – поверка) должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – 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
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование	Да	Да	8.2
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			9
Определение погрешности измерений линейных перемещений	Да	Да	9.1

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 80, 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

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемое средство измерений, средства поверки, и аттестованные в качестве поверителя средств измерений в установленном порядке. Для проведения поверки достаточно одного поверителя.

5. Метрологические и технические требованиям к средствам поверки

При проведении поверки должны применяться средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

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 °C с абсолютной погрешностью не более 1 °C; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 0 до 80 % с погрешностью не более 2 %	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7 (рег.№ 71394-18)
п. 9.1 Определение погрешности измерений 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 Туламаш, (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)
	Лупы с кратностью не менее 5×;	Лупы измерительные ЛИ-3-10×, (рег. № 429-73)
	Средство измерений силы постоянного тока от 0 до 24 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения $\pm 0,01$ мА	Мультиметр 3458A, рег. № 25900-03
	Средство измерений напряжения постоянного тока от 0 до 10 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения $\pm 0,01$ В	
	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:

- 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.
- 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:

- соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- маркировки требованиям эксплуатационной документации;
- отсутствие механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики изделия;
- комплектность, необходимая для проведения измерений, в соответствии с эксплуатационной документацией.

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

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 средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение погрешности измерений линейных перемещений

9.1.1 Подключить датчик линейных перемещений в соответствии со схемой, приведённой на рисунке Б-1 Приложения Б к настоящему документу. При подключении должны использоваться проводники с сечением от 0,25 до 1,00 мм^2 с применением кабельных наконечников.

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

9.1.3 Выставить магнит датчика в начальное положение, соответствующее выходному сигналу:

- для датчиков с аналоговым интерфейсом по току - силы электрического тока I_0 , указанному в паспорте датчика, $\pm 0,01 \text{ mA}$, что соответствует нижнему пределу измерений 0 мм;
- для датчиков с аналоговым интерфейсом по напряжению – напряжению электрического тока U_0 , указанному в паспорте датчика, $\pm 0,01 \text{ В}$, что соответствует нижнему пределу измерений 0 мм;
- для датчиков с цифровым интерфейсом - 0 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 Б-2 Приложения Б к настоящему документу.

9.1.4 Необходимо измерить значение перемещения не менее, чем в пяти точках, равномерно расположенных в диапазоне измерений, включая его крайние точки. Для датчиков с верхним пределом измерений до 2000 мм включительно перемещение задавать с применением концевых мер длины. Для датчиков с верхним пределом измерений выше 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×.

Пример использования эталонного и вспомогательного оборудования при проведении измерений датчиками приведён на рисунке Б-3 Приложения Б к настоящему документу.

9.1.5 Определить значение перемещения.

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

- для датчиков с аналоговым интерфейсом по току

$$S_{изм.i} = (I_{изм.i} - I_0) \cdot K$$

Где $S_{изм.i}$ – вычисленное значение i-го перемещения, мм;

$I_{изм.i}$ – измеренное значение выходного сигнала i-го перемещения, мА;

I_0 – начальное значение выходного сигнала, мА;

K – коэффициент преобразования, приведённый в паспорте.

- для датчиков с аналоговым интерфейсом по напряжению

$$S_{изм.i} = (U_{изм.i} - U_0) \cdot K$$

Где $S_{изм.i}$ – вычисленное значение i-го перемещения, мм;

$U_{изм.i}$ – измеренное значение выходного сигнала i-го перемещения, В;

U_0 – начальное значение выходного сигнала, В;

K – коэффициент преобразования, приведённый в паспорте.

Для датчиков с цифровым интерфейсом значение перемещения отображается в программном обеспечении SSI клиента, например, «Конфигуратор SSI». (доступно для загрузки на официальном сайте производителя <https://www.msintegra.ru/> в разделе «Продукция» - «Программное обеспечение»).

9.1.6 Определить погрешность измерений линейных перемещений.

Для датчиков модификаций с верхним пределом измерений до 500 мм включительно вычислить абсолютную погрешность измерений линейных перемещений по формуле:

$$\Delta = S_{изм.i} - S_{эт.i}$$

Где $S_{эт.i}$ – действительное значение i-го перемещения, мм;

$S_{изм.i}$ – измеренное значение i-го перемещения, мм;

Для датчиков модификаций с верхним пределом измерений выше 500 мм, вычислить приведённую к диапазону измерений погрешность по формуле:

$$\gamma = \frac{(S_{изм.i} - S_{эт.i})}{D_{изм}} \times 100\%$$

Где $S_{эт.i}$ – действительное значение i-го перемещения, мм;

$S_{izm\cdot i}$ – измеренное значение i-го перемещения, мм;
 D_{izm} – диапазон измерения датчика, мм;

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

Значение погрешности измерения не должно превышать значения, указанного в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике поверки.

10. Оформление результатов поверки

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

10.2 При положительных результатах поверки средство измерений признается пригодным к применению.

Выдача свидетельства о поверке и (или) внесение записи о проведенной поверке в паспорт средства измерений осуществляется в соответствии с действующим законодательством.

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

10.3 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.

Ведущий инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»

К.А. Ревин

Приложение А
(обязательное)

Метрологические и технические характеристики

Таблица А.1 - Метрологические характеристики

Наименование характеристики		Значение					
Модификация		MSI-H	MSI-D	MSI-B	MSI-MH	MSI-HE	MSI-HS, MSI-GT, MSI-GT2, MSI-GT3
Нижний предел измерений, мм		От 0					
Пределы допускаемой погрешности измерений линейных перемещений	абсолютной для датчиков модификаций с верхним пределом измерений до 500 мм включ., мм	От 25 до 3800	От 25 до 3800	От 25 до 3800	От 25 до 2500	От 25 до 2500	От 25 до 3800
	приведенной для датчиков с верхним пределом измерений св. 500 мм, %	±0,05	±0,05	±0,04	±0,1	±0,09	±0,04
Коэффициент преобразования, ** мм/мА (мм/В)		$K = \frac{D_{изм.}}{\Omega_{в.п.с.} - \Omega_{н.п.с.}}$					

* Верхний предел измерений определяется заказом потребителя с шагом 1 мм.
Действительное значение указано в паспорте.

** Фактическое значение приведено в паспорте средства измерений

$D_{изм.}$ – диапазон измерений датчика, мм

$\Omega_{в.п.с.}$ – верхний предел диапазона выходного сигнала в соответствии с таб. 3 и 4, мА (В)

$\Omega_{н.п.с.}$ – нижний предел диапазона выходного сигнала в соответствии с таб. 3 и 4, мА (В)

Таблица А.2 – Основные технические характеристики

Наименование характеристики		Значение					
Модификация		MSI-H	MSI-D	MSI-B			
Габаритные размеры (Длина×Ширина×Высота), мм, не более		(L+250)×80×80	(L+280)×80×80	(L+140)×80×80			
Масса, кг, не более		6,0	7,0	7,0			
Напряжение питания от источника постоянного тока, В		+24 (- 15 / +20) %					
Условия эксплуатации:							
- температура окружающей среды, °С		от -40 до +85		от -40 до +75			
- относительная влажность, не более		90, без образования конденсата					
Дискретность отчёта измерений, мкм		1					
- предел допустимой вибрационной нагрузки (при частоте 10-2000 Гц), м/с ²		15·g					
Где:							
g – ускорение свободного падения, 9,80665 м/с ²							
L – верхний предел измерений, мм							

Продолжение таблицы А.2

Наименование характеристики	Значение								
	MSI-MH	MSI-HE	MSI-GT	MSI-GT2 MSI-GT3	MSI-HS				
Габаритные размеры (Длина×Ширина×Высота), мм, не более	(L+120)×80×80		(L+250)×80×80		(L+200)×80×80				
Масса, кг, не более	4,0		6,0		8,0				
Напряжение питания от источника постоянного тока, В	$+12 / +24$ (- 15 / +20) %		$+24$ (- 15 / +20) %						
Условия эксплуатации:									
- температура окружающей среды, °C	от -40 до +75								
- относительная влажность, не более	90, без образования конденсата								
Дискретность отчёта измерений, мкм	1								
Степень защиты по ГОСТ 14254-2015	-	-	-	-	IP68				
Предел допустимой вибрационной нагрузки (при частоте 10-2000 Гц), м/с^2	$25 \cdot g$ (волновод диаметром 10 мм) $15 \cdot g$ (волновод диаметром 7 мм)								
	$15 \cdot g$								
Где:									
g – ускорение свободного падения, $9,80665 \text{ м/с}^2$									
L – верхний предел измерений, мм									

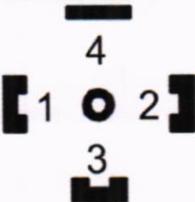
Таблица А.3 - Тип выхода для датчиков MSI-H, MSI-D, MSI-HE, MSI-B, MSI-HS, MSI-GT, MSI-GT2, MSI-GT3 с аналоговым интерфейсом

Описание	Тип выхода	Диапазон выходного сигнала	
		Выход 1	Выход 2
1 выход с 1 позиционным магнитом	V01	от 0 до 10 В	-
	V11	от 10 до 0 В	-
	V21	от -10 до 10 В	-
	V31	от 10 до -10 В	-
	V41	от 0 до 5 В	-
	V51	от 5 до 0 В	-
	V61	от -5 до 5 В	-
	A01	от 4 до 20 мА	-
	A11	от 20 до 4 мА	-
	A21	от 0 до 20 мА	-
	A31	от 20 до 0 мА	-
	A41	от 0 до 24 мА	-
	A51	от 24 до 0 мА	-
2 выхода с 2 позиционными магнитами	V02	от 0 до 10 В	от 0 до 10 В
	V12	от 10 до 0 В	от 10 до 0 В
	V22	от -10 до 10 В	от -10 до 10 В
	V32	от 10 до -10 В	от 10 до -10 В
	V42	от 0 до 5 В	от 0 до 5 В
	V52	от 5 до 0 В	от 5 до 0 В
	V62	от -5 до 5 В	от -5 до 5 В
	A02	от 4 до 20 мА	от 4 до 20 мА
	A12	от 20 до 4 мА	от 20 до 4 мА
	A22	от 0 до 20 мА	от 0 до 20 мА
	A32	от 20 до 0 мА	от 20 до 0 мА
	A42	от 0 до 24 мА	от 0 до 24 мА
	A52	от 24 до 0 мА	от 24 до 0 мА
2 выхода с 1 позиционным магнитом	V03	от 0 до 10 В	от 10 до 0 В
	V04	от 10 до -10 В	от -10 до 10 В
	A03	от 4 до 20 мА	от 20 до 4 мА
	A04	от 4 до 20 мА	от 0 до 10 В
2 выхода с 1 позиционным магнитом (положение + скорость)	V01 xxxx	от 0 до 10 В	от 0 до 10 В
	V11 xxxx	от 10 до 0 В	от 10 до 0 В
	A01 xxxx	от 4 до 20 мА	от 4 до 20 мА
	A11 xxxx	от 20 до 4 мА	от 20 до 4 мА

Таблица А.4 - Тип выхода для датчиков MSI-MH с аналоговым интерфейсом

Описание	Тип выхода	Диапазон выходного сигнала
1 выход с 1 позиционным магнитом	V11	от 0,25 до 4,75 В
	V12	от 0,5 до 4,5 В
	V13	от 4,75 до 0,25 В
	V14	от 4,5 до 0,5 В
	A01	от 4 до 20 мА
	A11	от 20 до 4 мА

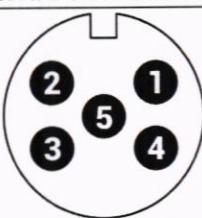
Приложение Б
(обязательное)

Схема контактов GDM	Контакт	Для датчика с аналоговым интерфейсом по току	Для датчика с аналоговым интерфейсом по напряжению
	1	+ 24 В пост. тока	+ 24 В пост. тока
	2	0 В пост. тока (ист. пит.)	0 В пост. тока (ист. пит.)
	3	Выход по току	Выход по напряжению
Прямоугольный разъём (вид со стороны датчика)	4	0 В пост. тока	Выход по напряжению

a) GDM – прямоугольный разъём 4 контакта HIRSCHMANN

Схема контактов S32	Контакт	Для датчика с аналоговым интерфейсом	Для датчика с цифровым интерфейсом SSI
	1	Выход по току	Такт (+)
Вилка M16 (вид со стороны датчика)	2	0 В пост. тока	Данные (+)
	3	Выход по напряжению	Такт (-)
	4	Резерв	Резерв
	5	Выход по напряжению	Данные (-)
	6	0 В пост. тока (ист. пит.)	0 В пост. тока (ист. пит.)
	7	+ 24 В пост. тока	+ 24 В пост. тока
	8	Резерв	Резерв

b) S32 – вилка 8 контактная, M16

Схема контактов D34	Контакт	Для датчика с аналоговым интерфейсом
	1	+ 24 В пост. тока
Вилка M12 (вид со стороны датчика)	2	Выход универсальный
	3	0 В пост. тока (ист. пит.)
	4	Выход универсальный
	5	0 В пост. тока

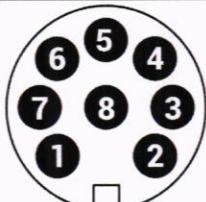
b) D34 - вилка 5 контактная, M12

Схема контактов D60	Контакт	Для датчика с аналоговым интерфейсом
	1	Выход универсальный
Вилка M16 (вид со стороны датчика)	2	0 В пост. тока
	3	Выход универсальный
	4	0 В пост. тока
	5	+ 24 В пост. тока
	6	0 В пост. тока (ист. пит.)

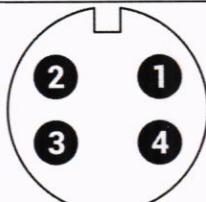
г) D60 - вилка 6 контактная, M16

Схема контактов D70	Контакт	Для датчика с цифровым интерфейсом SSI
	1	Данные (-)
Вилка M16 (вид со стороны датчика)	2	Данные (+)
	3	Такт (+)
	4	Такт (-)
	5	+ 24 В пост. тока
	6	0 В пост. тока (ист. пит.)
	7	Резерв

д) D70 - вилка 7 контактная, M16

Схема контактов D84	Контакт	Для датчика с цифровым интерфейсом SSI
	1	Такт (+)
Вилка M12 (вид со стороны датчика)	2	Такт (-)
	3	Данные (+)
	4	Данные (-)
	5	Резерв
	6	Резерв
	7	+ 24 В пост. тока
	8	0 В пост. тока (ист. пит.)

е) D84 - вилка 8 контактная, M12

Схема контактов для датчика серии MSI-MH	Контакт	N06E...N25E схема подключения (2, 3, 4)	N06G...N25G схема подключения (1, 3, 4)	N06H...N25H схема подключения (1, 2, 3)
	1	-	+12/24 В пост. тока	+12/24 В пост. тока
Вилка M12 (вид со стороны датчика)	2	+12/24 В пост. тока	-	Выход универсальный
	3	0 В пост. тока (ист. пит.)	0 В пост. тока (ист. пит.)	0 В пост. тока (ист. пит.)
	4	Выход универсальный	Выход универсальный	-

ж) N06E...N25E – вилка 4 контактная, схема подключения (2, 3, 4), 4 провода длиной от 6см до 25см; N06G...N25G – вилка 4 контактная, схема подключения (1, 3, 4), 4 провода длиной от 6см до 25см; N06H...N25H – вилка 4 контактная, схема подключения (1, 2, 3), 4 провода длиной от 6см до 25см;

Цвет жилы	T05A...T10A (4x жильный, экранированный PUR кабель	N06A...N25A (4 одиночных провода сечением 0.5 мм ²
Коричневый	+12/24 В пост. тока	+12/24 В пост. тока
Зелёный	Выход универсальный	Выход универсальный
Жёлтый	-	-
Белый	0 В пост. тока (ист. пит.)	0 В пост. тока (ист. пит.)

з) T05A...T10A; N06A...N25A;

Цвет жилы	Для датчика с аналоговым интерфейсом	Для датчика с цифровым интерфейсом SSI
R01...R30 – PVC кабель от 1 до 30м; H01...H30 – PUR кабель от 1 до 30м; T01...T30 – тefлоновый кабель от 1 до 30м; S01...S30 – силиконовый кабель от 1 до 30м;		
Черный	Выход универсальный	Данные (-)
Белый	0 В пост. тока	Данные (+)
Жёлтый	Выход универсальный	Такт (+)
Зелёный	0 В пост. тока	Такт (-)
Красный	+ 24 В пост. тока	+ 24 В пост. тока
Синий	0 В пост. тока (ист. пит.)	0 В пост. тока (ист. пит.)

и) R01...R30 – PVC кабель от 1 до 30м; H01...H30 – PUR кабель от 1 до 30м; T01...T30 – тefлоновый кабель от 1 до 30м; S01...S30 – силиконовый кабель от 1 до 30м;

Рисунок - Б-1 Схемы подключения датчиков с разъёмами:

- а) GDM; б) S32; в) D34; г) D60; д) D70; е) D84; ж) N06E...N25E, N06G...N25G, N06H...N25H;
з) T05A...T10A, N06A...N25A; и) R01...R30 – PVC, H01...H30 – PUR, T01...T30, S01...S30

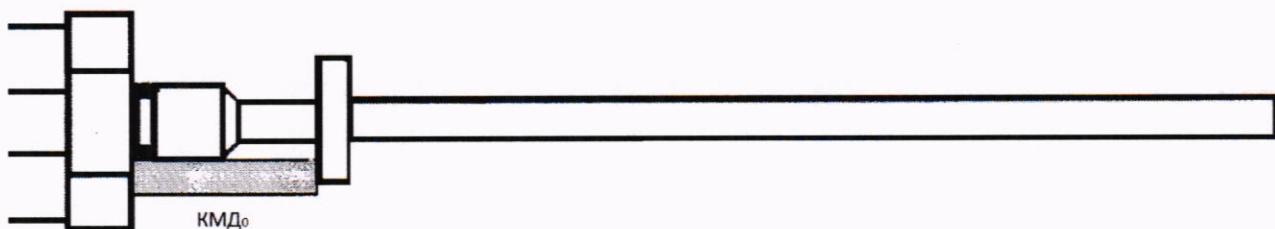
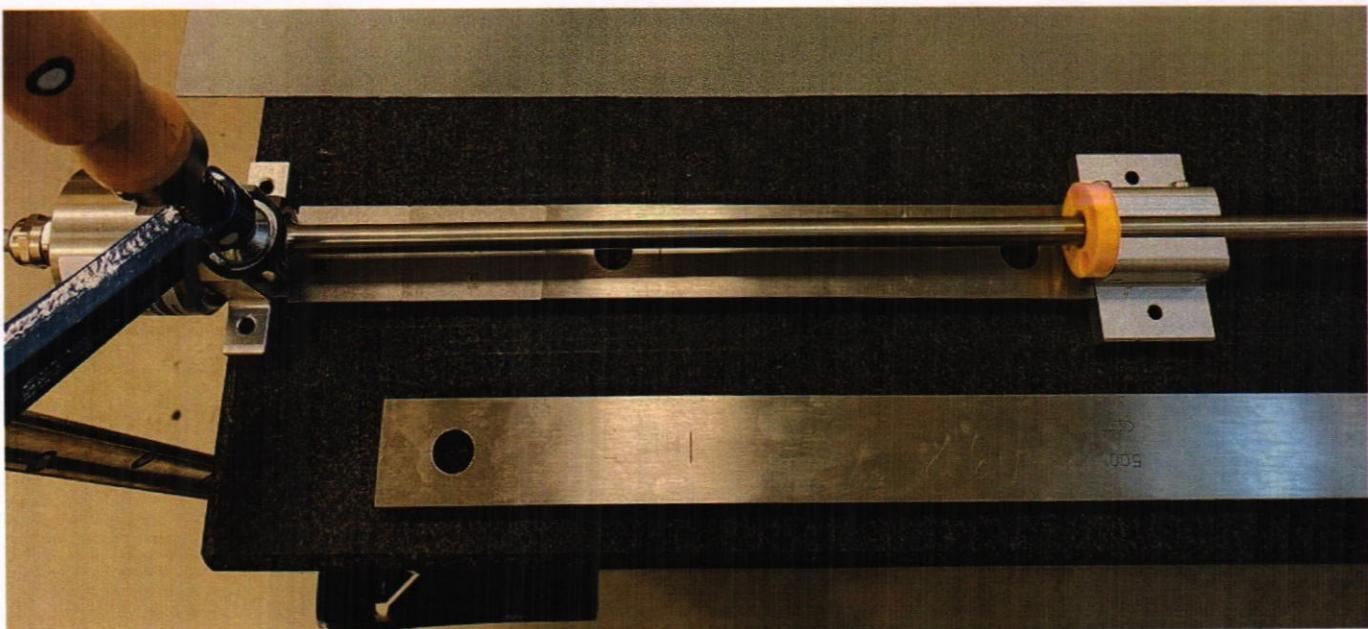
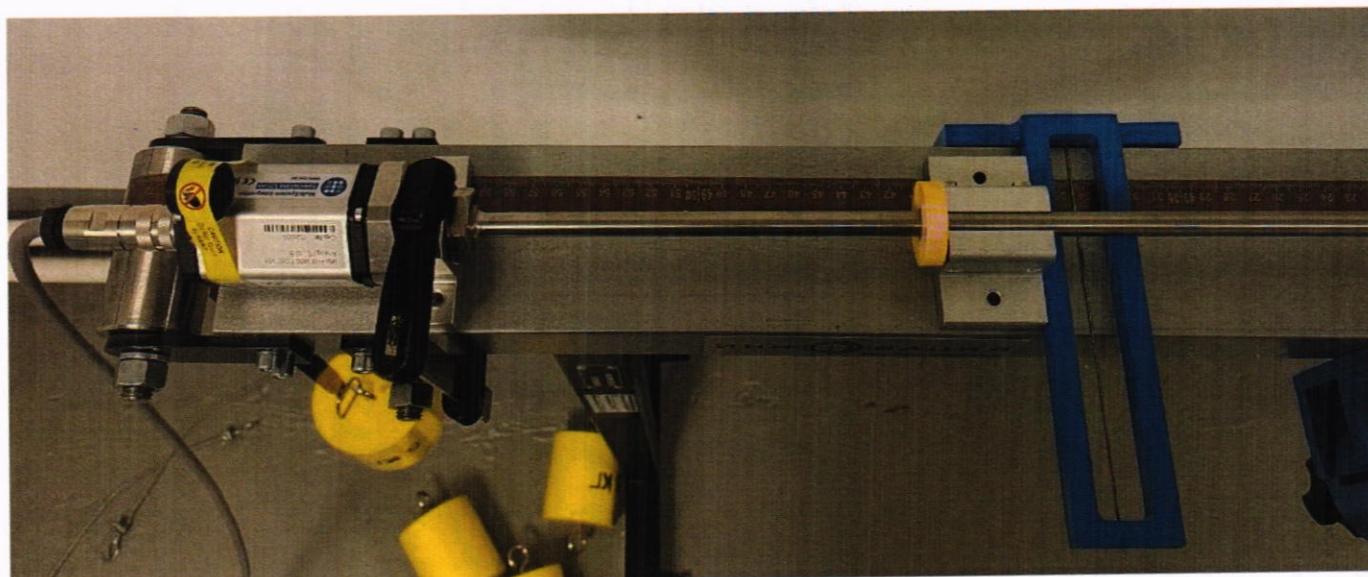


Рисунок Б-2 – Схема установки КМД₀



а)



б)

Рисунок Б-3 – Пример использования эталонного и вспомогательного оборудования при проведении измерений датчиками с верхним пределом измерений:
а) до 2000 мм включительно; б) свыше 2000 мм