



# Датчик угла наклона

Руководство по эксплуатации

26.51.66-003-05877021-2024.РЭ1

Санкт-Петербург

2024

---

## Содержание

1. Вводная часть.....	3
2. Принцип работы .....	4
3. Технические характеристики .....	5
4. Установка датчика угла наклона.....	6
5. Подключение датчика .....	7
6. Протокол связи ISSO TILTG .....	8

## Вводная часть

Датчик угла наклона ISSO TILT используется для измерения угла наклона различных объектов относительно гравитационного поля Земли. В датчике используется МЭМС-технология (микроэлектромеханические системы), которая позволяет с высокой точностью проводить измерения угла наклона.



Рисунок 1. Датчик угла наклона TITLG



Рисунок 2. Датчик угла наклона TILT1

## Принцип работы

Измерители угла наклона ISSO TILT используют технологию датчиков MEMS. MEMS (микроэлектромеханические системы) представляют собой интеграцию механических элементов, датчиков, приводов и электроники на общей кремниевой подложке с помощью технологии микропроизводства. Механическая структура типичного датчика MEMS показана на рисунках 3 и 4 ниже.

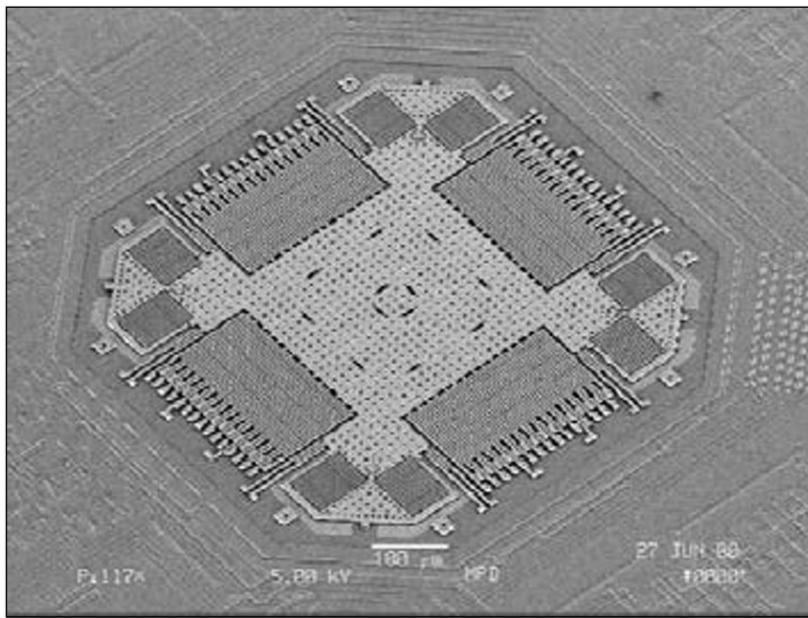


Рисунок 3. Фотография MEMS-преобразователя

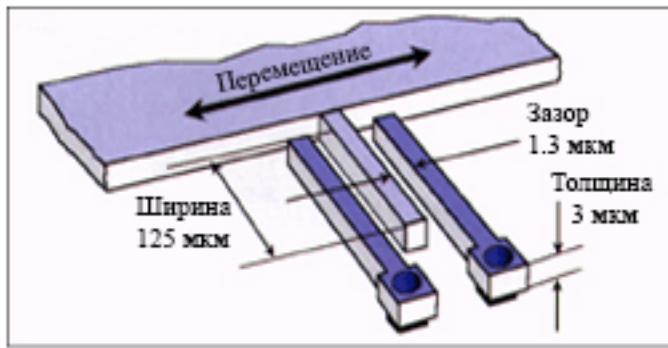


Рисунок 4. Принцип работы MEMS-систем

Поликремниевые пружины подвешивают структуру MEMS над подложкой таким образом, что корпус датчика (также известный как «испытуемая масса») может перемещаться по осям X и Y. Ускорение вызывает отклонение испытуемой массы от ее центрального положения. Вокруг четырех сторон квадратной испытуемой массы расположены 32 набора выступов. Эти выступы расположены между пластинами, которые закреплены на подложке. Каждый выступ и пара фиксированных пластин образуют дифференциальный конденсатор, а отклонение испытуемой массы определяется путем

измерения дифференциальной емкости. Этот метод зондирования позволяет определять как динамическое ускорение (например, удар или вибрацию), так и статическое ускорение (например, наклон или вращение). Обработка сигнала выполняется в измерителях угла наклона TILT, чтобы получить простой выходной сигнал. Этот выходной сигнал можно использовать вместе с калибровочным листом для простого расчета величины возникшего наклона. Датчики MEMS в измерителях угла наклона ISSO TILT настроены на измерение наклона от вертикали. По мере движения измеритель угла наклона ISSO TILT будет перемещаться вместе со своим креплением, тем самым изменения наклон внутренних датчиков. Датчики MEMS в измерителях угла наклона ISSO TILT измеряют наклон в диапазоне  $\pm 15^\circ$ . В двухосной модели второй датчик MEMS устанавливается под углом  $90^\circ$  к другому датчику и измеряет наклон в ортогональном направлении в горизонтальной плоскости. После установки на конструкцию они обычно настраиваются на показания, близкие к нулю, их средней точке. Затем регистрируется «начальное показание», и любые изменения наклона конструкции определяются путем сравнения текущих показаний с начальными показаниями. Хотя основным преимуществом измерительных систем на основе MEMS по сравнению со старыми системами на основе электроуровня является их стабильность и пониженная тепловая чувствительность, датчики MEMS также значительно реже страдают от «долгосрочного дрейфа». «Твердотельная» конструкция и надежная природа систем на основе MEMS делают их очень подходящими для использования в геотехнических приборах, поскольку приборы часто располагаются в областях, которые сильно подвержены ударам и изменяющимся тепловым условиям. Были проведены обширные тепловые испытания, чтобы подтвердить, что тепловые эффекты в их рабочем диапазоне незначительны. Линейность акселерометров MEMS очень хороша и обеспечивает повышение стабильности, чувствительности и точности. Датчики MEMS подходят для использования там, где необходимы длинные кабели.

### Технические характеристики

	TITL1	TILTG
Диапазон измерений, $^\circ$	$\pm 15$ (вертикальный)/ $\pm 15$ (горизонтальный)	
Порог чувствительности, "	$<10$ угловых секунд	
Точность измерений, % от диапазона	$\pm 0,5\%$	
Пылевлагозащищённость, IP	Не ниже 65	
Рабочий температурный диапазон, $^\circ\text{C}$	от -45 до +80	
Напряжение на входе, В	12-36 DC	
Выходной сигнал	0-5 В	RS-485 Modbus RTU
Размеры, мм	$\varnothing 34 \times 215$	(Д)100 x (Ш)56 x (В)40

## Монтаж датчика

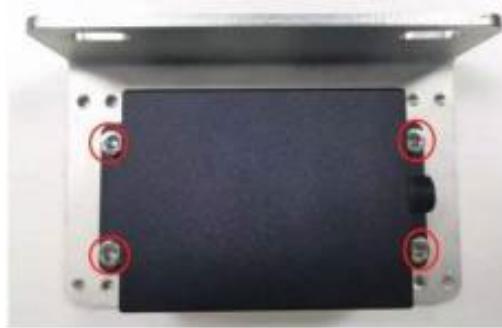
Измеритель угла наклона ISSO TILT включает в себя сам датчик, а также комплект крепления, согласно модели датчика. Перед установкой, в соответствии с проектной схемой, выбирается место установки. Неправильная установка может привести к ошибкам в измерениях.

- 1) При установке датчика наклона следует по возможности избегать сильных магнитных полей, зон с высокой температурой и других мест, которые могут помешать нормальной работе оборудования;
- 2) Избегайте попадания прямых солнечных лучей на место установки оборудования, если это невозможно избежать, то попытайтесь сделать затеняющую обработку, для того, чтобы увеличить срок службы оборудования;
- 3) После получения датчика, пожалуйста, проверьте его внешний вид на повреждения.

## Установка датчика угла наклона

- 1) После определения измеряемого объекта найдите область установки без вертикального угла наклона.
- 2) Опора стационарного инклинометра временно закрепляется вручную и устанавливается на место установки для предварительной настройки с помощью уровня
- 3) Затем отметьте маркером расположение двух отверстий для винтов.
- 4) С помощью перфоратора или дрели просверлите два отверстия в отмеченном месте, чтобы зафиксировать болт при установке кронштейна. (Во избежание смещения рекомендуется пробивать отверстие в середине отмеченной позиции).
- 5) Далее инклинометр устанавливается на кронштейн. Четыре винтовых отверстия инклинометра совмещаются с четырьмя винтовыми отверстиями на кронштейне, винты пропускаются через них и фиксируются.

Рисунок 5. Крепление датчика ISSO TILTG к кронштейну



Внимание! При установке кронштейна, кронштейн должен быть выставлен максимально в уровень горизонта, как показано на рисунке 6:

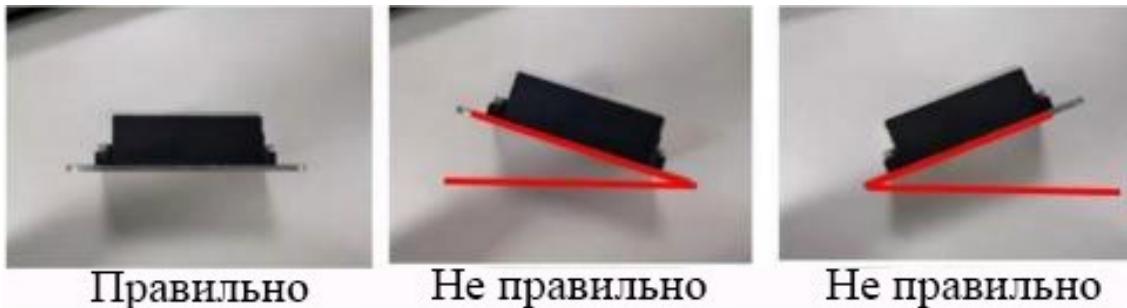


Рисунок 6. Установка датчика ISSO TILTG

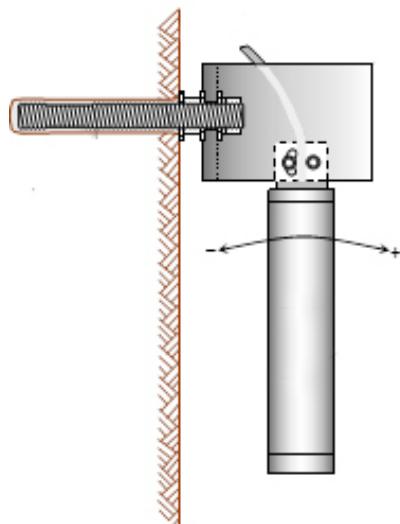


Рисунок 7. Установка датчика ISSO TILT1

#### Подключение датчика

Кабельное соединение (Выход по напряжению для TILT1-1.1):

Цвет провода	Значение
Красный	Напряжение DC 12-36 В
Черный	GND
Зеленый	Положительный сигнал 0-5 В
Белый	Отрицательный сигнал

Кабельное соединение (Выход по напряжению для TILT1-1.2/TILTG-1.2):

Цвет провода	Значение
Красный	Напряжение DC 12-36 В
Черный	GND
Зеленый	Положительный сигнал 0-5 В (Ось X)
Белый	Отрицательный сигнал (Ось X)
Желтый	Положительный сигнал 0-5 В (Ось Y)
Белый	Отрицательный сигнал (Ось Y)

Кабельное соединение (Выход RS-485 для TILTG-1.2 RS-485):

Цвет провода	Значение
Красный	Напряжение DC 12-36 В
Черный	GND
Зеленый	RS485+
Белый	RS485-

### Протокол связи ISSO TILTG RS-485

1. Положения протокола:

1.1 Общие положения

Формат: RTU

Скорость передачи данных: 9600;

без четности;

8-битные данные;

1 стоповый бит.

Код проверки CRC: Начальное число 0xFFFF (когда код проверки CRC равен 0xFFFF, проверка обнаружения не выполняется по умолчанию для удобства отладки)

(Программное приглашение для более низкой скорости передачи данных компьютера: учитывая удобство программирования верхнего уровня компьютера и тот факт, что некоторые ретрансляторы, используемые для релейного соединения, не поддерживают установку 2 стоповых битов, принимаются следующие меры:

---

Режим связи устанавливается на 1 стоповый бит, т. е. режим «9600, N, 8, 1». Однако при отправке делайте задержку 2 бита (208 мкс) после отправки каждого байта, чтобы одновременно поддерживать оба режима «9600, N, 8, 2» и «9600, N, 8, 1».)

00 Широковещательная передача: используется как широковещательный адрес; отвечают все получатели, за исключением инструкций ниже, которые не отвечают на другие инструкции.

Запрос адреса: после получения запроса широковещательного адреса устройство отвечает после задержки в код адреса  $\times 50$  мс.

Начать измерение: нет ответа (действительно только для некоторых специальных датчиков, запись в область данных инициирует измерение).

(00 не может использоваться в качестве адреса датчика; при программировании, если адрес равен 00, установите его в 0xFF).

Задержки и тайм-ауты: (тайм-аут передачи одиночной команды 50 мс (20% избыточности зарезервировано), тайм-аут ответа 10 с).

Хост отправляет команду: следует начать отправку после того, как шина простоявает в течение 60 мс( $50*(1+20\%)$ ).

Подчиненное устройство получает команду: если в течение 50 мс не получен новый символ, команда считается выполненной.

Подчиненное устройство отвечает на команду: должно ответить в течение 10 секунд после получения команды.

Если подчиненное устройство не отвечает в течение 10 секунд, это считается ошибкой тайм-аута (нет ответа).

Передача данных (режим Big-endian):

Целое число (длинное целое): сначала старший байт.

Плавающая точка: сначала знаковый бит и бит экспоненты.

Символ: естественный порядок.

Формат команды чтения

Код функции: 03.

Read Command: Address (1) + Function Code (1) + Register Starting Address (2) + Number of Registers (2) + Check (2).

Read Response: Address (1) + Function Code (1) + Number of Bytes (1) + Data (1\*n bytes) + Check (2).

Команда на чтение		Ответ	
Номер байта	Описание	Номер байта	Описание
1	Адрес датчика	1	Адрес датчика
2	Код функции (03)	2	Код функции (03)
3~4	Номер стартового регистра	3	Количество байт данных
5~6	Количество регистров	4 ~ n+3	Данные
7~8	CRC (контрольная сумма)	n+4 ~ n+5	CRC (контрольная сумма)

#### Формат команды записи

Код функции: (0x10)

Write Command: Address (1) + Function Code (1) + Register Starting Address (2) + Number of Registers (2) + Number of Data Bytes (1) + Data (indefinite) + Check (2).

Write Response: Address (1) + Function Code (1) + Register Starting Address (2) + Number of Registers (2) + Check(2)

Команда на запись		Ответ	
Номер байта	Описание	Номер байта	Описание
1	Адрес датчика	1	Адрес датчика
2	Код функции (10)	2	Код функции (10)
3~4	Номер стартового регистра	3 ~ 4	Номер стартового регистра
5~6	Количество регистров	5 ~ 6	Количество регистров
7	Количество байт данных	7 ~ 8	CRC (контрольная сумма)
8 ~ n+7	Данные		
n+8 ~ n+9	CRC (контрольная сумма)		

## Описания команд и ответов

### Чтение и запись адреса RS-485

#### (1) Изменение адреса RS-485

##### Кадр команды изменения адреса RS-485

Смещение	Поле	Имя поля	Значение поля	Описание
0	Адрес	Адрес назначения	0xxx	Оригинальный адрес RS-485
1		Код функции	0x10	
2~3		Номер стартового регистра	0xFF00	
4~5		Количество регистров	0x0001	
6		Количество байт данных	0x02	
7~8		Значение регистра	0xXXXX	Новый адрес
9~10		CRC (контрольная сумма)	0xXXxx	

##### Изменение кадра ответа адреса RS-485

Смещение	Поле	Имя поля	Значение поля	Описание
0		Адрес	0xxx	Оригинальный адрес RS-485
1		Код функции	0x10	
2 ~ 3		Номер стартового регистра	0xFF00	
4 ~ 5		Количество регистров	0x0001	
6 ~ 7		CRC (контрольная сумма)	0xXXxx	

### Чтение данных датчика

#### Кадр команды чтения данных

Смещение	Поле	Имя поля	Значение поля	Описание
0		Адрес	0xxx	Оригинальный адрес RS-485
1		Код функции	0x03	
2 ~ 3		Номер стартового регистра	0x0000	
4 ~ 5		Количество регистров	0x0008	0008 указывает на чтение значений 8 регистров, начиная с 0x0000.
6 ~ 7		CRC (контрольная сумма)	0xXXXX	

#### Кадр ответа на чтение данных

Смещение	Поле	Имя поля	Значение поля	Описание
0		Адрес	0xxx	Оригинальный адрес RS-485
1		Код функции	0x03	
2		Количество байт	0x10	16 Byte
3 ~ 10		Значение регистра	0XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX	16-байтовые данные, всего 4 фрагмента данных (все 4-байтовые с плавающей запятой)  Формат расположения данных следующий:  1. Плавающая запятая 1 (значение угла оси А);  2. Плавающая запятая 2 (значение температуры);  3. Плавающая запятая 3 (значение угла оси В)  4. Плавающая запятая 4 (значение температуры);  Примечание: Оба значения температуры одинаковы

11 ~ 12		CRC (контрольная сумма)		