

**Измерители угла наклона  
двухкоординатные  
ИН-Д9  
Руководство по эксплуатации  
МПГТ 401267.09 РЭ**

Москва 2024г.

Настоящее руководство по эксплуатации (далее по тексту - Руководство) содержит технические характеристики, описание устройства и принципа действия, а также сведения, необходимые для правильной эксплуатации измерителей угла наклона двухкоординатных ИН-Д9 (далее по тексту – Измерителей). Измерители с цифровым выходом выпускаются в 8 диапазонах:  $\pm 360$ ,  $\pm 720$ ,  $\pm 1440$ ,  $\pm 1800$ ,  $\pm 3600$ ,  $\pm 7200$ ,  $\pm 10800$ ,  $\pm 14400$  угловых секунд.

В условном наименовании моделей измерителя буквы и цифры означают:

И – измеритель, Н – наклона, Д – двухкоординатный, 9 – модификация, трёх или четырёхзначная цифра равна положительной части диапазона измерения в угловых секундах.

Перед началом эксплуатации измерителей следует внимательно изучить настоящее Руководство.

Изготовитель:

ООО «Научно-техническое производственное предприятие «Горизонт»

125130 г. Москва, Старопетровский проезд, д.7а, стр.23

Тел/факс 8(495)909-12-84

E-mail: [info@ntpgorizont.ru](mailto:info@ntpgorizont.ru),

сайт: [www.ntpgorizont.ru](http://www.ntpgorizont.ru)

## 1. Общие положения

### 1.1 Назначение и область применения

1.1.1 Измеритель угла наклона двухкоординатный ИН-Д9 предназначен для измерений:

- абсолютных и относительных углов наклона и наклонных перемещений объекта по двум координатам.

1.1.2 Основными областями применения ИН-Д9 являются:

- системы углового позиционирования и слежения
- системы ориентации, стабилизации положения платформ, приборов;

### 1.1 Метрологические и технические характеристики

Таблица 1

1.	Модельный ряд	ИН-Д9 360	ИН-Д9 720	ИН-Д9 1440	ИН-Д9 1800	ИН-Д9 3600	ИН-Д9 7200	ИН-Д9 10800	ИН-Д9 14400
2.	Диапазон измерений, угловые секунды	±360	±720	±1440	±1800	±3600	±7200	±10800	±14400
3.	Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений угла наклона, % от диапазона измерений							± 0,25	
4.	Разрешение, % от диапазона измерений							0,015	
5.	Предельное значение собственного дрейфа нуля, % от диапазона измерений							0	
6.	Пределы допускаемой дополнительной погрешности, вызванной изменением температуры на 1°C, % от диапазона измерений							±0,001	
7.	Температурный дрейф нуля, вызванный изменением температуры на 1°C, % от диапазона							0	
8.	Временной дрейф нуля за 1 год, % от диапазона							0	
9.	Процедура самокалибровки							По команде/по расписанию	
10.	Время проведения самокомпенсации, не более, мин.							1	
11.	Рабочий температурный диапазон измерителей с цифровым выходом, °C							от -40 до +50	
12.	Угол между радиальными измерительными осями преобразователя, °							90 ±1	
13.	Пылевлагозащищённость, степень защиты IP							не ниже 65	
14.	Ресурс работы первичного преобразователя, часы							100000	
15.	Средний срок службы, лет							10	
16.	Количество преобразователей, подключаемых к одной линии RS-485							до 10	
17.	Протокол обмена							ModBus	
18.	Общая длина кабельной линии, м							до 800	
19.	Напряжение питания у измерителей, В							от +9 до +28	
20.	Потребляемый ток при напряжении 24В, не более, мА							150	
21.	Габаритные размеры преобразователя (φ x высота), мм							99x140	
22.	Масса измерителя, кг							1,5	

## 1.2 Состав изделия и комплект поставки

### 1.2.2 Состав изделия

1.3.1.1 Измеритель состоит из электролитического маятникового первичного преобразователя, установленного на прецизионной поворотной платформе с приводом и цифрового электронного блока, размещенного в том же корпусе. Измеритель устанавливается на штатив, входящий в комплект поставки.

1.3.1.2 Штатив имеет выполненные из нержавеющей стали три опоры и три опорных винта, первые служат для проверки смещения собственного нуля измерителя, вторые - для регулирования наклона измерителя при его установке на объекте.

1.3.1.3 Крепление штатива к объекту мониторинга осуществляется с помощью прижимных винтов и пружин, входящих в комплект поставки.

1.3.1.4 У измерителя определены две взаимно-перпендикулярные измерительные оси X и Y. На направления радиальных измерительных осей указывают риски, нанесённые на поверхности корпуса измерителя.

### 1.2.3 Комплект поставки

Комплектность поставки измерителя представлена в Таблице 2.

Таблица 2

№ п/п	Наименование	Обозначение	Количество, шт.
1.	Измеритель угла наклона двухкоординатный цифровой МПГТ 401262.09.00.00 ТУ	ИН-Д9 360, ИН-Д9 720, ИН-Д9 1440, ИН-Д9 1800, ИН-Д9 3600, ИН-Д9 7200, ИН-Д9 10800, ИН-Д9 14400	1
2.	Штатив установочный (платформа горизонтальная)		1**
3.	Крепёжный комплект: пружина (3шт.), винт (3 шт.), втулка (3 шт.), шайба (6 шт.)		1
4.	Паспорт	МПГТ 401267.09 ПС	1
5.	Руководство по эксплуатации	МПГТ 401267.09 РЭ	1*

\* Поставляется один на партию.

\* Поставляется по отдельному заказу

## 1.4 Принцип действия

1.4.1 Первичный преобразователь измерителя представляет собой осесимметричную, заполненную электролитом металлическую ампулу с пятью токовыводами. Первичный преобразователь содержит центральный подвижный электрод, играющий роль сильно демпфированного маятника и четыре боковых электрода.

1.4.2 При наклоне первичного преобразователя центральный подвижный электрод изменяет своё положение относительно боковых электродов, что приводит к изменению электрических сопротивлений, заполненных электролитом межэлектродных полостей. Эти изменения электрических сопротивлений преобразуются электронным блоком в выходные электрические сигналы измерителя.

1.4.3 Первичный преобразователь, установлен на поворотной платформе, угловая процессия которой составляет не более 1 угловой секунды, вращающейся по команде с ПК или автоматически через заданный интервал времени.

1.4.4 Принцип действия измерителя заключается в последовательном измерении угла наклона в двух положениях поворотной платформы - в базовом и обратном положении при развороте на 180 градусов.

1.4.5 Угол наклона измерителя (плоскости, образованной 3-мя точками контакта штатива к объекту мониторинга) относительно вертикали вектора силы тяжести определяется по формулам:

$$S_x = \frac{\varphi_x^0 - \varphi_x^{180}}{2}$$

$$S_y = \frac{\varphi_y^0 - \varphi_y^{180}}{2},$$

где  $\varphi_x^0, \varphi_x^{180}, \varphi_y^0, \varphi_y^{180}$  - измеренные значения углов наклона по осям X и Y в прямом и обратном направлениях.

1.4.7 Поправка «сдвига нуля», вызванного временным и температурным дрейфом или транспортировкой измерителя, рассчитывается по формуле:

$$\Delta_x = \frac{\varphi_x^{180} + \varphi_x^0}{2} \qquad \Delta_y = \frac{\varphi_y^{180} + \varphi_y^0}{2}$$

1.4.8 С учетом поправки, относительный угол наклона рассчитывается по формулам:

$$\varphi_x^{корр} = \varphi_x + \Delta_x \qquad \varphi_y^{корр} = \varphi_y + \Delta_y$$

Выходными величинами измерителя, передаваемыми по протоколу ModBus, являются:

$\varphi_x^0$	Значение угла наклона, измеренное первичным преобразователем, по оси X
$\varphi_y^0$	Значение угла наклона, измеренное первичным преобразователем, по оси Y
$\varphi_x^{корр}$	Значение угла наклона с учетом расчётной коррекции «дрейфа нуля», по оси X
$\varphi_y^{корр}$	Значение угла наклона с учетом расчётной коррекции «дрейфа нуля», по оси Y
$\Delta_x$	Расчётное значение сдвига нуля первичного преобразователя по оси X
$\Delta_y$	Расчётное значение сдвига нуля первичного преобразователя по оси Y
$S_x$	Расчётное значение абсолютного угла наклона измерителя относительно вертикали вектора силы тяжести по оси X
$S_y$	Расчётное значение абсолютного угла наклона измерителя относительно вертикали вектора силы тяжести по оси Y

1.4.9 Выходные сигналы имеют положительные значения при наклонах измерителя в направлении, совпадающем с направлением горизонтальных измерительных осей, и отрицательные значения при наклонах измерителя в противоположном направлении.

## 1.5 Маркировка и пломбирование

### 1.5.1 Маркировка

1.5.1.1 Маркировка выполняется способами, обеспечивающими четкость и сохранность ее в течение всего срока службы измерителя.

1.5.1.2 Маркировка измерителя содержит условное обозначение измерителя и порядковый номер измерителя по системе нумерации предприятия-изготовителя.

1. На корпусе измерителя нанесены риски, соответствующие направлениям измерительных осей X и Y.

### 1.5.2 Пломбирование

1.5.2.1 Пломбирование измерителя осуществляется путём наклеивания наклейки на верхнюю и нижнюю крышку измерителя.

1.5.2.2 Пломбирование от несанкционированного доступа осуществляется наклейкой стикера, представляющего собой полосу. На полосе методом лазерной гравировки нанесена надпись: «ООО «НТП «Горизонт»».

## 1.6 Упаковка

1.6.1 Тара для упаковки измерителей представляет собой картонную коробку, размер которого определяется количеством упакованных измерителей, в одну тару допускается упаковывать 1 измеритель.

1.6.2 Измерители поставляются запаянными в полиэтиленовый пакет, полости ящика, оставшиеся свободными после укладки изделий, заполняются виброгасящим материалом.

## 2. Установка измерителя на объекте

2.1 Измеритель устанавливается на установочный штатив, входящий в комплект поставки.

2.2 Штатив должен устанавливаться на жестко закрепленную с объектом металлическую опорную плиту или полку с гладкой поверхностью. В платформе для фиксации штатива должны быть просверлены 3 резьбовых отверстия М4, расположенных на окружности диаметром 80 мм под углами 120° по отношению друг к другу. Более подробно схема сверления установочных отверстий представлена в монтажном чертеже (Приложение 1 к настоящему Руководству)

2.3 Вставить в отверстия штатива измерителя, расположенные на окружности под углами 120° крепёжные винты с установленными на них пружинами из комплекта поставки и, вкручивая крепёжные винты, прижать измеритель к поверхности платформы.

2.4 Вращая опорные винты (7), вывести измеритель в вертикальное положение, при котором показания регистрирующего устройства не будут превышать 5% от диапазона.

### 3. Подключение измерителя

3.1 Схема подключения одного измерителя представлена на рисунке 1.

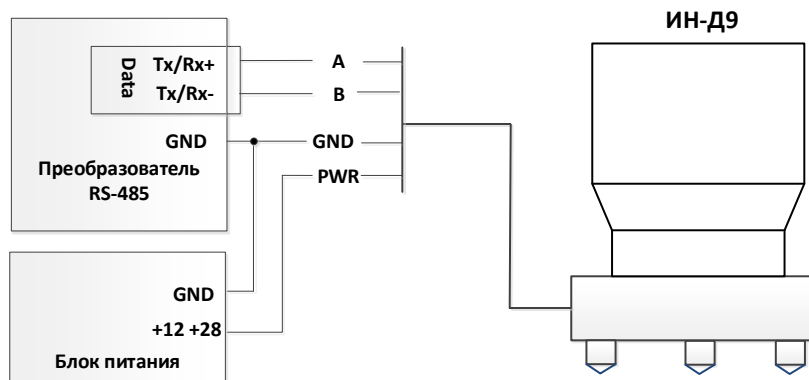


Рис.1 - Схема подключения измерителя

3.2 Цветомаркировка проводов представлена в таблице 3

Таблица 3

Контакт	Обозначение	Цвет провода	2-х проводная линия
1	A	белый	RS485, Tx/Rx –
2	B	желтый	RS485, Tx/Rx +
3	PWR	красный	Питание, +12..28 В
4	GND	синий	Питание, 0В

3.3 Схема подключения нескольких измерителей ИН-Д9 в одной измерительной цепи представлена на рисунке 2.

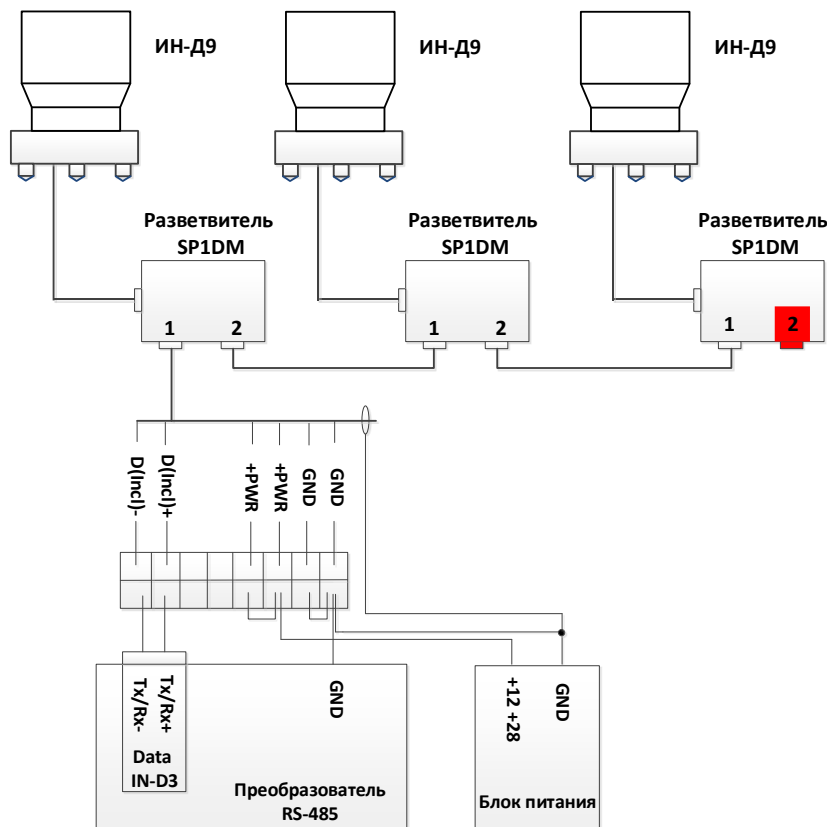


Рис.2 - Схема подключение измерителей ИН-Д9 в измерительной цепи

3.4 В одну измерительную цепь рекомендуется подключать не более 10 измерителей. Длина линии RS-485 не должна превышать 800м.

**В случае если длина измерительной линии RS-485 превышает 800 метров рекомендуется применение активного повторителя SmartTilt 300.**

**Для заказа:**

SmartTilt300	Активный повторитель SmartTilt 300
--------------	------------------------------------

3.5 Подключение измерителей в измерительной цепи осуществляется кабелем типа «витая пара» FTP 8 жил.

3.6 Экранирование кабелей измерительной цепи значительно снижает влияние помех в случае применения линий большой длины и/или наличия электромагнитных помех.

3.7 Экраны кабелей измерительной цепи должны соединяться между собой.

3.8 Экран сигнального кабеля измерительной линии должен быть соединен с отрицательным проводом питания (GND), как можно ближе к клеммам источника питания.

3.9 На конце измерительной цепи необходимо сделать терминирование линии.

**Для подключения нескольких измерителей к одной линии RS-485 рекомендуем использовать разветвители линии RS-485 производства НТП «Горизонт».**

**Для заказа:**

SP1DM	Разветвитель RS-485, IP65, переключение 2/4- проводная линия
-------	--------------------------------------------------------------

3.10 Измерители бесперебойно работают в диапазоне питания +9 - +28В, таким образом, с учетом падения напряжения в длинных линиях и/или при большом количестве измерителей, в измерительной цепи рекомендуем применять блоки питания, работающие в диапазоне +12 - +28В.

#### 4 Проведение измерений измерителем

4.1 Произвести настройку преобразователя интерфейсов в соответствии с инструкцией на применяемый преобразователь интерфейсов, установив следующие настройки соединения:

Тип линии	RS485 2 wire
Скорость соединения	9600 Бит/сек
Проверка четности	Нет

4.2 Mod-Bus адрес измерителя, устанавливаемый при производстве указан в паспорте на измеритель.

4.3 Карта ModBus-регистров представлена в таблице 4.

Таблица 4

Регистр Modbus	Размер (бит)	Тип	Описание	Вид доступа	Функция	Аналог ИН-ДЗ
0 (0x000)	2*32	SInt32	Наклон по оси Y при текущем угловом положении.	Read only	0x003	0x9b 0x01
			Наклон по оси X при текущем угловом положении.			
4 (0x0004)	2*32	SInt32	Наклон по оси Y при предыдущем угловом положении.	Read only	0x003	нет
			Наклон по оси X при предыдущем угловом положении.			
8 (0x0008)	2*32	SInt32	Наклон по оси Y с коррекцией при текущем угловом положении.	Read only	0x003	нет
			Наклон по оси X с коррекцией при текущем угловом положении.			
12 (0x000c)	2*32	SInt32	Величина коррекции (смещения базового нуля) по оси Y.	Read only	0x003	нет
			Величина коррекции (смещения базового нуля) по оси X.			
16 (0x0010)	2*32	SInt32	Величина абсолютного угла наклона по оси Y.	Read only	0x003	нет
			Передается в секундах * на 1000.			
			Величина абсолютного угла наклона по оси X.			
			Передается в секундах * на 1000.			
20 (0x0014)	2*32	SInt32	Заводское смещение нуля по оси Y.	Read only	0x003	0x9c 0x05
			Секунда * 1000.			
			Заводское смещение нуля по оси X.			
			Секунда * 1000.			
24 (0x0018)	16	UInt16	Ст. байт - текущее положение платформы 0 – 0 град. 1 – 90 град. 2 – 180 град. 3 – 270 град. 4 – поворот не завершен.	Read only	0x003	нет
			Мл. байт - задание положения платформы 0 – 0 град. 1 – 90 град.			



			2 – 180 град. 3 – 270 град.			
25 (0x0019)	16	UInt16	Однократный и циклический поворот платформы. Величина шага – 180 град. Мл. байт - 0 – поворот выполнен (Read). 1 – поворот начат, но не завершен (Read). 2 – однократный поворот (Write). 8 – циклический поворот ( Read/Write). Ст. байт – период цикла в мин ( Read/Write).	Read /Write	0x003 /0x006	0x9a 0x03 нет
26 (0x001a)	16	UInt16	Величина усреднения.	Read /Write	0x003 /0x006	0x9c 0x0c 0x9c 0x0d
27 (0x001b)	16	UInt16	Адрес устройства. 00, 247...255 – не разрешены.	Read /Write	0x003 /0x006	нет 0x9c 0x09 Кроме 00,7e,9a, 9b,9c,9d, ff

## 5. Техническое обслуживание

Техническое обслуживание измерителя не требуется.

## 6. Хранение

6.1 Хранение измерителя может проводиться в неотапливаемом помещении при температуре от –50°С до +50°С с относительной влажностью не более 70%.

6.2 Срок хранения - не более 10 лет.

## 7. Транспортирование

7.1 Транспортирование измерителя может производиться всеми видами транспорта без ограничения высоты.

7.2 Транспортировать измеритель аккуратно, не допуская падений или иных сильных воздействий, которые могут привести к обрыву груза первичного преобразователя.