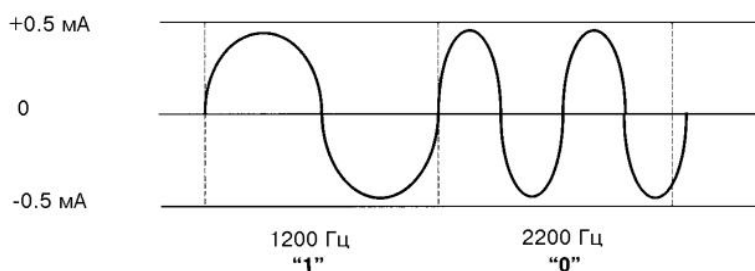


Протокол обмена СЕНСОР-М с интерфейсом BELL202/HART

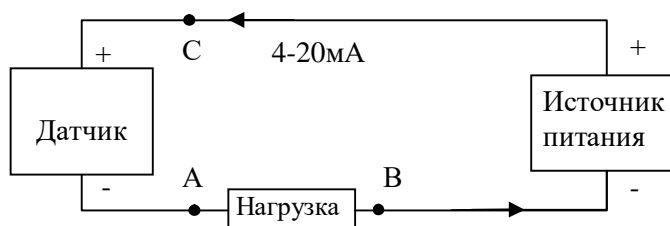
Д.1 Краткое описание протокола передачи данных BELL202/HART

Данный интерфейс позволяет передавать цифровые данные по двухпроводной линии к датчику вместе с аналоговым сигналом 4-20мА. Цифровые данные кодируются по стандарту BELL 202 методом частотного сдвига (FSK). Цифровой сигнал накладывается на сигнал 4-20 мА. Амплитуда цифрового сигнала и частота для передачи логических 1/0 показаны на рисунке.

Поскольку среднее значение частотного сигнала равно 0, цифровая связь не влияет на аналоговый токовый сигнал 4-20 мА. Для кодирования /декодирования частотного сигнала в цифровой (последовательность 1 и 0) применяются HART-модемы.



Для обмена данными в цепи питания датчиков должна быть нагрузка 250 Ом. Главные устройства подключаются к нагрузочному резистору в цепи (точки А, В) или к контактам питания датчиков (точки А, С). Требования к источнику питания установлены в табл. Д.1 чтобы исключить помехи прохождения частотного цифрового сигнала.



Требования к источнику питания

ТАБЛИЦА Д.1.

Напряжение	24VDC обычно
Максимальная пульсация (от 47 до 125 Гц)	0,2 В двойная амплитуда
Максимальный шум (от 500 Гц до 10 кГц)	1,2 мВ ср. кв. значение
Максимальное внутреннее сопротивление	10 Ом

Для передачи одного байта данных(8 бит) протокол использует последовательность из 11 бит с контролем четности ODD :

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

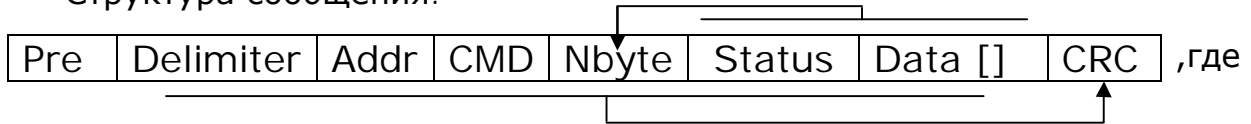
* Par - бит четности Odd передаваемых бит в байте

Скорость приема-передачи данных в HART - 1200 **бод**.

Д.2 Сообщения (фреймы) в протоколе HART

Протокол обмена данными HART работает по принципу главный – подчиненный. Главных устройств в сети HART может быть 2: система управления (ПК с HART-модемом) и ручной коммуникатор, подчиненными устройствами являются датчики (до 15 шт). Каждую сессию обмена данными (транзакцию) начинает главное устройство, которое отправляет запрос и получает ответ от подчиненного по адресу в запросе. После окончания транзакции главный должен выждать паузу 75мс, давая время второму главному устройству провести обмен данными с подчиненным.

Структура сообщения:



Pre – преамбула, 5-20 байт 0xFF подряд для обозначения начала передачи и синхронизации модема. Датчик начинает прием фрейма после получения хотя бы двух подряд байт 0xFF с встроенного модема.
 Delimiter – старт символ, обозначает направление передачи и формат сообщения(фрейма)- короткий/длинный адрес в фрейме (см. табл. Д.2)
 Addr – адрес 1 или 5 байт (см.п. Д.4), в ответе передается также как был получен в запросе
 CMD – команда для подчиненного 0..250, (см. п. Д.5)
 Nbyte – число передаваемых байт в фрейме, до 25 данных + 2байта(Status)
 Status – 2 байта статуса подчиненного, Status[0] - ошибка обработки команды (см. табл. Д.4) и Status[1] – состояние подчиненного (табл. Д.3) . Байты статуса передаются только в ответе, в запросе – нет.
 Data[] – данные, связанные с передаваемой командой, до 25
 CRC – контрольная сумма по байтам в фрейме. Вычисляется как операция исключающее ИЛИ по всем байтам начиная с Delimiter последовательно.
 $CRC = CRC \oplus byte[i]$; При несоответствии переданного CRC в фрейме с расчетным по байтам в фрейме сообщение игнорируется.

Значение байта Delimiter (HEX)

ТАБЛИЦА Д.2

	Короткий фрейм	Длинный фрейм
От Главного к Подчиненному	0x02	0x82
От Подчиненного к Главному	0x06	0x86
пакетный режим от Подчиненного	0x01	0x81

Байт Status1

Таблица Д.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

Значение байта Status0

ТАБЛИЦА Д.4

Число(dec)	Значение (ошибки команд)
0	все О.К.
2	неверный выбор адреса
3	принятый параметр слишком велик
5	пришло мало байт данных
8	не удалось обновить, установил ближайший возможный
9	Неверно зафиксирован выход или неверный ток в команде
11	выход не управляется (адрес датчика не 0, работа в сети)
14	Диапазон давления для 4-20 мА меньше допустимого
13	Пределы давления для 4-20 мА за ограничениями
18	Недопустимый код единиц измерения
64	команда не задействована

Д.4 Поле адреса (Addr) в сообщении HART

Применяется два формата поля адреса: короткий - 1 байт и длинный – 5 байт. Поле адреса содержит адрес главного и подчиненного.

Структура короткого адреса:

byte	0							
bit	7	6	5	4	3	2	1	0

-> последовательность передачи бит

bit7 : 1- фрейм от/для системы управления , 0- фрейм от/для коммуникатора
bit6 : режим подчиненного: 1- в пакетном режиме, 0 – ответ по запросу
bit4, 5 : не определен
bit0,1,2,3 : адрес опроса в сети 0..15

Для обмена данными с одним датчиком используют адрес 0 (установлен при выпуске по умолчанию). Для работы в сети всем подчиненным должны быть назначены адреса опроса от 1 до 15. Повторение адресов в сети или адрес 0 в сети не допускаются. При установке не 0 адреса датчик переходит в режим фиксированного тока выхода - 4,0 мА и выходит из режима фиксированного тока при установке адреса 0.

Структура длинного адреса:

byte	0								1	2	3	4
bit	7	6	5	4	3	2	1	0	0xC1	SN2	SN1	SNO
Уникальный идентификатор датчика (38 бит) UID												

*- первым передается младший байт и младший бит в тек. байте

byte0:

bit7 : 1- запрос от системы управления , 0- запрос от коммуникатора
bit6 : режим подчиненного, 1- в пакетном режиме, 0 – ответ по запросу
bit0-5 : код изготовителя, в датчиках SENCOР-M = 0

byte1: код типа устройства, в датчиках SENCOР-M код 0xC1

byte2: старший байт серийного номера датчика

byte3: средний байт серийного номера датчика

byte4: младший байт серийного номера датчика

На запрос с коротким адресом датчик отвечает только при передаче команды 0, все другие запросы к подчиненному с коротким адресом игнорируются. Данные для составления уникального длинного адреса передается в ответе на команды 0 и 11 и используются для дальнейших транзакций. Датчик также отвечает на фреймы с длинным широко-вещательным адресом, состоящим из 5 байт 0x00.

Уникальный идентификатор датчика UID указан на маркировочной табличке, также его можно составить по модели и серийному номеру датчика.

Пример для SENCOР-M зав.№ 1219 -> UID (hex): 00 C1 00 04 C3

Д.5 Команды (CMD) протокола HART в датчике СЕНСОР-М

Команды (байт CMD в фрейме HART) делятся на 3 группы: универсальные (поддерживают все HART-устройства), распространенные (рекомендуемые для конфигурирования), специфические (для конкретного типа датчика).

С каждой командой отправляется в запросе и возвращается в ответе определенное количество байт данных, но не более 25. Типы данных:

A – упакованная ASCII строка (4 символа в каждых 3-х байтах)

B – байт u_char (0..255),

D – дата u_char [3] (день, месяц, год-1900)

F – число с плавающей точкой float (4 байта формата IEEE 754)

Команды HART в датчике СЕНСОР-М
- универсальные команды

ТАБЛИЦА Д.5

Команда (dec)	Назначение/Данные	
0	Считать уникальный идентификатор	
	байт	<i>Данные в запросе - нет</i>
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
	0	=254, Расширение
	1	=0x00, Код изготовителя
	2	=0xC1, Код устройства СЕНСОР-М
	3	= 5, Минимальное число преамбул в запросе
	4	=5, Версия универсальных команд
	5	=5, Версия специфических команд
	6	Версия ПО (для v1.0.3 =103)
	7	Версия аппаратного обеспеч. (табл.В.3 стр.9)
	8	Флаги функций устройства = 0
9	Зав. Номер старший байт, SN2	
10	Зав. Номер средний байт, SN1	
11	Зав. Номер младший байт, SNO	
1	Считать давление и ед. измерения	
	байт	<i>Данные в запросе - нет</i>
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
	0	Код ед. измерения давления, UC (см. табл. В.5 стр.9)
1-4	Текущее давление, P (F)	
2	Считать ток и процент диапазона измерения	
	байт	<i>Данные в запросе - нет</i>
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
	0-3	Ток, mA OUT (F)
4-7	% диапазона измерения датчика, Pprc (F)	
3	Считать ток, давление, температуру, АЦП давл., АЦП темп.	
	байт	<i>Данные в запросе, тип</i>
	нет	
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
	0-3	Ток, mA OUT (F)
	4	Код ед. измерения давления, UC (см. табл. В.5 стр.9)
	5-8	Текущее давление, P (F)
	9	= 32, Код ед. измерения температуры (°C)
	10-13	Текущая температура чувствительного элемента, t (F)
	14	=0
15-18	Текущее значение АЦП давления, AP (F)	
19	=0	
20-23	Текущее значение АЦП температуры, AT (F)	

6	Записать адрес опроса	
	байт	<i>Данные в запросе, тип</i>
	0	Новый адрес опроса, ShortAddr (0..15)
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
	0	Текущий установленный адрес опроса
	<i>Байт Status[0] в ответе (dec)</i>	
0- О.К. 2- Недопустимый адрес опроса в команде		
11	Считать уникальный идентификатор по тегу	
	байт	<i>Данные в запросе, тип</i>
	0-5	Тэг для сопоставления с датчиком (A)
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
0-11	Как в команде 0	
12	Считать сообщение	
	байт	<i>Данные в запросе, тип</i>
	нет	
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
0-23	Сообщение в датчике, Mess (A)	
13	Считать тэг, дескриптор, дату	
	байт	<i>Данные в запросе, тип</i>
	нет	
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
	0-5 6-17 18-20	Тэг, Teg (A) Дескриптор, Descriptor (A) Дата, DataU (D)
14	Считать инфо о чувствительном элементе давления	
	байт	<i>Данные в запросе, тип</i>
	нет	
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
	0	=0
	1	Старший байт серийного номера чувств. элемента, SNS1
	2	Младший байт серийного номера чувств. элемента, SNS0
3	Единицы изм. чувствительного элемента при калибровке, UCS	
4-7	Верхний предел давления, Pmax	
8-11	Нижний предел давления, Pmin	
12-15	Минимальная ширина диапазона давл., dPmin	
15	Считать конфигурацию аналогового выхода	
	байт	<i>Данные в запросе, тип</i>
	нет	
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
	0	=250
	1	Функция преобразования, TrC: 0-линейная, 1-корнеизвлекающая
	2	Код ед. измерения давления, UC (см. табл. В.5 стр.9)
	3-6	Предел давления для 20мА, P20 (F)
	7-10	Предел давления для 4мА, P04 (F)
11-14	Постоянная времени фильтра, сек, DampP (F)	
15	=251 (не используется)	
16	=250 (не определено)	
16	Считать финальный сборочный номер	
	байт	<i>Данные в запросе, тип</i>
	нет	
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
0-2	Финальный сборочный номер, FAN[3]	

17	Записать сообщение	
	байт	Данные в запросе, тип
	0-23	Сообщение для записи, Mess (A)
		нет
	байт	Данные в ответе, тип
	0-23	Текущее записанное сообщение в датчике, Mess (A) <i>Байт Status[0] в ответе (dec)</i>
		0- О.К. 5- Недостаточно данных передано с командой
18	Записать Тэг, Дескриптор, Дату	
	байт	Данные в запросе, тип
	0-5	Тэг, Teg (A)
	6-17	Дескриптор, Descriptor (A)
	18-20	Дата, DataU (D)
	байт	Данные в ответе, тип
	0-20	Как в команде 13 <i>Байт Status[0] в ответе (dec)</i>
	0- О.К. 5- Недостаточно данных передано с командой	
19	Записать финальный сборочный номер	
	байт	Данные в запросе, тип
	0-2	Финальный сборочный номер, FAN[3]
		нет
	байт	Данные в ответе, тип
	0-2 Текущий финальный сборочный номер, FAN[3]	
- Распространенные практические команды HART		
34	Записать постоянную времени фильтра	
	байт	Данные в запросе, тип
	0-3	Постоянная времени фильтра, сек, (F) от 0 до 5
		нет
	байт	Данные в ответе, тип
	0-3	Текущая постоянная времени фильтра, сек, DampP (F) <i>Байт Status[0] в ответе (dec)</i>
	0- О.К. 3- принятый параметр слишком велик	
35	Записать ед. измерения и пределы давления для 4-20мА	
	байт	Данные в запросе, тип
	0	Код новых ед. измерения давления, UC (см. табл. В.5 стр.9)
	1-4	Новый предел давления для 20мА, P20 (F)
	5-8	Новый предел давления для 4мА, P04 (F)
		нет
	байт	Данные в ответе, тип
	0-8	Актуальные значения, как в запросе <i>Байт Status[0] в ответе (dec)</i>
	0- О.К. 5- Недостаточно данных передано с командой 13 - P04 и (или) P20 за пределами ограничений чувств. элемента 14- ширина диапазона для 4-20мА меньше допустимого для ЧЭ 18 - недопустимый код единиц измерения	
38	Сбросить счетчик и флаг изменений конфигурации	
	байт	Данных в запросе и ответе нет * обнуляет счетчик NchCNF и бит 6 байта Status1 (см. табл. Г.3 стр.3)

Войти/выйти из режима фиксированного тока		
40	байт	<i>Данные в запросе, тип</i>
	0-3	Фиксированный ток выхода, FixOut (F), 0- выйти из режима
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
	0-3	Текущий ток выхода, Out (F)
	<i>Байт Status[0] в ответе (dec)</i>	
0- О.К., 3- принятый параметр слишком велик 11 - выход не управляется (адрес датчика не 0, работает в сети)		
Выполнить рестарт датчика		
42	байт	<i>Данных в запросе и ответе нет</i>
Команда АвтоО (не выполняется при $P > \pm 10\%$ диапазона измерения)		
43	байт	<i>Данных в запросе и ответе нет</i>
Записать единицы измерения давления		
44	байт	<i>Данные в запросе, тип</i>
	0	Код новых ед. измерения давления, UC (см. табл. В.5 стр.9)
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
	0	Код текущих ед. измерения давления, UC (см. табл. В.5 стр.9)
	<i>Байт Status[0] в ответе (dec)</i>	
0- О.К., 2- недопустимый код единиц измерения		
Настроить ЦАП для 4мА		
45	байт	<i>Данные в запросе, тип</i>
	0-3	Измеренный ток, мА при фиксированном выходе 4мА, I04 (F)
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
	0-3	Текущий ток выхода, мА, Out (F)
	<i>Байт Status[0] в ответе (dec)</i>	
0- О.К., 9- некорректно зафиксирован выход или ток в команде 11- выход не управляется (адрес датчика не 0, работает в сети)		
Настроить ЦАП для 20мА		
46	байт	<i>Данные в запросе, тип</i>
	0-3	Измеренный ток, мА при фиксированном выходе 20мА, I20 (F)
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
	0-3	Текущий ток выхода, мА, Out (F)
	<i>Байт Status[0] в ответе (dec), как в команде 45</i>	
Записать функцию преобразования выхода		
47	байт	<i>Данные в запросе, тип</i>
	0	Функция преобразования TrC: 0-линейная, 1-корнеизвлекающая
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
	0	Текущая функция TrC: 0-линейная, 1-корнеизвлекающая
Записать число преамбул в ответе		
59	байт	<i>Данные в запросе, тип</i>
	0	Новое число преамбул в ответе, (5..20)
	байт	<i>Данные в ответе, тип</i>
	0	Текущее число преамбул в ответе, NpreOut
	<i>Байт Status[0] в ответе (dec)</i>	
0- О.К, 8- некорректное число, установил в ближайшее возможное значение		

- Специфические команды HART для датчиков SENCOR-M

Линеаризация характеристики сенсора		
165*	байт	<i>Данные в запросе</i>
	0-3	Поданное давление эталона, Pe (F)
	4	= 0xDE , расширение
	<i>Данные в ответе -нет</i>	

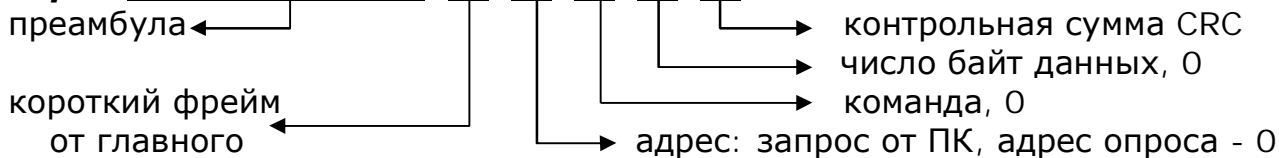
Выполнить встроенную команду cmdEx	
байт	Данные в запросе
0	Код встроенной команды, cmdEx <i>0xAA – выполнить Авто0 (аналогично команде 43)</i> <i>0xBB – восстановить заводские настройки</i> <i>0xDD - запомнить AP для Pmin</i> <i>0xEE - запомнить AP для Pmax</i> <i>0xDE – линейаризация в $P=(Pmax-Pmin)/2$</i>
Данные в ответе -нет	

* - реализовано в версии 1.0.3 и выше

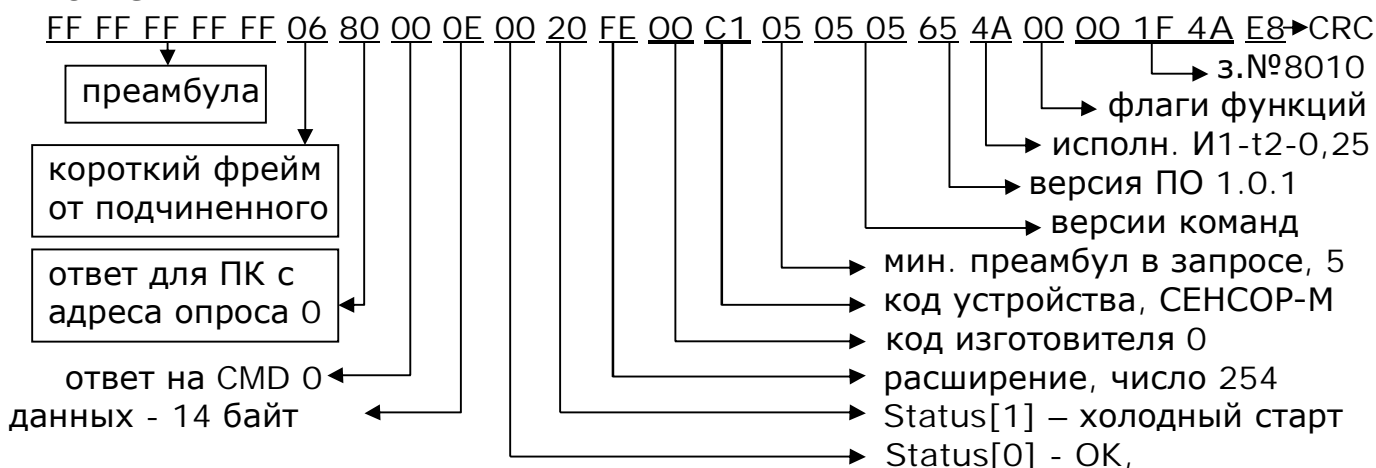
Д.6 Пример обмена данными по HART с датчиком СЕНСОР-М (hex):

- Получение уникального идентификатора UID

запрос: FF FF FF FF FF 02 80 00 00 82

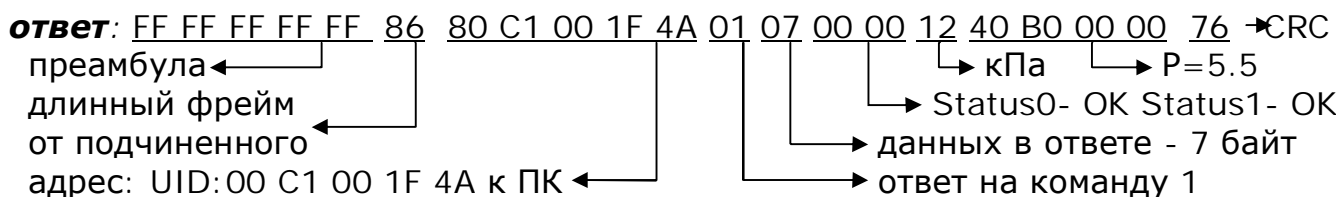
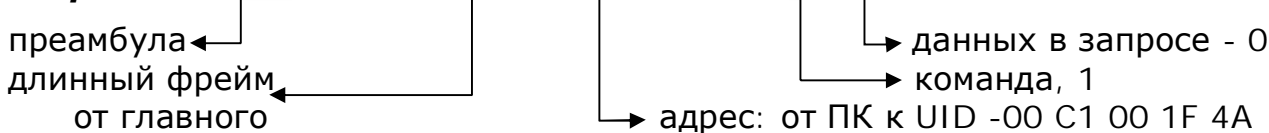


ответ:



- Считывание давления

запрос: FF FF FF FF FF 82 80 C1 00 1F 4A 01 00 97 → CRC



бит7	бит6	бит5	бит4	бит3	бит2	бит1	бит0
Осн. погрешность (Acc)			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 - Ex		
100 – 0,1%					100 - Н		
					101 - Н1		
					110 - Г		

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

Д.2 Тестовое оборудование и ПО интерфейса BELL202/HART

Для обмена данными с датчиками используют модем СЕНСОР-USB/HART и программу HMaster для измерений, настройки и мониторинга или программу HartAnalyser для выполнения отдельных команд, а также ручной коммуникатор СЕНСОР-ПК (с автономным питанием). Поскольку сигналы датчика на физическом и логическом уровне соответствуют спецификации HART, для обмена данными можно использовать HART-модемы с ПО или HART-коммуникаторы других моделей. ПО поставляется в комплекте с модемом или можно скачать на сайте www.belsensor.by в разделе Документация и ПО. Модем СЕНСОР-USB/HART потребитель может заказать в комплекте с датчиками или отдельно.

Модем СЕНСОР-USB/HART



Ручной коммуникатор СЕНСОР-ПК



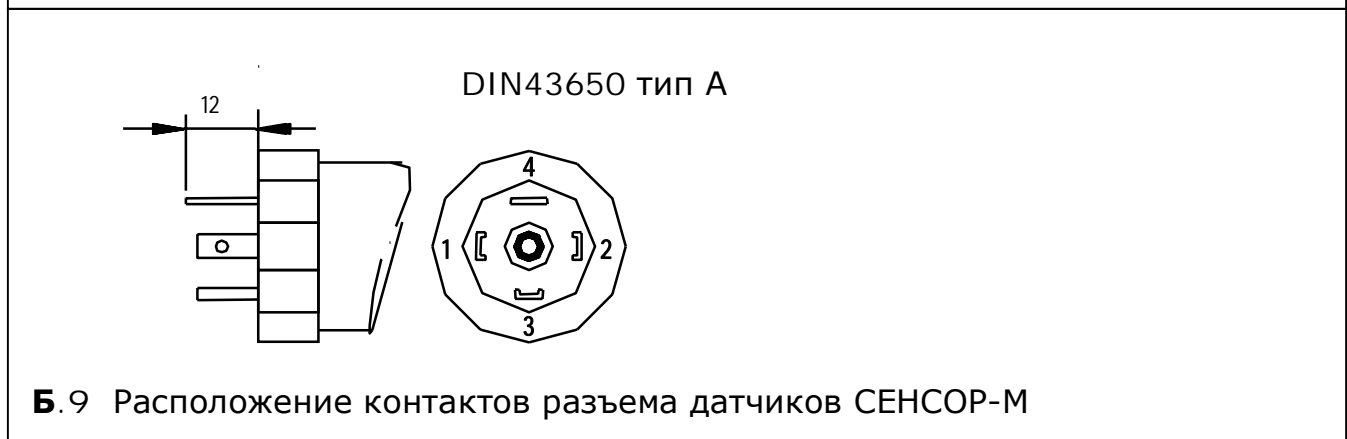
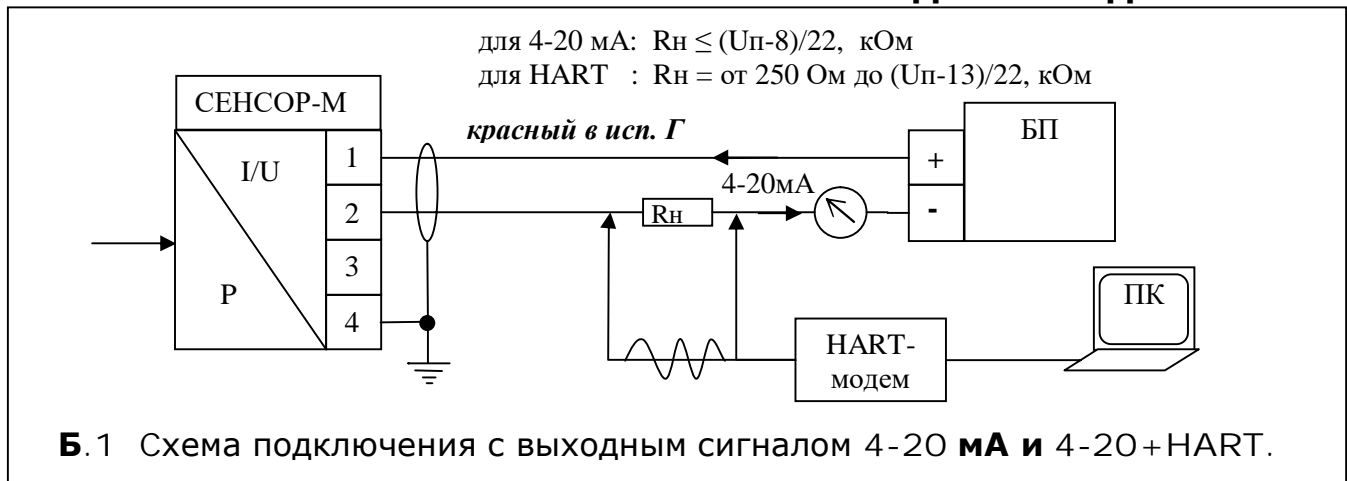
ЛИНИИ СВЯЗИ К ДАТЧИКАМ СЕНСОР-М

ТАБЛИЦА Б.1

Исполнение	Выходной сигнал, Интерфейс	Рекомендуемый тип кабеля	Длина*, м не более	Схема
Обычное, Г, И1	4-20 мА, 4-20+HART	2-х жильный витой в экране	1000	Б.1

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

СХЕМЫ ВНЕШНИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ДАТЧИКА.



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