

**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**, **INIT**, **SAVE**.

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.

5. ПК или прибор может изменять настройки датчика, передав 96-байтную команду **SAVE** (\$53, \$41, \$56, \$45 в кодах ASCII) – команда записи в энергонезависимую память датчика.

№ байта	Передаваемая информация (ст. разрядами вперед)	Примечание
0...3	\$53,\$41,\$56,\$45	заголовок кадра
4,5	установленное число периодов колебаний в индуктивной системе датчика	
6,7	диапазон измерения	
8...11	наименование единицы измерения в ASCII кодах	пример: \$6D, \$6B, \$6D, \$00 – 'm', 'k', 'm', \$20
12,13	значение калибровочной точки «+5»	
14...17	показания датчика N1-N2 в точке «+5»	
18,19	значение калибровочной точки «+4»	
20...23	показания датчика N1-N2 в точке «+4»	
24,25	значение калибровочной точки «+3»	
26...29	показания датчика N1-N2 в точке «+3»	
30,31	значение калибровочной точки «+2»	
32...35	показания датчика N1-N2 в точке «+2»	
36,37	значение калибровочной точки «+1»	
38...41	показания датчика N1-N2 в точке «+1»	
42,43	значение калибровочной точки «0»	
44...47	показания датчика N1-N2 в точке «0»	
48,49	значение калибровочной точки «-1»	
50...53	показания датчика N1-N2 в точке «-1»	
54,55	значение калибровочной точки «-2»	
56...59	показания датчика N1-N2 в точке «-2»	
60,61	значение калибровочной точки «-3»	
62...65	показания датчика N1-N2 в точке «-3»	
66,67	значение калибровочной точки «-4»	
68...71	показания датчика N1-N2 в точке «-4»	
72,73	значение калибровочной точки «-5»	
74...77	показания датчика N1-N2 в точке «-5»	
78...93	имя датчика 16 байт	
94,95	\$55,\$55	конец посылки

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

Принятую посылку датчик эхом пересылает обратно для сравнения. При положительном результате сравнения, ПК или прибор должны обязательно передать команду **INIT**, которая позволяет датчику провести запись изменённых значений в энергонезависимую память. После записи в энергонезависимую память датчик передает кадр с обновленными значениями.

При отрицательном результате сравнения команда **INIT** не передается. Программа делает ещё 2 попытки передать команду **SAVE** и выходит из режима с сообщением об ошибке.

После выполнения команды **SAVE**, следует повторно проинициализировать датчик командой **INIT**.

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 v21.8.1** 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	
6	сотни мкм	Результат измерений, при выходе за верхнюю границу диапазона измерений передается символ «^», при выходе за нижнюю границу - символ «_»
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»	
132...135	значение калибровочной точки «-4» 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 1 января 2025г.**

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	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)
0x0006	R	Знаковый результат калиброванный байт 3 (старший), байт 2
0x0007	R	Знаковый результат калиброванный байт 1, байт 0 (младший)
0x0010	R	Текущий адрес MODBUS байт 1, байт 0 (младший)
0x007A	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 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 007A 0004 CRC	11 03 08+003486N CRC

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