

СОГЛАСОВАНО
Заместитель руководителя ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»



Государственная система обеспечения единства измерений

Датчики линейных перемещений ДЛПР

Методика поверки

МП-854/04-2024

г. Чехов,
2024 г.

1. Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки датчиков линейных перемещений ДЛПР (далее по тексту – датчики), используемых в качестве рабочих средств измерений.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы длины – метра в соответствии с локальной поверочной схемой, подтверждающей прослеживаемость к ГЭТ 2-2021.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в приложении А настоящей методики.

В методике поверки реализован метод прямых измерений.

2. Перечень операций поверки средств измерений

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7.
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8.
Определение метрологических характеристик средства измерений	—	—	9.
Определение приведенной к полному диапазону измерений погрешности измерений датчика радиальных перемещений	Да	Да	9.1.
Определение приведенной к полному диапазону измерений погрешности измерений датчика осевых перемещений	Да	Да	9.2.
* Определение приведенной к полному диапазону измерений погрешности измерений датчика в рабочих условиях эксплуатации	Да	Да	9.3.
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10.
Примечание:	* - Данный пункт методики поверки проводится по письменному заявлению владельца СИ и в качестве альтернативы основному методу поверки в лабораторных условиях.		

2.2. На основании письменного заявления владельца СИ, методикой поверки предусмотрено проведение поверки на меньшем диапазоне измерений, зависящим от настройки машин вращательного действия с применением активных магнитных подшипников. Фактическое значение диапазона указывается в паспорте на датчик.

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки в лабораторных условиях должна соблюдаться:

– температура окружающего воздуха, °С от +15 до +25

3.2. При проведении поверки в рабочих условиях эксплуатации:

– температура окружающего воздуха, °С от -25 до +40

Примечание – Условия проведения измерений также должны учитывать требования эксплуатационных документов на средства поверки.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

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

5. Метрологические и технические требованиям к средствам поверки

5.1. 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 +15 °C до +25 °C с ПГ ±0,2 °C (в лабораторных условиях), от -25 °C до +40 °C (в рабочих условиях) с ПГ ±0,5 °C	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7М-Д, рег. № 71394-18
п. 9.1. Определение приведенной к полному диапазону измерений погрешности измерений датчика радиальных перемещений	<p>Рабочие эталоны измерений длины в диапазоне до ± 0,54 мм с ПГ ±8 мкм по локальной поверочной схеме ЛПС 10/02-2021</p> <p>Рабочие средства измерений напряжения переменного тока в диапазоне от 0 до 3,3 В с ПГ ±0,5 % частотой 15 кГц</p> <p>Средства измерений с диапазоном измерений напряжения не менее 10 В с ПГ ±5 мВ, частота 15 кГц, не менее 3-х каналов</p>	<p>63681.16.РЭ.00594425 - Индикаторы часового типа торговой марки «NORGAU» серии 042 042, рег. № 63681-16</p> <p>Модули контроля и управления МКУ-0218, рег. № 88615-23</p> <p>Осциллографы цифровые запоминающие WaveSurfer 3000zR мод. WaveSurfer 3054zR, рег. № 72583-18</p>
	Вспомогательные технические средства: Стенды (установки для задания линейных перемещений).	ПФТР.Э.ДПР 4.01.00 «Стенд для поверки датчиков линейных перемещений ротора» (радиальные перемещения)
	Вспомогательные технические средства: Источник питающего напряжения (форма сигнала – меандр; частота сигнала - 15 кГц±5%; амплитуда напряжения – 24В±5% для радиальных датчиков, 48В±5% для осевых датчиков)	ПФТР.Э.ДПР 5.01.00 «Генератор балансировки и проверки чувствительности датчиков линейных перемещений ротора»

Продолжение таблицы 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 9.2. Определение приведенной к полному диапазону измерений погрешности измерений датчика осевых перемещений	Рабочие эталоны измерений длины в диапазоне до $\pm 1,5$ мм с ПГ ± 8 мкм по локальной поверочной схеме ЛПС 10/02-2021 Рабочие средства измерений напряжения переменного тока в диапазоне от 0 до 3,3 В с ПГ $\pm 0,5$ % частотой 15 кГц Средства измерений с диапазоном измерений напряжения не менее 10 В с ПГ ± 5 мВ, частота 15 кГц, не менее 3-х каналов	63681.16.РЭ.00594425 - Индикаторы часового типа торговой марки «NORGAU» серии 042 042, рег. № 63681-16 Модули контроля и управления МКУ-0218, рег. № 88615-23 Осциллографы цифровые запоминающие WaveSurfer 3000zR мод. WaveSurfer 3054zR, рег. № 72583-18
	Вспомогательные технические средства: Стенды (установки для задания линейных перемещений)	ПФТР.Э.ДПР 2.01.00 «Стенд для поверки датчиков линейных перемещений ротора» (осевые перемещения)
	Вспомогательные технические средства: Источник питающего напряжения (форма сигнала – меандр; частота сигнала - 15 кГц $\pm 5\%$; амплитуда напряжения – 24В $\pm 5\%$ для радиальных датчиков, 48В $\pm 5\%$ для осевых датчиков)	ПФТР.Э.ДПР 5.01.00 «Генератор балансировки и проверки чувствительности датчиков линейных перемещений ротора»
п. 9.3. Определение приведенной к полному диапазону измерений погрешности измерений датчика в рабочих условиях эксплуатации	Рабочие эталоны измерений длины в диапазоне от 0 до 1,5 мм с ПГ ± 8 мкм по локальной поверочной схеме ЛПС 10/02-2021 Рабочие средства измерений напряжения переменного тока в диапазоне от 0 до 3,3 В с ПГ $\pm 0,5$ % частотой 15 кГц	63681.16.РЭ.00594425 - Индикаторы часового типа торговой марки «NORGAU» серии 042 042, рег. № 63681-16 Модули контроля и управления МКУ-0218, рег. № 88615-23
<i>Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</i>		

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1. При проведении поверки меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности, приведённым в эксплуатационной документации на поверяемые средства измерений, эталоны, средства измерений, испытательное и вспомогательное оборудование, а также требованиям по технике безопасности, которые действуют на месте проведения испытаний.

7. Внешний осмотр средства измерений

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

- внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа;

- наличия маркировки, содержащей информацию о наименовании и/или товарном знаке изготовителя, артикуле, заводском номере в виде цифрового обозначения, состоящего из арабских цифр;
- отсутствия механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики изделия;
- отсутствия перегибов и повреждений изоляции токопроводящих кабелей;
- наличия эксплуатационной документации (руководство по эксплуатации, паспорт);
- комплектности, необходимой для проведения измерений.

При обнаружении несоответствий дальнейшие операции поверки прекращают до устранения выявленных несоответствий. В случае невозможности устранения выявленных несоответствий, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки 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 средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией и выдержаны не менее 4 часов при постоянной температуре, в условиях, приведённых в п. 3 настоящей методики.

8.2. Опробование

При опробовании проверить:

- надёжность подключения проводов и целостность их изоляции;
- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей;
- работоспособность всех функциональных режимов и узлов.

При обнаружении несоответствий дальнейшие операции поверки прекращают до устранения выявленных несоответствий. В случае невозможности устранения выявленных несоответствий, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

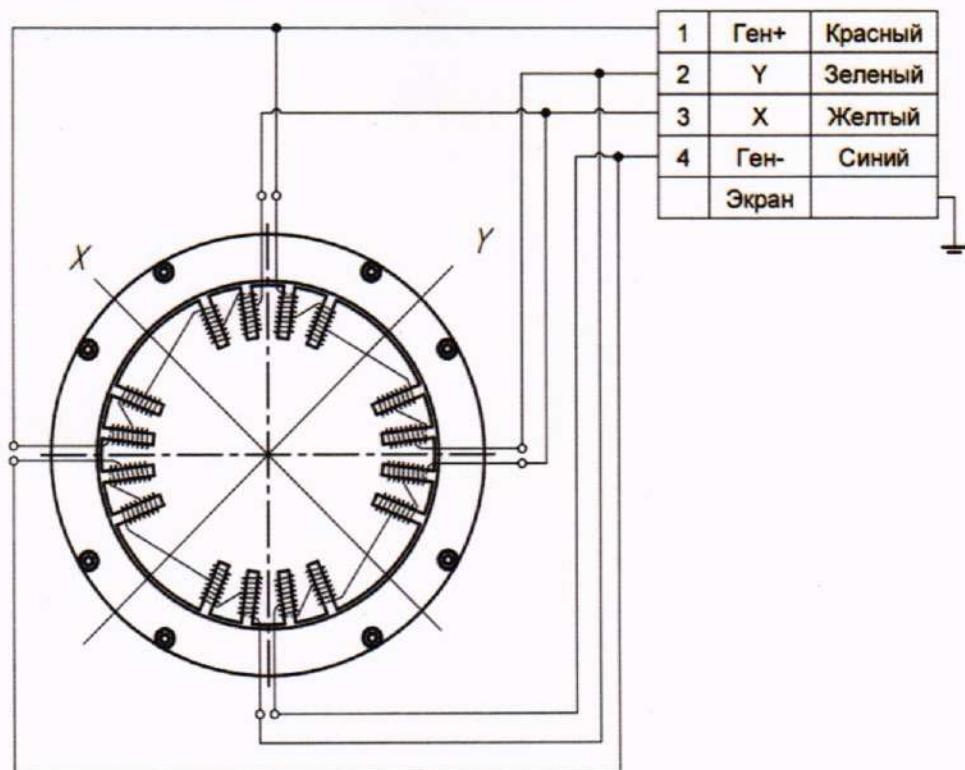
9. Определение метрологических характеристик

9.1. Определение приведенной к полному диапазону измерений погрешности измерений датчика радиальных перемещений

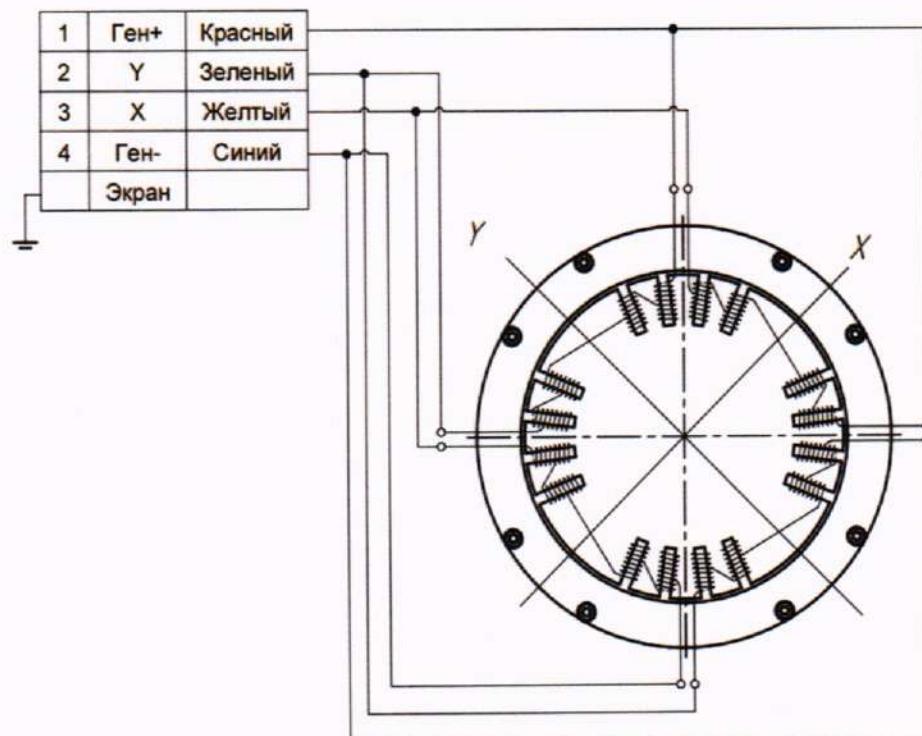
Перечень средств поверки:

- индикатор часового типа (далее – индикатор);
- стенд для поверки датчиков линейных перемещений (радиальных) ротора (далее – стенд);
- модуль контроля и управления МКУ-0218 (далее – модуль), в качестве замены:
 - осциллограф;
 - генератор балансировки и проверки чувствительности датчиков линейных перемещений ротора (далее – генератор).

9.1.1. Подключить датчик к модулю (к генератору) в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 1.



Вариант1



Вариант 2

Рисунок 1 - Электрические схемы соединений и подключений датчика радиальных перемещений

9.1.2. В случае подключения датчиков к измерительной системе стороннего производителя, необходимо руководствоваться схемами подключения, приведенными на рисунках 2 и 3.

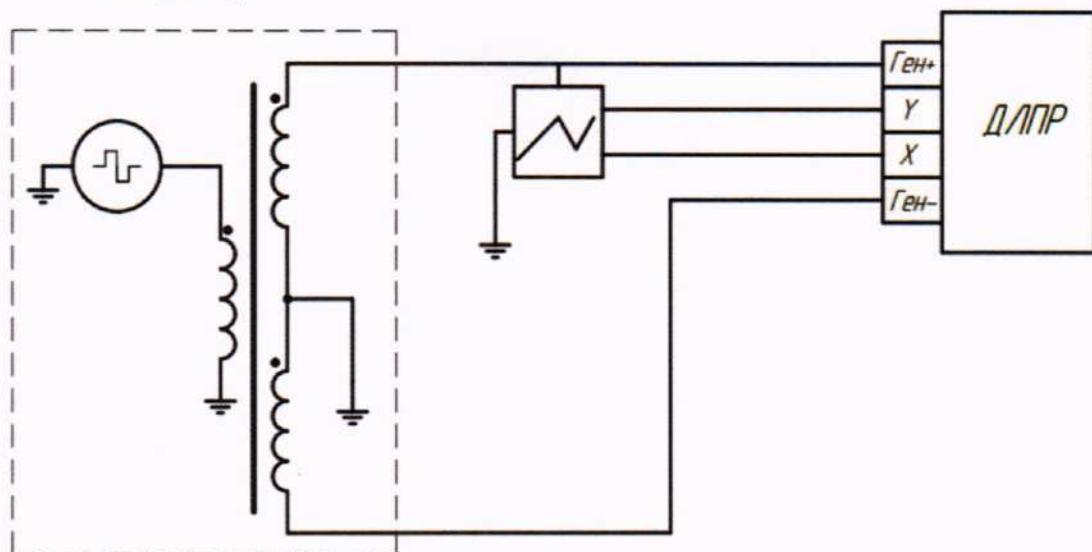
Генератор

Рисунок 2 - Схема подключения радиальных датчиков

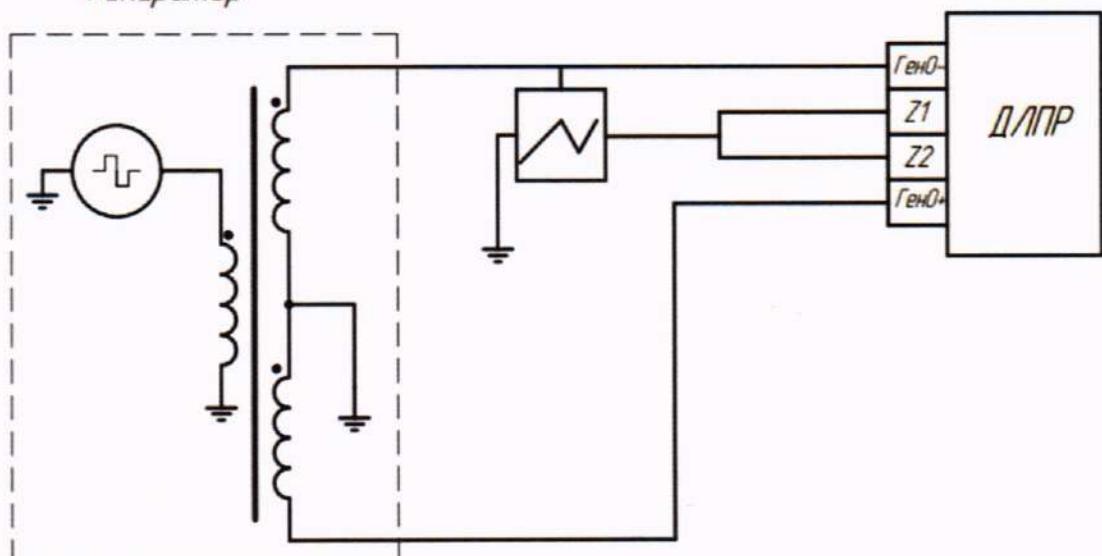
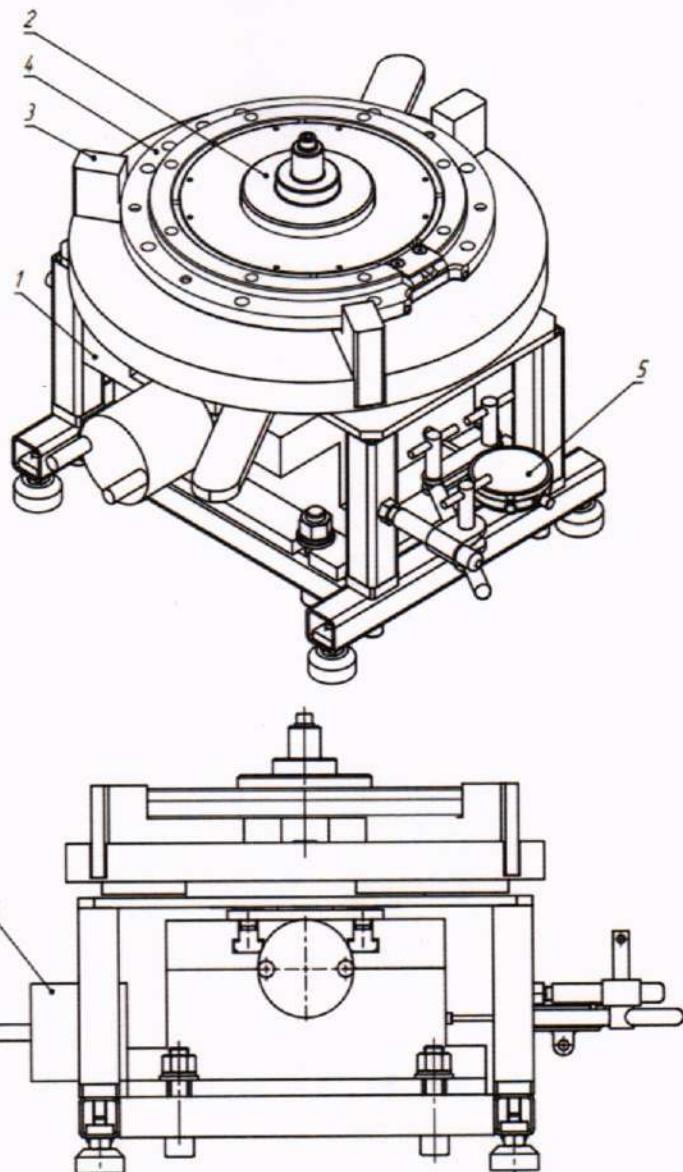
Генератор

Рисунок 3 - Схема подключения осевых датчиков

9.1.3. Используя стенд (см. Рисунок 4), закрепить на координатном столе (поз. 1 на рис. 4) втулку с измеряемой поверхностью соответствующего типоразмера (поз. 2 рис. 4).



1 – координатный стол; 2 – втулка с измеряемой поверхностью; 3 – устройство крепления датчика; 4 – испытываемый датчик; 5 – индикатор часового типа; 6 – рукоятка продольного перемещения.

Рисунок 4 – Общий вид стенда для поверки датчиков линейных перемещений (радиальных) ротора

9.1.4. Закрепить испытываемый датчик (поз. 4 на рис. 4) в устройстве крепления (поз. 3 на рис. 4).

9.1.5. Обеспечить информационную связь модуля с программным модулем (специализированное ПО, установленное на ПК).

9.1.6. Внести значение средней чувствительности (μ_p), приведенное в таблице 2 паспорта на каждый датчик, в рабочее окно программного модуля МКУ-0218.

9.1.7. Переместить втулку в центральное положение по показаниям программного модуля.

9.1.8. Поворачивая рукоятку (поз. 6 на рис. 4), переместить втулку в положение, соответствующее крайнему значению диапазона измерений. Фиксировать значение перемещения в программном модуле.

9.1.9. Выполнить измерения во всем диапазоне измерений ($d_{\text{пр}}$) с шагом $d_{\text{пр}}/12$. Величину перемещения контролировать индикатором (поз. 5 на рис. 4).

9.1.10. Повернуть датчик в устройстве крепления на 120° от исходного положения и повторить операции по п.п. 9.1.7 - 9.1.9.

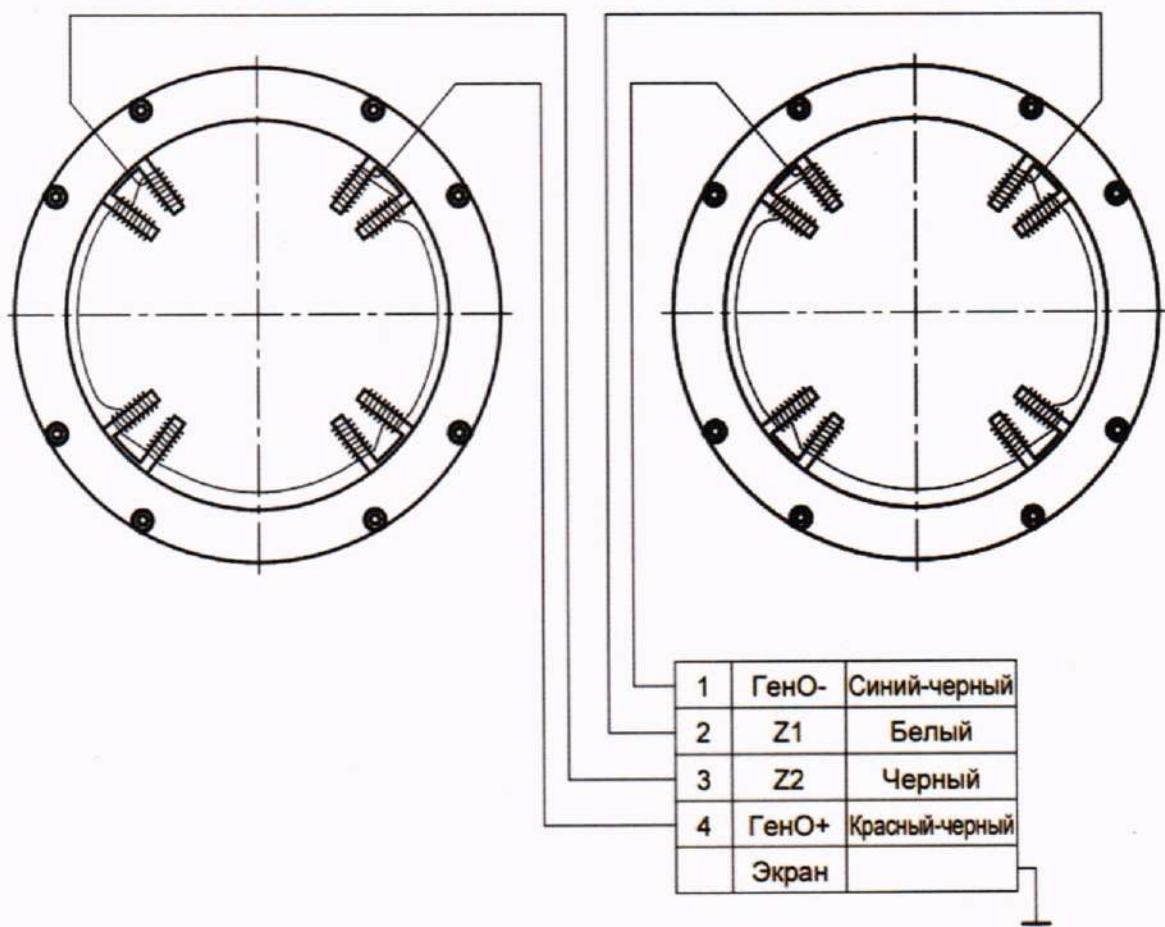
9.1.11. Повернуть датчик в устройстве крепления на 240° от исходного положения и повторить операции по п.п. 9.1.7 - 9.1.9.

9.2. Определение приведенной к полному диапазону измерений погрешности измерений датчика осевых перемещений

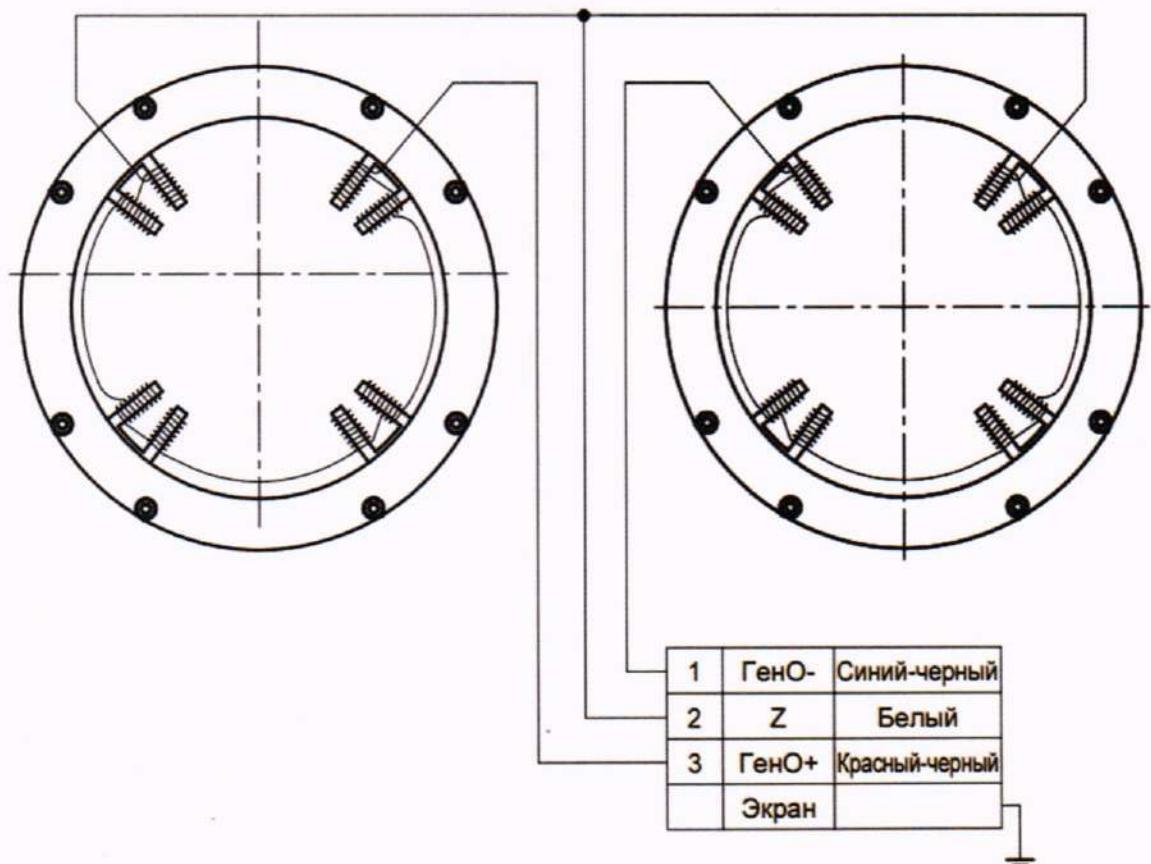
Перечень средств поверки:

- индикатор часового типа (далее – индикатор);
- стенд для поверки датчиков линейных перемещений (осевых) ротора (далее – стенд);
- модуль контроля и управления МКУ-0218 (далее – модуль), в качестве замены:
 - осциллограф;
 - генератор балансировки и проверки чувствительности датчиков линейных перемещений ротора (далее – генератор).

9.2.1. Подключить датчик к генератору или модулю в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 5.



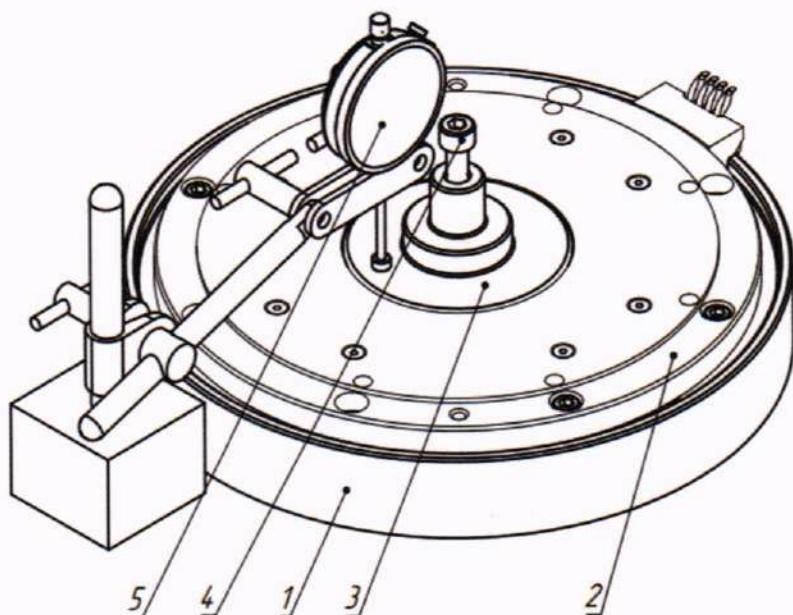
Вариант 1



Вариант 2

Рисунок 5 - Электрические схемы соединений и подключений датчика осевых перемещений

9.2.2. Используя стенд (общий вид приведен на рисунке 6) закрепить на корпусе (поз. 1 на рис. 6) испытываемый датчик (поз. 2 на рис. 6) и втулку с измеряемой поверхностью, отличающуюся диаметром для разных типоразмеров датчиков (поз. 3 на рис. 6).



1 – корпус; 2 – испытываемый датчик; 3 – втулка с измеряемой поверхностью; 4 – регулировочный винт; 5 – индикатор часового типа

Рисунок 6 – Общий вид стенда для поверки датчиков линейных перемещений (осевых) ротора

9.2.3. Обеспечить информационную связь модуля с программным модулем (специализированное ПО, установленное на ПК).

9.2.4. В случае подключения датчиков к измерительной системе стороннего производителя, руководствоваться пунктом 9.1.2 настоящей методики.

9.2.5. Внести значение средней чувствительности (μ_p), приведенное в таблице 2 паспорта на каждый датчик, в рабочее окно программного модуля МКУ-0218.

9.2.6. Установить значение выходного сигнала датчика, соответствующее сбалансированному значению для центрального положения. Для этого поворачивать регулировочный винт до достижения значения напряжения $50 \text{ мВ} \pm 50 \text{ мВ}$. Показания отслеживать в программном модуле.

9.2.7. Переместить втулку в положение, соответствующее крайнему значению диапазона измерения датчика. Фиксировать значение перемещения в программном модуле.

9.2.8. Произвести измерения во всем диапазоне измерения (d_{no}) с шагом $d_{\text{no}}/10$. Величину перемещения контролировать индикатором часового типа (поз. 5 на рис. 6).

9.3. Определение приведенной к полному диапазону измерений погрешности измерений датчика в рабочих условиях эксплуатации

9.3.1. Определение приведенной к полному диапазону измерений погрешности измерений перемещений в рабочих условиях эксплуатации проводится с применением индикаторов часового типа (до 3-х шт.) и модуля контроля и управления.

Данный способ может быть использован при поверке датчиков, входящих в составе машин вращательного действия с применением активных магнитных подшипников. Общая схема машины приведена на рисунке 7.

9.3.2. Установить индикаторы часового типа, как указано на структурной схеме (рисунок 7), на машине.

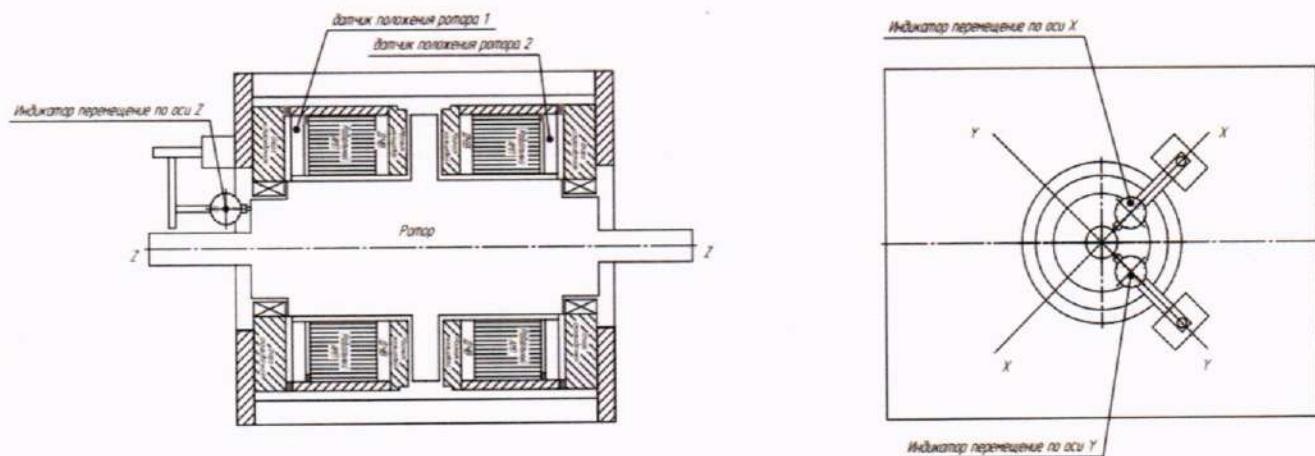


Рисунок 7 – Структурная схема поверки датчиков в составе машины

9.3.3. Для измерения радиального перемещения установить индикатор часового типа по оси X (см. рис.7).

9.3.4. Диапазон радиальных и осевых перемещений определяется паспортными данными.

9.3.5. Для проведения измерений обеспечить левитацию ротора в соответствии с руководством по эксплуатации машины с системой магнитного подвеса.

9.3.6. Переместить ротор по оси X в положение, соответствующее крайнему значению диапазона измерений датчика. Фиксировать значение средствами программного приложения «Монитор».

9.3.7. Выполнить измерения во всем диапазоне (d_{pr}) с шагом $d_{\text{pr}}/12$. Величину перемещения контролировать индикатором часового типа.

9.3.8. Выполнить операции по п.п. 9.3.3 – 9.3.7 для оси Y.

9.3.9. Для измерения осевого перемещения установить индикатор часового типа по оси Z (см. рис.7).

9.3.10. Для проведения измерений обеспечить левитацию ротора в соответствии с руководством по эксплуатации машины с системой магнитного подвеса.

9.3.11. Переместить ротор по оси Z в положение, соответствующее крайнему значению диапазона измерений датчика. Фиксировать значение средствами программного приложения «Монитор».

9.3.12. Выполнить измерения во всем диапазоне ($d_{\text{но}}$) с шагом $d_{\text{но}}/10$. Величину перемещения контролировать индикатором часового типа и фиксировать в программном обеспечении.

10. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1. Подтверждение соответствия датчиков метрологическим требованиям проводится в форме расчёта приведенной к полному диапазону измерений погрешности измерений перемещений δ_{io} , %, вычисляют по формуле 1 для радиальных перемещений и по формуле 2 для осевых перемещений.

$$\delta_{\text{io}} = \frac{(S_{\text{изм.}} - S_{\text{ист.}})}{d_{\text{пр}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $S_{\text{изм.}}$ – значение перемещения, измеренное при помощи испытываемого датчика, мкм;

$S_{\text{ист.}}$ – значение перемещения, измеренное индикатором часового типа, мкм.

$$\delta_{\text{io}} = \frac{(S_{\text{изм.}} - S_{\text{ист.}})}{d_{\text{но}}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $S_{\text{изм.}}$ – значение перемещения, измеренное при помощи испытываемого датчика, мкм;

$S_{\text{ист.}}$ – значение перемещения, измеренное индикатором часового типа, мкм.

10.2. Пределы допускаемой приведенной к полному диапазону измерений погрешности измерений перемещений не должны превышать значения $\pm 10\%$.

10.3. В случае, если приведенной к полному диапазону измерений погрешности измерений перемещений превышают значения $\pm 10\%$, средство измерений признают непригодным к применению с выдачей извещения о непригодности.

11. Оформление результатов поверки

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

11.2. При положительных результатах поверки средство измерений признается пригодным к применению. Выдача свидетельства о поверке средства измерений осуществляется в соответствии с действующим законодательством.

11.3. Нанесение знака поверки на средство измерений не выполняется. Пломбирование средства измерений не производится.

11.4. 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»

Д.Ю. Рассамахин

Приложение А

Метрологические требования к датчикам линейных перемещений ДЛПР

Наименование	Значение
* Диапазон измерений радиальных перемещений в зависимости от внутреннего диаметра магнитопровода, мм:	
от 59 до 79	от -0,18 до +0,18
от 80 до 115	от -0,3 до +0,3
от 120 до 180	от -0,42 до +0,42
от 190 до 240	от -0,48 до +0,48
от 250 до 270	от -0,54 до +0,54
* Диапазон измерений осевых перемещений в зависимости от толщины магнитопровода, мм:	
для значений $2,5 \pm 0,1$	от -1,25 до +1,25
для значений $3 \pm 0,1$	от -1,50 до +1,50
Пределы приведенной к полному диапазону измерений погрешности измерений радиальных и осевых перемещений, %	± 10
Примечание:	
* Максимальные значения диапазона. Фактическое значение диапазона указывается в паспорте на датчик.	