

# **Протокол обмена прибора БПР03 МВ на основе протокола MODBUS RTU V0.9.**

**Создание 26 05 16.**

**Правка 9 12 2016**

**Правка 22 11 2017**

**Правка 28 12 2017**

**Правка 1 04 2018**

**Правка 5 11 2019**

**Правка 14 12 2019**

**Правка 30 01 2020**

**Правка 03 06 2020**

**Правка 10 11 2020**

**Правка 14 12 2021**

## **1. Описание протокола.**

Протокол MODBUS RTU определяет структуру сообщений, которая используется при обмене данными активного устройства с подчиненными устройствами.

На линии может находиться только одно активное устройство.

На линии могут находиться до 32 подчиненных устройств.

Каждое подчиненное устройство имеет уникальный адрес, назначаемый из диапазона 1...247.

Обмен всегда начинается активное устройство. Адресуемое подчиненное устройство производит анализ принятого запроса и в случае успешного приема отвечает на запрос. Ответ происходит либо запрашиваемыми данными, либо кодом ошибки, в случае невозможности подчиненного устройства ответить на запрос.

Каждый запрос от активного устройства и ответ от подчиненного осуществляется единым кадром, состоящим из не более чем 256 байт. При пересылке временной промежуток между передаваемыми байтами не должен превышать времени порядка 3.5 длительности передачи одного байта на этой скорости (точные значения указаны в табл 6.2). Передача осуществляется без паритета и двумя стоп битами или с четным (или нечетным паритетом) и одним стоп битом в каждом байте и контрольной суммы в каждом кадре.

В случае, когда активное устройство передает запрос с адресом, не совпадающим с номером подчиненного устройства, подчиненное устройство не разбирает команду и не отвечает.

В случае, если при разборе команды подчиненным устройством не совпадает контрольная сумма, переданная активным устройством, с фактически подсчитанной, подчиненное устройство не разбирает команду и не отвечает на нее.

В случае, если при разборе команды обнаруживается, что хотя она принята верно, но устройство не может ответить на нее из-за несоответствия типов данных, выхода за доступное адресное пространство или обращения к неподдерживаемым командам, устройство отвечает указывая кодом ошибки: что собственно не так.

## 2. Виды данных.

В данной реализации все доступные для обмена данные разбиваются на целочисленные регистры доступные как по чтению, так и по записи. В приборе реализован только один из описанных в стандарте типов регистров – HOLD. Эти регистры позволяют как запись, так и чтение.

Часть данных позволяет к себе доступ по записи, а часть нет. Целочисленные регистры с точки зрения доступа выглядят как таблица, в которой регистры адресуются начиная с 0 адреса.

### 2.1. Целое число.

Целое число представлено так, что наиболее старшие биты передаются первыми.

Число 0x1234 будет передаваться так: 0x12 0x34.

В том случае, если целое число используется для упаковки битовых переменных, при передаче старшие биты целого числа передаются первыми.

Таблица 2.1 Упакованные биты

старший байт								Младший байт							
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

будут переданы так:

0x80 0x01

### 2.2. Плавающее число.

Для доступа к плавающим числам, эти числа размещаются в паре расположенных один за другим регистров. Представление плавающего числа соответствует IEEE754. Условно расположение

байт, в которых размещается плавающее число, фиксировано и условно обозначается как: 0123.

Число 12.34 , для последовательности расположения 0123 будет записано: 0x41 0x45 0x70 0xA4;

### **2.3. Плавающее число двойной точности.**

Для доступа к плавающим числам двойной точности, эти числа размещаются в четырех расположенных один за другим регистров. Представление плавающего числа соответствует IEEE754. Условно расположение байт, в которых размещается плавающее число, фиксировано и условно обозначается как: 01234567.

Число 12.34 , для последовательности расположения 01234567 будет записано: 0x40 0x28 0xAE 0x14 0x7A 0xE1 0x47 0xAE ;

## **3. Структура запроса и ответа.**

Протокол определяет такой формат запроса:

Таблица 3.1

	число байт
Адрес устройства	1
Код команды	1
Передаваемые данные	до 253
Контрольная сумма	2

Формат ответа.

Таблица 3.2

	число байт
Адрес устройства	1
Код команды	1
Передаваемые данные	до 253
Контрольная сумма	2

Адрес устройства. Байт адреса может принимать значения от 0 до 255. При обычном обмене устройства могут иметь адреса от 1 до 247.

## **4. Поддерживаемые команды.**

Для упрощения работы с прибором прибор поддерживает только две команды для работы с HOLD регистрами из набора команд описанных в протоколе MODBUS .

### ***4.1. Команда чтения последовательности регистров.***

Команда 0x03.

Данная команда используется для чтения непрерывного блока регистров в подчиненном устройстве. Запрос активного устройства определяет номер подчиненного устройства, начальный адрес читаемого блока регистров и число регистров.

Таблица 4.1.1.

	число байт	
Адрес устройства	1	Сетевой номер
Код команды	1	0x03
Адрес первого регистра в блоке	2	0...0xFFFF
Число регистров	2	1...125
Контрольная сумма	2	

Ответ подчиненного устройства на команду 0x03.

Ответ в случае обращения к устройству с другим сетевым адресом не производится. При обращении с сетевым адресом 0 устройство отвечает на запрос, при этом в ответе указывает свой настоящий адрес.

Ответ в случае ошибки в контрольной сумме или в паритете не производится.

Ответ при нормальном приеме:

Таблица 4.1.2.

	число байт	
Адрес устройства	1	Сетевой номер
Код команды	1	0x03
Число байт в блоке передаваемых регистров	1	2 * число регистров
Регистры	2 * число регистров	
...		
Контрольная сумма	2	

Ответ в случае правильного приема, но невозможности передать ответ:

Таблица 4.1.3.

	число байт	
Адрес устройства	1	Сетевой номер
Код команды	1	0x83
Код ошибки	1	1, 2, 3, 4
Контрольная сумма	2	

В этом случае в ответе у байта с номером команды выставляется старший бит. В байте кода ошибки передаются следующие ошибки:

- 1 – в запросе передана неподдерживаемая функция
- 2 – ошибка в адресе. Возможно, он не входит в диапазоны используемых блоков регистров или сочетание начального адреса и количества передаваемых регистров выходит за границу адресного пространства используемого блока.
- 3 – неправильное значение данных;
- 4 – ошибка в работе устройства.

#### **4.2. Команда записи последовательности регистров. Команда 0x10.**

Активное устройство задает адрес подчиненного, начальный адрес регистра с которого будет производиться запись, число записываемых регистров и число байт в блоке записываемых регистров (просто число регистров \* 2) и собственно массив записываемых регистров.

Таблица 4.2.1.

	число байт	
Адрес устройства	1	Сетевой номер
Код команды	1	0x10
Адрес первого регистра в блоке	2	0...0xFFFF
Число регистров	2	1...0xFFFF
Число байт в блоке передаваемых регистров	1	2 * число регистров
Регистры	2 * число регистров	
...		
Контрольная сумма	2	

Ответ подчиненного устройства на команду 0x10.

Ответ в случае обращения к устройству с другим сетевым адресом не производится.

Ответ в случае ошибки в контрольной сумме или в паритете не производится.

Ответ при нормальном приеме:

Таблица 4.2.2.

	число байт	
Адрес устройства	1	Сетевой номер
Код команды	1	0x10
Адрес первого регистра в блоке	2	0...0xFFFF
Число регистров	2	1...0xFFFF
Контрольная сумма	2	

Ответ в случае правильного приема, но невозможности передать ответ:

Таблица 4.2.3.

	число	

	байт	
Адрес устройства	1	Сетевой номер
Код команды	1	0x90
Код ошибки	1	1, 2, 3, 4
Контрольная сумма	2	

В этом случае в ответе у байта с номером команды выставляется старший бит. В байте кода ошибки передаются следующие ошибки:

- 1 – в запросе передана неподдерживаемая функция
- 2 – ошибка в адресе. Возможно, он не входит в диапазоны используемых блоков регистров или сочетание начального адреса и количества передаваемых регистров выходит за границу адресного пространства используемого блока.
- 3 – неправильное значение данных;
- 4 – ошибка в работе устройства.

После записи любого количества регистров необходимо выдержать паузу не менее 100 миллисекунд перед посылкой следующей команды.

После включения прибора выполнение команды записи запрещено. Для разрешения записи нужно записать в регистр 0x4FF число 1. См 5.23.



## 5. Параметры.

### 5.1. Характер параметров.

Рассмотрены параметры позволяющие получить мгновенное значение расхода и накопленный объем.

Целью работы прибора является получение величины мгновенного объемного расхода в выбранных при конфигурировании прибора единицах.

### 5.2. Объемный расход. IZM\_FLOW\_V.

#### *Float, чтение. 0x100*

Величина мгновенного объемного расхода в выбранных единицах, полученная сразу после обсчета данных измерительного тракта. Переменная доступна для считывания. Формат представления плавающего числа фиксированный 0123.

### 5.3. Ошибка измерения. IZM\_FLOW\_V\_ERR\_LO 0x104. IZM\_FLOW\_V\_ERR\_HI 0x103.

#### *Short unsigned int, Чтение.*

Целочисленное значение, которое всегда нужно анализировать, прежде, чем использовать измеренное значение.

Таблица 5.3.1. Назначения битов в регистре ошибок измерения IZM\_FLOW\_V\_ERR\_LO

15	14	13	12	11	10	9	8
NOT_USE	SENS_EXCH_ERR	NOISE_ERR	EMPTY_PIPE	BED_SUBST	BED_IZM	PGM_EEPROM	-
7	6	5	4	3	2	1	0
	NUM_ERR	PWRBAD	ADC_ERR	EEPROM_ERR	OVLD	UDLD	SENS_ERR

В таблице указаны назначения битов в регистре IZM\_LOW\_V\_ERR\_LO. IZM\_LOW\_V\_ERR\_HI будет использоваться для расширенного анализа ошибок. Прибор управляет теми битами, которые соответствуют его устройству. Остальные сбрасываются в 0.

- *NUMERR*. Ошибка в вычислениях, возможно не плавающие числа в коэффициентах или переполнения при выполнении вычислений.
- *PWRBAD*. Питание прибора вышло за допустимые границы
- *ADC\_ERR*. АЦП (если он есть в модуле) не ответил идентификационным кодом или не удалось завершить измерение.
- *EEPROM\_ERR* – прибор не может восстановить какие-то данные, хранящиеся в его энергонезависимой памяти.
- *SENS\_ERR* – в том случае, если конструкция прибора позволяет сформировать такой флаг.
- *OVLDD* – измеренный параметр превысил верхний диапазон.
- *UDLDD* – измеренный параметр ниже минимума диапазона.
- *PGM\_EEPROM* - ошибка при проверке целостности программной памяти.
- *BED\_IZM* – неудачное измерение. Данное измерение не удалось завершить правильно или есть сомнения в достоверности полученного значения.
- *BED\_SUBST* – параметры среды, поток которой измеряется, вероятно выходят за допустимые границы, что не позволяет достоверно завершить измерение.
- *EMPTY\_PIPE*- датчик не заполнен.
- *NOISE\_ERR*- в сигнале высок уровень шума. Измерение либо невозможно, либо вызывает сомнение.
- *SENS\_EXCH\_ERR* – нет связи с измерительным прибором.
- *NOT\_USE* – измерение не производится. Датчик находится в режиме настройки.

Таблица 5.3.2. Назначения битов в регистре ошибок измерения IZM\_FLOW\_V\_ERR\_HI

15	14	13	12	11	10	9	8
NOT_RDY	EL_CLR	SERV	SYST_ERR	SENS2_CUT	SENS1_CUT	INTERF	SIGNAL_STRONG
7	6	5	4	3	2	1	0
SIGNAL_WEAK	-	-	-	-	CUT	DIAP_OVLDD	DIAP_UNDLDD

В таблице указаны назначения битов в регистре IZM\_FLOW\_V\_ERR\_HI. Прибор управляет теми битами, которые соответствуют его устройству. Остальные сбрасываются в 0.

- *NOT\_RDY* – измерительный модуль не готов, считываемые данные нельзя использовать.
- *EL\_CLR* – измерительный модуль проводит очистку электродов считываемые данные нельзя использовать.
- *SERV* – обслуживание.
  
- *SYST\_ERR* – ошибка в работе не позволяющая получить годное измерение.
- *SENS2\_CUT* обрыв группы электродов 2.
- *SENS1\_CUT* обрыв группы электродов 1.
- *INTERF* сильная помеха, проводить измерение не получается.
- *SIGNAL\_STRONG* слишком большой уровень сигнала.
- *SIGNAL\_WEAK* слишком маленький уровень сигнала.
- *CUT* сигнал ограничен по отсечке.

#### **5.4. Единицы измерения объемного расхода.**

***IZM\_FLOW\_V\_UNIT 0x730.***

***Short unsigned int, чтение, запись.***

Таблица 5.4.1. Единицы измерения объемного расхода.

*IZM\_FLOW\_V\_UNIT.*

15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
UNIT							

Таблица 5.4.2. Единицы измеренного значения.

<b>UNIT</b>	<b>Величина объема</b>
<b>0</b>	Кубические метры в секунду
<b>1</b>	Литры в секунду

2	Кубические метры в час
3	Литры в час

**5.5. Диаметр условного прохода. PROBE\_DIAM 0X504, Float, чтение, запись.**

Диаметр условного прохода в мм.

**5.6. Минимум диапазона измерения объемного расхода. IZM\_FLOW\_V\_MIN 0X508. Метры кубические в час.**

**Float, чтение, запись.**

Величина минимума объемного расхода в м<sup>3</sup>/час.

**5.7. Максимум диапазона измерения объемного расхода. IZM\_FLOW\_V\_MAX 0X506. Метры кубические в час.**

**Float, чтение, запись.**

Величина максимума объемного расхода в м<sup>3</sup>/час.

**5.8. IZM\_FLOW\_V\_DSUM Накопленный суммарный объем. Double 0x119, чтение.**

Накопленное значение объема в единицах см 5.12.

**5.9. IZM\_FLOW\_V\_DSUM\_PLUS Накопленный прямой объем. Double 0x11D, чтение.**

Накопленное значение объема в единицах см 5.12.

**5.10. IZM\_FLOW\_V\_DSUM\_MINUS Накопленный обратный объем . Double 0x121, чтение.**

Накопленное значение объема в единицах см 5.12.

**5.11. IZM\_FLOW\_V\_DSUM\_MODUL** Накопленный по модулю объем. *Double 0x125*, чтение.

Накопленное значение объема в единицах см 5.12.

**5.12. IZM\_SUM\_V\_UNIT 0X740.** Единицы накопленного объема. *Float*, чтение.

Таблица 5.12.Единицы накопленного объема.

UNIT	Величина объема
0	Кубические метры
1	Литры

**5.13. IZM\_SUM\_V\_TIME\_LONG\_LO 0x12E** Длительность накопления в секундах . *Short unsigned int*, чтение, запись.

**5.14. IZM\_SUM\_V\_TIME\_LONG\_HI 0x12D** Длительность накопления в секундах . *Short unsigned int*, чтение, запись.

**5.15. IZM\_FLOW\_V\_SUM\_CLR 0x741** Сброс значения накопленных объемов и времени накопления. *Short unsigned int*, запись.

Сброс осуществляется при записи по данному адресу 1. Пред записью необходимо ее разрешить см 5.23.

**5.16. VER\_SOFT 0X404** версия ПО. *Short unsigned int*, чтение.

Версия программы процессора прибора.

**5.17. DAY 0X405** число месяца выпуска прибора. *Short unsigned int*, чтение.

Число от 1 до 31.

**5.18. MONTH 0X406** месяц выпуска. *Short unsigned int*, чтение.

Число от 1 до 12.

**5.19. YEAR 0X407 год выпуска. Short unsigned int, чтение.**

**5.20. ADR 0X408 Адрес. Short unsigned int, чтение, запись.**

Число из диапазона 1-247.

**5.21. RATE 0X409 Скорость обмена. Short unsigned int, чтение, запись.**

Таблица 5.21

Скорость обмена	Обозначение
1200	3
2400	4
4800	5
9600	6
19200 (заводская установка)	7
38400	8
57600	9
115200	10

Каждая из скоростей обозначается числом в младшем байте регистра.

**5.22. PARITY 0X40A Паритет. Short unsigned int, чтение, запись.**

Используемый при обмене по линии связи паритет. Может быть четным, нечетным или отсутствовать совсем.

Таблица 5.22.

Число в регистре	Паритет
0 (заводская установка)	Отсутствует
1	Нечетный
2	Четный

### 5.23. *CLBLOCK 0X4FF* Разрешение записи в регистры. *Short unsigned int, чтение, запись.*

При записи по этому адресу 1 разрешается операция записи. Для запрета записи в этот регистр записывается число 0.

## 6. Параметры связи.

- 6.1. Прибор позволяет обмениваться на скоростях 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200. Рекомендуется использовать скорость 19200. По умолчанию скорость 19200.
- 6.2. Передача производится с проверкой паритета (четный или нечетный), и без проверки паритета. Если паритет не проверяется, используется два стоп бита. Если используется паритет, то формируется один стоп бит. При передаче байты идут друг за другом без задержки.
- 6.3. При анализе переданного прибором сообщения и при анализе принимаемого прибором сообщения считается, что признак окончания сообщения – отсутствие в линии обмена в течение времени, более чем 3.5 времени передачи байта на выбранной скорости. Точное значение указано в табл. 6.2. Значение паузы не должно быть менее указанной в таблице 6.2.

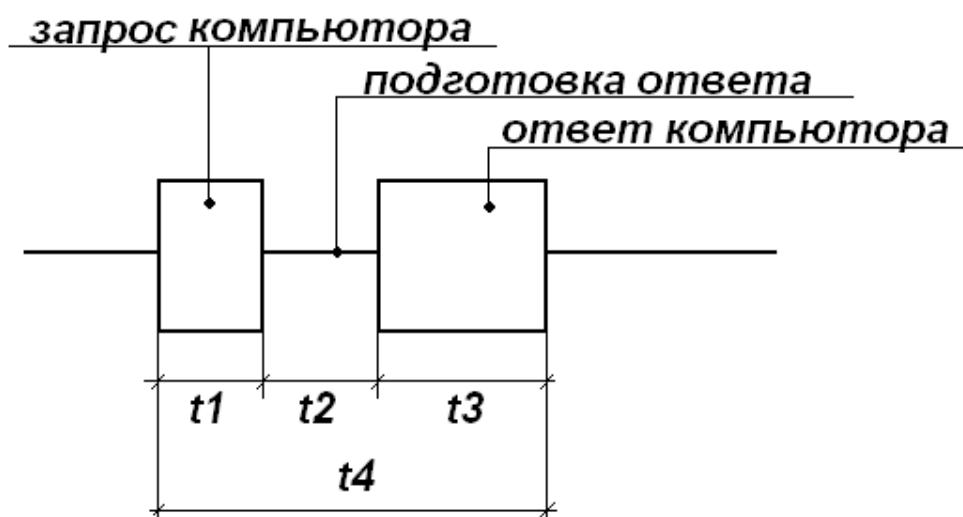


Рис 6.1. Временные соотношения при запросе.  
 $t_1$  – команда компьютера (процессора главного вычислителя) по чтению измеренного значения.

$t_2$  – принятие прибором решения об окончании команды,  
занятие линии для передачи, подготовка ответа.

$t_3$  – ответ прибора.

$t_4$  – общее время обмена.



Таблица 6.1. Ориентировочное значение времен в запросе.  
Запрашивается 5 регистров начиная с адреса 0x0100

Скорость бит/с	Время, мс			
	t1	t2	t3	t4
1200	70	80	150	300
2400	30	80	110	220
4800	20	60	50	130
9600	10	60	25	95
19200	5	45	10	60
38400	5	45	10	60
57600	5	45	5	55
115200	5	45	5	55

Времена, из которых состоит запрос (отсылка команды компьютером t1 + декодирование команды+ подготовка ответа t2+ передача ответа t3 + продолжение удержания линии прибором после передачи t4) в зависимости от скорости работы указаны в табл 6.2

6.5. При работе с прибором, в том случае, если необходимо подряд послать несколько команд, для четкого опознавания прибором окончания одного запроса, рекомендуется выдерживать паузы не менее указанного значения между окончанием передачи последнего байта любой пересылки в линии связи, перед посылкой следующей команды:

Таблица 6.2.

Скорость	пауза в мс
1200	40
2400	20
4800	10
9600	5
19200	3
38400	2
57600	2
115200	2

6.6. После любой команды необходимо выдержать паузу не менее 100 мс перед обращением к тому же прибору. Если необходимо последовательно послать несколько команд записи, между командами необходимо выдержать временную паузу 100 миллисекунд.

6.7. При работе через виртуальные com порты необходимо к значению из таблицы 6.2 прибавить 60 мс.

## 7. Схема включения.

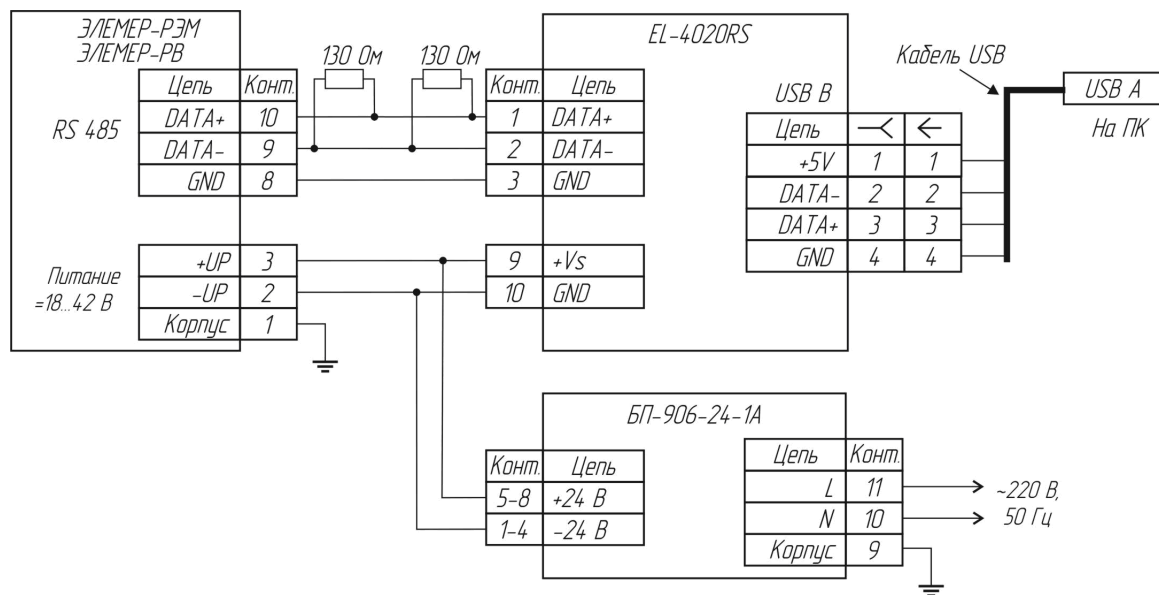


Рис 7.1. Подключение единичного прибора.

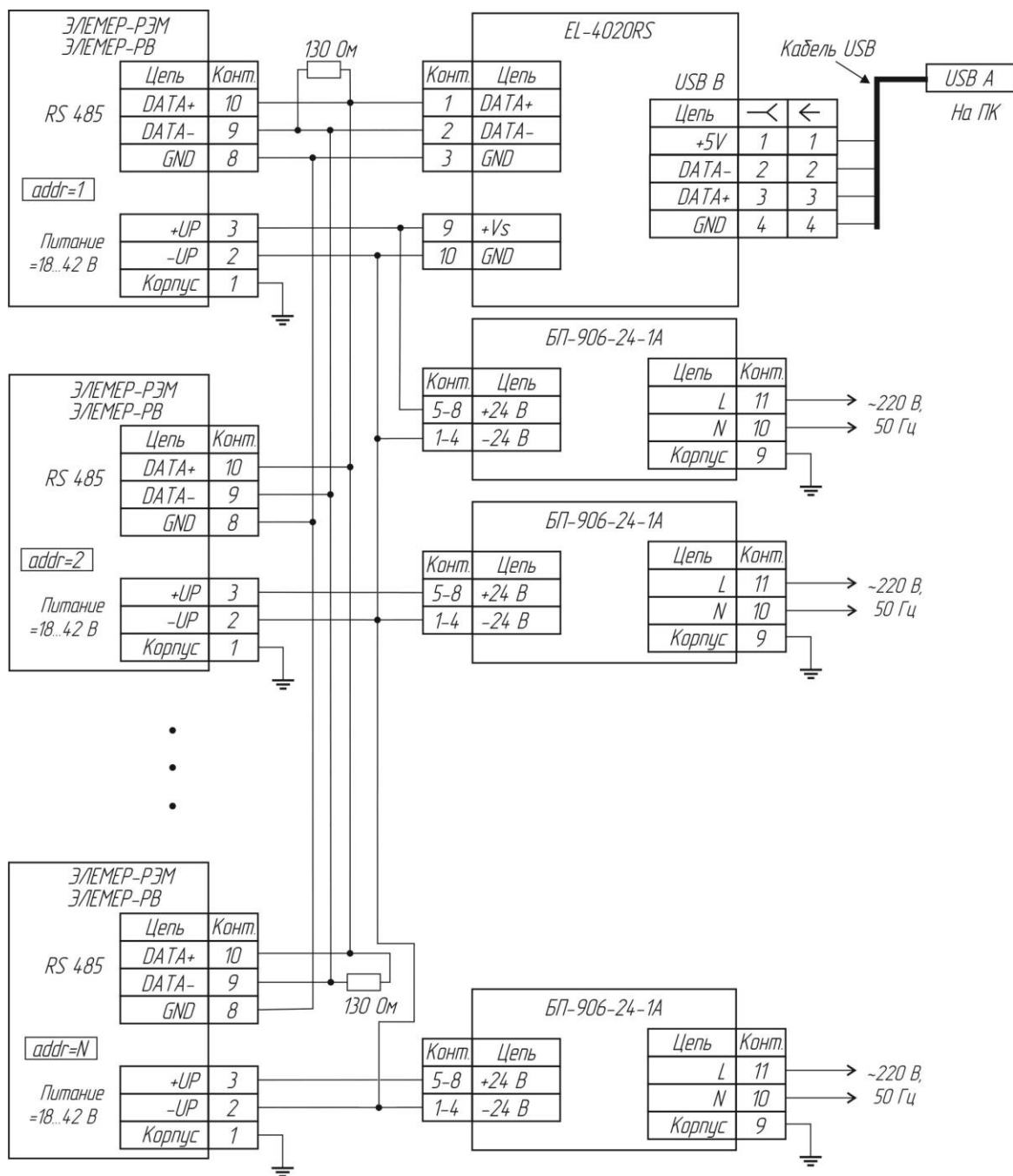


Рис 7.2. Подключение группы приборов.

## 8. Заводские установки.

- **RATE** Скорость обмена : 19200.
- **PARITY** Паритет : нет паритета.
- **ADR** Сетевой номер : 1.