



ЗАО

**ЛИМАКО**

---

300028, г. Тула, ул. Болдина, д. 94  
т/ф (4872) 26-44-09, 26-94-70  
е-mail: [in@limaco.ru](mailto:in@limaco.ru) , [limaco@tula.net](mailto:limaco@tula.net)  
[www.limaco.ru](http://www.limaco.ru)

## **ДАТЧИК УГЛА НАКЛОНА**

**ИЛМ-01**

**РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**МВВМ.296582.001РЭ**

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления с устройством датчика угла наклона ИЛМ-01 (в дальнейшем – инклинометр) и правильной его эксплуатацией.

Перед началом монтажа инклинометра необходимо ознакомиться с настоящим руководством по эксплуатации.

Следует учесть, что техническое совершенствование инклинометра может привести к небольшим непринципиальным расхождениям текста настоящего руководства по эксплуатации с конкретным исполнением датчика.

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ

Инклинометр ИЛМ-01 предназначен для измерения углов наклона в 2-х взаимноперпендикулярных плоскостях. Он может быть использован как автономный измеритель, так и в составе систем автоматического контроля и управления.

## 2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- рабочий диапазон измеряемых углов наклона -  $\pm 90$  градусов
- точность измерения:
  - в диапазоне углов  $\pm 30$  градусов – 0.1 градуса
  - в диапазоне углов от  $\pm 30$  градусов до  $\pm 60$  градусов – 0.2 градуса
  - в диапазоне углов от  $\pm 60$  градусов до  $\pm 80$  градусов – 0.4 градуса
  - в диапазоне углов от  $\pm 80$  градусов до  $\pm 90$  градусов – не нормируется
- дрейф нулей – не более 0.025 град /  $10^\circ \text{C}$  (модификация 01)
  - не более 0.075 град /  $10^\circ \text{C}$  (модификация 02)
- пропорциональные аналоговые выходы (опционально):
  - по напряжению -  $\pm 5 \text{ В}$  (0..+10 В)
  - по току – 4-20 ма
- два релейных выхода – открытый коллектор (опционально):
  - ток нагрузки не более 100 ма
- интерфейс передачи информации RS-232
- интерфейс передачи информации RS-485, Modbus-RTU (опционально)
- установка нулей пользователем
- напряжения питания - +12 вольт  $\pm 20\%$
- ток потребления, мА , не более 50
- постоянная времени измерения - 1 сек  $\pm 10\%$  (базовая программа)
  - может быть запрограммирована от 0.1 до 30 сек.
- время готовности после включения – не более 1 минуты ( при  $-40^\circ \text{C}$  )
- габаритные размеры, мм. , не более 85x72x30
- масса, кг. , не более 0.3
- условия эксплуатации:
  - температура окружающей среды,  $^\circ \text{C}$  от – 40 до +50
  - атмосферное давление, КПа (мм.рт.ст.) от 84,0 до 106,7 (от 630 до 800)
  - относительная влажность, % - 95 при  $35^\circ \text{C}$  и более низких температурах без конденсации влаги
  - стойкость к вибрациям и ускорениям по ГОСТ12997-84 группы N1-N4

### 3 КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

Комплект поставки приведен в табл.3.1.

Табл.3.1.

Наименование и обозначение	Кол.	Примечание
1. Инклинометр ИЛМ-01	1 шт.	Кабельная розетка  При поставке одному потребителю более одного датчика поставляется 1 шт. на комплект поставки.
2. Разъем РС10ТВ	1 шт.	
3. Паспорт	1 шт.	
4. Руководство по Эксплуатации ИЛМ-01 МВВМ.296582.001РЭ	1 шт.	

### 4 УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

4.1. Инклинометр выполнен в виде законченного блока, общий вид которого приведен на рис. 4.1

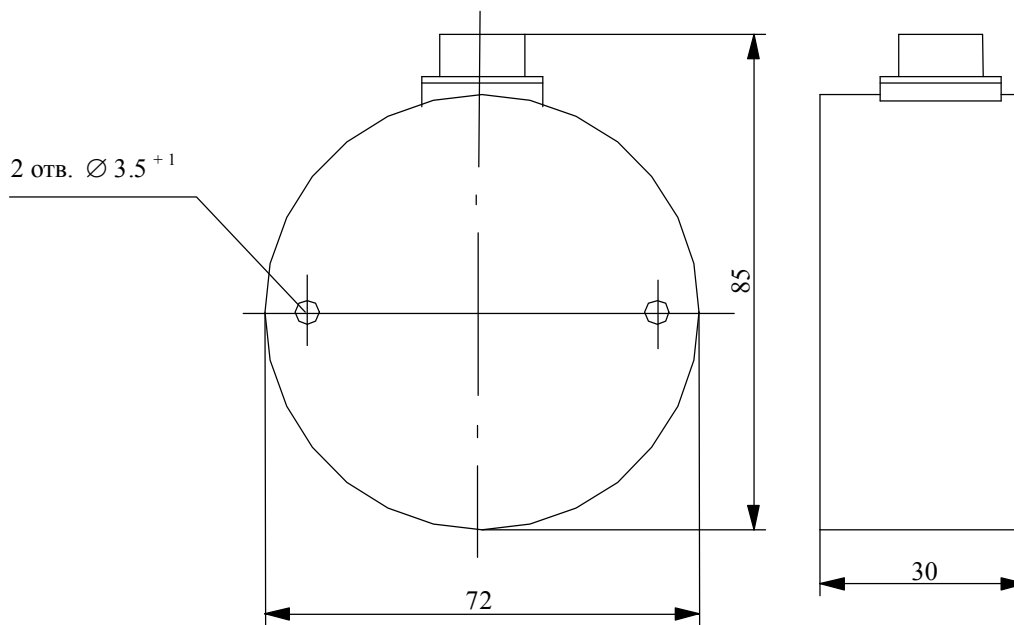


Рис. 4.1 Инклинометр ИЛМ-01

4.2. Питание инклинометра осуществляется от стабилизированного источника питания.

4.3. Стыковка инклинометра с остальными элементами системы и источником питания осуществляется с помощью электрического кабеля через распаянный на его конце ответный разъем.

## 5 РАЗМЕЩЕНИЕ И МОНТАЖ

5.1. Инклинометр размещается на плоскости наклон которой требуется контролировать.

5.2. Инклинометр крепится на рабочей плоскости через 2 отверстия в его корпусе винтами (шпильками) М3.

Чертеж разметки места для крепления инклинометра приведен на рисунке 5.1.

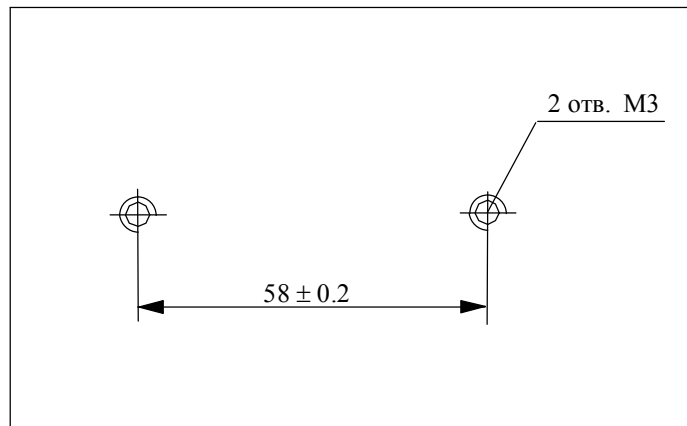


Рис. 5.1 Разметка места для крепления инклинометра .

5.3. Схема подключения инклинометра приведена на рисунках 5.2, 5.3 и 5.4 (варианты схемы с интерфейсами RS-232, RS-485 и пропорциональными аналоговыми выходами, релейными выходами ).

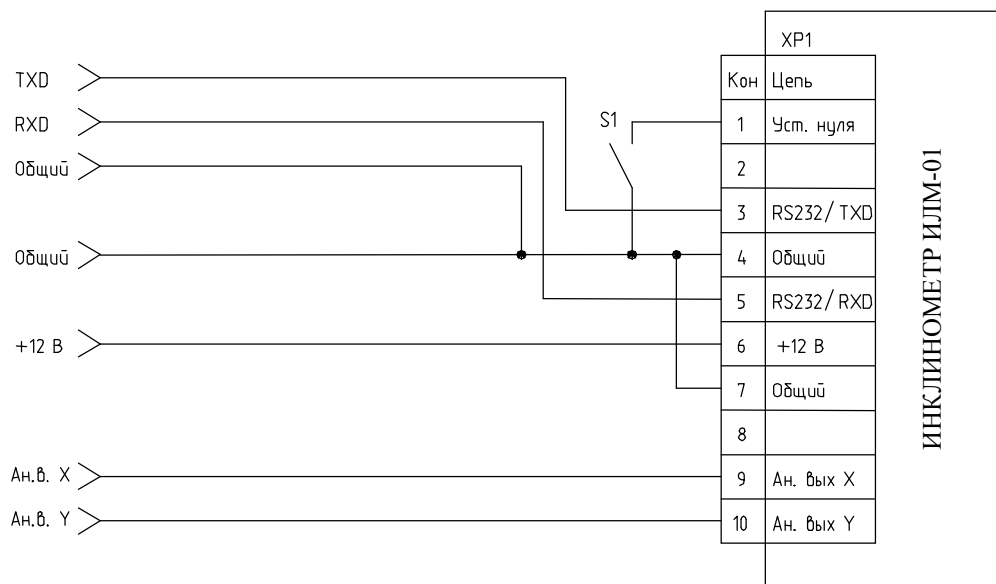


Рис. 5.2. Схема подключения инклинометра с интерфейсом RS-232.

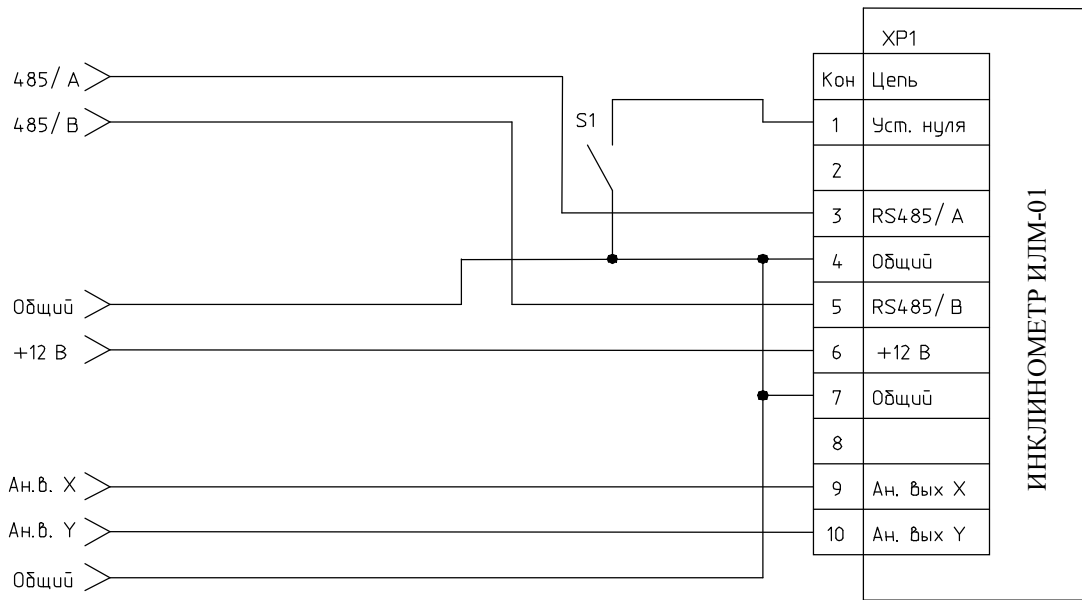


Рис. 5.3. Схема подключения инклинометра с интерфейсом RS-485

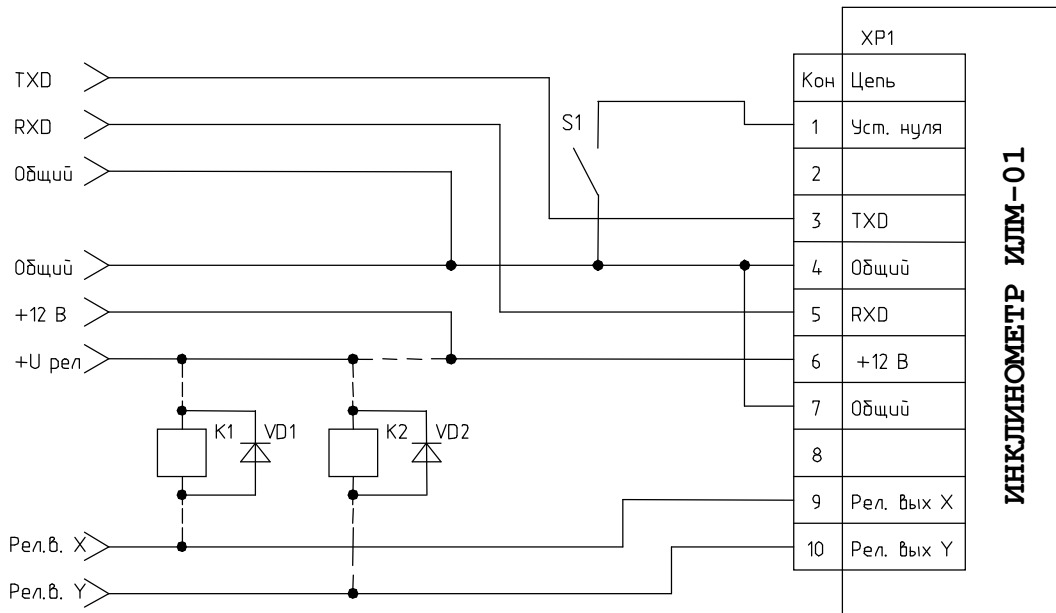


Рис. 5.4 Схема подключения инклинометра (вариант схемы с интерфейсом RS-232 и релейными выходами, пример подключения обмоток реле).

5.4. Схема расположения контактов разъема инклинометра приведена на рисунке 5.4

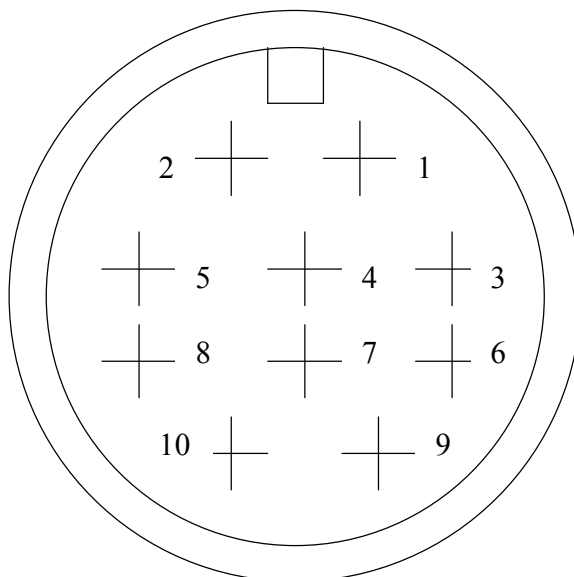


Рис.5.4. Нумерация контактов разъема (вид на вилку снаружи инклинометра)

## 6 УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. При подключении инклинометра строго соблюдать полярность подключения источника питания.

6.2. Инклинометр не является источником опасности для обслуживающего персонала и окружающей среды.

## 7 ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

Для подготовки датчика к работе необходимо:

7.1. Выполнить монтаж инклинометра в соответствии с требованиями и рекомендациями разд. 5 настоящего руководства по эксплуатации.

7.2. Проверить правильность монтажа инклинометра и правильность электрической стыковки с блоками системы и источником питания.

7.3. Включить инклинометр и выдержать время прогрева.

## 8 РАБОТА С ИНКЛИНОМЕТРОМ

8.1. Для установки «нулей» по углам служит кнопка S1.

- прогреть прибор.
- установить прибор в начальном (нулевом) положении и выдержать его в неподвижном состоянии (без перемещения, ударов и вибраций) не менее 10 секунд.

- нажать и отпустить кнопку S1

- установка нулей произойдет по истечении 10-и секунд.

После выключения прибора последняя установка нулей сохраняется при последующих включениях.

## 8.2. Формат протокола выдачи данных по интерфейсу RS-232

- Скорость передачи – 9600 бод
- 1 старт бит
- 8 бит данных
- контроль четности – четность
- 1 стоп бит
- Частота выдачи информации – 1 Гц ( базовая ).
- Передача в кодах ASCII.

Формат передачи:

: - двоеточие (код 3Ah)

+ - знак первого числа (плюс или минус)

XX – две десятичные цифры первого числа (до запятой)

, - запятая (код 2Ch)

XX – две десятичные цифры первого числа (после запятой)

Пробел (код 20h)

+ - знак второго числа (плюс или минус)

XX – две десятичные цифры второго числа (до запятой)

, - запятая (код 2Ch)

XX – две десятичные цифры второго числа (после запятой)

Числа 1 и 2 - отклонения по осям X и Y соответственно в градусах.

## 8.3. Протокол MODBUS ( RS-485 )

Протокол MODBUS предполагает работу системы в режиме мастер-слейв (ведущий- ведомый), т.е. имеется один главный компьютер который работает с другими устройствами. Компьютер выдает запрос по сети всем устройствам, указывая адрес требуемого устройства. На запрос отвечает только тот датчик, адрес которого указан. У каждого слейв-устройства есть свой оригинальный адрес. В общем случае имеется возможность использования номеров от 0 до 255. При подключении к некоторым PLC-контроллерам появляются ограничения по конкретным номерам и их числу, которые описываются в документации на эти контроллеры. Форма запроса описана в примере работы с инклинометром.

Инклинометр ИЛМ-01 поддерживает протокол MODBUS RTU.

### 8.3.1 Низкоуровневый обмен.

Обмен данными между мастером и слейвом осуществляется по последовательному интерфейсу. Параметры низкоуровневого обмена следующие:

- для RTU:

1) старт-бит(0)

2) 8 бит данных

- 3) бит четности ( в ИЛМ-01 – четность )
- 4) 1 стоп-бит

Скорость передачи данных фиксированная - 9600бит/с

### 8.3.2. RTU.

Данный протокол предполагает использование символов с кодами 0-255. При этом цифровые поля выражаются двоичным представлением чисел в памяти компьютера. Например число 300 представляется 2-мя символами с кодами 1 и 44, т.к.  $1 \times 256 + 44 = 300$ .

MODBUS-RTU имеет следующую структуру:

- 1) Номер датчика - 1 символ
- 2) Номер команды - 1 символ
- 4) Данные
- 5) Поле проверки наличия ошибки (CRC16) - 2 символа

CRC16- циклические коды необходимые для проверки наличия ошибки при передаче данных. Алгоритм вычисления будет описан дальше.

Примечание. В данном протоколе нет служебных символов, определяющих начало и конец посылки. Интервал времени проходящий между приемом двух символов не должен превышать времени прохождения 3.5 символов с заданной скоростью обмена по последовательному интерфейсу.

В случае превышения этого интервала принимающее устройство считает, что передача оборвалась и начинает прием с первого символа.

### 8.3.3. Параметры высокоуровневого обмена.

Инклинометр поддерживает команды 3 и 16 для получения и записи данных. В теле этих команд находятся адрес запрашиваемых регистров, и их число. Данные представляются регистрами, содержащими 2 байта информации (для RTU - 2 символа).

В инклинометре ИЛМ-01 измеренные углы располагаются в двух регистрах с адресами 1 и 2 (угол X и угол Y соответственно) в двоичном дополнительном коде. Чтобы получить угол в градусах необходимо полученное число разделить на 256. Если результат меньше или равен 90 то это вычисленный угол, иначе из него необходимо вычесть число 256.

Например: измеренный угол составляет 12.45 градусов. В регистре будет расположено число 3187. При чтении этого регистра данные будут переданы в бинарном виде 12,115 т.к.  $3187 = 12 \times 256 + 115$ . ( $3187 / 256 = 12.45$ );

измеренный угол составляет -12.45 градусов. В регистре будет расположено число 62349. При чтении этого регистра данные будут переданы в бинарном виде 243,141 т.к.  $62349 = 243 \times 256 + 141$ . ( $62349 / 256 - 256 = -12.45$ ).



### 8.3.4. Формат команды для получения данных RTU.

В запросе присутствуют следующие параметры:

- 1) Номер датчика.
- 2) Номер функции - для чтения используется 3-я функция.
- 3) Адрес регистра датчика, начиная с которого будет происходить получение данных.
- 4) Количество получаемых регистров.
- 5) Контроль ошибок.

Ответ содержит:

- 1) Номер датчика указанный в запросе.
- 2) Номер функции указанной в запросе.
- 3) Счетчик байт - число равно количеству регистров из запроса умноженному на 2.
- 4) Значение запрашиваемых регистров.
- 5) Контроль ошибок.

Пример содержит запрос на чтение 2-х регистров начиная с адреса 1. В этих регистрах в датчике содержится информация о углах (см. далее).

#### Запрос.

Код Датчика	Функция	Адрес Ni	Адрес Lo	Кол. Регистров Ni	Кол. Регистров Lo	Контроль ошибок	
1	3	0	1	0	2	149	203

*Примечание.* Ni – старшая часть, lo – младшая часть.

#### Ответ.

Код датчика	Функция	Счетчик байт	Значение регистров		Значение регистров		Контроль ошибок	
1	3	4	0	1	227	3	162	194

### 8.3.5. Формат команды для записи в регистр, RTU.

В запросе присутствуют следующие параметры:

- 1) Номер датчика.
- 2) Номер функции - для записи используется 16-я функция.
- 3) Адрес регистра датчика, начиная с которого будет происходить запись данных.
- 4) Количество записываемых регистров.
- 5) Счетчик байт.
- 6) Значение записываемых регистров.
- 7) Контроль ошибок.

Ответ содержит:

- 1) Номер датчика указанный в запросе.

- 2) Номер функции указанной в запросе.
- 3) Количество регистров указанное в запросе.
- 4) Контроль ошибок

Пример содержит запрос на запись числа 1 в регистр с адресом 5. Данный запрос применяется для программирования постоянной времени 1 инклинометра (см. далее).

### Запрос.

Код Датчика	Функция	Адрес		Кол-во регистров		Счетчик байт	Значение регистров		Контроль Ошибок	
		hi	Lo	hi	lo		hi	lo		
1	16	0	5	0	1	2	3	32	167	45

Примечание. Hi – старшая часть, lo – младшая часть.

### Ответ.

Код датчика	Функция	Адрес		Кол-во регистров		Контроль ошибок	
		Hi	lo				
1	16	0	5	0	1	17	200

### 8.3.6. Вычисление CRC16 кодов.

Рассмотрим алгоритм на примере стандартного запроса:

1,3,0,0,0,2.

Байты посылки образуют поток данных. Этот поток данных обрабатывается ниже описанным алгоритмом, и получаются два байта CRC16 кода. В алгоритме

используется стандартная математическая операция ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ, и целочисленные 16-битные переменные  $y, z$ , а также 3 8-битные переменные  $a$  и  $b, x$ .

- 1)  $y=65535$ ;
- 2) загрузить в переменную  $x$  первый байт из потока данных;
- 3) вычислить переменную  $z = \text{ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ } y \text{ с байтом потока данных } x$ .
- 4) сдвинуть переменную  $z$  на один бит вправо
- 5) если сдвинутый бит равен 1 то вычислить переменную  $z$ :  
 $z = \text{ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ } z \text{ с числом } 0xA001$
- 6) повторять шаг 4 и шаг 5 еще 7 раз.
- 7)  $y=z$
- 8) если все байты из потока данных обработаны перейти на шаг 10
- 9) перейти на шаг 2
- 10) вычислить первый и второй байты CRC16-кода  $a$  и  $b$ .  
 $b = z/256$  (целая часть)  
 $a = \text{остаток от деления } z/256$ .

В результате работы этого алгоритма с вышеуказанным потоком данных получим числа 196 и 11.

Таким образом запрос будет выглядеть следующим образом: 1,3,0,0,0,2,196,11.

Для проверки наличия ошибок в принятом потоке данных необходимо рассчитать CRC16 код для всего потока, включая последние два символа, если ошибок нет то в результате получатся оба байта CRC16 равные 0.

### 8.3.7. Информационный обмен с инклинометром.

Обмен осуществляется при помощи функций записи и чтения, описанных ранее

При работе с уровнем необходимо выполнять 2 операции:

- 1) Получение углов.
- 2) Получение слова состояния – признак готовности. Если регистр содержит двоичное число с 1 в младшем бите, инклинометр прогрет и выдает достоверную информацию.

Далее описаны дополнительные операции необходимые для установки некоторых параметров работы.

- 3) Программная установка «нулей» инклинометра.
- 4) Переключение постоянной времени инклинометра.
- 5) Установка постоянной времени 1 инклинометра.
- 6) Установка постоянной времени 2 инклинометра.
- 7) Установка порога срабатывания релейной команды по плюсовому значению угла X инклинометра.
- 8) Установка порога срабатывания релейной команды по минусовому значению угла X инклинометра.
- 9) Установка порога срабатывания релейной команды по плюсовому значению угла Y инклинометра.
- 10) Установка порога срабатывания релейной команды по минусовому значению угла Y инклинометра.

N	Вид операции	Функция	Адрес	Число регистров	Операции с данными
1	Получение углов	Чтение	1	2	$X(Y) = N/256$ ( $X(Y) = N/256 - 256$ ) где N – число в регистре
2	Получение слова состояния	Чтение	0	1	D0=1 – готовность
Дополнительная информация.					
3	Установка «нулей» программная	Запись	0	1	D10=1 – установка «нулей» инклинометра
4	Переключение постоянной времени	Запись Чтение	0	1	D1=0 – пост. времени 1 ( по умолч.) D1=1 – пост. времени 2
5	Постоянная времени 1	Запись Чтение	5	1	$N=1600/T$ где N – число в регистре T – постоянная времени в сек.
6	Постоянная времени 2	Запись Чтение	6	1	$N=1600/T$ где N – число в регистре T – постоянная времени в сек.
7	Порог релейной команды по плюсовому значению X	Запись Чтение	7	1	Число в регистре равно порогу в градусах (целое число).

			12	инклинометр ИЛМ-01		
8	Порог релейной команды по минусовому значению X	Запись Чтение	8	1	Число в регистре равно порогу в градусах (целое число по модулю).	
9	Порог релейной команды по плюсовому значению Y	Запись Чтение	9	1	Число в регистре равно порогу в градусах (целое число).	
10	Порог релейной команды по минусовому значению Y	Запись Чтение	10	1	Число в регистре равно порогу в градусах (целое число по модулю).	
11	Блокировка перезапуска программы	Запись Чтение	0	1	D2=0 – разрешен перезапуск при отсутствии запроса ( по умолч.) D2=1 – перезапуск заблокирован	

Примечание: пункты 7-10 используются при наличии соответствующей аппаратной поддержки (релейные выходы – открытый коллектор).

Запись регистров по пунктам 5-10 связана с энергонезависимой памятью. Поэтому записанные данные сохраняются при снятии-подаче питания и запись должна производиться только при их изменении. Время выполнения операции составляет порядка 20 мс и датчик в течении его не отвечает на запросы.

Запись же по пунктам 3 и 4 можно производить многократно. При включении питания, по умолчанию устанавливается постоянная времени 1.

8.4. Выходные аналоговые напряжения (при наличии аналоговых выходов) пропорциональны соответственно величинам угловых отклонений от установленных пользователем нулей. При этом диапазон выходных напряжений  $\pm 5$  вольт будет соответствовать заданному пользователем диапазону углов.

## 9 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ

9.1. В течение всего срока службы техническое обслуживание инклинометра заключается в периодическом осмотре его корпуса и разъемов на предмет механических повреждений элементов конструкции и соединительного кабеля, а также, при необходимости, очистке их от наслоений грязи.

9.2. Ремонт инклинометра производится на предприятии-изготовителе.

## 10 ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

10.1. Хранение инклинометра на складах предприятия-изготовителя и предприятия-потребителя должно производиться согласно условиям хранения 3 по ГОСТ15150-69.

10.2. Инклинометр в упаковке должен храниться на стеллажах.

10.3. При хранении на складах железнодорожных станций инклинометр не должен подвергаться воздействию атмосферных осадков.

10.4. Инклинометр должен транспортироваться только в упаковке авиатранспортом, в крытых железнодорожных вагонах, контейнерах, в крытых железнодорожных вагонах, контейнерах, в закрытых автомашинах согласно условиям хранения 5 по ГОСТ15150-69 по правилам перевозок соответствующих транспортных министерств.

10.5. При погрузке и выгрузке инклинометры не должны подвергаться ударам и действию атмосферных осадков