

**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 imp10\_2\_3 и imp11) до 1 сентября 2021г.  
(11 точек калибровки без указания 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 imp10\_2\_3, imp11\_9600 через виртуальный COM порт.

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: 9600 бод, 8 бит, без паритета, 1 стоп-бит, кодировка ACSII.

Датчик управляется с помощью подачи ему команд **WAIT** и **INIT**.

В исходном состоянии датчик находится в режиме ожидания команд от ПК или прибора (состояние **WAIT**). В этом состоянии датчик работает, в его индуктивной системе возбуждаются колебания, но результаты измерений не передаются в ПК или прибор.

Светодиодный индикатор датчика позволяет установить датчик в область физического нуля. Зеленое свечение индикатора свидетельствует о выдвинутом штоке (результат измерения отрицательный), красное свечение – шток задвинут (результат положительный).

1. Для перевода датчика в режим передачи результатов измерения ПК или прибор должны подать датчику команду **INIT**.

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

2. Датчик на команду **INIT** отвечает кадром из 108 байт:

№ 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 \$04, \$00, \$00 - манометрическое преобразование	версия конвертора, определяет его тип
9...11	\$08, \$00, \$03	зарезервировано
12...15	дата выпуска конвертора: число, месяц, год - 2000	пример: \$0A,\$09,\$14,\$0E – 10 сентября 2014г.
16,17	установленное число периодов колебаний в	по умолчанию 2563

	индуктивной системе датчика	
18,19	диапазон измерения	
20... 23	наименование единицы измерения в ASCII кодах	пример: \$6D, \$6B, \$6D, \$00 – 'm', 'k', 'm', \$20.
24,25	значение калибровочной точки «+5»	
26...29	показания датчика N1-N2 в точке «+5»	
30,31	значение калибровочной точки «+4»	
32...35	показания датчика N1-N2 в точке «+4»	
36,37	значение калибровочной точки «+3»	
38...41	показания датчика N1-N2 в точке «+3»	
42,43	значение калибровочной точки «+2»	
44...47	показания датчика N1-N2 в точке «+2»	
48,49	значение калибровочной точки «+1»	
50...53	показания датчика N1-N2 в точке «+1»	
54,55	значение калибровочной точки «0»	
56...59	показания датчика N1-N2 в точке «0»	
60,61	значение калибровочной точки «-1»	
62...65	показания датчика N1-N2 в точке «-1»	
66,67	значение калибровочной точки «-2»	
68...71	показания датчика N1-N2 в точке «-2»	
72,73	значение калибровочной точки «-3»	
74...77	показания датчика N1-N2 в точке «-3»	
78,79	значение калибровочной точки «-4»	
80...83	показания датчика N1-N2 в точке «-4»	
84,85	значение калибровочной точки «-5»	
86...89	показания датчика N1-N2 в точке «-5»	
90...105	имя датчика 16 байт	
106,107	\$55,\$55	конец посылки

Примечание. N1 и N2 – количество тактов кварцевого генератора за время, в течение которого происходит установленное количество колебаний (байты 16 и 17) соответственно в катушках 1 и 2 индуктивной системы датчика.

3. Далее, датчик после каждого цикла измерения передает в ПК или прибор результат (MEASUREMENT) 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	

Принятые прибором или ПК значения N1 и N2 используются 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 10 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, единицы) отображается на экране прибора или компьютера.

4. Для перевода датчика в состояние ожидания ПК или прибор должен передать датчику 4-х байтную команду **WAIT** (\$57, \$41, \$49, \$54 в кодах ASCII). При приеме этой команды передача датчиком кадров с измерениями прекращается. Рекомендуется переводить датчик в состояние ожидания каждый раз перед завершением или закрытием окна программы ПК.

**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) после 1 октября 2023г.**  
(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 v21.5.6.1**.

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.

Датчик управляется с помощью подачи ему команд **WAIT**, **INIT**, **EM08**.

В исходном состоянии датчик находится в режиме ожидания команд от ПК или прибора (состояние **WAIT**). В этом состоянии датчик работает, в его индуктивной системе возбуждаются колебания, но результаты измерений не передаются в ПК или прибор.

Светодиодный индикатор датчика указывает на работу датчика. 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).

1. Для перевода датчика в режим передачи результатов измерения ПК или прибор должны подать датчику команду **INIT**.

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

2. Датчик на команду **INIT** отвечает кадром 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	число периодов колебаний в индуктивной системе датчика, в течение которого происходит измерение	
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	

Примечание. N1 и N2 – количество тактов кварцевого генератора за время, в течение которого происходит установленное количество колебаний (байты 16 и 17) соответственно в катушках 1 и 2 индуктивной системы датчика.

3. Далее, датчик после каждого цикла измерения продолжительностью около 100 мс (10 измерений в сек.) передает в ПК или прибор результат (MEASUREMENT) 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	

Принятые прибором или ПК значения N1 и N2 используются 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, преустанов, единицы) для конкретной схемы измерения отображается на экране прибора или компьютера.

4. Для перевода датчика в режим передачи готовых результатов измерения (скорректированных с помощью калибровочной таблицы) 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 и передает его в ПК или прибор в виде кадра из 16-ти байт. Передача калибровочной таблицы не предусмотрена, подразумевается что датчик (пара индуктивный преобразователь – конвертор) откалиброваны на этапе изготовления.

Параметры обмена: 38400 бод, 8 бит, без паритета, 1 стоп-бит, кодировка ASCII.

№ байта	Передаваемая информация (ст. разрядами вперед)	Примечание
0...3	\$45, \$4D, \$30, \$38	Заголовок кадра «EM08»
4	«-» - отрицательный; «+» - положительный; «=» - равен 0; «^» - больше верхней границы допуска « » - ниже нижней границы допуска	Статус результата измерений
5	тысячи	Результат измерения, мкм с учетом калибровочной таблицы
6	сотни	
7	десятки	
8	единицы	
9	десятые доли	
10	сотые доли	
11	«N» разделитель/номер конвертора	Серийный номер конвертора
12	тысячи	
13	сотни	
14	десятки	
15	единицы	

5. ПК или прибор может передать датчику 4-х байтную команду **WAIT** (\$57, \$41, \$49, \$54 в кодах ASCII), переводя датчик в исходное состояние ожидания (передача датчиком кадров с измерениями прекращается). Рекомендуется подавать команду **WAIT** каждый раз при закрытии окна программы или завершении работы.

## Протокол обмена данными между датчиками с интерфейсом RS-485 и персональным компьютером или программируемым логическим контроллером после 1 ноября 2023г.

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 v21.5.6.1**

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	Верхняя граница диапазона измерения байт 3 (старший), байт 2
0x0003	R	Верхняя граница диапазона измерения байт 1, байт 0(младший)
0x0004	R	Нижняя граница диапазона измерения байт 3 (старший), байт 2
0x0005	R	Нижняя граница диапазона измерения байт 1, байт 0 (младший)
0x000C	R	Знаковый результат калиброванный байт 3 (старший), байт 2
0x000D	R	Знаковый результат калиброванный байт 1, байт 0(младший)
0x0020	R	Текущий адрес MODBUS байт 1, байт 0(младший)
0x01EE	R	Знаковый калиброванный результат в кодах ASCII

Примеры

Команда	Запрос	Ответ
Чтение адреса MODBUS общим вызовом, когда к линии подключен только 1 датчик	00 03 0020 0001 <b>8411</b>	11 03 02 0011 <b>B98B</b>
Чтение результата измерений N1-N2	11 03 0000 0002 <b>C69B</b>	11 03 04 0000 0278 <b>EAB0</b>
Чтение результата измерений с учетом калибровочной таблицы	11 03 000C 0002 <b>CRC</b>	11 03 04 0000 0278 <b>CRC</b>
Запись адреса MODBUS общим вызовом, когда к линии подключен только 1 датчик	00 06 2020 0011 <b>421D</b>	11 06 2020 0011 <b>415C</b>
Чтение адреса MODBUS	11 03 0020 0001 <b>8750</b>	11 03 02 0011 <b>B98B</b>
Чтение результата измерений в кодах ASCII с учетом калибровочной таблицы	11 03 01EE 0004 <b>CRC</b>	11 03 08+003486N <b>CRC</b>

Примечание. Алгоритм расчета результата измерений по значениям N1и N2 аналогичен описанному в приложении 2.