

Протокол обмена данными между датчиками с интерфейсом RS-232 и прибором БЭП-2 и датчиками с интерфейсами RS-232 и USB и персональным компьютером (ПО imp21) **(21 точка калибровки, с указанием диапазонов обнуления и сдвига)**

Настоящий протокол распространяется на обмен данными между датчиками (конверторами сигнала индуктивного преобразователя в цифровой код) с интерфейсами RS232 и USB и следующими устройствами:

- прибором БЭП-2,
- персональным компьютером под управлением ОС Windows7 и выше с предустановленным ПО **imp calibrator v2.2.12** или **imp21 v21.8.1** и выше.

Примечание. Для обеспечения питания датчика с интерфейсом RS-232 при его подключении непосредственно к COM порту компьютера или к USB – порту через преобразователь RS-232 - USB необходимо обеспечить высокий уровень сигнала на линии DTR COM порта. При нестабильной работе датчика рекомендуется использовать отдельный источник +5В для питания датчика.

Интерфейс с компьютером организован через виртуальный COM порт. Параметры обмена: 38400 бод, 8 бит, без паритета, 1 стоп-бит, кодировка ASCII.

1. Подключенный к компьютеру или прибору датчик ожидает от ПК подачи одной из управления **WAIT**, **INIT**, **SAVE**, **EM08** и после их приема может работать в нескольких режимах:

- исходное состояние ожидания команд от ПК (**WAIT**);
- передача «готовых» результатов измерения (**EM08**);
- инициализация с передачей настроек датчика и калибровочной таблицы с последующей передачей «сырых» результатов измерения (**INIT**);
- изменение настроек датчика и калибровочной таблицы (**SAVE**).

2. При подключении к ПК датчик переходит в состояние ожидания **WAIT**, при котором:

- датчик работает, в его индуктивной системе возбуждаются колебания;
- светодиодный индикатор датчика указывает на его работу, и может быть использован для первоначальной установки датчика в область физического нуля. Зеленое свечение индикатора свидетельствует о выдвинутом штоке (результат измерения отрицательный), красное свечение – шток задвинут (результат положительный);
- результаты измерений не передаются в ПК или прибор;
- датчик ожидает от ПК подачи одной из команд управления **WAIT**, **INIT**, **SAVE**, **EM08**.

Датчик может быть переведен в состояние ожидания **WAIT** из любого другого подачей 4-х байтной команды **WAIT** (\$57, \$41, \$49, \$54 в кодах ASCII). Рекомендуется подавать команду **WAIT** каждый раз при закрытии окна программы или завершении работы.

3. Для перевода датчика в режим передачи «готовых» результатов измерения в упрощенном формате ПК или прибор должны подать датчику команду **EM08**.

Команда состоит из 4-х байт: **EM08** (\$45, \$4D, \$30, \$38 в кодах ASCII).

В этом режиме после каждого цикла измерения датчик производит расчет результата измерений по приведенной выше формуле с учетом хранящейся в его памяти калибровочной таблицы, и передает его в ПК или прибор в виде кадра из 16-ти байт.

| № байта | Передаваемая информация (ст. разрядами вперед) | Примечание |
|---------|--|--|
| 0...3 | \$45, \$4D, \$30, \$38 | Заголовок кадра «EM08» |
| 4 | «-» - отрицательный; «+» - положительный; «=» - равен 0; | Статус результата измерений |
| 5 | тысячи мкм | Результат измерений, при выходе за верхнюю границу диапазона измерений передается символ «^», при выходе за нижнюю границу - символ «_» |
| 6 | сотни мкм | |
| 7 | десятки мкм | |
| 8 | единицы мкм | |
| 9 | десятые доли мкм | |
| 10 | сотые доли мкм | |
| 11 | «N» разделитель/номер конвертора | Серийный номер конвертора |
| 12 | тысячи | |
| 13 | сотни | |
| 14 | десятки | |
| 15 | единицы | |

4. Для считывание настроек датчика и калибровочной таблицы с последующей передачей «сырых» результатов измерения ПК или прибор должны подать датчику команду инициализации **INIT**.

Команда состоит из 4-х байт: **INIT** (\$49, \$4E, \$49, \$54 в кодах ASCII).

4.1. Датчик по команде **INIT** передает ПК или прибору хранящиеся в его энергонезависимой памяти настройки и калибровочную таблицу в виде кадра из 216 байт +2 байта CRC:

| № байта | Передаваемая информация (ст. разрядами вперед) | Примечание |
|---------|--|---|
| 0...3 | \$DD, \$CC, \$BB, \$AA | заголовок кадра |
| 4,5 | серийный номер датчика (конвертора) | |
| 6...8 | \$01, \$00, \$00 - частотное преобразование, \$02, \$00, \$00 - синхронное детектирование, \$03, \$00, \$00 - частотное преобразование с ADG419 \$03, \$01, \$00 - частотное преобразование с ADG419 и RS232 \$03, \$01, 44 - частотное преобразование с ADG419 и RS232 и форматом 4+4 \$04, \$00, \$00 - манометрическое преобразование | версия конвертора, определяет его тип |
| 9...11 | \$08, \$00, \$03 | версия программы IMP |
| 12...15 | дата выпуска конвертора: число, месяц, год -2000 | пример: \$0A,\$09,\$14,\$0E – 10 сентября 2014г. |
| 16,17 | Адрес MODBUS датчика | допустимый диапазон 1...255, по умолчанию 3 последние цифры номера конвертора |
| 18,19 | диапазон измерения, мкм | |
| 20,21 | диапазон обнуления, мкм | |

| | | |
|-----------|--|---|
| 22,23 | диапазон предустановки, мкм | |
| 24... 27 | наименование единицы измерения в ASCII кодах | пример: \$6D, \$6B, \$6D, \$00 – 'm', 'k', 'm', \$20. |
| | | |
| 28...31 | значение калибровочной точки «+10» | |
| 32...35 | показания датчика N1-N2 в точке «+10» | |
| | | |
| 36...39 | значение калибровочной точки «+9» | |
| 40...43 | показания датчика N1-N2 в точке «+9» | |
| | | |
| 44...47 | значение калибровочной точки «+8» | |
| 48...51 | показания датчика N1-N2 в точке «+8» | |
| | | |
| 52...55 | значение калибровочной точки «+7» | |
| 56...59 | показания датчика N1-N2 в точке «7» | |
| | | |
| 60...63 | значение калибровочной точки «+6» | |
| 64...67 | показания датчика N1-N2 в точке «+6» | |
| | | |
| 68...71 | значение калибровочной точки «+5» | |
| 72...75 | показания датчика N1-N2 в точке «+5» | |
| | | |
| 76...79 | значение калибровочной точки «+4» | |
| 80...83 | показания датчика N1-N2 в точке «+4» | |
| | | |
| 84...87 | значение калибровочной точки «+3» | |
| 88...91 | показания датчика N1-N2 в точке «+3» | |
| | | |
| 92...95 | значение калибровочной точки «+2» | |
| 96...99 | показания датчика N1-N2 в точке «+2» | |
| | | |
| 100...103 | значение калибровочной точки «+1» | |
| 104...107 | показания датчика N1-N2 в точке «+1» | |
| | | |
| 108...111 | значение калибровочной точки «0» | |
| 112...115 | показания датчика N1-N2 в точке «0» | |
| | | |
| 116...119 | значение калибровочной точки «-1» | |
| 120...123 | показания датчика N1-N2 в точке «-1» | |
| | | |
| 124...127 | значение калибровочной точки «-2» | |
| 128...131 | показания датчика N1-N2 в точке «-2» | |
| | | |
| 132...135 | значение калибровочной точки «-3» | |
| 136...139 | показания датчика N1-N2 в точке «-3» | |
| | | |
| 140...143 | значение калибровочной точки «-4» | |
| 144...147 | показания датчика N1-N2 в точке «-4» | |
| | | |

| | | |
|-----------|---|--|
| 148...151 | значение калибровочной точки «-5» | |
| 152...155 | показания датчика N1-N2 в точке «-5» | |
| | | |
| 156...159 | значение калибровочной точки «-6» | |
| 160...163 | показания датчика N1-N2 в точке «-6» | |
| | | |
| 164...167 | значение калибровочной точки «-7» | |
| 168...171 | показания датчика N1-N2 в точке «-7» | |
| | | |
| 172...175 | значение калибровочной точки «-8» | |
| 176...179 | показания датчика N1-N2 в точке «-8» | |
| | | |
| 180...183 | значение калибровочной точки «-9» | |
| 184...187 | показания датчика N1-N2 в точке «-9» | |
| | | |
| 188...191 | значение калибровочной точки «-10» | |
| 192...195 | показания датчика N1-N2 в точке «-10» | |
| | | |
| 196...211 | имя датчика 16 байт | |
| 212...215 | битовое поле точек калибровки (младший бит – точка калибровки +10 и т.д.) | 0 – калибровка не проводилась, 1 – калибровка проводилась |
| | | |
| 216, 217 | CRC 0xA001 | |

Примечания. 1. Байты 0...15 запрограммированы предприятием-изготовителем и не могут быть изменены.

2. N1 и N2 – количество тактов кварцевого генератора за время, в течение которого происходит заданное количество колебаний, соответственно в катушках 1 и 2 индуктивной системы датчика.

4.2. Далее датчик после каждого цикла измерения продолжительностью около 100 мс (10 измерений в сек.) передает в ПК или прибор результат в виде кадра из 12-ти байт:

| № байта | Передаваемая информация (ст. разрядами вперед) | Примечание |
|---------|--|-----------------|
| 0...3 | \$BF,\$B5,\$D5,\$BD | заголовок кадра |
| 4...7 | значение N1 | |
| 8...11 | значение N2 | |

4.3. Принятые прибором или ПК значения N1 и N2 могут использоваться для вычисления результата измерения по формуле:

$$\text{Результат} = (N1 - N2) * K, \text{ мкм}$$

где: K - коэффициент преобразования.

Коэффициент преобразования для идеального датчика с линейной характеристикой преобразования является константой. Для реальных датчиков, имеющих нелинейную характеристику преобразования, его величина может быть отличаться в различных участках диапазона измерений. Поэтому весь диапазон измерений разбит на 20 участков, для каждого из которых при калибровке датчика устанавливается свой коэффициент преобразования, который в процессе калибровки записывается в калибровочную таблицу. Программное обеспечение компьютера или прибора должно установить участок диапазона, в котором оказался результат измерения, выбрать из калибровочной таблицы соответствующий коэффициент преобразования и рассчитать скорректированное значение по приведенной

формуле. Полученный результат измерения с учетом выбранной формулы преобразования (знак, дополнительный множитель, предустанов, единицы) для конкретной схемы измерения отображается на экране прибора или компьютера.

5. Для изменения настроек датчика или его калибровочной таблицы ПК или прибор должны подать датчику команду **SAVE**.

Команда **SAVE** (\$53, \$41, \$56, \$45) в кодах ASCII состоит из 206-х байт.

Примечание. Перед подачей команды **SAVE** рекомендуется датчик перевести в состояние ожидания, подав предварительно команду **WAIT**.

| № байта | Передаваемая информация (bin, знаковое, ст. разрядами вперед) | Примечание |
|---------|--|---|
| 0...3 | \$53,\$41,\$56,\$45 | заголовок кадра «SAVE» |
| 4,5 | адрес MODBUS | допустимый диапазон 1...255, по умолчанию 3 последние цифры номера конвертора |
| 6,7 | диапазон измерения, мкм | |
| 8,9 | диапазон обнуления, мкм | |
| 10,11 | диапазон предустановки, мкм | |
| 12...15 | наименование единицы измерения в ASCII кодах | пример: \$6D, \$6B, \$6D, \$00 – 'm', 'k', 'm', \$20 |
| | | |
| 16...19 | значение калибровочной точки «+10» | |
| 20...23 | показания датчика N1-N2 в точке «+10» | |
| | | |
| 24...27 | значение калибровочной точки «+9» | |
| 28...31 | показания датчика N1-N2 в точке «+9» | |
| | | |
| 32...35 | значение калибровочной точки «+8» | |
| 36...39 | показания датчика N1-N2 в точке «+8» | |
| | | |
| 40...43 | значение калибровочной точки «+7» | |
| 44...47 | показания датчика N1-N2 в точке «7» | |
| | | |
| 48...51 | значение калибровочной точки «+6» | |
| 52...55 | показания датчика N1-N2 в точке «+6» | |
| | | |
| 56...59 | значение калибровочной точки «+5» | |
| 60...63 | показания датчика N1-N2 в точке «+5» | |
| | | |
| 64...67 | значение калибровочной точки «+4» | |
| 68...71 | показания датчика N1-N2 в точке «+4» | |
| | | |
| 72...75 | значение калибровочной точки «+3» | |
| 76...79 | показания датчика N1-N2 в точке «+3» | |
| | | |
| 80...83 | значение калибровочной точки «+2» | |
| 84...87 | показания датчика N1-N2 в точке «+2» | |
| | | |
| 88...91 | значение калибровочной точки «+1» | |
| 92...95 | показания датчика N1-N2 в точке «+1» | |

| | | |
|-----------|---|--|
| | | |
| 96...99 | значение калибровочной точки «0» | |
| 100...103 | показания датчика N1-N2 в точке «0» | |
| | | |
| 104...107 | значение калибровочной точки «-1» | |
| 108...111 | показания датчика N1-N2 в точке «-1» | |
| | | |
| 112...115 | значение калибровочной точки «-2» | |
| 116...119 | показания датчика N1-N2 в точке «-2» | |
| | | |
| 120...123 | значение калибровочной точки «-3» | |
| 124...127 | показания датчика N1-N2 в точке «-3» | |
| | | |
| | значение калибровочной точки «-4» | |
| 132...135 | показания датчика N1-N2 в точке 4» | |
| | | |
| 139...139 | значение калибровочной точки «-5» | |
| 140...143 | показания датчика N1-N2 в точке «-5» | |
| | | |
| 144...147 | значение калибровочной точки «-6» | |
| 148...151 | показания датчика N1-N2 в точке «-6» | |
| | | |
| 152...155 | значение калибровочной точки «-7» | |
| 156...159 | показания датчика N1-N2 в точке «-7» | |
| | | |
| 160...163 | значение калибровочной точки «-8» | |
| 164...167 | показания датчика N1-N2 в точке «-8» | |
| | | |
| 168...171 | значение калибровочной точки «-9» | |
| 172...175 | показания датчика N1-N2 в точке «-9» | |
| | | |
| 176...179 | значение калибровочной точки «-10» | |
| 802...183 | показания датчика N1-N2 в точке «-10» | |
| | | |
| 188...185 | имя датчика 16 байт | |
| 186...203 | битовое поле точек калибровки (младший бит – точка калибровки «+10» и т.д.) | 0 – калибровка не проводилась, 1 – калибровка проводилась |
| 204,205 | CRC 0xA001 | |

Принятую посылку из 206 байт датчик записывает в ОЗУ и после расчета нового CRC «эхом» пересылает обратно в ПК для сравнения. ПК сравнивает отправленную и принятую посылки и при положительном результате выдает сообщение **SAVE OK** и команду **INIT**. Датчик переходит в режим измерения с выдачей в ПК или прибор результата в виде кадра из 12-ти байт. Если результат сравнения отрицательный, то команда **INIT** не выдается, программа делает ещё 2 попытки передать команду **SAVE** и выходит из режима с сообщением об ошибке **SAVE error**.

Внимание! Все изменения настроек датчика после команды **SAVE** хранятся в ОЗУ датчика и теряются при отключении питания. Для перезаписи измененных настроек датчика из ОЗУ в его энергонезависимую память необходимо подать команду **WAIT**. Программное обеспечение прибора ПК или прибора должно предусматривать подачу команды **WAIT** перед закрытием окна программы или отключением питания.

Протокол обмена данными между датчиками с интерфейсом RS-485 и персональным компьютером или программируемым логическим контроллером после 23 ноября 2025г.

(21 точка калибровки, с диапазонами обнуления и сдвига)

Настоящий протокол распространяется на обмен данными между датчиком с интерфейсом RS-485 и персональным компьютером под управлением ОС Windows7 и выше с предустановленным ПО **imp calibrator v2.2.12** или **imp21 v21.8.1**

Интерфейс с компьютером организован через виртуальный COM порт. Для подключения к компьютеру используется преобразователь RS-485 – USB, у которого цоколевка разъема DB-9 соответствует датчику и для питания датчика используется +5В от USB-порта ПК.

Параметры обмена с ПК или ПЛК: протокол MODBUS RTU, 38400 бод, 8 бит, без паритета, 1 стоп-бит, кодировка ASCII.

Таблица регистров MODBUS

| Address | R/W | Описание |
|---------------------|-----|--|
| 0x0000 | R | Знаковый результат байт 3 (старший), байт 2 |
| 0x0001 | R | Знаковый результат байт 1, байт 0 (младший) |
| 0x0002 | R | Значение N1 байт 3 (старший), байт 2 |
| 0x0003 | R | Значение N1 байт 1, байт 0 (младший) |
| 0x0004 | R | Значение N2 байт 3 (старший), байт 2 |
| 0x0005 | R | Значение N2 байт 1, байт 0 (младший) |
| 0x0006 | R | Знаковый результат калиброванный байт 3 (старший), байт 2 |
| 0x0007 | R | Знаковый результат калиброванный байт 1, байт 0 (младший) |
| 0x0008... 0x000F | R | Знаковый калиброванный результат в кодах ASCII EM08+000000N5432 |
| | | |
| 0x0010 | R | Текущий адрес MODBUS байт 1, байт 0 (младший) |

Примеры

| Команда | Запрос | Ответ |
|---|----------------------|-------------------------|
| Чтение адреса MODBUS общим вызовом, когда к линии подключен только 1 датчик | 00 03 0010 0001 8411 | 11 03 02 0011 B98B |
| Чтение результата измерений N1-N2 | 11 03 0000 0002 C69B | 11 03 04 0000 0278 EAB0 |
| Чтение результата измерений с учетом калибровочной таблицы | 11 03 0006 0002 CRC | 11 03 04 0000 0278 CRC |
| Запись адреса MODBUS общим вызовом, когда к линии подключен только 1 датчик | 00 06 2010 0011 421D | 11 06 2010 0011 415C |
| Чтение адреса MODBUS | 11 03 0010 0001 8750 | 11 03 02 0011 B98B |
| Чтение результата измерений в кодах ASCII с учетом калибровочной таблицы | 11 03 000A 0004 CRC | 11 03 08+003486N CRC |

Примечание. Алгоритм расчета результата измерений по значениям N1 и N2 аналогичен описанному в приложении 1.