

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

«26» июля 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений  
Термопреобразователи корабельные ТПК  
Методика поверки  
МП 2411-0205-2023

Заместитель руководителя  
лаборатории термометрии

В.М. Фуксов

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на термопреобразователи корабельные ТПК (далее – термопреобразователи), изготавливаемые ООО «Валком», г. Санкт-Петербург и устанавливает объем и порядок их первичной и периодической поверок.

1.2 Методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость термопреобразователей к следующим государственным первичным эталонам:

- единицы температуры в диапазоне от 0 °С до 3200 °С - ГЭТ 34 – 2020 и единицы температуры- кельвина в диапазоне от 0,3 К до 273,16 К - ГЭТ 35-2021, в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений температуры, ч.1, 2, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23.12.2022 г. № 3253.

1.3 Методы поверки основаны на непосредственном сличении поверяемого термопреобразователя с эталонными СИ температуры.

1.4 Проведение поверки в сокращенном объеме настоящей методикой не предусмотрено.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки термопреобразователей должны выполняться операции, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной	периодической	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Опробование	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения	Да	Нет	9
Определение метрологических характеристик	Да	Да	10
Проверка диапазона и определение основной погрешности термопреобразователей с встроенным зондом	Да	Да	10.1
Проверка диапазона и определение основной погрешности вторичных измерительных преобразователей со сменным зондом.	Да	Да	10.2
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

2.2 При отрицательных результатах одной из операций поверка прекращается.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- |  |                     |
|--|---------------------|
| - температура окружающего воздуха, °С  | от +20 °С до +30 °С |
| - относительная влажность, %, не более | 80                  |
| - атмосферное давление, кПа            | от 84,0 до 106,7    |

#### 4. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на термопреобразователи и средства поверки, имеющие необходимую квалификацию в области теплофизических измерений и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

#### 5. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

При проведении поверки применяют средства измерений, указанные в таблице 5.1

Таблица 5.1

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 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 % до 90 % с погрешностью не более 2 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа	Термогигрометр ИВА-6Н-Д, регистрационный № 46434-11, диапазон измерений относительной влажности от 0 % до 98 %, температуры от -20 °С до +60 °С, атмосферного давления от 700 до 1100 гПа; погрешность измерений относительной влажности при (+23,0)°С, от 0 % до 90 % ± 2 %, от 90 % до 98 % ± 3 %, температуры ± 0,3 °С, атмосферного давления ± 2,5 гПа
п.10 Определение метрологических характеристик	Эталоны единицы температуры и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по ГПС для СИ температуры, в диапазоне значений температуры от -196 °С до +1250 °С.	Термометры сопротивления эталонные ЭТС-100М 3-го разряда, рег.№ 70903-18, диапазон измерений от -196 °С до +660°С; Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8.10, рег.№ 19736-11; Термостат переливной прецизионный ТПП-1.0. Диапазон воспроизводимой температуры от +35 °С до +300 °С, рег. № 33744-07; термостат жидкостный 814, диапазон температуры от -80 °С до 0 °С, нестабильность поддержания температуры ± 0,02 °С, перепад температуры по вертикали не более 0,02 °С, рег. № 18211-99; сосуд Дьюара с жидким азотом; термостат жидкостный серии 7000, мод. 7012, диапазон температуры от +10 °С до +95 °С, нестабильность ± 0,003 °С, рег. № 40415-15; Калибратор температуры КТ-2М, диапазон воспроизводимой температуры от +40 °С до +500 °С, погрешность ±(0,03 + 0,0003•t), рег.№ 28811-12; Калибратор многофункциональный

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
		Веатех МС6 рег. № 52489-13 в режиме воспроизведения сигналов первичных преобразователей температуры в диапазоне от -196 °С до +1250 °С; в режиме измерений силы постоянного тока от -25 до 25 мА, ПГ±(0,0001·I+1 мкА) или Вольтметр цифровой универсальный В7-78/1, рег.№ 69742-17, диапазон от 1мкВ до 1000 В, погрешность ±0,004 % + 20 мкВ, Катушка электрического сопротивления Р331 100 Ом, погрешность ±0,01 %, регистрационный номер 1162-58; Источник напряжения и тока стабилизированный Б5-724.4 Пределы изменения напряжения от 0 до 40В, погрешность ±2 %; Персональный компьютер с установленным программным обеспечением «Валком конфигуратор» и HART – модемом.
Примечание – допускается применение иных средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.		

5.2 Работа с указанными средствами измерений должна проводиться в соответствии с документацией по их эксплуатации.

5.3 Указанные средства поверки должны иметь актуальные сведения о положительных результатах поверки или аттестации в Федеральном информационном фонде обеспечения единства измерений (ФИФ ОЕИ).

## 6. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования безопасности, которые предусматривают «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» ПОТ РМ-016-2001;
- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на эталонные средства измерений и средства поверки;
- указания по технике безопасности, приведенные в руководстве эксплуатации поверяемых СИ.

6.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в их эксплуатационной документации.

6.3 Во время проведения поверки при высокой температуре термопреобразователь следует извлекать из печи медленно, соблюдая особую осторожность во избежание получения ожогов. После извлечения из печи запрещается трогать термопреобразователь руками и класть его на легковоспламеняющуюся поверхность.

## 7. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра необходимо убедиться в:

- наличии эксплуатационного документа (паспорт);
- соответствии внешнего вида, комплектности, маркировки требованиям эксплуатационной документации;
- целостности термопреобразователя (отсутствии трещин или вмятин на корпусе).

7.2 Результат внешнего осмотра считают положительным, если выполняются вышеуказанные требования. При наличии дефектов термопреобразователь подлежит ремонту или бракуется.

## 8. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Проверить наличие всех средств измерений, необходимых для поверки, согласно разделу 5 и нормативным документам, устанавливающим методику их эксплуатации.

8.2 Проверить соответствие условий поверки требованиям раздела 3.

8.3 Подготовить к работе средства измерений и поверяемый термопреобразователь согласно эксплуатационным документам на них:

- протереть погружаемую часть термопреобразователя этанолом;
- термопреобразователь подключить к источнику питания и измерителю аналогового сигнала (силы тока) и (или) к компьютеру с установленным ПО «Валком-конфигуратор» через HART-модем в соответствии со схемой, приведенной в Приложении Б;

- на вход термопреобразователей без измерительного зонда (вторичных преобразователей) подать сигнал от калибратора, эквивалентный значению температуры диапазона измерений. Установить температуру свободных концов термопары 0 °С в режиме работы калибратора – воспроизведение сигналов термопар.

8.4 Провести опробование поверяемого термопреобразователя при подаче напряжения питания 24 В.

Результат опробования считают положительным, если измеренные значения выходного аналогового сигнала находятся в пределах от 4 до 20 мА, по выходному цифровому сигналу – значения температуры находятся в пределах п. 3.1 данной методики.

## 9. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Идентификацию автономного ПО «Валком-конфигуратор» проводят в разделе меню «Помощь», вкладке «О программе».

Версия встроенного ПО доступна только на этапе производства.

Результат проверки считается положительным, если версия не ниже, указанной в описании типа.

## 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Проверка диапазона и определение основной погрешности термопреобразователей с встроенным зондом.

10.1.1 Проверку диапазона и определение погрешности проводят сличением термопреобразователя с эталонным термометром в пяти равномерно распределенных точках диапазона измерений температуры (включая предельные).

10.1.2 Зонд термопреобразователя вместе с эталонным термометром помещают в термостат (калибратор температуры) на одну глубину с эталонным СИ, и, после стабилизации показаний в контрольной точке температуры, проводят измерение.

10.1.3 Результаты измерений эталонного СИ ( $T_{эт}$ ) и выходного сигнала силы постоянного тока ( $I_{изм}$ ) и/или выходного цифрового сигнала ( $T_{изм}$ ) поверяемого термопреобразователя заносят в протокол.

10.1.4 Основную приведенную погрешность определяют по формуле 1:

$$\delta T = \frac{(T_{изм} - T_{эт})}{(T_B - T_H)} \cdot 100, \quad 1)$$

где  $\delta T$  – основная погрешность, приведенная к диапазону измерений температуры, %.

$T_{эт}$  – значение температуры по показаниям эталонного СИ, °С;

$T_{изм}$  – значение температуры по показаниям поверяемого термопреобразователя по выходному сигналу.

По выходному токовому сигналу  $T_{изм}$  определяют по формуле 2:

$$T_{изм} = \frac{(I_{изм} - 4)}{16} \cdot (T_B - T_H) + T_H \quad 2)$$

где  $I_{изм}$  – значение выходного сигнала силы постоянного тока в проверяемой точке диапазона измерений температуры, измеренное калибратором в режиме измерений мА или расчетное значение при измерении падения напряжения на катушке сопротивления вольтметром, мА;

$T_B - T_H$  – разность верхнего и нижнего пределов настроенного диапазона измерений температуры, °С.

10.2 Проверка диапазона и определение основной погрешности вторичных измерительных преобразователей со сменным зондом.

10.2.1 Вторичный измерительный преобразователь подключить к источнику питания и к калибратору в режиме воспроизведения сигналов первичных преобразователей.

10.2.2 Последовательно задать на калибраторе воспроизведение сигналов первичных преобразователей, эквивалентных пяти значениям температуры (включая предельные), заложенной НСХ первичного преобразователя в термопреобразователе и при каждом значении измерить силу тока для термопреобразователей с токовым выходом и (или) зафиксировать измеренное значение температуры с монитора компьютера для термопреобразователей с цифровым выходом.

*Примечание:* Срабатывание сигнализации для термопреобразователей с релейным выходом является промежуточной функцией и не влияет на метрологические характеристики термопреобразователя при определении диапазона измерений и абсолютной погрешности измерений в этом диапазоне.

10.2.3 В режиме работы термопреобразователя с термопарой задать на калибраторе значение ТЭДС 0 мВ, соответствующее 0 °С и записать температуру свободных концов, выдаваемую термопреобразователем. Контрольные значения температуры на калибраторе устанавливать с учетом полученной температуры свободных концов по таблицам ГОСТ Р 8.585-2001

$$T_{заб} = T_{контр} + T_{х.к.} \quad 3)$$

где  $T_{контр}$  – значение температуры соответствующее значению ТЭДС термопары ( $U_{ТЭДС}$ ) из таблиц ГОСТ Р 8.585-2001;

$T_{х.к.}$  – значение температуры свободных концов термопары.

Пример: Задаваемое на калибраторе значение ТЭДС термопары К, соответствующее контрольному значению температуры 50 °С:  $U_{заб} = U_{ТЭДС} + U_{х.к.(21^{\circ}C)} = 2,023 + 0,838 = 2,861$  (мВ).

$U_{х.к.(21^{\circ}C)}$  – значение ТЭДС термопары К из таблиц ГОСТ Р 8.585-2001, соответствующее температуре 21 °С.

10.2.4 Основную абсолютную погрешность определяют как разность между измеренными значениями поверяемого и эталонного СИ, где  $T_{изм}$  по выходному токовому сигналу определяют по формуле 2.

10.2.5 Результат поверки считают положительным, если диапазон и основная погрешность не превышают пределов, указанных в описании типа, в каждой контрольной точке температуры и соответствуют маркировке на корпусе термопреобразователя.

## 11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Для подтверждения соответствия метрологических характеристик термопреобразователей метрологическим требованиям используют значения погрешности измерений температуры, определенные в соответствии с разделом 10 настоящей методики.

11.2 Критерием подтверждения соответствия считают выполнение требований к

метрологическим характеристикам термопреобразователей, установленным в описании типа.

11.3 Если значения основной погрешности измерений во всех контрольных точках, определенные в соответствии с разделом 10, удовлетворяют требованию пунктов 11.1 и 11.2, выполнены требования разделов 4, 7, 8 и 9 настоящей методики, то принимают решение о соответствии термопреобразователей метрологическим требованиям.

11.4 Если хотя бы одно из значений основной погрешности измерений, полученные в соответствии с разделом 10, не удовлетворяют требованиям пунктов 10.1 и 10.2 и/или требования разделов 4, 7, 8 и 9 настоящей методики не выполнены, то принимают решение о несоответствии термопреобразователей метрологическим требованиям. Выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

## 12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Результаты поверки оформляют протоколом (рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А).

По заявлению владельца термопреобразователей корабельных ТПК или лица, представившего их на поверку при положительных результатах поверки, выдается свидетельство о поверке установленной формы и (или) в паспорт вносится запись о проведенной поверке, удостоверенная оттиском поверительного клейма; при отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности к применению, при наличии сведений о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (в случае его оформления) и (или) в паспорт.

Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ  
поверки термопреобразователей корабельных ТПК  
№ \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

1 Заказ зав. № \_\_\_\_\_.

2 Термопреобразователь корабельный ТПК, исполнение \_\_\_\_\_, зав. № \_\_\_\_\_.

3 Диапазон измерений: от \_\_\_\_\_ °С до \_\_\_\_\_ °С.

4 Условия поверки

Температура окружающего воздуха, °С	
Относительная влажность воздуха, %	
Атмосферное давление, кПа	

5 Средства поверки

Наименование, тип	Заводской номер	Номер в ФИФ ЕОИ	№ и дата свидетельства о поверке, кем выдано

6. Результаты поверки

6.1 Внешний осмотр

Замечания по внешнему осмотру (указать при наличии)	Наличие маркировки (соответствует/не соответствует ТУ)

6.2 Опробование \_\_\_\_\_

6.3 Версия ПО \_\_\_\_\_

6.4 Проверка метрологических характеристик.

Действительное значение температуры в контрольной точке по эталонному СИ, °С	Измеренные значения термопреобразователя			Значение основной погрешности
	$I_{изм}$ , мА	$I_{изм} = U/R$ , мА	$T_{изм}$ , °С	

7. Выводы:

Термопреобразователь корабельный ТПК, исп. \_\_\_\_\_,  
зав. № \_\_\_\_\_ на основании результатов первичной (периодической) поверки признан

\_\_\_\_\_ (годен/не годен, в случае непригодности к применению указать причину)

Поверка выполнена \_\_\_\_\_  
(знак поверки) (подпись) (Фамилия И.О.) (дата)

Подключение термопреобразователя с цифровым выходным сигналом  
Преобразователь

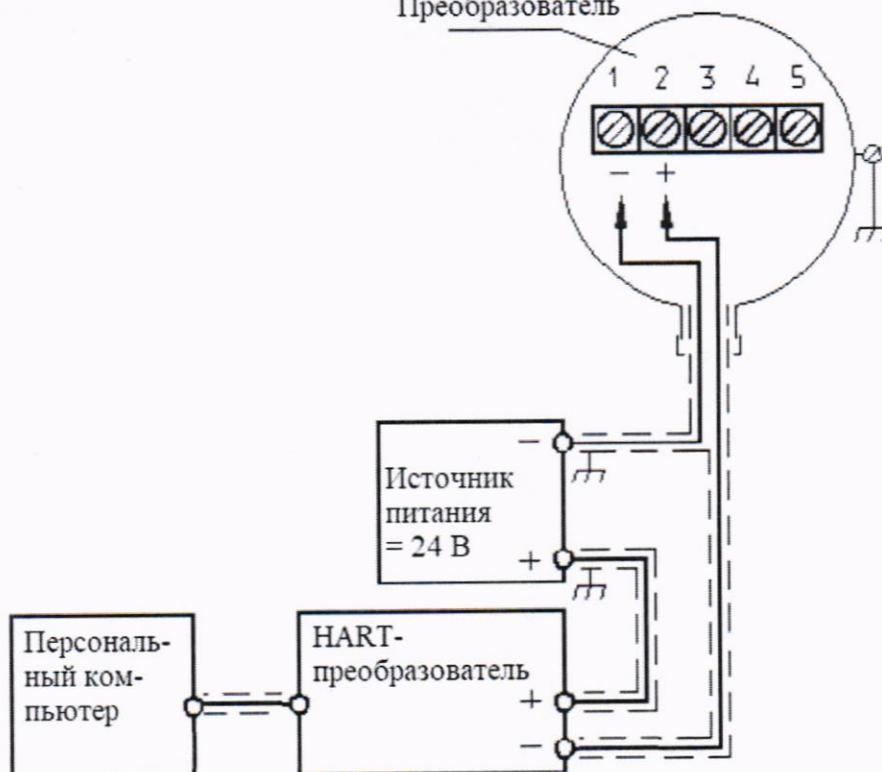
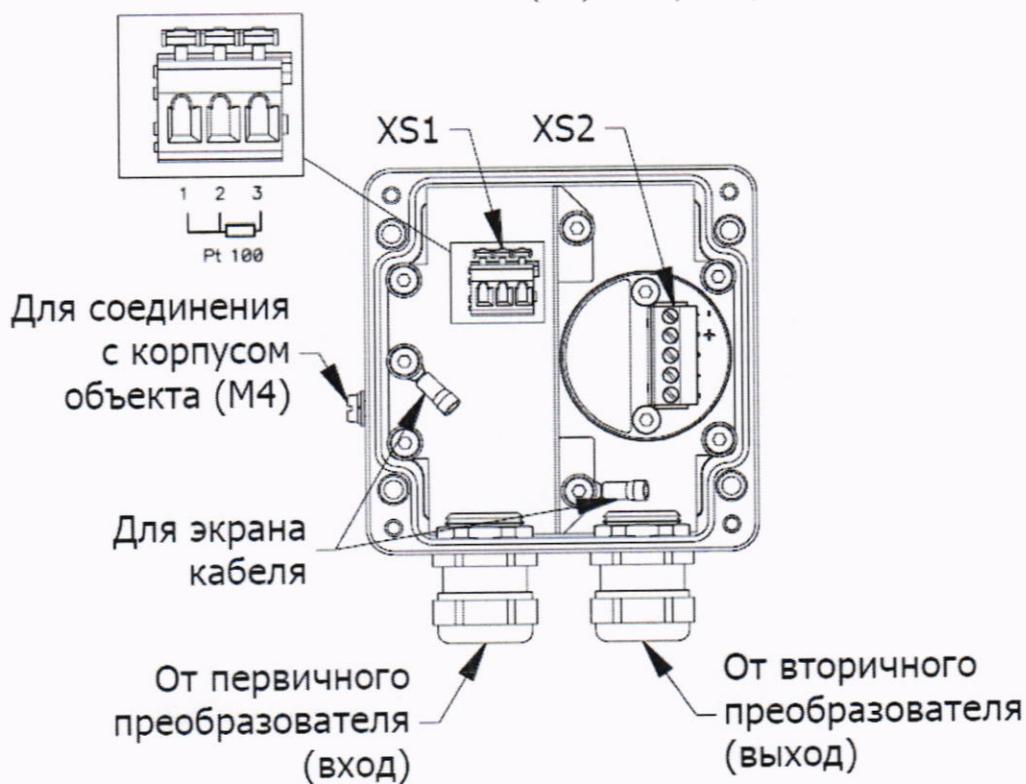


Рисунок Б.1 – Принципиальная схема подключения термопреобразователя с цифровым и/или релейным выходным сигналом



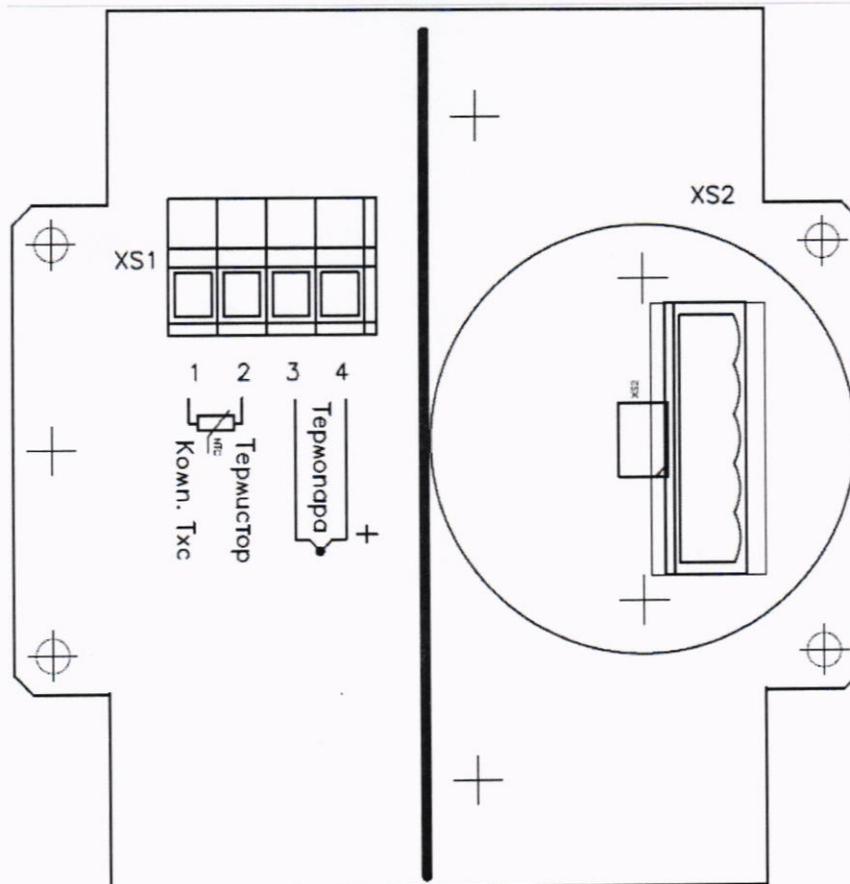


Рисунок Б.2 – Расположение разъемов подключения для термопреобразователя со сменным зондом

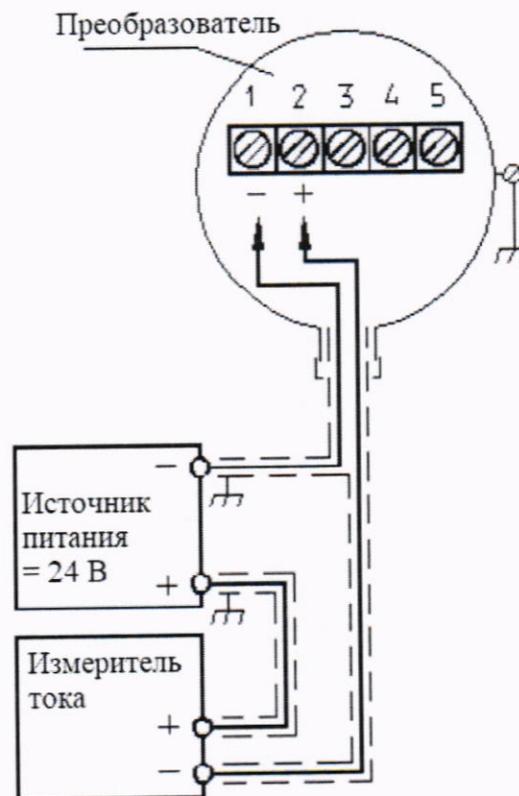


Рисунок Б.3 - Подключение термопреобразователя с токовым выходным сигналом