

Протокол обмена СЕНСОР-М с интерфейсом RS485/ Modbus-RTU

Г.1 Описание протокола Modbus-RTU

Modbus - открытый коммуникационный протокол, основанный на архитектуре ведущий-ведомый (далее master-slave). Modbus RTU — компактный двоичный вариант протокола Modbus. Требования протокола Modbus определены в спецификации MODBUS over Serial Line Specification and Implementation Guide V1.02 в открытом доступе на официальном сайте www.modbus.org. В сети Modbus только одно устройство-master и множество (возможно и одно) slave. Инициатива обмена всегда исходит от master. Устройства slave прослушивают линию связи. Master подает запрос (последовательность байт) в линию и переходит в состояние прослушивания линии связи. Slave отвечает на запрос, пришедший в его уникальный адрес. Сообщения разделяются по паузе в линии. Сообщение должно начинаться и заканчиваться интервалом тишины, длительностью не менее 3,5 байт при данной скорости передачи. Во время передачи сообщения не должно быть пауз длительностью более 1,5 байт. На физическом уровне передачи данных в датчиках СЕНСОР-М используется стандарт RS485. Для передачи одного байта данных(8 бит) протокол использует последовательность из 11 бит с контролем или без контроля четности бит в байте. Для совместимости с различными сетями Modbus датчики СЕНСОР-М выпускаются в двух вариантах последовательности бит при передаче байта:

- без контроля четности(**No parity**), код выхода при заказе - **MB**

Start	bit0	bit1	bit2	bit3	bit4	bit5	bit6	bit7	Stop	Stop
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

- с контролем четности (**Even**), код выхода при заказе - **MB1**

Start	bit0	bit1	bit2	bit3	bit4	bit5	bit6	bit7	Par*	Stop
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

* - бит четности **Even** передаваемых бит в байте

Скорость приема-передачи данных в датчиках СЕНСОР-М - **9600 бод**.

Г.2 Адресное пространство сети Modbus-RTU

Все slave-устройства в сети Modbus должны иметь уникальный адрес и отвечать только на запросы в свой адрес. Наличие двух одинаковых адресов в сети Modbus не допускается. Адрес датчика должен быть установлен до подключения к сети с клавиатуры индикатора (при наличии) или с помощью ПК и адаптера СЕНСОР-USB/RS485. Также существуют адреса, на которые реагируют все устройства в сети. Распределение адресов см. в Табл. Г.1

Адресное пространство Modbus

Таблица Г.1

Сетевой адрес, AN*	Описание адреса
0	общий адрес, принимают все slave, никто не отвечает
1..247	уникальный адрес, принимает 1 slave в сети Modbus
248,249	резерв, принимает только master или спец. slave
250	принимают все датчики СЕНСОР-М с ответом
251..255	Зарезервировано протоколом

*- по умолчанию при выпуске датчиков СЕНСОР-М AN=0

Г.3 Сообщения в сети Modbus-RTU (запросы/ответы)

Все сообщения в сети Modbus имеют длину не менее 4 и не более 256 байт
Условные обозначения:

AN - сетевой адрес slave (см. п. Г.2)

CMD - команда (см. п. Г.4)

D0..Dn - байты данных, связанные с командой (n<252 байт)

ERC - код ошибки выполнения команды:

0x01 - команда не поддерживается

0x02 - адрес данных в запросе за пределами доступных

CRCL - младший байт контр. суммы всех предыдущих байт сообщения(см. Г.6)

CRCH - старший байт контрольной суммы (см. п. Г.6)

AL, AH - младший и старший байты адреса в регистре данных датчика (см.Г.7)

NB - число байт для чтения/записи (не более 252)

SN0, SN1 - младший и старший байты серийного номера датчика

nAN - новый сетевой адрес для датчика с адресом AN

mCode, VerApr, VerPrg - данные из регистра EE (см. табл. Г.3)

Последовательность байт в **запросе** от master к slave:

AN	CMD	D0...Dn	CRCL	CRCH
----	-----	---------	------	------

При **успешном** выполнении команды в **ответе** slave первым отправляет свой сетевой адрес, затем принятую команду, далее запрошенные данные и контрольную сумму. Ответ slave на запрос от master:

AN	CMD	D0...Dn	CRCL	CRCH
----	-----	---------	------	------

При **ошибке** выполнения команды датчики СЕНСОР-М отправляют сообщение об ошибке : AN, принятая команда с поднятым старшим битом (аналогично операции $CMD=CMD+0x80$), код ошибки, контрольная сумма.

AN	CMD+0x80	ERC	CRCL	CRCH
----	----------	-----	------	------

После получения запроса СЕНСОР-М начинает передачу ответа через **10 мс** при чтении данных, ч-з **$t = NB*3+10$ [мс]** при записи соответственно.

Г.4 Команды Modbus (CMD) в датчиках СЕНСОР-М

69 (0x45), READ

Команда служит для чтения нескольких байт данных датчика СЕНСОР-М, начиная с адреса А. Формат сообщений команды 0x45:

запрос:

AN	0x45	AL	AH	NB	CRCL	CRCH
----	------	----	----	----	------	------

 всего 7 байт

ответ:

AN	0x45	D0	D1	D...	CRCL	CRCH
----	------	----	----	------	------	------

 всего 5..256 байт

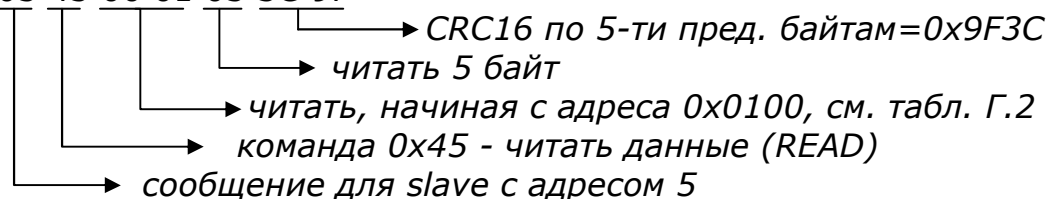
ошибка:

AN	0xC5	ERC	CRCL	CRCH
----	------	-----	------	------

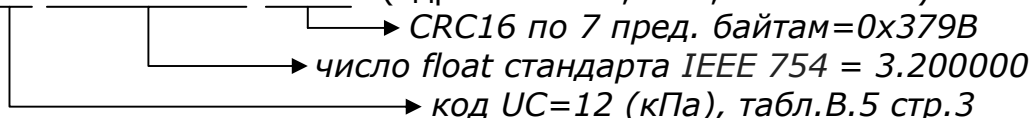
 всего 5 байт

Пример чтения тек. давления датчика СЕНСОР-М с адресом 5 в HEX-формате:

запрос: 05 45 00 01 05 3C 9F



ответ: 05 45 0C CD CC 4C 40 9B 37 (адрес сети=5, P=3,200000 кПа)



Коды единиц измерения*

Таблица В.5

Код ед. изм. (UC)	Обозначение	Коэф. Пересчета из kPa
4	mmH2O	101,972
6	psi	0,14504
7	bar	0,01
8	mbar	10
10	kg/cm2	0,0102
11	Pa	1000
12	kPa	1
14	atm	0,00987
237	MPa	0,001

*- независимо от единиц калибровки сенсора (UCS), пользователь может установить желаемые ед. изм. датчика, записав командой SERV(0x08) с субкомандой setUC(0x7B) соответствующий код UC. При записи некорректного кода UC датчик установит UC=UCS.

101 (0x65), WRITE

Команда служит для записи нескольких байт данных в датчик СЕНСОР-М, начиная с адреса А. Формат сообщений команды 0x65:

запрос:

AN	0x65	AL	AH	NB	D0	D..	CRCL	CRCH
----	------	----	----	----	----	-----	------	------

 8..256 байт

ответ:

AN	0x65	AL	AH	NB	CRCL	CRCH
----	------	----	----	----	------	------

 всего 7 байт

ошибка:

AN	0xE5	ERC	CRCL	CRCH
----	------	-----	------	------

 всего 5 байт

102 (0x66), R/W AN by SN

Команда служит для поиска датчиков СЕНСОР-М в сети по серийному номеру SN и для установки нового сетевого адреса датчику с серийным номером SN. Команда позволяет назначить сетевые адреса датчикам даже при наличии одинаковых адресов устройств в сети.

Формат сообщений команды 0x66:

запрос:

AN	0x66	SN0	SN1	nAN/0	CRCL	CRCH
----	------	-----	-----	-------	------	------

 всего 7 байт

ответ:

AN	0x66	SN0	SN1	mCode	VerApr	VerPrg	AN/nAN	CRCL	CRCH
----	------	-----	-----	-------	--------	--------	--------	------	------

 10 байт

ошибка:

AN	0xE6	ERC	CRCL	CRCH
----	------	-----	------	------

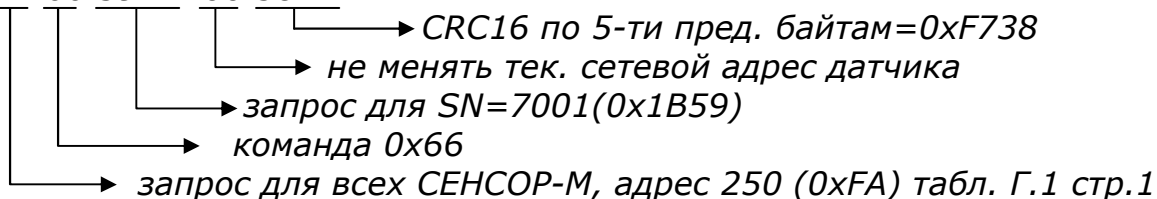
 всего 5 байт

Датчик **отвечает** на запрос **только при совпадении его серийного номера** с байтами SN0 SN1 в запросе, иначе **нет ответа**.

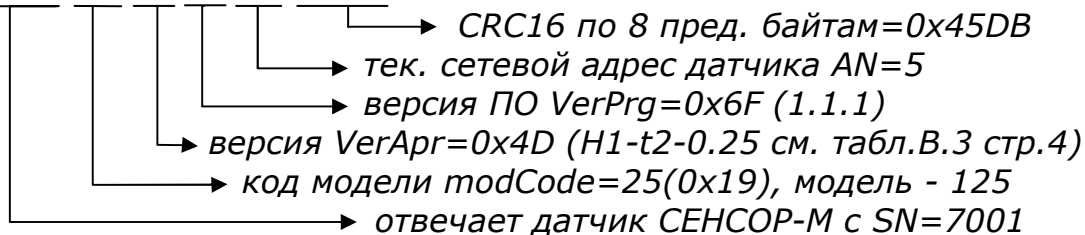
- Если в запросе байт nAN=0, то ответ возвращает текущий адрес AN датчика. Если в в запросе nAN=1..247, то датчик устанавливает себе новый сетевой адрес=nAN и в ответе возвращает nAN.

Пример поиска датчика с серийным номером 7001 в сети в HEX-формате:

запрос: FA 66 59 1B 00 38 F7



ответ: FA 66 59 1B 19 4D 6F 05 DB 45



" в сети есть датчик СЕНСОР-М-125-Н1-t2-0.25 v.1.1.1 №7001, сет. адрес 5"

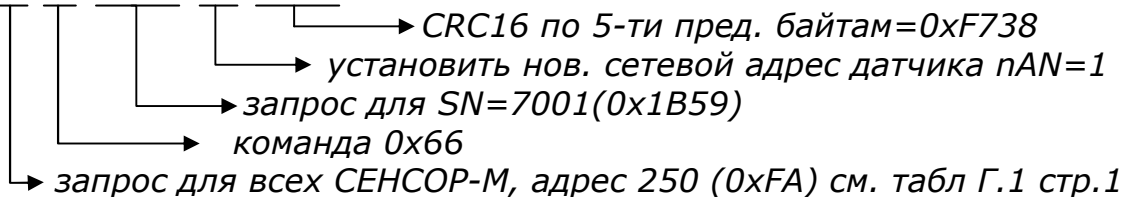
Байт VerApr

Таблица В.3

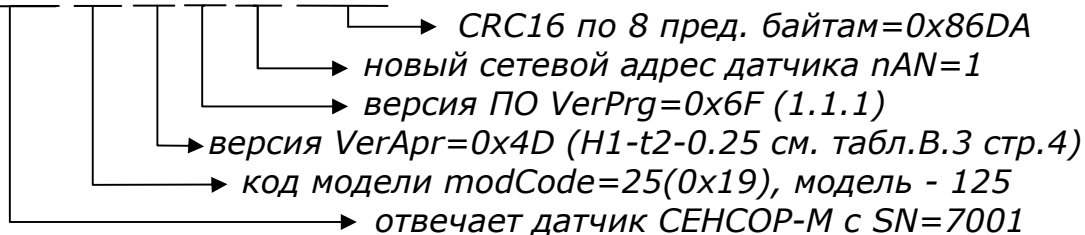
бит7	бит6	бит5	бит4	бит3	бит2	бит1	бит0
Осн. погрешность (Асс)			Термокомпенсация (ТК)		Исполнение (Option)		
000 – 1%			00 – t1 (5..50°C)		000 – «-»		
001 – 0,5%			01 – t2 (-30..80°C)		001 - И		
010 – 0,25%			10 – t3 (-40..80°C)		010 – И1		
011 – 0,15%			11 – «-»		011 - Ех		
100 – 0,1%					100 - Н		
					101 - Н1		
					110 - Г		

Пример установки нового сетевого адреса датчику СЕНСОР-М с серийным номером 7001 в HEX-формате:

запрос: FA 66 59 1B 01 38 F7



ответ: FA 66 59 1B 19 4D 6F 01 DA 86



" датчик СЕНСОР-М-125-Н1-t2-0.25 v.1.1.1 №7001, новый сет. адрес = 1"

17 (0x11), IDENT

Команда служит для идентификации устройства в сети Modbus по адресу AN. Формат сообщений команды 0x11 :

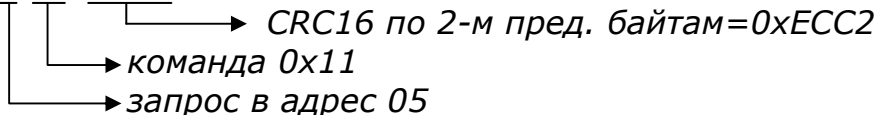
запрос: AN 0x11 CRCL CRCH Всего 4 байта

ответ: AN 0x66 SN0 SN1 mCode VerApr VerPrg reserve CRCL CRCH 10 байт

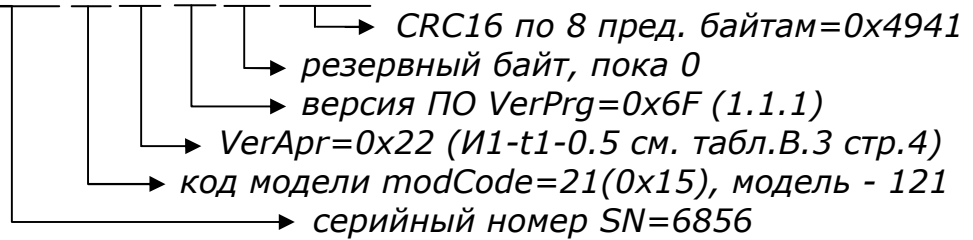
ошибка: AN 0x91 ERC CRCL CRCH всего 5 байт

Пример идентификации датчика по адресу 5 в HEX-формате:

запрос: 05 11 C2 EC



ответ: 05 11 C8 1A 15 22 6F 00 41 49



" по адресу 5 в сети есть датчик СЕНСОР-М-121-И1-t1-0.5 v.1.1.1 №6856"

8 (0x08), SERV

Команда служит для сервиса и диагностики устройства в сети Modbus по адресу AN. В СЕНСОР-М реализован рестарт датчика, сброс счетчика измен. конфигурации и команда "Авто0" (команда "Авто0" - аналогично нажатию кнопки S1 на плате датчика давления Сенсор-М для автоматической установки «нуля»).

Начальное значение выходного сигнала датчика давления Сенсор-М может измениться при эксплуатации по причине изменения рабочего положения датчиков разности давлений, воздействия давлением выше допустимой перегрузки или температурой за пределами допустимой и др...

Порядок действий перед выполнением команды "Авто0":

- 1) установить датчик в рабочее положение;
- 2) установить в датчике нулевое избыточное давление (сообщение с атмосферой); для датчиков разности давлений – уравнивать давление в +/- камерах, открыв уравнивательный вентиль;

Внимание! функция не выполняется если на датчик подано давление более 10% диапазона измерения.

Формат сообщений команды 0x08:

запрос:

AN	0x08	0x00	SC	CRCL	CRCH
----	------	------	----	------	------

 Всего 6 байт

ответ:

AN	0x08	0x00	SC	CRCL	CRCH
----	------	------	----	------	------

 Всего 6 байт

SC – субкоманда: 0x01 – рестарт, 0x0A – сброс счетчика nChCNF, 0x05 – Авто0

ошибка:

AN	0x88	ERC	CRCL	CRCH
----	------	-----	------	------

 всего 5 байт

64 (0x40), WakeUp

Команда применяется только при работе датчика в режиме sleep (подробнее о режиме sleep см. п. Г.5) и служит для переключения датчика в активный режим на 100мс для измерений. После выполнения команды 0x40 данные измерений считывают из регистра RAM (см. табл. Г.2) командой 0x45.

Формат сообщений команды 0x40 :

запрос:

AN	0x40	CRCL	CRCH
----	------	------	------

 Всего 4 байта

ответ:

AN	0x40	0x00	CRCL	CRCH
----	------	------	------	------

 Всего 5 байт

ошибка:

AN	0xC0	ERC	CRCL	CRCH
----	------	-----	------	------

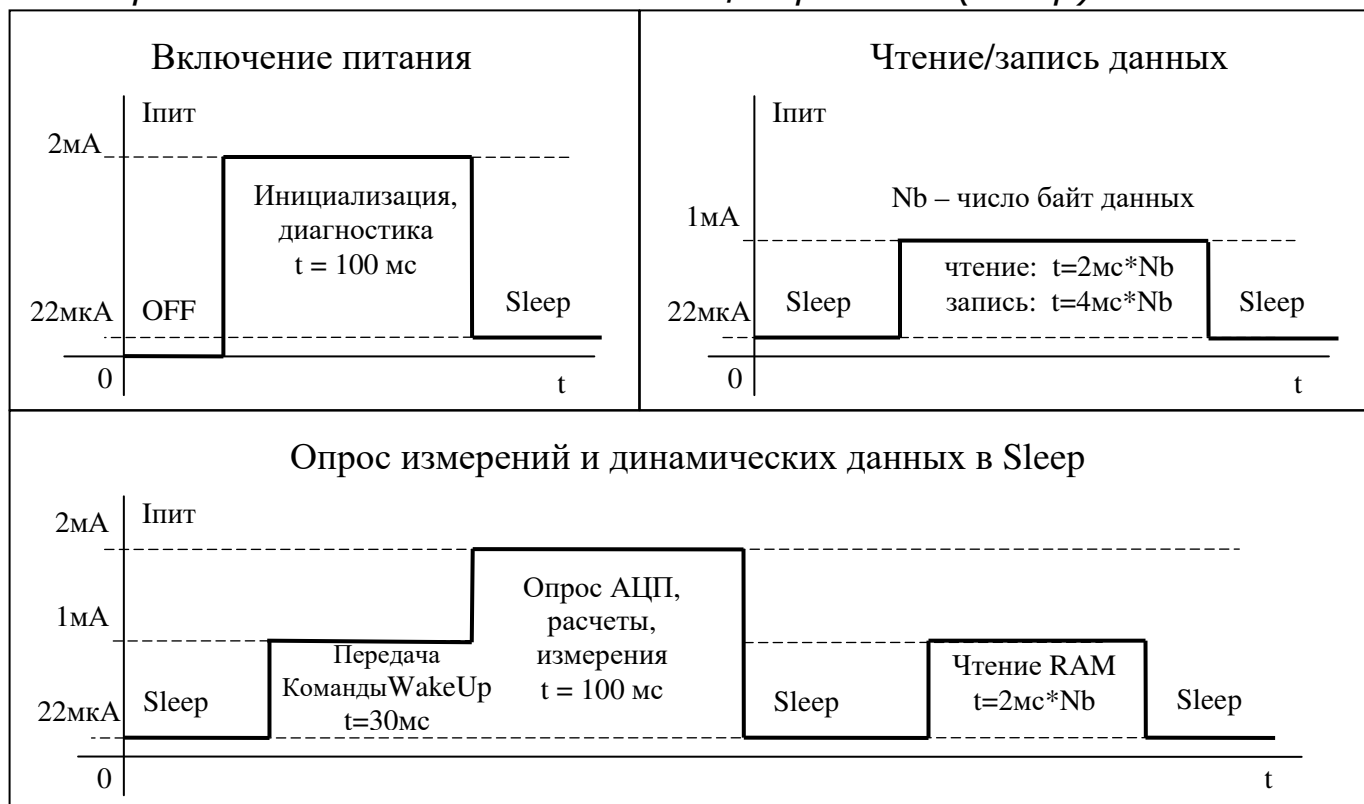
 всего 5 байт

Г.5 Режим **sleep** в датчиках СЕНСОР-М

Для экономии потребляемой энергии от источника питания датчик может работать в режиме **sleep** (спящий по выполнению команды). В режиме sleep датчик находится в спящем режиме и прослушивает линию, ток питания при этом не более 25 мкА. При обнаружении старт-бита в линии датчик переходит в активный режим и принимает сообщение от master, ток питания см. по графикам ниже. Если адрес в сообщении не совпадает с адресом датчика, то датчик сразу возвращается в спящий режим, иначе датчик обрабатывает команду, отвечает и переходит в спящий режим. Для включения режима sleep в регистре EE в переменной Sleep по адресу 0x02B0 должна быть записана 1 (см. п.Г.6), для выключения - 0.

Для уверенного приема датчиком первого запроса от master в режиме sleep рекомендуем перед запросом от master отправить байт-преамбулу 0xFF и выждать 5мс (0xFF->пауза 5мс->запрос->ответ).

Потребление тока питания в спящем режиме (Sleep)



Г.6 Контрольная сумма CRC16 в конце сообщения

Для контроля целостности передаваемых данных все устройства в сети Modbus в двух последних байтах сообщения передают контрольную сумму (далее CRC16), рассчитанную по всем предыдущим байтам сообщения. Принимающее устройство рассчитывает CRC16 по принятым байтам и сравнивает с принятым CRC16 в конце сообщения. Если рассчитанное CRC16 равно принятому, то принимающее устройство обрабатывает сообщение, иначе - игнорирует (ошибка обмена). При ошибке обмена или отсутствии ответа master может повторять запросы несколько раз для получения достоверного сообщения от slave.

Пример кода на языке СИ для расчета CRC16 по байтам данных представлен ниже:

```
// вычисляет CRC16 modbus по байтам массива buf с 0 до len байт
unsigned int CRC16(unsigned char* buf, unsigned char len){
    unsigned int crc = 0xFFFF; // нач. значение CRC16
    for (unsigned char pos = 0; pos < len; pos++){ // цикл по байтам buf
        crc ^= (unsigned int)buf[pos];
        for (unsigned char i = 8; i != 0; i--) { // цикл по каждому биту
            if ((crc & 0x0001) != 0) { // если младший бит поднят
                crc >>= 1; crc ^= 0xA001; // сдвиг вправо и XOR 0xA001
            }
            else crc >>= 1; // если младший бит=0, только сдвиг вправо
        }
    }
    // внимание, число crc содержит младший и старший байт CRCL, CRCH
    return crc; // используйте CRCL, CRCH соответственно в байтах сообщения
}
```

Г.7 Организация и доступ к данным в датчике СЕНСОР-М

Все данные датчика, доступные по протоколу Modbus-RTU находятся в двух регистрах. Регистр RAM хранит текущие (динамические) данные измерений параметров, регистр энергонезависимой памяти ЕЕ хранит данные идентификации, настройки датчика и данные пользователя. Адресация, тип данных и доступность для чтения/записи (далее R/W) в таблицах Г.2 – Г.4 .

Регистр RAM

Таблица Г.2

Адрес, HEX	Обознач.	Тип	Размер, byte	Описание (значения)	Доступ
0x0100	UC	u_char	1	Код текущих ед. изм., табл.В.5 стр.3	R
0x0101	P	float*	4	Давление	R
0x0105	t	float	4	Температура сенсора, °C	R
0x0109	Out	float	4	Расчетный Аналог. вых. сигнал	R
0x010D	AP	float	4	АЦП давления	R
0x0111	AT	float	4	АЦП температуры	R
0x0115	DAC	float	4	Положение ЦАП вых. сигнала	R
0x0119	point	u_char	1	число знаков** после точки для P	R
0x011A	pointOut	u_char	1	число знаков** после точки для Out	R
0x011B	Status1	u_char	1	байт тек. статуса датчика Табл Г.3	R

*- число с плавающей запятой (IEEE 754)

**- рекомендуемые значения для отображения float

Байт Status1

Таблица Г.3

Бит	Значение бита при установке в 1
7	неисправность датчика: не найден АЦП или залипла кнопка
6	конфигурация настроек изменялась командами или меню
5	холодный старт, это первый обмен данными после сброса
4	доступно больше статус-данных по ком. 48
3	Аналоговый выход в зафиксированном положении
2	Аналоговый вых. сигнал в насыщении (3,8мА/0,38В или 22,5мА/2,25В)
1	температура за пределами диапазона эксплуатации
0	давление за пределами диапазона измерения

- при нормальном режиме работы Status1=0x00

Регистр EE

Таблица Г.4

Адрес, HEX	Обознач.	Тип	Размер byte	Описание (значения)	Доступ
0x0203	VerPrg	u_char	1	версия программного обеспечения	R
0x0204	VerApr	u_char	1	вер. аппаратного обесп.,табл.В.3 стр.4	R
0x0205	DevFunFl	u_char	1	флаги функций устройства **	R
0x0206	Mcode	u_char	1	код модели датчика (код=модель-100)	R
0x0207	MODE	u_char	1	Тек. Режим работы платы, ***	R
0x0208	UCS	u_char	1	код ед. измерения ЧЭ , табл.В.5 стр.3	R
0x0209	Pmin	float*	4	нижний предел калибровки ЧЭ	R
0x020D	Pmax	float	4	верхний предел калибровки ЧЭ	R
0x0211	dPmin	float	4	Мин. диапазон P для аналог. выхода	R
0x0215	SNS	u_int	2	серийный номер ЧЭ	R
0x0217	SN	u_int	2	серийный номер датчика СЕНСОР-М	R
0x0219	Data[3]	u_char	3	дата изготовления (Чис,Мес,Год-1900)	R
0x0266	AN	u_char	1	Адрес датчика в сети MODBUS (1..247)	R/W
0x0267	DampP	float	4	постоянная демпфирования ацп P, сек	R/W
0x026B	levNoiseP	u_int	2	уровень шума АЦП давления (1..1000)	R/W
0x026D	DampT	float	4	постоянная демпфирования ацп T, сек	R/W
0x0271	levNoiseT	u_int	2	Уров. шума АЦП температуры (1..200)	R/W
0x0273	P04	float	4	P для min аналог. выхода (0.4В, 4мА)	R/W
0x0277	P20	float	4	P для max аналог. выхода (2В, 20мА)	R/W
0x027B	UC	u_char	1	код ед. измер. датчика , табл.В.5 стр.3	R/W
0x027C	fixOut	float	4	Фиксированный вых. сигнал	R/W
0x0280	TrC	u_char	1	Линейная/корнеизвл. ф-ция выхода,	R/W
0x0281	Teg[6]	char	6	Тег устройства	R/W
0x0287	Discr[12]	char	12	Описатель устройства	R/W
0x0293	Mess[24]	char	24	Сообщение для/от пользователя	R/W
0x02AB	DataU[3]	u_char	3	Дата пользователя (Чис,Мес,Год-1900)	R/W
0x02B0	Sleep	u_char	1	Флаг засыпать по выполн. команды	R/W
0x02B8	nChCNF	u_char	1	Счетчик изменений конфигурации	R
0x02B9	isRDATA	u_char	1	Флаг наличия данных восстановления	R

ЧЭ - чувствительный элемент давления

*float - число с плавающей запятой стандарта IEEE 754

** - Bit0= multisensorDev, bit1=EEPROMcontrol required, bit2=protocolBridgeDev.

*** - 0- нет; 1- 4-20 мА; 2- 0,4-2 В; 3- 1-Wire; 4-MB; 5-MB1; 6- 4-20+HART

Г.8 Тестовое ПО и оборудование интерфейса RS485/ Modbus-RTU

Датчики СЕНСОР-М являются slave-устройствами сети Modbus-RTU с интерфейсом стандарта RS485. Для обмена данными с slave в сети должно присутствовать одно master-устройство. Master может быть создан на базе микроконтроллера с требуемыми настройками UART(см. Г.1) и конвертера UART/RS485 или на базе ПК с применением адаптера USB/RS485 и программы для работы в сети Modbus-RTU. Программу WinMaster.exe для работы с датчиками СЕНСОР-М в сети Modbus-RTU, драйвер для адаптера СЕНСОР-USB/RS485 и инструкцию по установке и использованию ПО можно скачать с сайта www.belsensor.by в разделе Документация и ПО. Адаптер СЕНСОР-

USB/RS485 для подключения датчиков в ПК а также ручной коммуникатор СЕНСОР-ПК (с автономным питанием) для опроса датчика и сервиса параметров потребитель может заказать в комплекте с датчиками или отдельно. Контакты для заказа на последней странице настоящего Руководства.



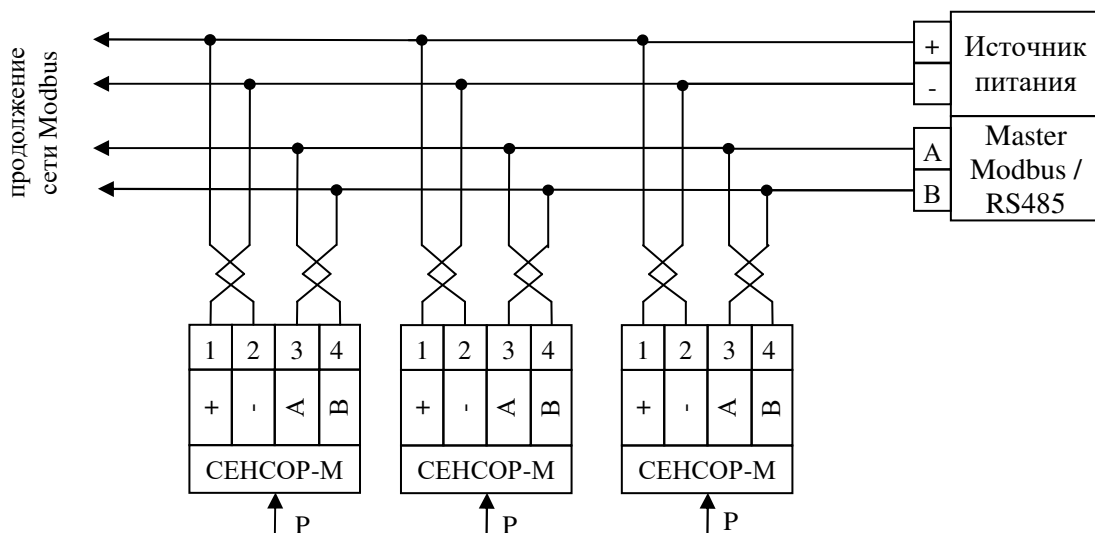
ЛИНИИ СВЯЗИ К ДАТЧИКАМ СЕНСОР-М

ТАБЛИЦА Б.1

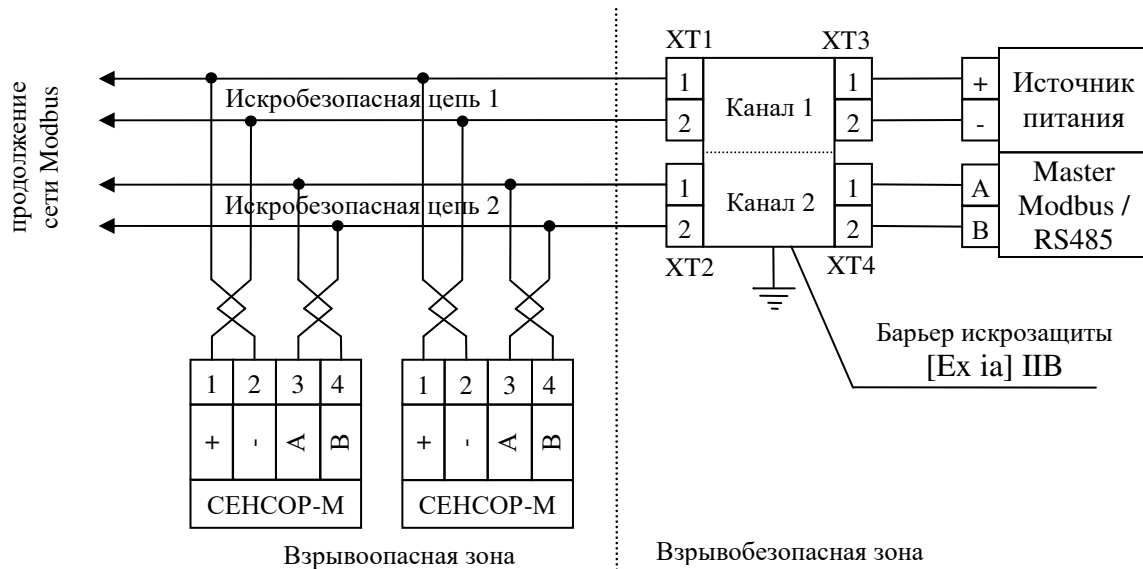
Исполнение	Выходной сигнал, Интерфейс	Рекомендуемый тип кабеля	Длина*, м не более	Схема
Обычное, Г, И1	RS485	2 витые пары	1200	Б.6
Н1	RS485	2 витые пары	300	Б.7

* - суммарная длина всех линий связи в схеме(в сети) подключения

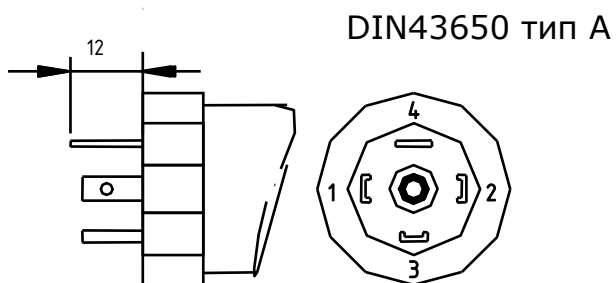
СХЕМЫ ВНЕШНИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ДАТЧИКА.



Б.6 Схема подключения датчиков обычного исполнения с интерфейсом **Modbus-RTU/RS485**



Б.7 Схема подключения датчиков **взрывозащищенного исполнения H1** с интерфейсом **Modbus-RTU/RS485**



Б.9 Расположение контактов разъема датчиков СЕНСОР-М

Предложения и рекомендации присылайте по адресу:

223051 Минская обл., Минский р-н, п.Колодищи,

ул. Минская,5, оф.350

Т.(+37517) 508-15-90

(+37529) 773-60-37 Т.(+37517) 508-18-56

www.belsensor.by e-mail: belsensor@mail.ru