

**EAC**

**Контроллер расширения  
КР-НАРТ.М2  
(аппаратная ревизия 2.1)**

Руководство по эксплуатации

КГПШ.407374.017-01 РЭ



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО  
**ПРОМАВТОМАТИКА**

[www.skbpa.ru](http://www.skbpa.ru)

## 1. Назначение

Контроллер расширения KP-HART.M2 (далее контроллер) предназначен для сбора данных с устройств, поддерживающих HART-протокол, и передаче этих данных по MODBUS-протоколу.

## 2. Технические характеристики

Параметр	Значение
Амплитуда входного HART-сигнала, В	0,06 ... 1,0
Амплитуда выходного HART-сигнала на нагрузку 230 ... 1100 Ом, В	0,3 ± 0,1
Входное сопротивление HART-входа постоянному току, не менее	10 МОм (без перемычки R250) 250 Ом (с установл. перемычкой R250)
Входной импеданс HART-входа, не менее, Ом	1100
Выходной импеданс HART-выхода, не более, Ом	700
Метод модуляции HART-сигнала	Частотный сдвиг 1200/2200 Гц
Количество опрашиваемых HART-устройств в режиме моноканала	До 15
Порты связи с ПК или контроллером верхнего уровня	RS-232, RS-485, USB
Электрическая прочность между HART-входом и портом RS-232/RS-485, не менее	500В переменного тока
Питание	- от USB-порта ПК - от внешнего источника напряжением 5 -24В и током не менее 100 мА
Потребляемый ток	Не более 20 мА в режиме RS-232/USB Не более 100 мА в режиме RS-485
Параметры передачи данных по RS-232/RS-485: - скорость, бод - четность - длина слова, бит - количество стоп-бит, бит	1200-115200 NONE/EVEN/ODD 8 1-2
Длина линии RS-232, не более, м	10
Длина линии RS-485, не более, м	1500
Количество абонентов RS-485, не более	32
Электрические параметры со стороны линии связи RS-232/RS-485	Согласно стандарту EIA RS-232/RS-485
Степень защиты от воздействий окружающей среды	IP 40
Условия эксплуатации: Температура окружающей среды (исполнение 1), °С Температура окружающей среды (исполнение 2), °С Верхнее значение относительной влажности воздуха при +35°С и более низких температурах, без конденсации влаги, %	+1 ... +50 - 40 ...+85 95
Габаритные размеры, мм	56 x 98 x 17.5
Способ монтажа	на DIN-рейку EN60715 TH35-7.5 35мм
Вес, не более, г	60

### 3. Состав изделия

Наименование	Обозначение	Кол-во	Примечание
Контроллер КР-HART.M2.1 Контроллер КР-HART.M2.2	КГПШ 407374.017-01ТУ	1	Исполнение 1 по диапазону температур при эксплуатации Исполнение 2 по диапазону температур при эксплуатации
Кабель связи RS-232	КГПШ 407374.017-02		По доп. заказу
Кабель USB для программирования	USB2.0 A-B		По доп. заказу
Программа конфигурирования	KR_HART.EXE V2.0		www.skbp.ru
Руководство по эксплуатации	КГПШ 407374.017-01РЭ		www.skbp.ru
Блок питания	-		По доп. заказу

Обозначение контроллера при заказе:

Контроллер расширения КР-HART.M2.1

Тип исполнения (1 или 2) \_\_\_\_\_  
по диапазону температуры эксплуатации

### 4. Устройство и работа

Контроллер обеспечивает циклический опрос от 1-го до 15-ти HART-устройств. В случае подключения одного HART-устройства ему присваивается нулевой адрес, и выходной токовый сигнал может изменяться в диапазоне 4-20 мА. При подключении от 2-х до 15-ти HART-устройств каждому из этих устройств присваивается ненулевой адрес от 1 до 15. При этом все устройства работают в режиме моноканала, т.е. выходной ток каждого из устройств фиксирован и равен 4 мА.

С каждого HART-устройства возможно считывание статуса устройства, первичной переменной, 2-х, 4-х или 8-ми назначенных динамических переменных и кодов единиц измерения (считывание более 4-х переменных возможно только для устройств, поддерживающих HART-протокол ревизии 6 и выше). Текущее значение этих параметров может быть считано через интерфейс RS-232/RS-485/USB по MODBUS-протоколу. Описание протокола MODBUS приведено в Приложении 1.

Настройка контроллера выполняется при помощи программы конфигурирования KR\_HART.EXE версии не ниже 2.0, доступной на сайте www.skbp.ru. Программа конфигурирования позволяет:

- задать количество опрашиваемых HART-устройств, назначить или изменить их адреса;
- назначить тип мастер-устройства (primary/secondary);
- задать параметры обмена контроллера по протоколу MODBUS;
- переназначить динамические переменные HART устройств;
- осуществлять мониторинг опрашиваемых переменных.

Контроллер, с одной стороны, обрабатывает поступающий на HART-вход частотно-модулированный сигнал, а с другой - обеспечивает связь с ПК или контроллером верхнего уровня по интерфейсам RS-232, RS-485 или USB по протоколу MODBUS RTU. В обрабатываемом частотно-модулированном HART-сигнале частоте 1200 Гц соответствует логическая единица, а 2200 Гц – логическому нулю. Амплитуда тока HART-сигнала равна примерно 0,5 мА, скорость передачи по HART-каналу составляет 1,2 кбит/с. Параметры обмена по протоколу MODBUS задаются пользователем (номер клиента, скорость, четность) при помощи программы конфигурирования, входящей в комплект поставки.

Контроллер, кроме сканирования HART-переменных и их распределения по MODBUS-регистрам, имеет возможность трансляции любых HART-команд и ответов на них, что позволяет читать дополнительные данные с HART-устройств и модифицировать их параметры через MODBUS-протокол. В отличие от предыдущей версии контроллера КР-HART значительно упрощен алгоритм работы через шлюз:

- запросы формируются с коротким адресом HART-устройства, поэтому не требуется предварительно определять идентификатор HART-устройства (идентификатор вычитывается автоматически);

- шлюз можно использовать одновременно со всех интерфейсов.

Электронная часть контроллера смонтирована на плате, помещенной в пластмассовый корпус для установки на DIN-рейку. Чертеж корпуса контроллера приведен в Приложении 2.

На корпусе расположены 12 винтовых клемм, два светодиодных индикатора и разъем USB. К клеммам подключаются интерфейсные сигналы RS-232, RS-485, переключатель для подключения терминатора линии RS-485, HART-сигнал, переключатель для шунтирования HART линии резистором 250 Ом и внешний источник питания.

Через разъем USB производится подключение компьютера для настройки контроллера и опроса переменных.

Схема расположения элементов на корпусе контроллера приведена на рис.1. Назначение клеммных контактов приведено в таблице 1.

Светодиодный индикатор MODBUS указывает направление передачи TX/RX по каналу связи RS232/RS485 (зеленый цвет соответствует приему, красный – передаче).

Светодиодный индикатор HART указывает направление передачи TX/RX по каналу связи HART (зеленый цвет соответствует приему, красный – передаче).

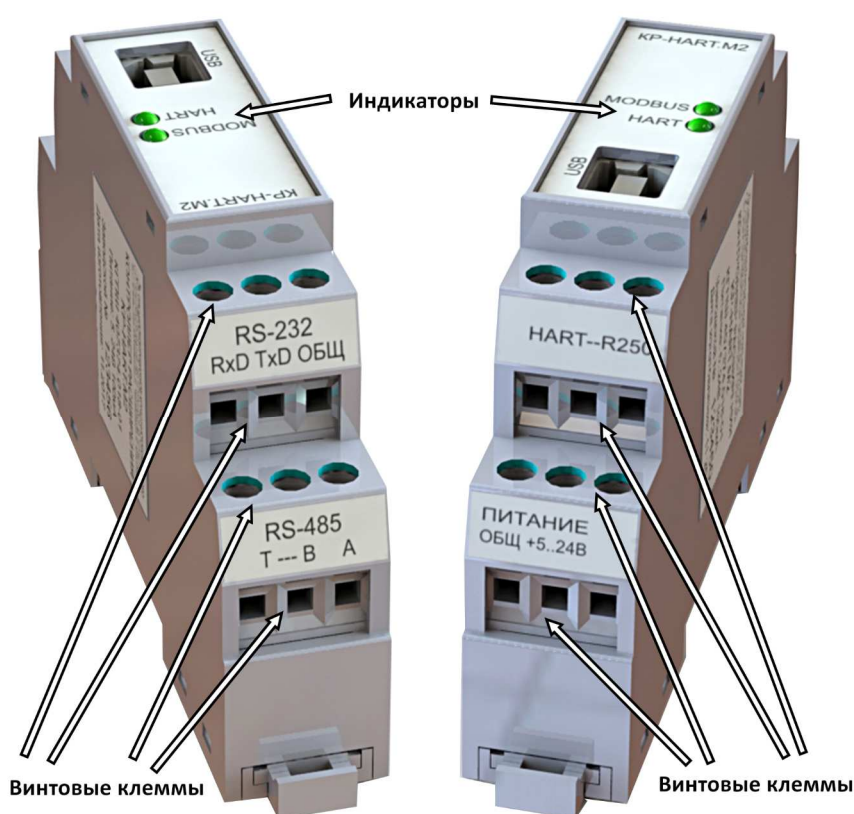


Рис.1. Схема расположения элементов на корпусе контроллера

Таблица 1. Назначение клеммных контактов

Обозначение клеммного контакта		Назначение сигнала
RS-485	A	Линия А интерфейса RS-485
	B	Линия В интерфейса RS-485
	T	Переключатель на соседнюю клемму «В» подключает нагрузку 120 Ом на линию RS-485
RS-232	ОБЩ	Общий интерфейса RS-232
	TxD	Выход, данные от контроллера

Обозначение клеммного контакта		Назначение сигнала
	RxD	Вход, данные к контроллеру
HART	HART	HART-сигнал
	HART	HART-сигнал
	R250	Перемычка на соседнюю клемму «HART» подключает нагрузку 250 Ом на линию HART
ПИТАНИЕ	+5..24 В	Вход внешнего источника питания (плюс)
	ОБЩ	Вход внешнего источника питания (минус)

Питание контроллера может осуществляться как от ПК или контроллера верхнего уровня по интерфейсу USB, так и от внешнего источника, поставляемого по дополнительному заказу.

Внешний источник питания может быть подключен на клеммы «ПИТАНИЕ» «+5..24В» и «ОБЩ».

Перед началом работы контроллер необходимо настроить через программу конфигурирования «kr\_hart.exe» версии не ниже 2.0, подключив контроллер к порту USB ПК кабелем USB A-B. При программировании питание контроллера осуществляется от порта USB, внешний БП не требуется.

Методика конфигурирования и описание регистров протокола Modbus и алгоритма трансляции HART-команд через шлюз приведены ниже соответственно в п.5.2 и Приложении 1.

## 5. Использование по назначению

### 5.1 Подключение оборудования.

Подключение датчиков с выходным HART-сигналом к контроллеру производится к неполярным клеммам HART. Схема соединения датчиков, контроллера и ПК приведена на рис.2 и 3. На рисунке 2 показан вариант подключения контроллера к ПК или контроллеру верхнего уровня по интерфейсу RS-232 и USB, на рис.3 - по интерфейсу RS-485, на рисунке 4 – работа контроллера с двумя мастер-устройствами, на рисунке 5 – схема подключения HART устройств с использованием внутреннего сопротивления 250 Ом.



Рис.2.Схемы соединения контроллера и ПК (контроллера верхнего уровня)

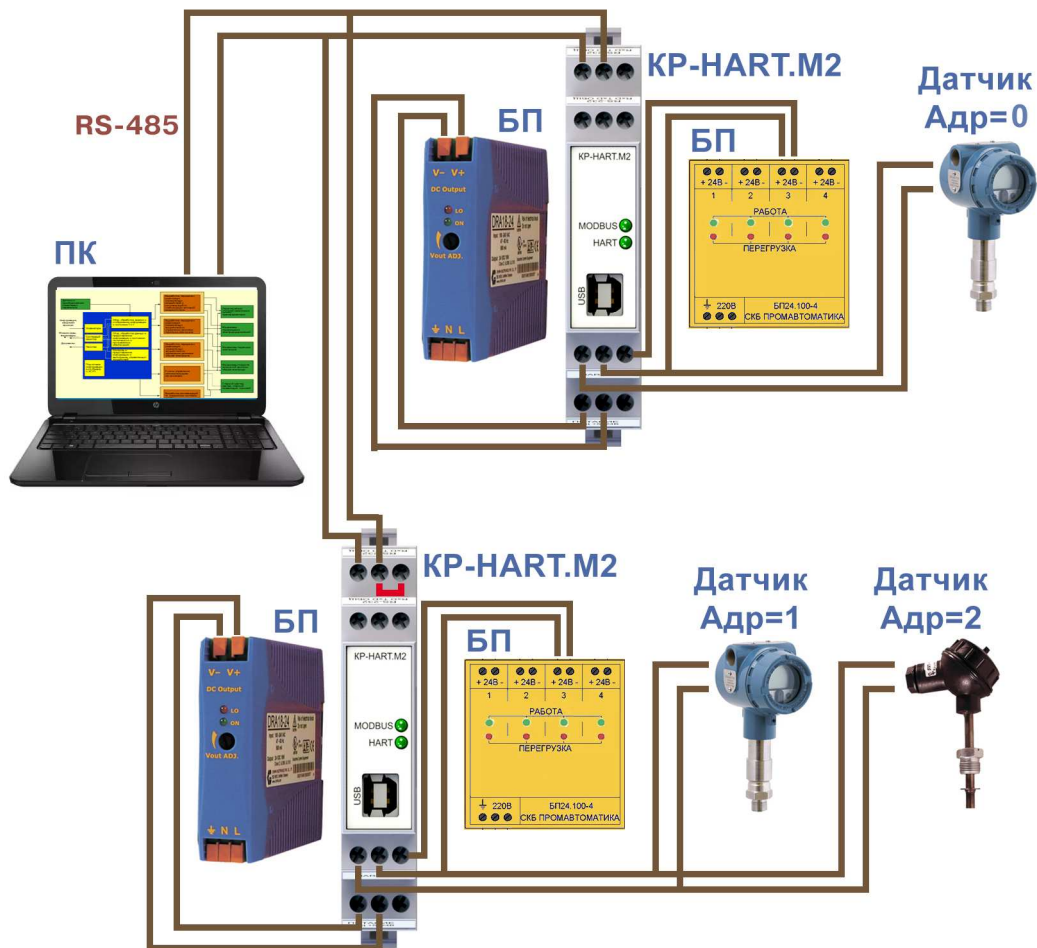


Рис.3.Схема соединения датчиков, контроллера и ПК (контроллера верхнего уровня) с использованием выхода RS-485

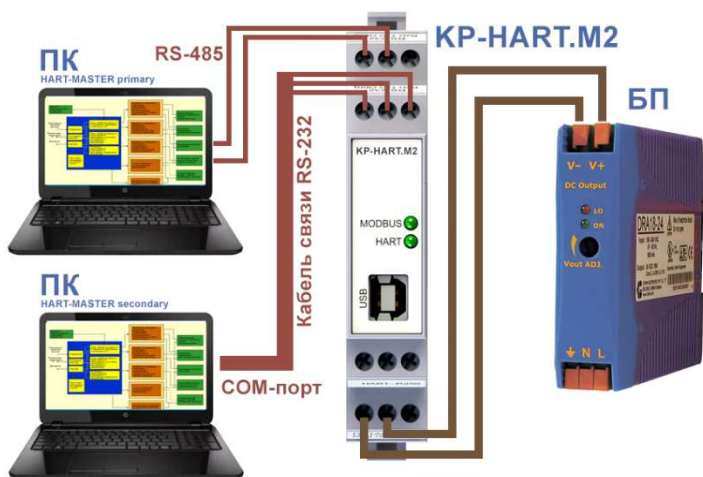


Рис.4. Работа с двумя мастер-устройствами



Рис.5. Подключение HART устройства с использованием внутреннего резистора 250 Ом

Подключение KP-HART к ПК или контроллеру верхнего уровня по интерфейсу RS-232 производится к клеммам «RS-232» при помощи кабеля, поставляемому по запросу. Подключение контактов кабеля приведено в таблице 4.

Таблица 4. Кабель для подключения контроллера к ПК («0-модемный» кабель)

Номер вывода разъема DB9F, подключаемого к ПК	клемма KP-HART
2	TxD
3	RxD
5	ОБЩ

Важным условием для передачи информации по HART-каналу является то, что общее сопротивление (в единицах измерения Ом) всех устройств в канале (включая сопротивление кабеля), умноженное на суммарную емкость (в единицах измерения мкФ) всех устройств (включая емкость кабеля) не должно превышать значения, равного 65 (например,  $250 \text{ Ом} * 0.1 \text{ мкФ} = 25$ ).

Если считывание показаний с датчиков производится только в цифровой форме и аналоговый сигнал 4-20 мА не нужен, то возможно подключение нескольких датчиков к одной паре проводов. При этом токовый выход всех датчиков устанавливается в значение 4 мА путем присвоения им ненулевых HART-адресов от 1 до 15.

Подключение контроллера к ПК или контроллеру верхнего уровня по интерфейсам RS-232 и USB производится с помощью кабелей, поставляемых по доп. заказу.

При подключении контроллера по интерфейсу RS-485 линии связи интерфейса RS-485 следует подключать к соответствующим клеммам контроллера. Для линий связи следует применять специальный кабель типа «витая пара», причем при длине линии более 50 м рекомендуется применять экранированную витую пару. Схема соединений устройств на линии RS-485 должна быть последовательной (не лучевой относительно ПК), а экран (при наличии) должен заземляться только в одной точке.

При подключении контроллера к физической линии RS-485 следует установить согласующие нагрузки 120 Ом в устройствах, находящихся на концах связного кабеля. В случае, если контроллер находится на конце кабеля, то согласующая нагрузка в нем подключается установкой перемычки между клеммами «RS-485:В» и «RS-485:Т».

**Одновременная работа с контроллером (опрос переменных и работа со шлюзом) возможна сразу через все интерфейсы (RS-232/RS-485/USB), но настройка параметров осуществляется только через интерфейс USB.**

## 5.2 Работа с программой конфигурирования.

Для установки программы конфигурирования необходим ПК со следующими характеристиками:

процессор P-100 (или выше);

монитор с разрешением - не менее 1024x768 pixel;

память HD - не менее 10 Мбайт;

операционная система - Microsoft Windows 95, 98, 2000, ME, NT, XP, Vista, 7, 8, 8.1, 10;

USB-порт.

После запуска программы появляется экран основного меню программы (рис.5).

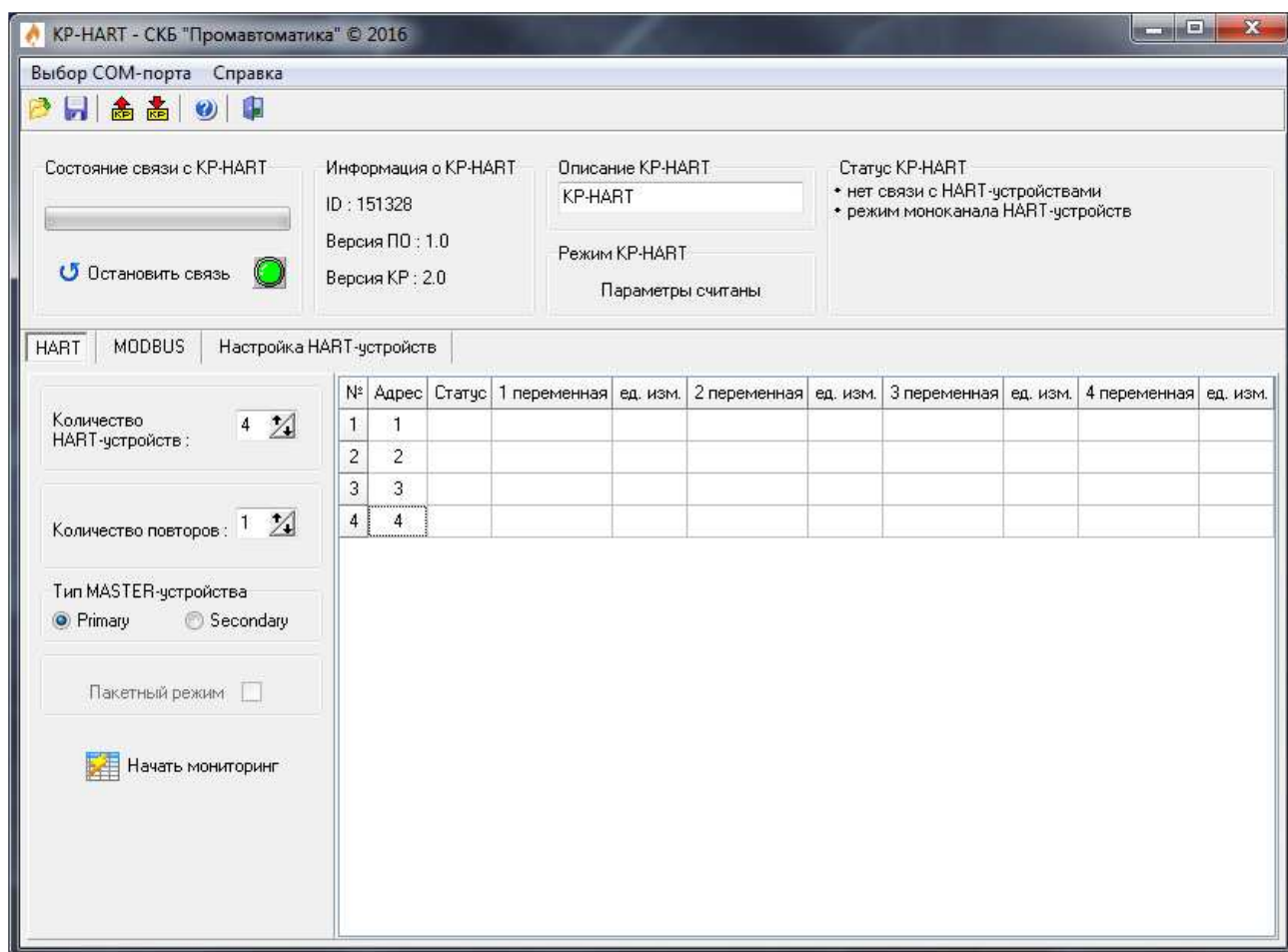


Рис.5 Экран основного меню программы с раскрытым окном HART

Для работы с ПК необходимо выбрать соответствующий порт при помощи окна «Выбор COM-порта».

На рис. 5 в нижней части окна раскрыты настройки контроллера со стороны его связи с HART- устройствами. Вариант основного окна с настройками со стороны работы контроллера по протоколу MODBUS приведены на рис.6.



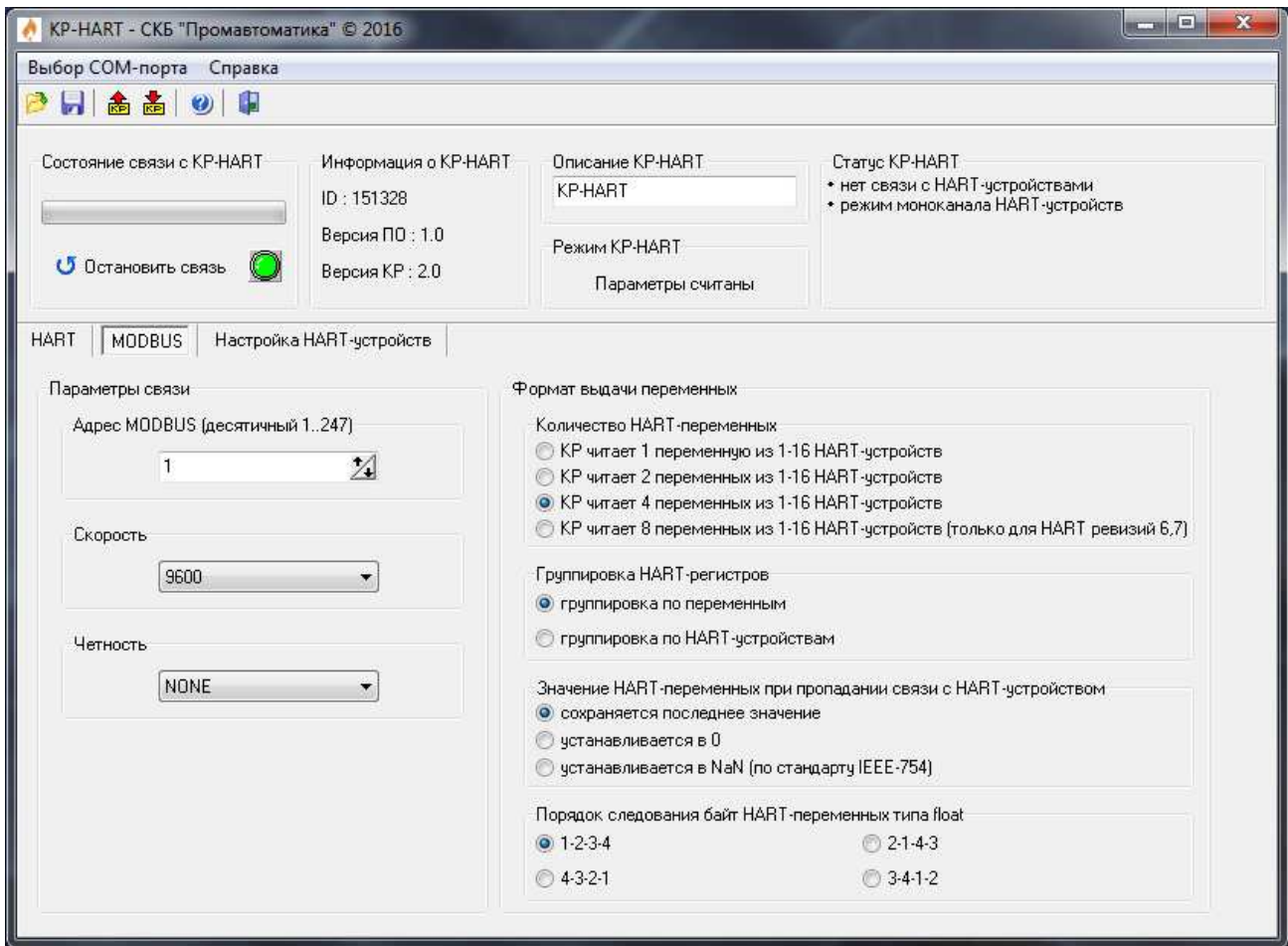


Рис.6 Экран основного меню программы с раскрытым окном MODBUS

Если KP-HART сконфигурирован для вычитывания 8-ми переменных, то необходимо назначить коды переменных для считывания. Для этого необходимо на основном окне программы нажать на порядковый номер устройства (см. рис. 7) и в появившемся окне назначить требуемые переменные (см. рис. 8). Коды переменных зависят от типа устройства и чаще всего отличаются у разных производителей, для чего необходимо использовать техническую документацию на прибор.

Существует несколько общих кодов, которые присутствуют в каждом HART-устройстве:

- 243d – время жизни батареи (float в днях);
- 244d – процент шкалы;
- 245d – ток в токовой петле;
- 246d – первичная переменная PV (назначенная в HART-устройстве);
- 247d – вторичная переменная SV (назначенная в HART-устройстве);
- 248d – третичная переменная TV (назначенная в HART-устройстве);
- 249d – четверичная переменная QV (назначенная в HART-устройстве);

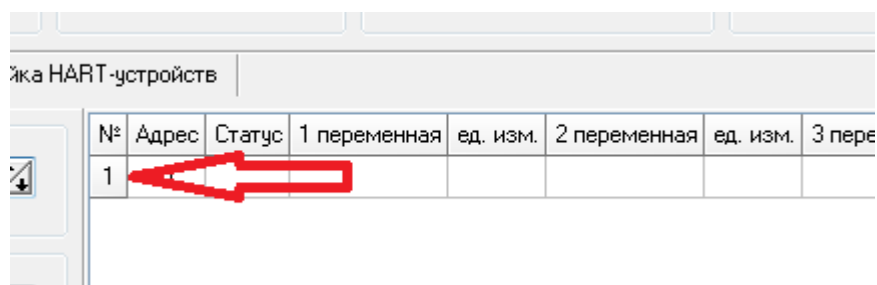


Рис.7 Выбор устройства для назначения более 4-х переменных

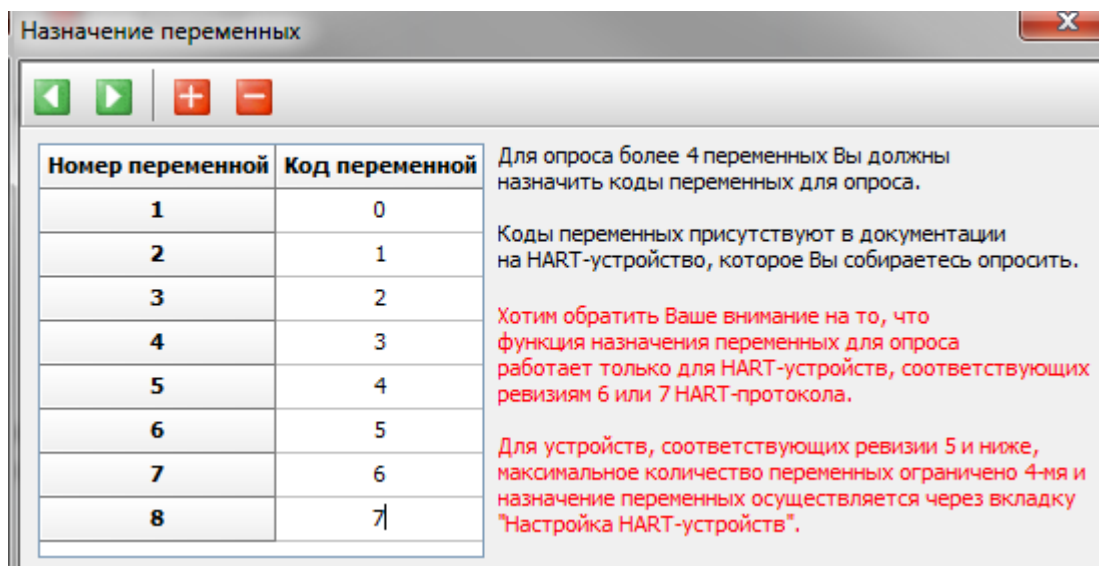


Рис.8 Назначение кодов переменных (для опроса более 4-х переменных)

При помощи пункта «Настройка HART-устройств» возможно изменение адресов подключенных HART-устройств и назначение динамических переменных (до 4-х).

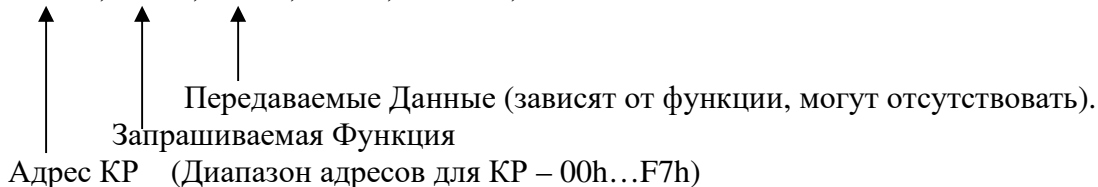
Полное описание работы программы со всеми пунктами меню доступно через окно «Справка».

# Приложение 1. Описание протокола MODBUS RTU и алгоритма трансляции HART-команд через шлюз

(версия КР 2.0, версия ПО 1.0)

Входные данные (к КР) / Выходные данные (от КР).

ADDR, FUNC, DATA, DATA, ... CRCL, CRCH



## Поддерживаемые функции:

### 03 Read Holding Registers (Чтение системных регистров).

КР имеет 101 двухбайтный регистр с адресами 100h...164h, содержащих информацию о настройках КР и 64 двухбайтных регистра с адресами 300h...33Fh для шлюза HART-команд. Эта команда доступна для чтения при любом адресе КР.

Описание регистров: таблица 1.

Одновременно можно запросить не более 101 регистра.

Формат запроса:	Пример	Формат ответа:	Пример
Адрес КР	00h	Адрес КР	00h
Функция	03h	Функция	03h
Начальный адрес (ст.)	01h	Счетчик байт	04h
Начальный адрес (мл.)	00h	Регистр 100h (ст.)	00h
Кол-во регистров (ст.)	00h	Регистр 100h (мл.)	03h
Кол-во регистров (мл.)	02h	Регистр 101h (ст.)	00h
CRC	--	Регистр 101h (мл.)	01h
		CRC	--

*Примечание:* Данные регистров в ответе передаются как 2 байта на регистр. Для каждого регистра первый байт содержит старшие биты, второй байт содержит младшие биты.

### 04 Read Input Registers (Чтение HART регистров).

КР имеет 338 двухбайтных регистра с адресами 00h...151h, содержащих информацию о группировке HART регистров, статусе контроллера и значений переменных HART-устройств.

Эта команда доступна для чтения при любом адресе КР.

Описание регистров: таблицы 2,3.

Адресация регистров зависит от количества считываемых переменных, количества опрашиваемых устройств и заданного порядка группировки переменных по регистрам.

Одновременно можно запросить не более 125 регистров.

Формат запроса:	Пример	Формат ответа:	Пример
Адрес КР	00h	Адрес КР	00h
Функция	03h	Функция	03h
Начальный адрес (ст.)	00h	Счетчик байт	04h
Начальный адрес (мл.)	00h	Регистр 00h (ст.)	00h
Кол-во регистров (ст.)	00h	Регистр 00h (мл.)	00h
Кол-во регистров (мл.)	02h	Регистр 01h (ст.)	00h

CRC	--	Регистр 01h (мл.)	00h
		CRC	--

*Примечание:* Данные регистров в ответе передаются как 2 байта на регистр. Для каждого регистра первый байт содержит старшие биты, второй байт содержит младшие биты.

Статус HART-устройств и коды единиц измерения соответствуют стандарту HART протокола. Значение FFh обоих байтов статуса HART-устройств означает отсутствие связи с данным HART-устройством. Значение FFEh статуса HART-устройств означает отсутствие достоверных данных от HART-устройства (при старте KP-HART).

### 06 Preset Single Register (Запись единичного регистра).

Запись разрешена в регистры 100h-120h и 125h-164h по любому адресу KP через интерфейс USB (режим конфигурирования) при заданном значении 03E8h регистра 0FFh. При сбросе контроллера значение регистра 0FFh устанавливается в 0, тем самым запрещая запись в регистры настройки.

Запись в регистры 200h и 300h-328h может осуществляться как через интерфейс USB в режиме конфигурирования, так и через интерфейсы RS485 и RS232 по адресу KP, заданному в регистре 101h.

Запись в регистр 200h значения 03E8h вызывает программный сброс KP и обновление всех настроек из EEPROM.

Запись в регистр 200h значения 07D0h вызывает программный сброс KP и установка «по умолчанию» всех настроек (в том числе и в EEPROM).

Формат запроса:	Пример	Формат ответа:	Пример
Адрес KP	00h	Адрес KP	00h
Функция	06h	Функция	06h
Адрес регистра (ст.)	01h	Адрес регистра (ст.)	01h
Адрес регистра (мл.)	00h	Адрес регистра (мл.)	00h
Данные (ст.)	00h	Данные (ст.)	00h
Данные (мл.)	03h	Данные (мл.)	03h
CRC	--	CRC	--

### 16 (10 Hex) Force Multiple Register (Запись группы регистров).

Доступны по записи регистры, описанные для команды 06 (Preset Single Register)

Возможна запись сразу 102 регистров (адреса 0FFh-164h, в регистры 121h-124h запись осуществляться не будет).

Формат запроса:	Пример	Формат ответа:	Пример
Адрес KP	00h	Адрес KP	00h
Функция	10h	Функция	10h
Адрес регистра (ст.)	01h	Адрес регистра (ст.)	01h
Адрес регистра (мл.)	00h	Адрес регистра (мл.)	00h
Кол-во регистров (ст.)	00h	Кол-во регистров (ст.)	00h
Кол-во регистров (мл.)	01h	Кол-во регистров (мл.)	01h
Счетчик байт	02h	CRC	--
Данные (ст.)	00h		
Данные (мл.)	03h		
CRC	--		

**Таблица 1.** Регистры конфигурации контроллера (чтение командой 3, запись командами 6 и 16)

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
0FFh	Регистр разрешения записи в регистры 100h-120h и 125h-164h (запись разрешена при значении 03E8h регистра). При сбросе контроллера значение данного регистра устанавливается в 0.	запись возможна только по адресу 0
100h	Регистр параметров последовательного порта КР. (по умолчанию 0003h): ст. байт: 00h-четность отключена 01h-четность EVEN 02h-четность ODD мл.байт: 00h-1200 бод 01h-2400 бод 02h-4800 бод 03h-9600 бод 04h-19200 бод 05h-38400 бод 06h-57600 бод 07h-115200 бод	защита записи, запись возможна только по адресу 0  при записи в этот регистр его новое значение (и изменение параметров порта) вступает в силу только после сброса КР!
101h	Адрес КР (мл. байт) (по умолчанию 01h). Адрес может иметь значение 1-247.	защита записи, запись возможна только по адресу 0
102h	Порядок группировки HART регистров (по умолчанию 0000h): ст. байт: 00h-КР читает 1 переменную из 1-16 HART-устройств 01h- КР читает 2 переменных из 1-16 HART-устройств 02h- КР читает 4 переменных из 1-16 HART-устройств 03h- КР читает 8 переменных из 1-16 HART-устройств (rev 6,7) мл.байт: 00h-группировка по переменным (идут по-порядку: первая переменная от всех HART-устройств, затем вторая переменная от всех HART-устройств и т.д.) , 01h- группировка по HART-устройствам (идут по-порядку: все переменные от одного HART-устройства, затем все переменные от следующего HART-устройства и т.д.)	защита записи, запись возможна только по адресу 0
103h	Значение HART-переменных при пропадании связи с HART-устройством (по умолчанию 0000h): 0000h-сохраняется последнее значение 0001h-устанавливается в 0 0002h-устанавливается в NaN (по стандарту IEEE-754)	защита записи, запись возможна только по адресу 0
104h	Порядок следования байт HART-переменных типа float (по умолчанию 0000h): 0000h-в первом регистре младшие биты, во втором регистре старшие биты 0001h- в первом регистре старшие биты, во втором регистре младшие биты	защита записи, запись возможна только по адресу 0
105h	Количество опрашиваемых HART-устройств. (по умолчанию 0000h). Может принимать значения от 0 до 16.	защита записи, запись возможна только по адресу 0
106h	Режим КР в HART протоколе. (по умолчанию 0000h): 0000h- Primary Master Mode 0001h- Secondary Master Mode.	защита записи, запись возможна только по адресу 0
107h	Количество повторных запросов в HART протоколе. (по умолчанию 0001h) Может принимать значения от 1 до 3	защита записи, запись возможна только по адресу 0

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
108h	Разрешение пакетного режима в HART протоколе. (по умолчанию 0000h): 0000h- нормальный режим 0001h- пакетный режим (только при значении регистра 105h равным 1)	защита записи, запись возможна только по адресу 0
109h-118h	Таблица адресов опрашиваемых HART-устройств. Допустимое значение адреса 0-15. Опрашиваются первые по данной таблице адреса в количестве, определяемом регистром 105h	защита записи, запись возможна только по адресу 0
119h-120h	Строка описания КР-HART 16 символов (119h ст.- 1 символ, 119h мл.- 2 символ и т.д.)	защита записи, запись возможна только по адресу 0
121h	Номер версии программного обеспечения. ст. байт: версия мл. байт: ревизия	только чтение
122h	Номер версии аппаратного обеспечения. ст. байт: версия мл. байт: ревизия	только чтение
123h-124h	Заводской номер КР (идентификатор) (123h- ст.часть числа, 124h-мл.часть )	только чтение
125h-164h	Коды опрашиваемых переменных для конфигураций 0300h и 0301h (используются для команды 9 HART-протокола) (125h ст. – 1-ая переменная 1-го HART-устройства, 125h мл. – 2-ая переменная 1-го HART-устройства, ... 134h ст. – 7-ая переменная 4-го HART-устройства, 134h мл. – 8-ая переменная 4-го HART-устройства, ... 164h ст. – 7-ая переменная 16-го HART-устройства, 164h мл. – 8-ая переменная 16-го HART-устройства.)	защита записи, запись возможна только по адресу 0
300h-328h	Буфер шлюза HART-команд	

**Таблица 2.** Регистры расположения HART-переменных при группировке «по переменным» (только чтение командой 4)

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
<b>1 конфигурация:</b> значение регистра конфигурации 102h =(0000h). С 1-16 HART-устройств считывается 1 переменная		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0000h).	
01h	статус контроллера КР-HART	таблица 4
02h-11h	статус 1-16 HART-устройств	
12h-19h	коды единиц измерений переменных 1-16 HART-устройств 12h/ст.-код единицы измерения переменной 1 HART-устройства, 12h/мл.-код единицы измерения переменной 2 HART-устройства, и т.д.	
1Ah-39h	значения переменных типа float 1Ah,1Bh-значение переменной 1 HART-устройства, 1Ch,1Dh-значение переменной 2 HART- устройства , и т.д.	
<b>2 конфигурация:</b> значение регистра конфигурации 102h =(0100h). С 1-16 HART-устройств считывается 2 переменных		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0100h)	
01h	статус контроллера КР-HART	таблица 4
02h-11h	статус 1-16 HART-устройств	
12h-21h	коды единиц измерений переменных 1-16 HART-устройств 12h/ст.-код единицы измерения 1 переменной 1 HART-устройства,	

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
	12h/мл.-код единицы измерения 2 переменной 1 HART-устройства, 13h/ст.-код единицы измерения 1 переменной 2 HART-устройства, 13h/мл.-код единицы измерения 2 переменной 2 HART-устройства, и т.д.	
22h-41h	значения первых переменных типа float 22h,23h-значение 1 переменной 1 HART-устройства, 24h,25h-значение 1 переменной 2 HART- устройства , и т.д.	
42h-61h	значения вторых переменных типа float 42h,43h-значение 2 переменной 1 HART-устройства, 44h,45h-значение 2 переменной 2 HART- устройства , и т.д.	
<b>3 конфигурация:</b> значение регистра конфигурации 102h =(0200h). С 1-16 HART-устройств считывается 4 переменных		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0200h)	
01h	статус контроллера КР-HART	таблица 4
02h-11h	статус 1-16 HART-устройств	
12h-31h	коды единиц измерений переменных 1-16 HART-устройств 12h/ст.-код единицы измерения 1 переменной 1 HART-устройства, 12h/мл.-код единицы измерения 2 переменной 1 HART-устройства, 13h/ст.-код единицы измерения 3 переменной 1 HART-устройства, 13h/мл.-код единицы измерения 4 переменной 1 HART-устройства, 14h/ст.-код единицы измерения 1 переменной 2 HART-устройства, 14h/мл.-код единицы измерения 2 переменной 2 HART-устройства, 15h/ст.-код единицы измерения 3 переменной 2 HART-устройства, 15h/мл.-код единицы измерения 4 переменной 2 HART-устройства, и т.д.	
32h-51h	значения первых переменных типа float 1-16 HART-устройств 32h,33h-значение 1 переменной 1 HART-устройства, 34h,35h-значение 1 переменной 2 HART- устройства , и т.д.	
52h-71h	значения вторых переменных типа float 1-16 HART-устройств 52h,53h-значение 2 переменной 1 HART-устройства, 54h,55h-значение 2 переменной 2 HART- устройства , и т.д.	
72h-91h	значения третьих переменных типа float 1-16 HART-устройств 72h,73h-значение 3 переменной 1 HART-устройства, 74h,75h-значение 3 переменной 2 HART- устройства , и т.д.	
92h-В1h	значения четвертых переменных типа float 1-16 HART-устройств 92h,93h-значение 4 переменной 1 HART-устройства, 94h,95h-значение 4 переменной 2 HART- устройства , и т.д.	
<b>4 конфигурация:</b> значение регистра конфигурации 102h =(0300h). С 1-16 HART-устройств считывается 8 переменных		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0300h).	
01h	статус контроллера КР-HART	таблица 4
02h-11h	статус 1-16 HART-устройств	
12h-51h	коды единиц измерений переменных 1-16 HART-устройств 12h/ст.-код единицы измерения 1 переменной 1 HART-устройства, 12h/мл.-код единицы измерения 2 переменной 1 HART-устройства, 13h/ст.-код единицы измерения 3 переменной 1 HART-устройства, 13h/мл.-код единицы измерения 4 переменной 1 HART-устройства, 14h/ст.-код единицы измерения 5 переменной 1 HART-устройства, 14h/мл.-код единицы измерения 6 переменной 1 HART-устройства, 15h/ст.-код единицы измерения 7 переменной 1 HART-устройства, 15h/мл.-код единицы измерения 8 переменной 1 HART-устройства, и т.д.	
52h-71h	значения первых переменных типа float 1-16 HART-устройств 52h,53h-значение 1 переменной 1 HART-устройства, 54h,55h-значение 1 переменной 2 HART- устройства , и т.д.	

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
72h-91h	значения вторых переменных типа float 1-16 HART-устройств 72h,73h-значение 2 переменной 1 HART-устройства, 74h,75h-значение 2 переменной 2 HART- устройства , и т.д.	
92h-B1h	значения третьих переменных типа float 1-16 HART-устройств 92h,93h-значение 3 переменной 1 HART-устройства, 94h,95h-значение 3 переменной 2 HART- устройства , и т.д.	
B2h-D1h	значения четвертых переменных типа float 1-16 HART-устройств B2h,B3h-значение 4 переменной 1 HART-устройства, B4h,B5h-значение 4 переменной 2 HART- устройства , и т.д.	
D2h-F1h	значения пятых переменных типа float 1-16 HART-устройств D2h,D3h-значение 5 переменной 1 HART-устройства, D4h,D5h-значение 5 переменной 2 HART- устройства , и т.д.	
F2h-111h	значения шестых переменных типа float 1-16 HART-устройств F2h,F3h-значение 6 переменной 1 HART-устройства, F4h,F5h-значение 6 переменной 2 HART- устройства , и т.д.	
112h-131h	значения седьмых переменных типа float 1-16 HART-устройств 112h,113h-значение 7 переменной 1 HART-устройства, 114h,115h-значение 7 переменной 2 HART- устройства , и т.д.	
132h-151h	значения восьмых переменных типа float 1-16 HART-устройств 132h,133h-значение 8 переменной 1 HART-устройства, 134h,135h-значение 8 переменной 2 HART- устройства , и т.д.	

**Таблица 3.** Регистры расположения HART-переменных при группировке «по HART-устройствам» (только чтение командой 4)

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
<b>5 конфигурация:</b> значение регистра конфигурации 102h =(0001h). С 1-16 HART-устройств считывается 1 переменная		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0001h)	
01h	статус контроллера KP-HART	таблица 4
02h-05h	данные 1 HART-устройства 02h-статус 1 HART-устройства, 03h/мл.-код единицы измерения переменной 1 HART-устройства, 04h,05h-значение 1 переменной типа float 1 HART-устройства	
06h-09h	данные 2 HART-устройства	
0Ah-0Dh	данные 3 HART-устройства	
0Eh-11h	данные 4 HART-устройства	
12h-15h	данные 5 HART-устройства	
16h-19h	данные 6 HART-устройства	
1Ah-1Dh	данные 7 HART-устройства	
1Eh-21h	данные 8 HART-устройства	
22h-25h	данные 9 HART-устройства	
26h-29h	данные 10 HART-устройства	
2Ah-2Dh	данные 11 HART-устройства	
2Eh-31h	данные 12 HART-устройства	
32h-35h	данные 13 HART-устройства	
36h-39h	данные 14 HART-устройства	
3Ah-3Dh	данные 15 HART-устройства	
3Eh-41h	данные 16 HART-устройства	
<b>6 конфигурация:</b> значение регистра конфигурации 102h =(0101h). С 1-16 HART-устройств считывается 2 переменных		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0101h)	
01h	статус контроллера KP-HART	таблица 4



Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
02h-07h	данные 1 HART-устройства 02h-статус 1 HART-устройства, 03h/ст.-код единицы измерения 1 переменной 1 HART-устройства, 03h/мл.-код единицы измерения 2 переменной 1 HART-устройства, 04h,05h-значение 1 переменной типа float 1 HART-устройства, 06h,07h-значение 2 переменной типа float 1 HART-устройства	
08h-0Dh	данные 2 HART-устройства	
0Eh-13h	данные 3 HART-устройства	
14h-19h	данные 4 HART-устройства	
1Ah-1Fh	данные 5 HART-устройства	
20h-25h	данные 6 HART-устройства	
26h-2Bh	данные 7 HART-устройства	
2Ch-31h	данные 8 HART-устройства	
32h-37h	данные 9 HART-устройства	
38h-3Dh	данные 10 HART-устройства	
3Eh-43h	данные 11 HART-устройства	
44h-49h	данные 12 HART-устройства	
4Ah-4Fh	данные 13 HART-устройства	
50h-55h	данные 14 HART-устройства	
56h-5Bh	данные 15 HART-устройства	
5Ch-61h	данные 16 HART-устройства	
<b>7 конфигурация:</b> значение регистра конфигурации 102h =(0201h). С 1-16 HART-устройств считывается 4 переменных		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0201h)	
01h	статус контроллера КР-HART	таблица 4
02h-0Ch	данные 1 HART-устройства: 02h-статус 1 HART-устройства, 03h/ст.-код единицы измерения 1 переменной 1 HART-устройства, 03h/мл.-код единицы измерения 2 переменной 1 HART-устройства, 04h/ст.-код единицы измерения 3 переменной 1 HART-устройства, 04h/мл.-код единицы измерения 4 переменной 1 HART-устройства, 05h,06h-значение 1 переменной типа float 1 HART-устройства, 07h,08h-значение 2 переменной типа float 1 HART-устройства 09h,0Ah-значение 3 переменной типа float 1 HART-устройства, 0Bh,0Ch-значение 4 переменной типа float 1 HART-устройства	
0Dh-17h	данные 2 HART-устройства	
18h-22h	данные 3 HART-устройства	
23h-2Dh	данные 4 HART-устройства	
2Eh-38h	данные 5 HART-устройства	
39h-43h	данные 6 HART-устройства	
44h-4Eh	данные 7 HART-устройства	
4Fh-59h	данные 8 HART-устройства	
5Ah-64h	данные 9 HART-устройства	
65h-6Fh	данные 10 HART-устройства	
70h-7Ah	данные 11 HART-устройства	
7Bh-85h	данные 12 HART-устройства	
86h-90h	данные 13 HART-устройства	
91h-9Bh	данные 14 HART-устройства	
9Ch-A6h	данные 15 HART-устройства	
A7h-B1h	данные 16 HART-устройства	
<b>8 конфигурация:</b> значение регистра конфигурации 102h =(0301h). С 1-16 HART-устройств считывается 8 переменных		

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
00h	дублирует значение регистра 102h=(0301h)	
01h	статус контроллера KP-HART	таблица 4
02h-16h	данные 1 HART-устройства: 02h-статус 1 HART-устройства, 03h/ст.-код единицы измерения 1 переменной 1 HART-устройства, 03h/мл.-код единицы измерения 2 переменной 1 HART-устройства, 04h/ст.-код единицы измерения 3 переменной 1 HART-устройства, 04h/мл.-код единицы измерения 4 переменной 1 HART-устройства, 05h/ст.-код единицы измерения 5 переменной 1 HART-устройства, 05h/мл.-код единицы измерения 6 переменной 1 HART-устройства, 06h/ст.-код единицы измерения 7 переменной 1 HART-устройства, 06h/мл.-код единицы измерения 8 переменной 1 HART-устройства, 07h,08h-значение 1 переменной типа float 1 HART-устройства, 09h,0Ah-значение 2 переменной типа float 1 HART-устройства 0Bh,0Ch-значение 3 переменной типа float 1 HART-устройства, 0Dh,0Eh-значение 4 переменной типа float 1 HART-устройства 0Fh,10h-значение 5 переменной типа float 1 HART-устройства, 11h,12h-значение 6 переменной типа float 1 HART-устройства 13h,14h-значение 7 переменной типа float 1 HART-устройства, 15h,16h-значение 8 переменной типа float 1 HART-устройства	
17h-2Bh	данные 2 HART-устройства	
2Ch-40h	данные 3 HART-устройства	
41h-55h	данные 4 HART-устройства	
56h-6Ah	данные 5 HART-устройства	
6Bh-7Fh	данные 6 HART-устройства	
80h-94h	данные 7 HART-устройства	
95h-A9h	данные 8 HART-устройства	
AAh-BEh	данные 9 HART-устройства	
BFh-D3h	данные 10 HART-устройства	
D4h-E8h	данные 11 HART-устройства	
E9h-FDh	данные 12 HART-устройства	
FEh-112h	данные 13 HART-устройства	
113h-127h	данные 14 HART-устройства	
128h-13Ch	данные 15 HART-устройства	
13Dh-151h	данные 16 HART-устройства	

**Таблица 4.** Статус контроллера KP-HART:

Номер бита	Тип	Описание
0	ошибка	ошибка данных конфигурации (устанавливается при недопустимых значениях регистров 100h-118h)
1	статус	конфигурация установлена «по-умолчанию» (устанавливается при записи в регистр 200h значения 07D0h, сбрасывается при модификации регистров 100h-118h)
2	статус	был программный рестарт контроллера (сбрасывается автоматически после чтения регистра статуса контроллера)
3	-	
4	-	
5	-	
6	статус	задан пакетный режим (бит устанавливается при значении 1 регистра 108h)
7	статус	нет поддержки пакетного режима (свойство данной версии ПО контроллера)

Номер бита	Тип	Описание
8	ошибка	нет связи с HART-устройствами (устанавливается, если хотя бы с одним описанным HART-устройством нет связи)
9	ошибка	ошибка пакетного режима HART-устройства (устанавливается при невозможности задать пакетный режим)
10	статус	режим моноканала HART-устройств (устанавливается при описании HART-устройств с адресом, отличным от 0)
11	ошибка	HART-линия занята (устанавливается при невозможности получения доступа к HART-линии, например, линия занята сторонним устройством)
12	-	
13	-	
14	-	
15	-	

### Описание алгоритма трансляции HART-команд через шлюз.

В контроллере КР-HART имеется возможность трансляции любых HART-команд через MODBUS-протокол. Для этого есть регистровый шлюз с адресами 300h-33Fh. Запись в шлюз осуществляется modbus-командой 6 или 16, а чтение командой 3. Обработка HART-команды осуществляется контроллером без остановки сканирования заданных HART-переменных, внутри текущего цикла опроса HART-устройств. Контроль выполнения записанной HART-команды осуществляется мониторингом регистра 300h (см.таблицу 5).

Для составления правильных HART-команд и разбора ответов необходимо использовать описания применяемых HART-устройств (какие HART-команды они поддерживают) и документацию на HART-протокол:

HCF-SPEC-81	Data Link Layer Specification
HCF-SPEC-99	Command Summary Information
HCF-SPEC-127	Universal Command Specification
HCF-SPEC-151	Common Practice Command Specification
HCF-SPEC-183	Common Tables
HCF-SPEC-307	Command Specific Response Code Definitions
HCF-SPEC-500	HART Device Description Language Specification

Данную документацию можно найти на сайте организации HART Communication Foundation: <http://www.hartcomm.org>

Алгоритм работы со шлюзом следующий: 16 modbus-командой записывается HART-команда согласно таблице 5 (можно использовать и 6 modbus-команду, но запись в 300h регистр должна быть последней - эта запись запускает HART-команду в работу, поэтому сама HART-команда должна уже лежать в регистрах). Затем читаем 3 modbus-командой 300h регистр- как только 7 бит ст.байта встал в единицу - ответ пришел. При этом, если 6 бит равен единице, то за заданное количество повторов (задается в регистре 107h) ответ от HART-устройства не получен; если 6 бит равен нулю, то ответ получен и его можно считать (при этом биты 0-5 старшего байта регистра 300h будут содержать данные о том, сколько регистров надо считать, начиная с адреса 301h, для получения всех байт ответа).

Время ожидания ответа может отличаться от запроса к запросу. На это может влиять отсутствие связи с одним или несколькими HART-устройствами, количество повторов (регистр 107h). Если устройство, с которым необходимо связаться, еще не участвовало в опросе, то время ожидания ответа будет несколько больше обычного (к устройству уйдет две команды: одна команда с номером 0 для получения длинного адреса и затем запрошенная пользователем команда). Исходя из

вышесказанного, лучше полагаться на состояние 7-го бита старшего байта регистра 300h – по его состоянию пользователь сможет точно определить готовность ответа.

**Таблица 5** регистров шлюза HART-команд:

Адрес регистра		Запись (отправка команды)	Чтение (получение ответа)
300h	ст. байт	7 бит	всегда 0
		6 бит	всегда 0
	0-5 биты		резерв (не используются)
мл. байт		адрес	адрес
301h	ст. байт		команда
	мл. байт		число байт данных
302h	ст. байт		данные (если есть)
	мл. байт		данные (если есть)
303h	ст. байт		данные (если есть)
	мл. байт		данные (если есть)
304h-33Fh		данные (если есть)	данные (если есть)

**Начиная с аппаратной ревизии 1.1, HART-команда записывается в регистры в упрощенном виде. Необходимо записать только короткий адрес устройства, номер команды, длину команды и данные, если длина отлична от нуля!**

Пример обмена (отправка hart-команды 01h (чтение первичной переменной), короткий адрес – 04h):

- Пишем в KP-HART (адрес клиента MODBUS = 1, номер MODBUS-команды = 16)

Запрос: 01h 10h 03h 00h 00h 02h 04h **00h 04h 01h 00h** A7h 0Eh

Ответ: 01h 10h 03h 00h 00h 02h 41h 8Ch

- Начинаем читать из KP-HART

Запрос: 01h 03h 30h 00h 00h 01h 84h 4Eh

Ответ: 01h 03h 02h **00h 04h** B9h 87h

Анализ показывает, что 7-ой и 6-ой биты стоят в нуле – ответ еще не готов, продолжаем читать:

Запрос: 01h 03h 30h 00h 00h 01h 84h 4Eh

Ответ: 01h 03h 02h **85h 04h** DBh 17h

Здесь мы видим, что 7-ой бит теперь равен 1, 6-ой бит равен 0, а значение, лежащее в битах 0-5, равно 5. Это значит, что ответ готов и пользователь должен запросить 5 регистров, начиная с адреса 301h. Если бы в регистре 300h было записано **C0h 04h**, то это было бы сигналом, что ответ так и не был получен.

Запрос: 01h 03h 30h 01h 00h 05h D4h 4Dh

Ответ: 01h 03h 0Ah **01h 07h 00h D8h 05h C2h E2h D6h 00h** 00h A5h 4Ah

Таким образом, мы получили ответ от HART-устройства с коротким адресом 04h на запрос команды 01h.

Ошибка чтения устанавливается, если HART-устройство не ответило за заданное число попыток или в ответе была ошибка CRC.

## Приложение 2. Чертеж корпуса контроллера КР-НАRT.M2

