

ЗАКАЗАТЬ

EAC

Контроллер расширения КР-НАРТ-MUX8.M3 (аппаратная ревизия 2.0)

Руководство по эксплуатации

КГПШ.407374.018-03 РЭ



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
ПРОМАВТОМАТИКА

www.skbp.ru

1. Назначение

Контроллер расширения KP-HART-MUX8.M3 (далее контроллер) предназначен для сбора данных с устройств, поддерживающих HART-протокол, и передаче этих данных по MODBUS-протоколу. Начиная с версии программного обеспечения 2.0, контроллер получил функционал классического HART-мультиплексора. KP-HART-MUX8.M3 в режиме HART-мультиплексора является функциональным аналогом HART-мультиплексора Phoenix Contact MACX MCR-S-MUX.

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
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 каналов опроса	До 8
Количество HART устройств на один канал	1 (с адресом 0)
Порты связи с ПК или контроллером верхнего уровня	RS-232, RS-485-1, RS-485-2, USB
Электрическая прочность между HART-каналами, не менее	1500 В переменного тока
Электрическая прочность между HART-каналами и портом RS-232/RS-485-1/источником питания, не менее	1500 В переменного тока
Электрическая прочность между портом RS-485-2 и HART-входами/источником питания/портом USB, не менее	1500 В переменного тока
Питание	- от внешнего источника напряжением (9 ... 28) В (с клеммника и шинного разъема TBUS), потребляемая мощность не более 1,0 Вт - от USB-порта ПК, напряжение 5 В ± 10%, ток не более 0,2А - от линии 5 В разъема «RS-232», напряжение 5 В±10%, ток не более 0,2А
Потребляемая мощность	Не более 1,0 Вт
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 связи по RS-232, не более, м	10
Длина линии связи по RS-485	- по RS-485-1 не более 50 м - по RS-485-2 не более 1500 м
Количество абонентов RS-485, не более	32
Параметры порта USB: - длина линии связи, не более, м - способ подключения	5 Разъем Type-C
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 ... +85 - 40 ... +85 95
Габаритные размеры (ГxВxШ), мм	115 x 105 x 23
Способ монтажа	на DIN-рейку EN60715 TH35-7.5 35мм
Вес, не более, г	160

3. Состав изделия

Наименование	Обозначение	Кол-во	Примечание
Контроллер КР-HART-MUX8.M3.1 Контроллер КР-HART-MUX8.M3.2	КГПШ 407374.018-03	1	Исполнение 1 по диапазону температур при эксплуатации Исполнение 2 по диапазону температур при эксплуатации
Паспорт	КГПШ 407374.018-03ПС	1	
Руководство по эксплуатации	КГПШ 407374.018-03РЭ		
Кабель связи RS-232	Кабель адаптер RJ45 в RS232 KS-444		По доп. заказу
Шинный адаптер	ME 22,5 TBUS		По доп. заказу
Начальный коннектор	IMC		По доп. заказу
Конечный коннектор	MC		По доп. заказу
Кабель USB для программирования	USB A - Type C		По доп. заказу
Программа конфигурирования	«Настройка КР (USB)»		
Блок питания	-		По доп. заказу

Обозначение контроллера при заказе: Контроллер расширения КР-HART-MUX8.M3.X
Тип исполнения (1 или 2) по диапазону температуры эксплуатации _____

4. Устройство и работа

КР-HART-MUX8.M3 позволяет считывать данные из HART-устройств, работающих в режиме 4-20 мА и имеющих адрес 0. Контроллер подключается параллельно датчику и не мешает работе токовой петли 4-20 мА. Все HART-каналы контроллера имеют гальваническую развязку, поэтому исключают взаимное влияние датчиков друг на друга, даже в случае, если датчики гальванически связаны и имеют разные потенциалы.

Контроллер может работать одновременно в двух режимах.

1. **Режим HART-MODBUS.** Это режим автономного контроллера, который сам занимается вычитыванием переменных HART-датчиков и раскладыванием полученных данных в карту регистров MODBUS.

2. **Режим HART-мультиплексора.** В этом режиме на интерфейсы (RS-485, RS-232, USB) поступают команды протокола HART и контроллер выполняет роль 8-канального HART-модема.

В режиме HART-MODBUS контроллер обеспечивает циклический опрос от 1-го до 8-ми HART-устройств, подключенных по одному на каждый канал устройства. Адрес у всех подключенных HART-устройств должен быть установлен равным 0.

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 интерфейсы RS-232, RS-485 или USB по MODBUS-протоколу. Возможен одновременный опрос со всех интерфейсов. Описание протокола MODBUS приведено в Приложении 1.

Допускается одновременная работа в обоих режимах по всем внешним интерфейсам. Контроллер сам определяет, когда надо перейти в режим HART-MODBUS или в режим HART-мультиплексора.

Настройка контроллера выполняется при помощи программы конфигурирования «Настройка КР (USB)» версии не ниже 1.0.0.148. Программа конфигурирования позволяет:

- задать маску опрашиваемых каналов;
- назначить тип мастер-устройства (primary/secondary);

- задать параметры обмена контроллера (порты RS-485, RS-232, USB);
- изменять короткий адрес HART-устройств;
- 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 режиме HART-MODBUS.

В режиме HART-мультиплексора контроллер выполняет роль восьмиканального HART-модема, т.е. осуществляет преобразование сигналов интерфейсов RS-485, RS-232 и USB в частотно-модулированный сигнал HART и обратно. 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.

Контроллер в режиме HART-MODBUS, 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.

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 24 винтовые клеммы, 9 светодиодных индикаторов, разъемы RS-232 и USB. К клеммам подключаются интерфейсные сигналы RS-485-1, RS-485-2, HART-сигналы и внешний источник питания. Клеммы выполнены разъемными с целью удобства подключения и замены. Также имеется возможность организации шины питания и связи RS-485 установкой шинных соединителей TBUS на DIN рельс. Подробнее это рассмотрено в разделе «Монтаж».

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 RS-232/RS-485 (зеленый цвет соответствует приему, красный – передаче).

Светодиодные индикаторы HART 1 – HART 8 указывают направление передачи TX/RX по соответствующему (от 1 - 8) каналу связи HART (зеленый цвет соответствует приему, красный – передаче). Загораются индикаторы только тех каналов, которые опрашиваются в текущий момент. Если при опросе датчика индикатор не загорается зеленым (после красного), это означает, что ответ от датчика не принят.



Рис.1 Схема расположения элементов на корпусе контроллера

Назначение клеммных контактов приведено в таблице 1.

Таблица 1 Назначение клеммных контактов

Группа клемм	Клемма	Назначение
Упит (9..28)В	-	Вход внешнего источника питания (минус) (дублируется на TBUS)
	+	Вход внешнего источника питания (плюс) (дублируется на TBUS)
RS-485-1	A	Линия A интерфейса RS-485-1 (дублируется на TBUS)
	B	Линия B интерфейса RS-485-1 (дублируется на TBUS)
RS-485-2	SH	Экран
	B	Линия B интерфейса RS-485-2
	A	Линия A интерфейса RS-485-2
	T	Подключение терминатора 120 Ом (активируется перемычкой с клеммой A)
	HART1 ... HART8	HART-сигнал (1-й ... 8-й канал)

Сигналы RS-485-1/A, RS-485-1/B, плюс и минус питания (9..28)В могут также быть подключены к контроллеру через шинный соединитель TBUS, устанавливаемый на DIN-рельс. При установке контроллера на DIN-рельс эти сигналы выводятся с печатной платы контроллера на вилку разъема TBUS. Способ установки контроллера с использованием шинного соединителя TBUS и назначение контактов при таком соединении приведены в Приложении 4.

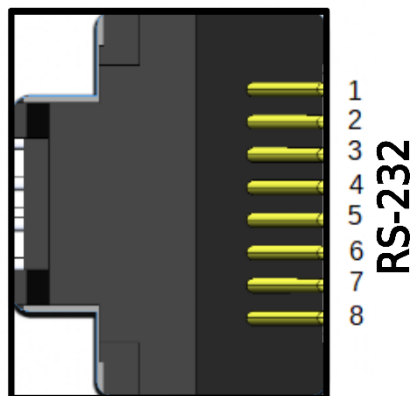
Через разъем USB производится подключение компьютера для настройки контроллера и опроса переменных. При подключении компьютера к «USB» также обеспечивается питание контроллера.

Через разъем RS-232 производится подключение к компьютеру или внешнему контроллеру. Также через этот разъем возможно подключение напряжения питания $5\text{ В} \pm 10\%$. Назначение контактов разъема RS-232 приведено в таблице 2.

Таблица 2 Назначение контактов разъема RS-232

Номер контакта разъема (тип RJ-45)	Обозначение сигнала	Назначение сигнала
6	RxD	Данные RS-232 к контроллеру (вход)
3	TxD	Данные RS-232 от контроллера (выход)
7	+5В	Питание контроллера
4,5	Общ.	Общий питания и RS-232

Расположение контактов в разьеме «RS-232» показано на рисунке ниже:



Питание контроллера может осуществляться также и от внешнего источника, поставляемого по дополнительному заказу. Внешний источник питания подключается через клеммы «(9..28)В», обозначенные «+» и «-».

Перед началом работы контроллер необходимо настроить через программу конфигурирования «Настройка КР (USB)» версии не ниже 1.0.0.148, подключив разъем USB контроллера к порту USB ПК кабелем USB2.0 Type C. При программировании контроллера питание осуществляется от порта USB, внешний блок питания не требуется.

Методика конфигурирования, а также описание регистров протокола MODBUS и алгоритма трансляции HART-команд через шлюз приведены ниже соответственно в п.5.3 и Приложении 1.

5. Использование по назначению

5.1 Подключение оборудования.

Подключение датчиков с выходным HART-сигналом к контроллеру производится к неполярным клеммам HART, как показано на рис.2. HART-входы контроллера подключаются параллельно датчику. Необходимо обеспечить наличие балластного резистора номиналом (230 ... 500) Ом в токовой цепи между блоком питания и датчиком, иначе внутреннее сопротивление блока питания будет шунтировать HART-сигнал. Балластным резистором может выступать внутреннее сопротивление (230 ... 500) Ом токового входа другого контроллера, опрашивающего датчик по сигналу 4-20 мА. Этот вариант подключения показан на рис.2 на примере подключения датчика к входу HART8 контроллера КР-HART-MUX8.M3 и аналоговому входу другого контроллера со встроенным источником питания датчика.

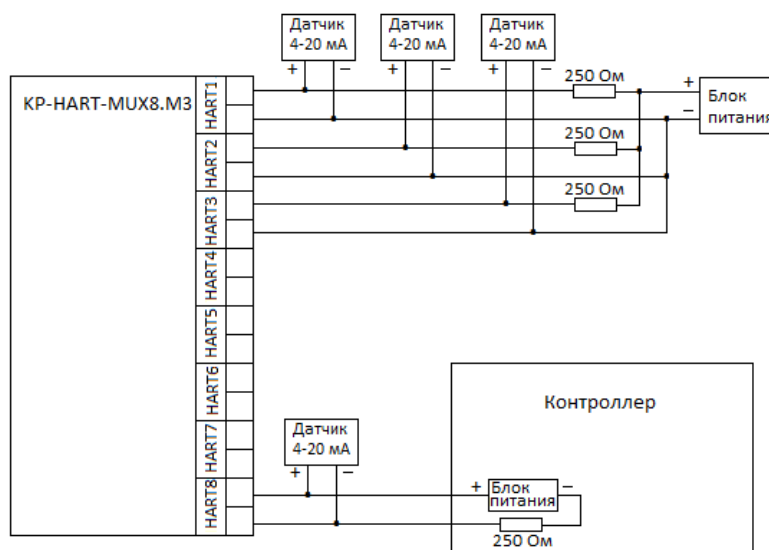


Рис.2. Подключение HART устройств

Схема соединения контроллеров (количеством от 1-го до 32-х) и ПК (контроллера верхнего уровня) с использованием интерфейса RS-485-1 через шину TBUS показана на рис. 3. Порядок установки шинных соединителей TBUS и монтаж на них контроллеров показаны в Приложениях 3 и 4). Для питания контроллеров необходим блок питания напряжением (9 ... 28) В соответствующей мощности (не менее 1,0 Вт на каждый контроллер). При этом при помощи шины TBUS обеспечивается как объединение контроллеров по интерфейсу RS-485-1, так и их питание от блока питания.

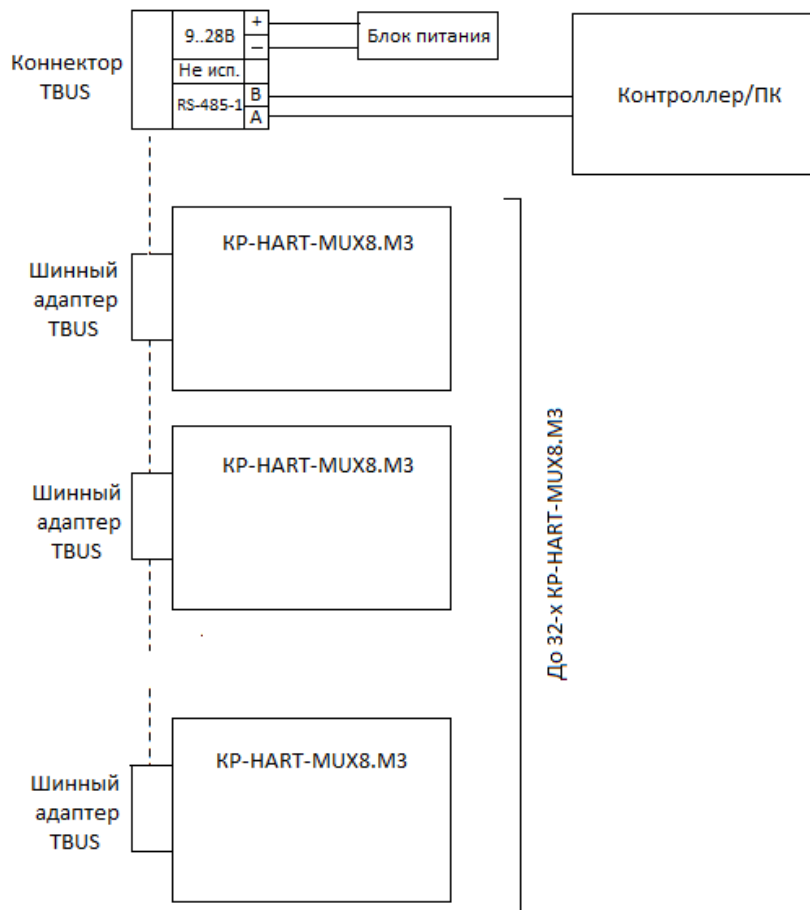


Рис.3 Схема соединения контроллера и ПК (контроллера верхнего уровня) с использованием интерфейса RS-485-1 и шинных соединителей TBUS.

Объединение контроллеров и ПК (контроллера верхнего уровня) с использованием интерфейса RS-485-1 возможно как через шину TBUS, так через клеммы RS-485-1/A и RS-485-1/B. При этом следует учитывать, что объединение по интерфейсу RS-485-1 допускается по линии связи длиной не более 50 м. Схема соединения контроллеров использованием интерфейса RS-485-1 с подключением через клеммники показана на рис. 4.

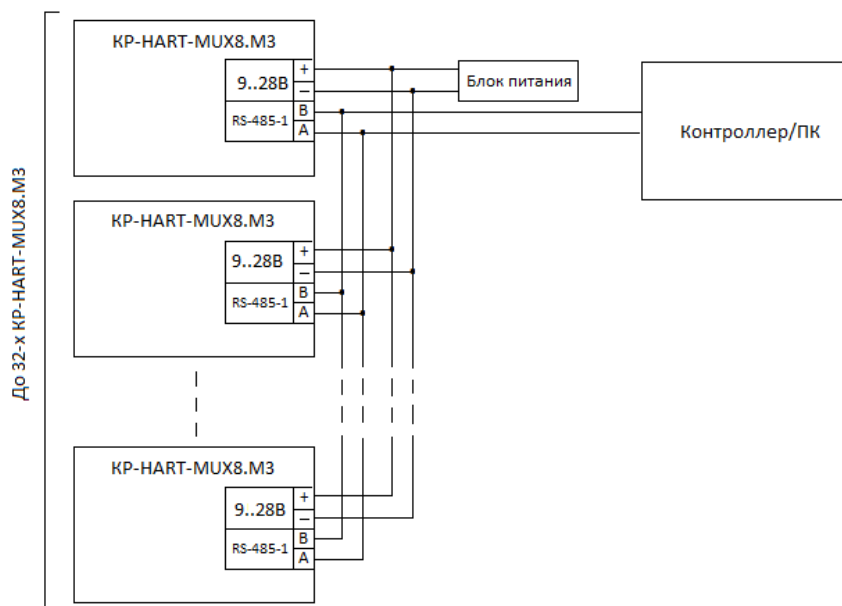


Рис.4 Схема соединения контроллера с использованием интерфейса RS-485-1 с подключением через клеммники.

Контроллер обеспечивает одновременную работу с устройствами верхнего уровня по интерфейсам USB, RS-232, RS-485-1 и RS-485-2. Схема соединения контроллера и 2-х ПК (контроллеров верхнего уровня) с использованием интерфейса RS-485-1 через TBUS и RS-485-2

показана на рис.5. Длина линии связи по интерфейсу RS-485-2 - до 1500 м. При этом каждый из контроллеров может работать как в режиме HART-мультиплексора, так и в режиме HART-Modbus.

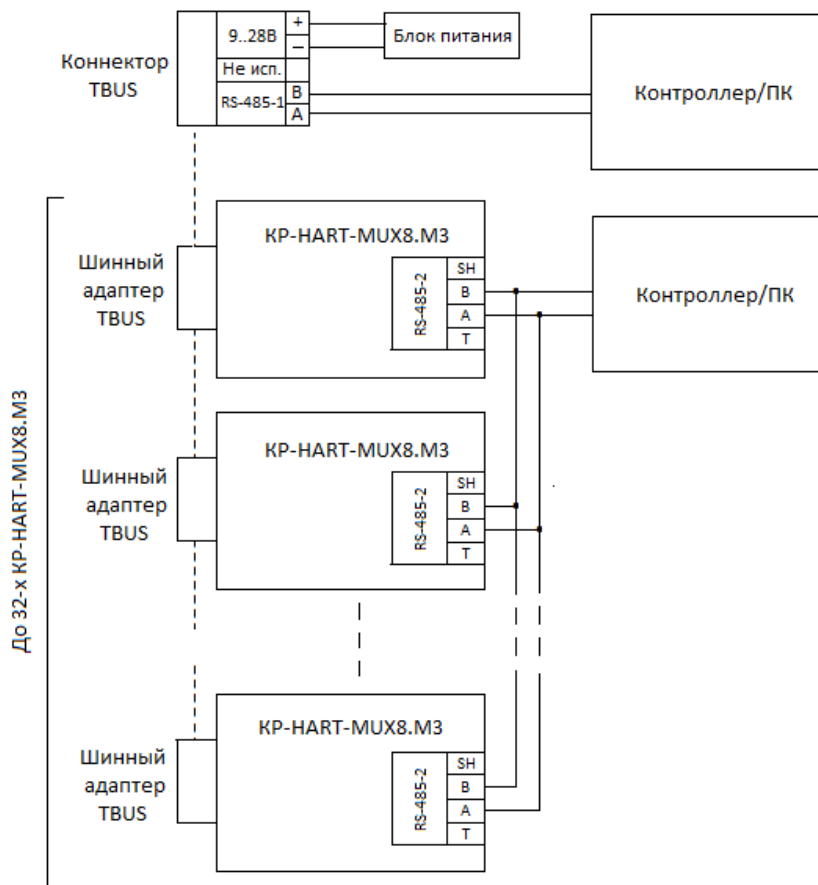


Рис.5 Схема соединения контроллера и 2-х ПК (контроллеров верхнего уровня) с использованием интерфейса RS-485-1 через TBUS и RS-485-2.

Контроллер может подключаться к ПК (контроллерам верхнего уровня) при помощи интерфейса RS-232. Это подключение к контроллеру производится при помощи разъема типа RJ-45. Через этот же разъем может быть обеспечено питание контроллера напряжением 5 В. Такая схема подключения контроллера приведена на рис. 6.

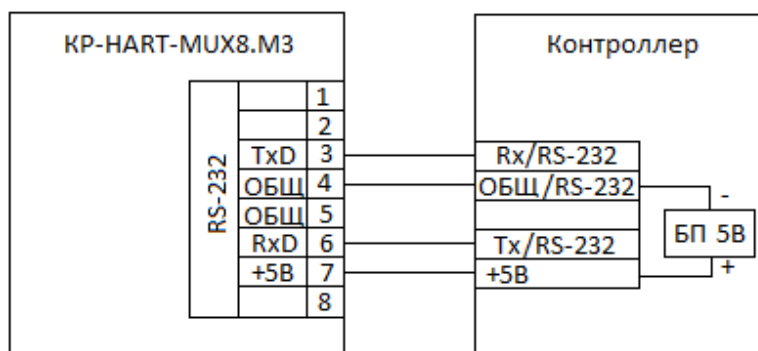


Рис. 6 Схема подключения контроллера через интерфейс RS-232

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, $250 \text{ Ом} \cdot 0,1 \text{ мкФ} = 25$).

Кабели для подключения контроллера к ПК или контроллеру верхнего уровня по интерфейсам RS-232 и USB поставляются по доп. заказу.

Для линий связи следует применять специальный кабель типа «витая пара». При объединении контроллеров по RS-485-2 и длине линии более 50 м рекомендуется применять экранированную витую пару. Схема соединений устройств на линии RS-485 должна быть последовательной (нелучевой относительно ПК), а экран (при наличии) должен заземляться только в одной точке.

При подключении контроллера к физической линии RS-485 длиной более 10 м следует установить согласующие нагрузки 120 Ом в устройствах, находящихся на концах связного кабеля. Согласующая нагрузка на интерфейсе RS-485-2 в контроллере может быть установлена при помощи перемычки между клеммами А и Т этого интерфейса. Пример соединений контроллеров и ПК по RS-485-2 при длине линии более 50 м показан на рис.7.

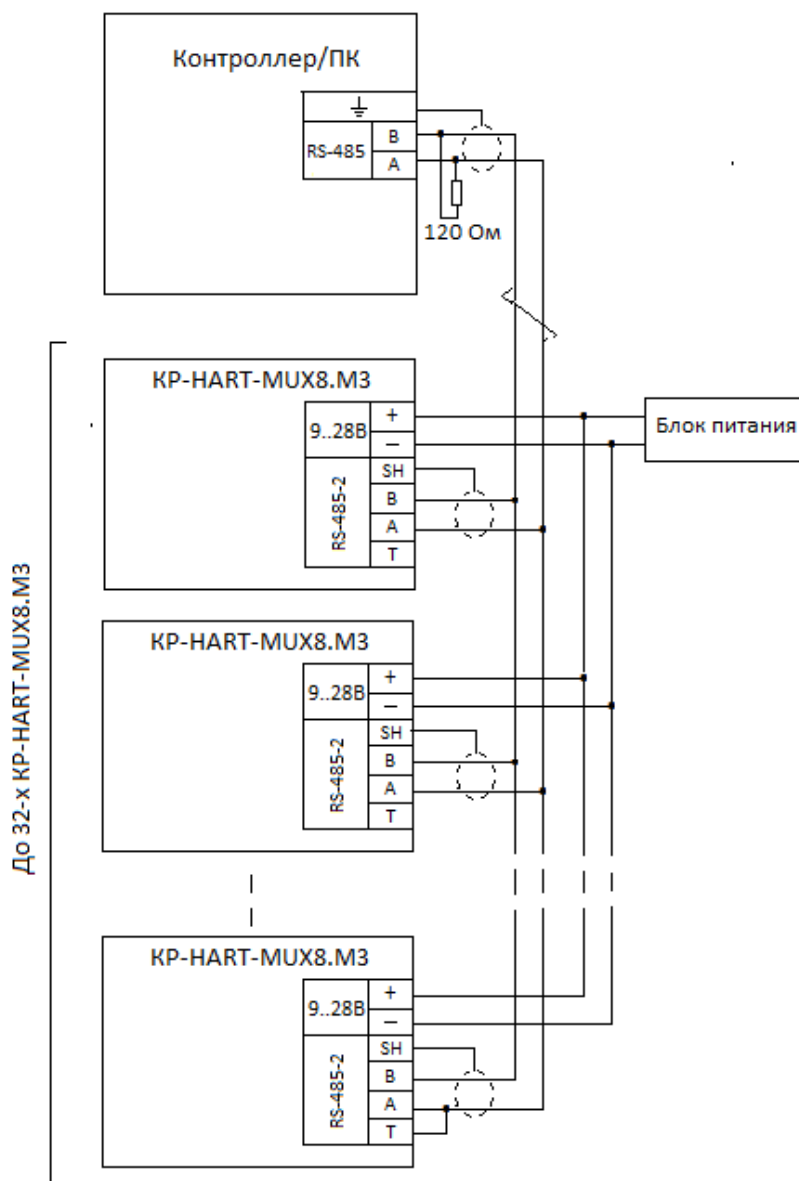


Рис.7 Пример соединений контроллеров и ПК по RS-485-2 при длине линии более 50 м

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

5.2 Монтаж.

Контроллер монтируется на DIN рейку TH35-7.5 шириной 35мм, фиксация с помощью специальной защелки снизу корпуса. Установка показана на рисунке Приложения 3. Демонтаж производится в обратной последовательности, предварительно оттянув защелку отверткой с плоским шлицом.

При установке нескольких контроллеров на одну DIN рейку можно использовать общую шину для обеспечения питания контроллеров и связи по RS-485-1. Для этого на DIN рейке монтируются шинные соединители (Приложение 3) и на них устанавливаются контроллеры, как показано на рисунке Приложения 4. Шины питания и RS-485-1 подключаются к шинным соединителям через клеммники с любой стороны. Через эти же клеммники можно подключить шину на других DIN рейках. Допускается соединять до 32-х контроллеров на одной шине. Мощность блока питания выбирается исходя из количества подключенных контроллеров.

5.3 Работа с программой конфигурирования.

Для конфигурирования контроллера подключите контроллер к ПК через порт USB при помощи кабеля USB2.0 Type C.

Установите на ПК программу конфигурирования «Настройка КР (USB)». 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 7, 8, 8.1, 10;
- USB-порт.

После запуска программы появляется экран основного меню программы (рис.8).

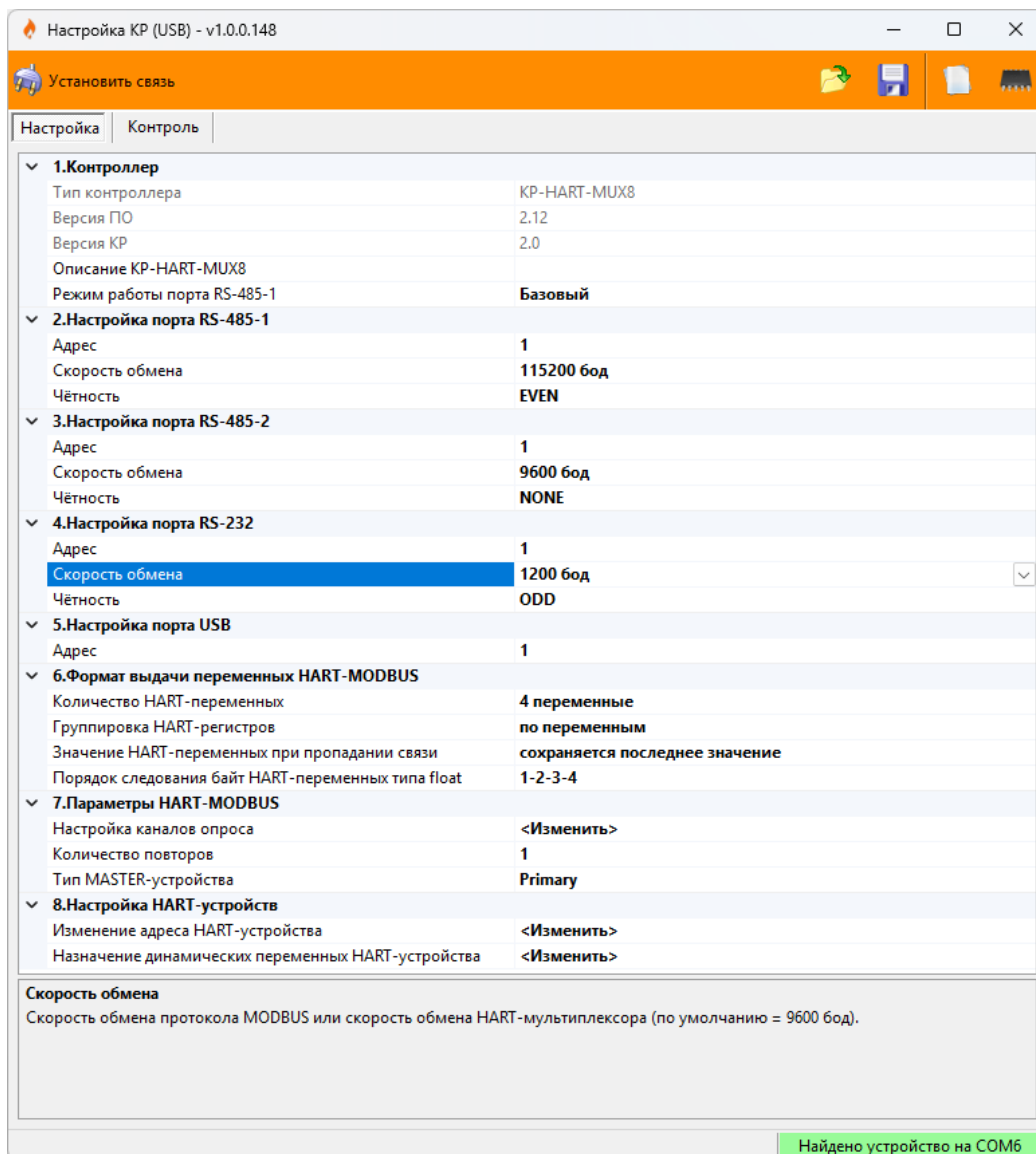


Рис.8 Экран основного меню программы

Для того, чтобы начать настройку параметров конфигурации KP-HART-MUX8, необходимо нажать кнопку «Установить связь». Для редактирования доступны следующие группы параметров:

1. «Описание KP-HART-MUX8» в разделе «Контроллер»
2. «Настройка порта RS-485».
3. «Настройка порта RS-232».
4. «Настройка порта USB».
5. «Формат выдачи переменных».
6. «Параметры HART-MODBUS».
7. «Настройка HART-устройств».

Для работы в режиме HART-мультиплексора достаточно настроить только параметры того интерфейса, через который будет осуществляться работа с HART-устройством, т. е. нет необходимости в настройке каналов опроса и т.д. (Например, для работы через программное обеспечение RACTware нужно задать такие же адрес и скорость, как задано в программе, и установить контроль чётности типа ODD).

Детальное описание каждого из параметров разделов будет появляться в нижней части экрана программы после выбора параметра.

Отдельно стоит обратить внимание на параметр «Настройка каналов опроса». После нажатия на кнопку (рис.9) пользователь получит возможность включать каналы в опрос или исключать их из опроса (рис. 10).

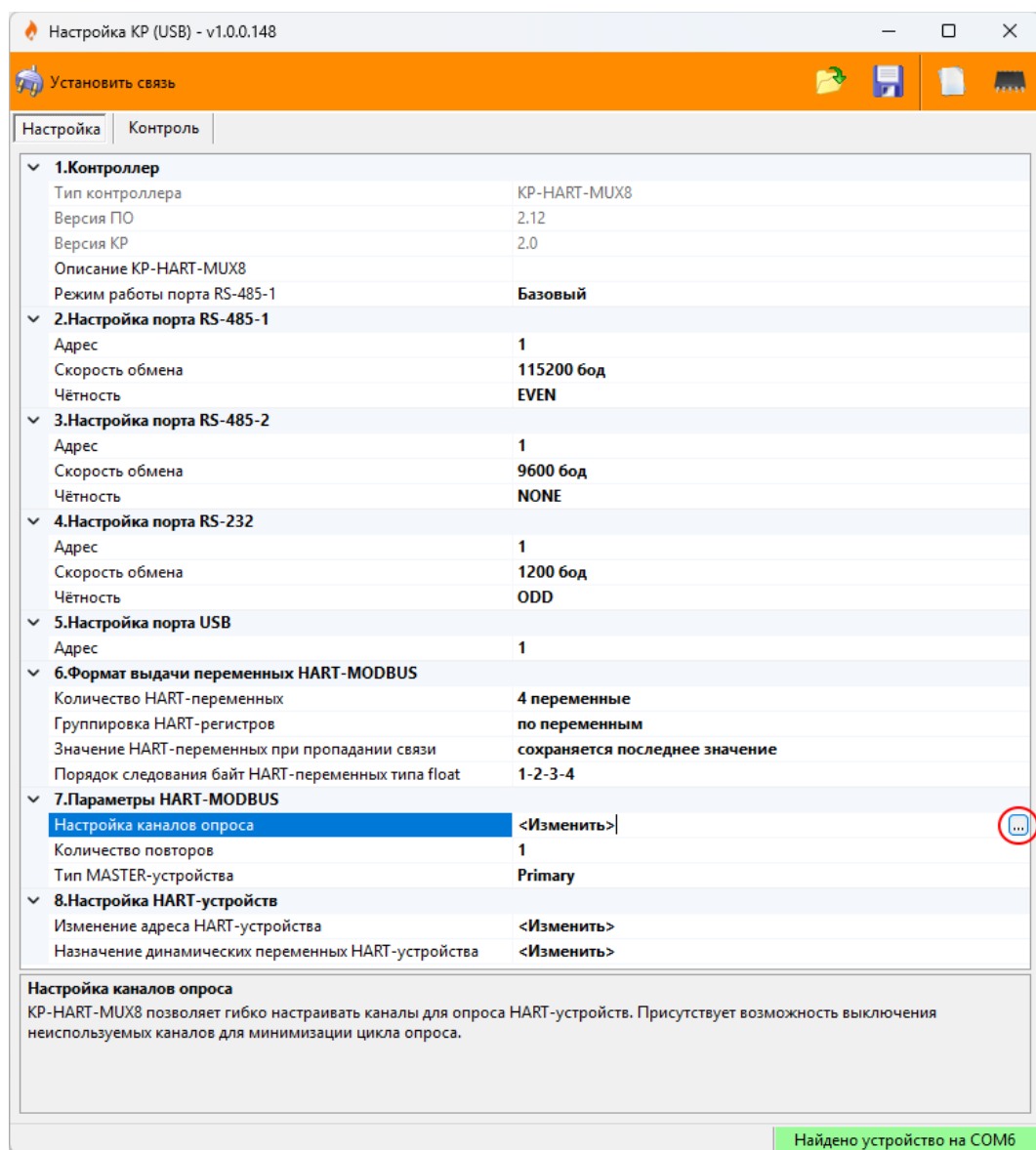


Рис.9 Переход в режим настройки каналов

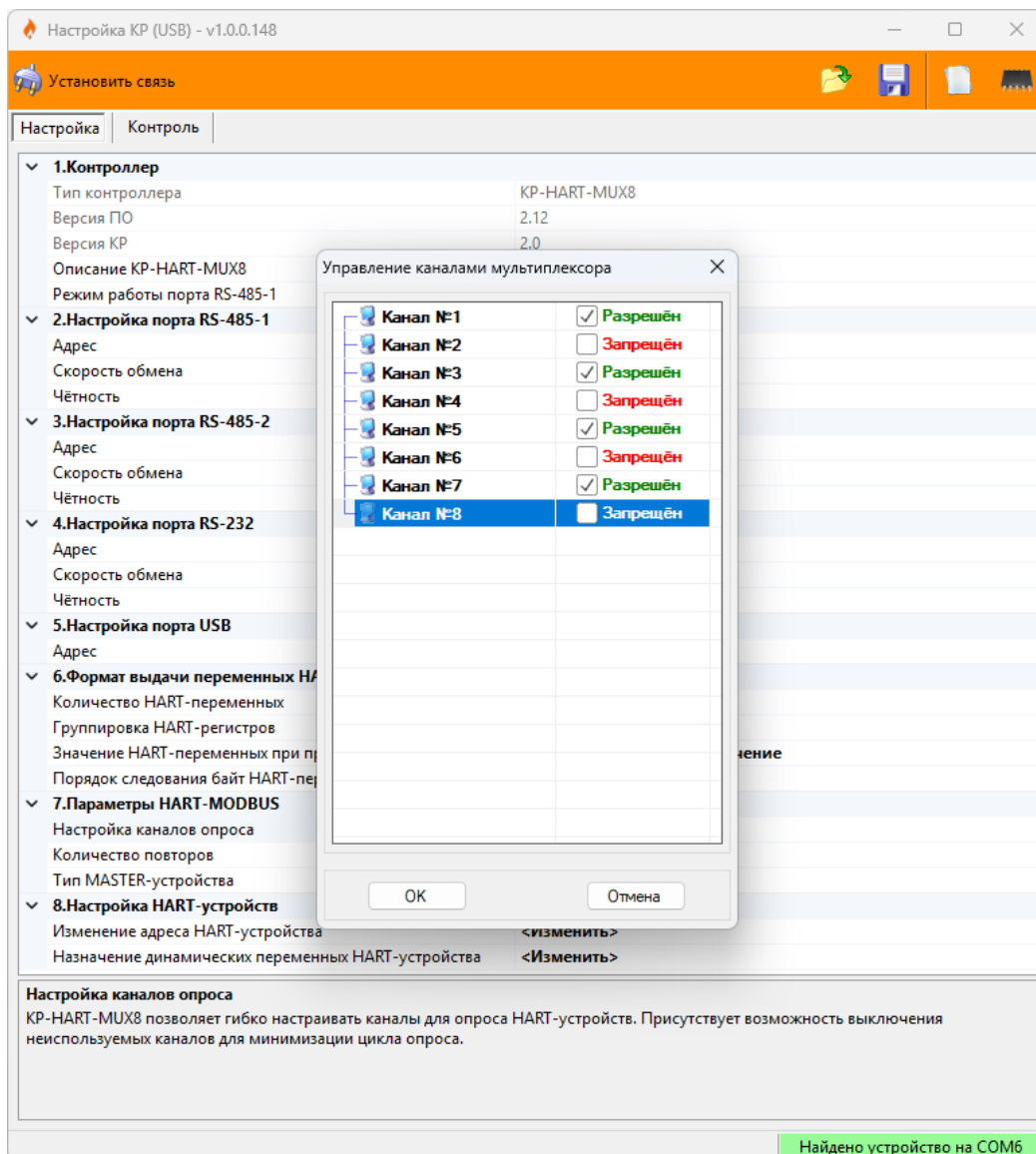


Рис.10 Режим настройки каналов

Если KP-HART-MUX8 сконфигурирован для вычитывания 8-ми переменных, то необходимо назначить коды переменных для считывания. Для этого необходимо перейти в режим настройки каналов и в появившемся окне назначить требуемые переменные (см. рис. 11). 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);

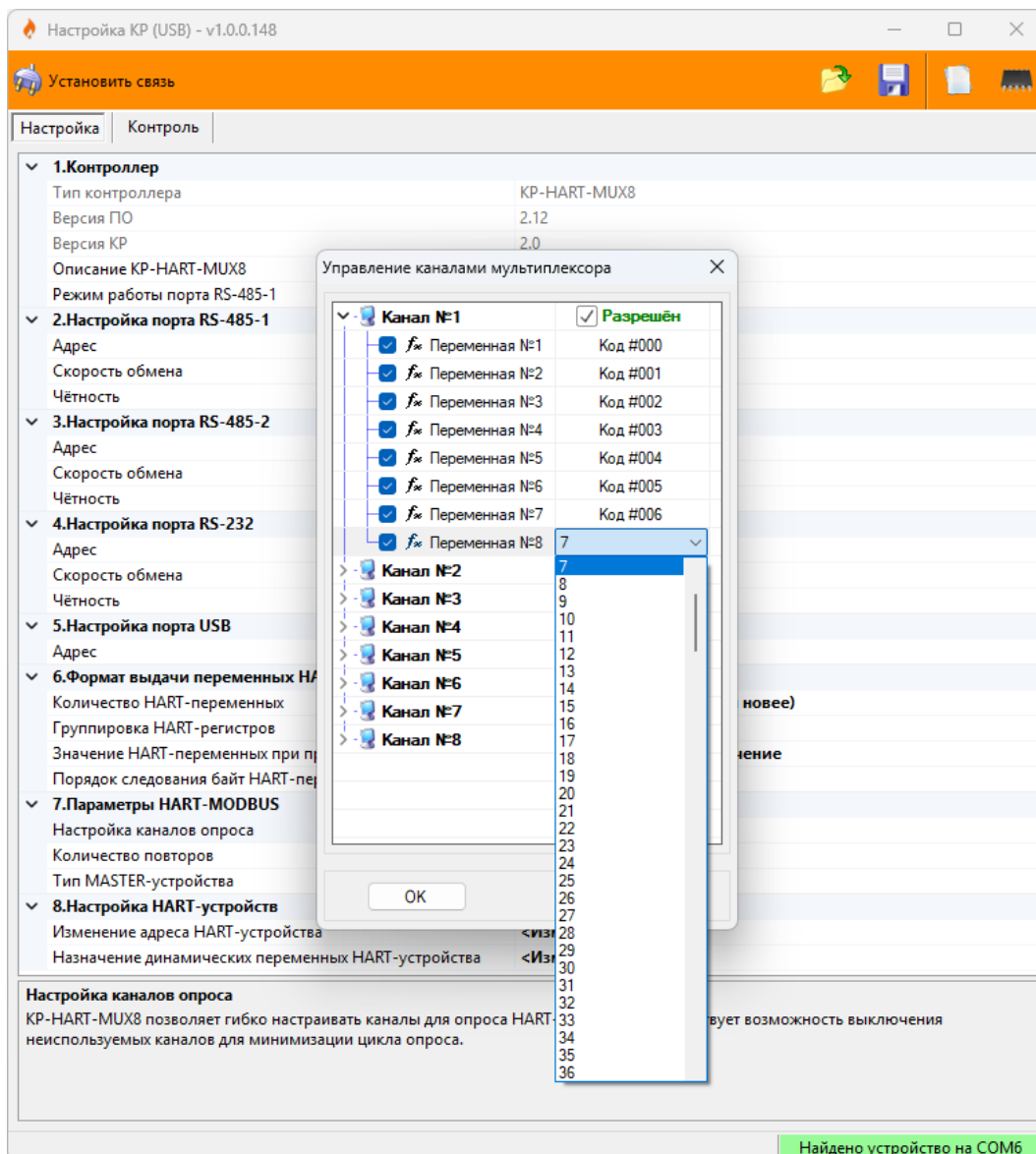


Рис.11 Назначение кодов переменных (для опроса более 4-х переменных)

Также программа настройки позволяет производить смену адреса и назначение динамических переменных HART-устройств.

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

(версия КР 2.0, версия ПО 2.12)

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

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

ADDR – адрес КР (Диапазон адресов для КР – 00h...F7h)

FUNC – запрашиваемая функция

DATA – передаваемые данные (зависят от функции, могут отсутствовать).

CRCL, CRCH – контрольная сумма.

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 по заданному адресу устройства (при работе через порт USB также доступна по адресу 0).

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 по заданному адресу устройства (при работе через порт USB также доступна по адресу 0).

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	04h	Функция	04h
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-MUX8).

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-33Fh может осуществляться как через интерфейс USB в режиме конфигурирования (по адресу заданному в регистре 10Bh), так и через интерфейсы RS-485 и RS-232 по адресам KP, заданным в регистрах 101h и 10Ah соответственно.

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).

<u>Формат запроса:</u>	<u>Пример</u>	<u>Формат ответа:</u>	<u>Пример</u>
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).

<u>Формат запроса:</u>	<u>Пример</u>	<u>Формат ответа:</u>	<u>Пример</u>
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 через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо по адресу 0.
100h	Регистр параметров последовательного порта КР (RS-485-1). (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 через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо по адресу 0.
101h	Адрес КР (RS-485-1) (мл. байт) (по умолчанию 01h). Адрес может иметь значение 1-247.	защита записи, запись возможна только через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо по адресу 0.
102h	Порядок группировки HART регистров (по умолчанию 0000h): ст. байт: 00h- КР читает 1 переменную из HART-устройств с каналов 1 - 8 01h- КР читает 2 переменных из HART-устройств с каналов 1 - 8 02h- КР читает 4 переменных из HART-устройств с каналов 1 - 8 03h- КР читает 8 переменных из HART-устройств с каналов 1 - 8 (rev 6,7) мл.байт: 00h-группировка по переменным (идут по-порядку: первая переменная от всех каналов, затем вторая переменная от всех каналов и т.д.) , 01h- группировка по каналам (идут по-порядку: все переменные от HART-устройства с канала №1, затем все переменные от HART-устройства с канала №2 и т.д.)	защита записи, запись возможна только через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо 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 через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо 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 через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо по адресу 0.
105h	Маска опрашиваемых каналов. (по умолчанию 0000h). Может принимать значения от 0000h до 00FFh.	защита записи, запись возможна только через USB

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
	0000h – все каналы отключены 0001h – разрешен канал №1 00FFh – все каналы разрешены	по адресу, заданному в 10Bh, либо 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 через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо 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 через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо по адресу 0.
108h	резерв	защита записи, запись возможна только через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо по адресу 0.
109h	Регистр параметров последовательного порта КР (RS-232). (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 через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо по адресу 0.
10Ah	Адрес КР (RS-232) (мл. байт) (по умолчанию 01h). Адрес может иметь значение 1-247.	защита записи, запись возможна только через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо по адресу 0.
10Bh	Адрес КР (USB) (мл. байт) (по умолчанию 01h). Адрес может иметь значение 1-247.	защита записи, запись возможна только через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо по адресу 0.
10Ch-10Dh	резерв	
10Eh	Регистр параметров последовательного порта КР (RS-485-2). (по умолчанию 0003h): ст. байт: 00h-четность отключена 01h-четность EVEN	защита записи, запись возможна только через USB по адресу, заданному в 10Bh,

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
	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	либо по адресу 0.
10Fh	Адрес КР (RS-485-2) (мл. байт) (по умолчанию 01h). Адрес может иметь значение 1-247.	защита записи, запись возможна только через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо по адресу 0.
110h-118h	резерв	защита записи, запись возможна только через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо по адресу 0.
119h-120h	Строка описания КР-HART-MUX8 16 символов (119h ст.- 1 символ, 119h мл.- 2 символ и т.д.)	защита записи, запись возможна только через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо 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-144h	Коды опрашиваемых переменных для конфигураций 0300h и 0301h (используются для команды 9 HART-протокола) (125h ст. – 1-ая переменная HART-устройства канала 1, 125h мл. – 2-ая переменная HART-устройства канала 1, ... 134h ст. – 7-ая переменная HART-устройства канала 4, 134h мл. – 8-ая переменная HART-устройства канала 4, ... 144h ст. – 7-ая переменная HART-устройства канала 8, 144h мл. – 8-ая переменная HART-устройства канала 8.)	защита записи, запись возможна только через USB по адресу, заданному в 10Bh, либо по адресу 0.
145h-164h	резерв	
300h-33Fh	Буфер шлюза HART-команд	

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

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
1 конфигурация: значение регистра конфигурации 102h =(0000h). С каналов 1 - 8 считывается 1 переменная		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0000h).	
01h	статус контроллера KP-HART-MUX8	таблица 4
02h-09h	статус HART-устройств каналов 1-8	
0Ah-11h	резерв	
12h-15h	коды единиц измерений переменных HART-устройств каналов 1-8 12h/ст.-код единицы измерения переменной HART-устройства канала 1, 12h/мл.-код единицы измерения переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
15h-19h	резерв	
1Ah-29h	значения переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 1Ah,1Bh-значение переменной HART-устройства канала 1, 1Ch,1Dh-значение переменной HART- устройства канала 2, и т.д.	
2Ah-39h	резерв	
2 конфигурация: значение регистра конфигурации 102h =(0100h). С каналов 1 - 8 считывается 2 переменных		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0100h)	
01h	статус контроллера KP-HART-MUX8	таблица 4
02h-09h	статус HART-устройств каналов 1-8	
0Ah-11h	резерв	
12h-19h	коды единиц измерений переменных HART-устройств каналов 1-8 12h/ст.-код единицы измерения 1 переменной HART-устройства канала 1, 12h/мл.-код единицы измерения 2 переменной HART-устройства канала 1, 13h/ст.-код единицы измерения 1 переменной HART-устройства канала 2, 13h/мл.-код единицы измерения 2 переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
1Ah-21h	резерв	
22h-31h	значения первых переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 22h,23h-значение 1 переменной HART-устройства канала 1, 24h,25h-значение 1 переменной HART- устройства канала 2, и т.д.	
32h-41h	резерв	
42h-51h	значения вторых переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 42h,43h-значение 2 переменной HART-устройства канала 1, 44h,45h-значение 2 переменной HART- устройства канала 2, и т.д.	
52h-61h	резерв	
3 конфигурация: значение регистра конфигурации 102h =(0200h). С каналов 1 - 8 считывается 4 переменных		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0200h)	
01h	статус контроллера KP-HART-MUX8	таблица 4
02h-09h	статус HART-устройств каналов 1-8	
0Ah-11h	резерв	
12h-21h	коды единиц измерений переменных HART-устройств каналов 1-8 12h/ст.-код единицы измерения 1 переменной HART-устройства канала 1, 12h/мл.-код единицы измерения 2 переменной HART-устройства канала 1, 13h/ст.-код единицы измерения 3 переменной HART-устройства канала 1, 13h/мл.-код единицы измерения 4 переменной HART-устройства канала 1, и т.д.	

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
	14h/ст.-код единицы измерения 1 переменной HART-устройства канала 2, 14h/мл.-код единицы измерения 2 переменной HART-устройства канала 2, 15h/ст.-код единицы измерения 3 переменной HART-устройства канала 2, 15h/мл.-код единицы измерения 4 переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
22h-31h	резерв	
32h-41h	значения первых переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 32h,33h-значение 1 переменной HART-устройства канала 1, 34h,35h-значение 1 переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
42h-51h	резерв	
52h-61h	значения вторых переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 52h,53h-значение 2 переменной HART-устройства канала 1, 54h,55h-значение 2 переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
62h-71h	резерв	
72h-81h	значения третьих переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 72h,73h-значение 3 переменной HART-устройства канала 1, 74h,75h-значение 3 переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
82h-91h	резерв	
92h-A1h	значения четвертых переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 92h,93h-значение 4 переменной HART-устройства канала 1, 94h,95h-значение 4 переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
A2h-B1h	резерв	
4 конфигурация: значение регистра конфигурации 102h =(0300h). С каналов 1 - 8 считывается 8 переменных		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0300h).	
01h	статус контроллера КР-HART-MUX8	таблица 4
02h-09h	статус HART-устройств каналов 1-8	
0Ah-11h	резерв	
12h-31h	коды единиц измерений переменных HART-устройств каналов 1-8 12h/ст.-код единицы измерения 1 переменной HART-устройства канала 1, 12h/мл.-код единицы измерения 2 переменной HART-устройства канала 1, 13h/ст.-код единицы измерения 3 переменной HART-устройства канала 1, 13h/мл.-код единицы измерения 4 переменной HART-устройства канала 1, 14h/ст.-код единицы измерения 5 переменной HART-устройства канала 1, 14h/мл.-код единицы измерения 6 переменной HART-устройства канала 1, 15h/ст.-код единицы измерения 7 переменной HART-устройства канала 1, 15h/мл.-код единицы измерения 8 переменной HART-устройства канала 1, и т.д.	
32h-51h	резерв	
52h-61h	значения первых переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 52h,53h-значение 1 переменной HART-устройства канала 1, 54h,55h-значение 1 переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
62h-71h	резерв	
72h-81h	значения вторых переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 72h,73h-значение 2 переменной HART-устройства канала 1, 74h,75h-значение 2 переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
82h-91h	резерв	
92h-A1h	значения третьих переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 92h,93h-значение 3 переменной HART-устройства канала 1, 94h,95h-значение 3 переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
A2h-B1h	резерв	

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
B2h-C1h	значения четвертых переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 B2h,B3h-значение 4 переменной HART-устройства канала 1, B4h,B5h-значение 4 переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
C2h-D1h	резерв	
D2h-E1h	значения пятых переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 D2h,D3h-значение 5 переменной HART-устройства канала 1, D4h,D5h-значение 5 переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
E2h-F1h	резерв	
F2h-101h	значения шестых переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 F2h,F3h-значение 6 переменной HART-устройства канала 1, F4h,F5h-значение 6 переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
102h-111h	резерв	
112h-121h	значения седьмых переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 112h,113h-значение 7 переменной HART-устройства канала 1, 114h,115h-значение 7 переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
122h-131h	резерв	
132h-141h	значения восьмых переменных типа float HART-устройств каналов 1-8 132h,133h-значение 8 переменной HART-устройства канала 1, 134h,135h-значение 8 переменной HART-устройства канала 2, и т.д.	
142h-151h	резерв	

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

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
5 конфигурация: значение регистра конфигурации 102h =(0001h). С каналов 1 - 8 считывается 1 переменная		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0001h)	
01h	статус контроллера KP-HART-MUX8	таблица 4
02h-05h	данные канала 1: 02h-статус HART-устройства, 03h/мл.-код единицы измерения переменной HART-устройства, 04h,05h-значение 1 переменной типа float HART-устройства	
06h-09h	данные канала 2	
0Ah-0Dh	данные канала 3	
0Eh-11h	данные канала 4	
12h-15h	данные канала 5	
16h-19h	данные канала 6	
1Ah-1Dh	данные канала 7	
1Eh-21h	данные канала 8	
22h-25h	резерв	
26h-29h	резерв	
2Ah-2Dh	резерв	
2Eh-31h	резерв	
32h-35h	резерв	
36h-39h	резерв	
3Ah-3Dh	резерв	
3Eh-41h	резерв	
6 конфигурация: значение регистра конфигурации 102h =(0101h). С каналов 1 - 8 считывается 2 переменных		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0101h)	
01h	статус контроллера KP-HART-MUX8	таблица 4
02h-07h	данные канала 1: 02h-статус HART-устройства, 03h/ст.-код единицы измерения 1 переменной HART-устройства, 03h/мл.-код единицы измерения 2 переменной HART-устройства, 04h,05h-значение 1 переменной типа float HART-устройства, 06h,07h-значение 2 переменной типа float HART-устройства	
08h-0Dh	данные канала 2	
0Eh-13h	данные канала 3	
14h-19h	данные канала 4	
1Ah-1Fh	данные канала 5	
20h-25h	данные канала 6	
26h-2Bh	данные канала 7	
2Ch-31h	данные канала 8	
32h-37h	резерв	
38h-3Dh	резерв	
3Eh-43h	резерв	
44h-49h	резерв	
4Ah-4Fh	резерв	
50h-55h	резерв	
56h-5Bh	резерв	
5Ch-61h	резерв	
7 конфигурация: значение регистра конфигурации 102h =(0201h).		

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
С каналов 1- 8 считывается 4 переменных		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0201h)	
01h	статус контроллера КР-HART	таблица 4
02h-0Ch	данные канала 1: 02h-статус HART-устройства, 03h/ст.-код единицы измерения 1 переменной HART-устройства, 03h/мл.-код единицы измерения 2 переменной HART-устройства, 04h/ст.-код единицы измерения 3 переменной HART-устройства, 04h/мл.-код единицы измерения 4 переменной HART-устройства, 05h,06h-значение 1 переменной типа float HART-устройства, 07h,08h-значение 2 переменной типа float HART-устройства 09h,0Ah-значение 3 переменной типа float HART-устройства, 0Bh,0Ch-значение 4 переменной типа float HART-устройства	
0Dh-17h	данные канала 2	
18h-22h	данные канала 3	
23h-2Dh	данные канала 4	
2Eh-38h	данные канала 5	
39h-43h	данные канала 6	
44h-4Eh	данные канала 7	
4Fh-59h	данные канала 8	
5Ah-64h	резерв	
65h-6Fh	резерв	
70h-7Ah	резерв	
7Bh-85h	резерв	
86h-90h	резерв	
91h-9Bh	резерв	
9Ch-A6h	резерв	
A7h-B1h	резерв	
8 конфигурация: значение регистра конфигурации 102h=(0301h). С каналов 1- 8 считывается 8 переменных		
00h	дублирует значение регистра 102h=(0301h)	
01h	статус контроллера КР-HART-MUX8	таблица 4
02h-16h	данные канала 1: 02h-статус HART-устройства, 03h/ст.-код единицы измерения 1 переменной HART-устройства, 03h/мл.-код единицы измерения 2 переменной HART-устройства, 04h/ст.-код единицы измерения 3 переменной HART-устройства, 04h/мл.-код единицы измерения 4 переменной HART-устройства, 05h/ст.-код единицы измерения 5 переменной HART-устройства, 05h/мл.-код единицы измерения 6 переменной HART-устройства, 06h/ст.-код единицы измерения 7 переменной HART-устройства, 06h/мл.-код единицы измерения 8 переменной HART-устройства, 07h,08h-значение 1 переменной типа float HART-устройства, 09h,0Ah-значение 2 переменной типа float HART-устройства 0Bh,0Ch-значение 3 переменной типа float HART-устройства, 0Dh,0Eh-значение 4 переменной типа float HART-устройства 0Fh,10h-значение 5 переменной типа float HART-устройства, 11h,12h-значение 6 переменной типа float HART-устройства 13h,14h-значение 7 переменной типа float HART-устройства, 15h,16h-значение 8 переменной типа float HART-устройства	
17h-2Bh	данные канала 2	
2Ch-40h	данные канала 3	
41h-55h	данные канала 4	
56h-6Ah	данные канала 5	

Адрес регистра	Описание регистра	Примечание
6Bh-7Fh	данные канала 6	
80h-94h	данные канала 7	
95h-A9h	данные канала 8	
AAh-BEh	резерв	
BFh-D3h	резерв	
D4h-E8h	резерв	
E9h-FDh	резерв	
FEh-112h	резерв	
113h-127h	резерв	
128h-13Ch	резерв	
13Dh-151h	резерв	

Таблица 4. Статус контроллера KP-HART

Номер бита	Тип	Описание
0	ошибка	ошибка данных конфигурации (устанавливается при недопустимых значениях регистров 100h-164h)
1	статус	конфигурация установлена «по-умолчанию» (устанавливается при записи в регистр 200h значения 07D0h, сбрасывается при модификации регистров 100h-164h)
2	статус	был программный рестарт контроллера (сбрасывается автоматически после чтения регистра статуса контроллера)
3	-	
4	-	
5	-	
6	-	
7	-	
8	ошибка	нет связи с HART-устройствами (устанавливается, если хотя бы с одним описанным HART-устройством нет связи)
9	-	
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 (для режима HART-MODBUS).

В контроллере KP-HART-MUX8 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-й modbus-командой записывается HART-команда согласно таблице 5 (можно использовать и 6-ю 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-й modbus-командой 300h регистр. Как только 7-й бит ст. байта этого регистра встал в единицу - ответ пришел. При этом, если 6-й бит равен единице, то это означает, что за заданное количество повторов (задается в регистре 107h) ответ от HART-устройства не получен. Если же 6-й 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 доступно в регистре 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, так как по его состоянию пользователь сможет точно определить готовность ответа.

Таблица 5 Регистры 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	биты 7-4: номер канала биты 3-0: адрес устройства Нумерация каналов мультиплексора с 0, т.е. 0 – 1-й канал, 7 - 8-ой канал. Адрес датчика может быть от 0 до 15, т.е. 0 - адрес 0, 15 - адрес 15	биты 7-4: номер канала биты 3-0: адрес устройства Нумерация каналов мультиплексора с 0, т.е. 0 – 1-й канал, 7 - 8-ой канал. Адрес датчика может быть от 0 до 15, т.е. 0 - адрес 0, 15 - адрес 15
301h	ст. байт	команда	команда
	мл. байт	число байт данных	число байт данных
302h	ст. байт	данные (если есть)	статус 1
	мл. байт	данные (если есть)	статус 2
303h	ст. байт	данные (если есть)	данные (если есть)

	мл. байт	данные (если есть)	данные (если есть)
304h-33Fh		данные (если есть)	данные (если есть)

Пример обмена (отправка hart-команды – 01h (чтение первичной переменной), номер канала/короткий адрес – 04h (первый канал, короткий адрес №4)):

- Пишем в KP-HART-MUX8 (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-MUX8

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.

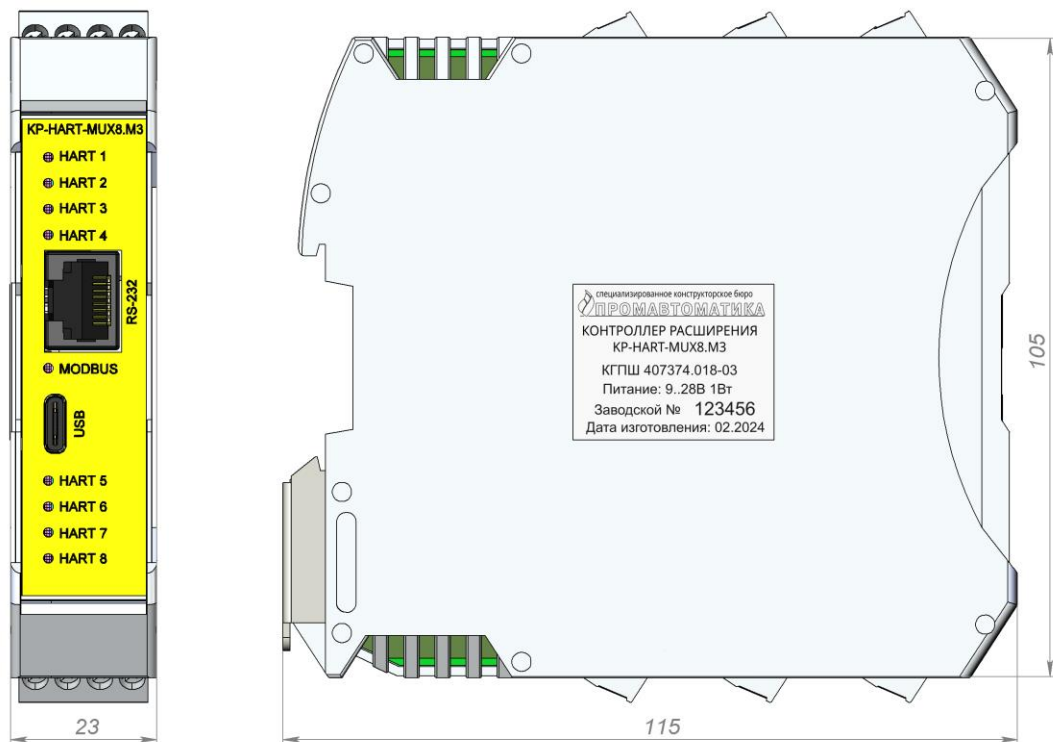
Запрос: 01h 03h 30h 01h 00h 05h D4h 4Dh

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

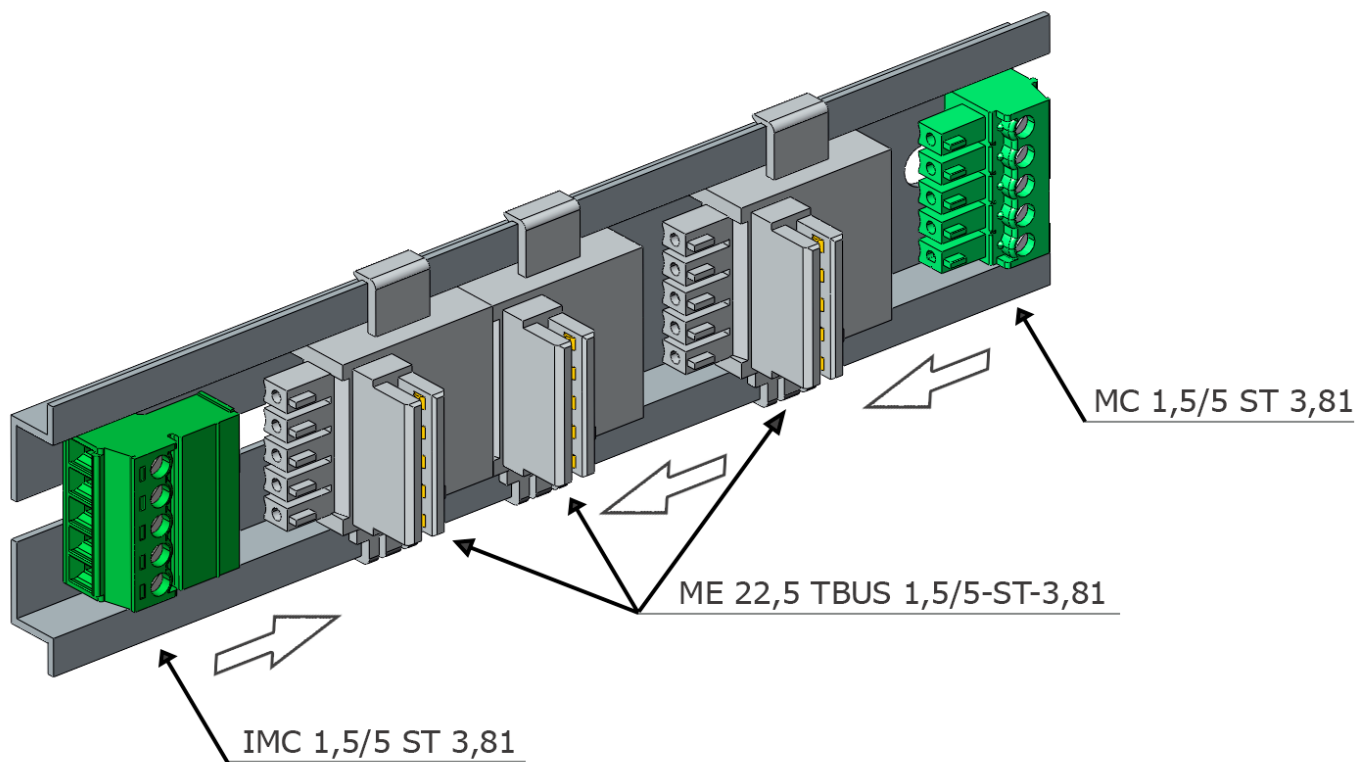
Таким образом, мы получили ответ от HART-устройства с коротким адресом 04h на запрос команды 01h.

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-MUX8.М3



Приложение 3. Монтаж шинных соединителей на DIN рельс



Приложение 4. Установка контроллеров на шинные соединители

