

РАДИОМОДЕМ

PM-2-L

**РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
И ПАСПОРТ**

ТФАП.431332.006 РЭ

СОДЕРЖАНИЕ

1	НАЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЯ.....	4
2	ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И УСЛОВИЯ	4
3	УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ.....	4
4	ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ	8
5	НАСТРОЙКА СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ.....	8
6	РАБОТА И НАСТРОЙКА МОДЕМА	10
7	МАРКИРОВКА, ПЛОМБИРОВАНИЕ, УПАКОВКА	14
8	ХРАНЕНИЕ, ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	14
9	КОМПЛЕКТНОСТЬ	14
10	СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ	15
11	ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ.....	16
12	ДАННЫЕ О РЕМОНТЕ ПРИБОРА.....	17
	ПРИЛОЖЕНИЕ А: Modbus RTU и TCP	18
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б: MQTT - ФОРМАТ ТОПИКОВ И СООБЩЕНИЙ	21

Настоящее руководство по эксплуатации и паспорт являются документом, удостоверяющим основные параметры и технические характеристики радиомодема РМ-2-Л.

Настоящее руководство по эксплуатации и паспорт позволяет ознакомиться с устройством и принципом работы радиомодема и устанавливают правила его эксплуатации, соблюдение которых обеспечивает поддержание его в постоянной готовности к работе.

В конструкцию, внешний вид, электрические схемы и программное обеспечение прибора могут быть внесены изменения, не ухудшающие его технические характеристики, без предварительного уведомления.

Права на топологию всех печатных плат, схемные решения, программное обеспечение и конструктивное исполнение принадлежат изготовителю – АО “ЭКСИС”. Копирование и использование – только с разрешения изготовителя.

В случае передачи прибора на другое предприятие или в другое подразделение для эксплуатации или ремонта, настоящее руководство по эксплуатации и паспорт подлежат передаче вместе с прибором.

1 НАЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЯ

Радиомодем РМ-2-Л предназначен для: беспроводного соединения по радиоканалу с различными устройствами производства АО "ЭКСИС", индикации полученных данных и передачи информации системе сбора данных. Радиомодем применяется для объединения устройств в информационную сеть, а также в качестве ретранслятора для увеличения зоны покрытия.

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И УСЛОВИЯ

2.1 Основные технические характеристики представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Наименование параметра, единицы измерения	Значение
Габаритные размеры радиомодема, мм, не более	
- длина	110
- ширина	100
- высота	60
Масса радиомодема, кг, не более	0,3
Напряжение питания радиомодема, В	12
Мощность, потребляемая радиомодемом не более, Вт	6
Характеристики приема/передачи по радиоканалу	
- несущая частота, МГц	868,7
- дальность связи в условиях плотной городской застройки, м	до 2000
- скорость приема\передачи, бит/с	146, 293, 586, 1171
- мощность передачи, дБм	0...10
Интерфейсы связи	RS-232, RS-485, USB, Ethernet, Wi-Fi*, GSM*
Поддерживаемые протоколы	IP4, UDP, TCP, DNS, DHCP, SNMP, MQTT, MODBUS (RTU, TCP)
Wi-Fi	IEEE 802.11 b/g/n WEP, WPA, WPA2
GSM	Двухдиапазонный 900/1800 МГц
Максимальное количество подключаемых устройств по радиоканалу	128
Рабочие условия модема	
- температура воздуха, °С	от -20 до + 40
- относительная влажность, % (без конденсации влаги)	от 2 до 98
- атмосферное давление, кПа	от 84 до 106

*Примечание: Wi-Fi в исполнении РМ-2-Л W, GSM в исполнении РМ-2-Л G

3 УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

3.1 Устройство модема

Модем представляет собой прибор с индикатором, внешней приемной антенны и сетевого адаптера для питания.

3.2 Конструкция

Радиомодем изготавливается в пластмассовом корпусе. На передней панели располагаются индикатор, 4 кнопки управления; на торцевых сторонах корпуса расположены разъемы подключения антенн, блока питания и интерфейсов связи RS-232, RS-485, USB и Ethernet. На

рисунке 3.1 представлен радиомодем PM-2-L W, рисунке 3.2 представлен радиомодем PM-2-L G.

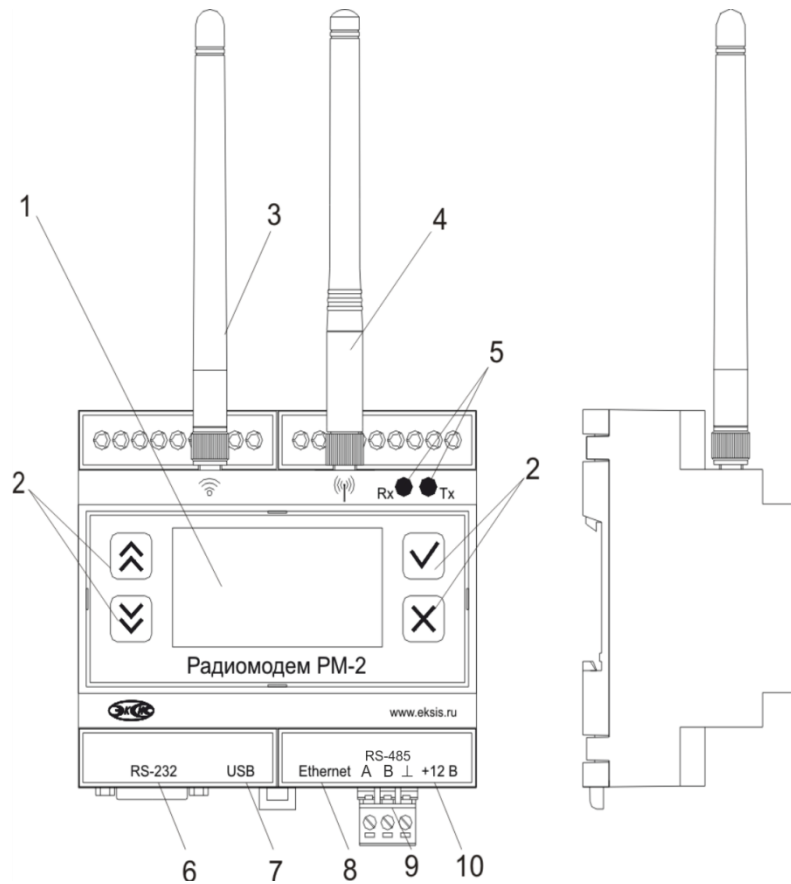


Рисунок 3.1 Радиомодем PM-2-L W

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Индикатор | 6. Разъем интерфейса RS-232 |
| 2. Кнопки управления | 7. Разъем интерфейса USB |
| 3. Антенна Wi-Fi | 8. Разъем интерфейса Ethernet |
| 4. Антенна 868 МГц | 9. Разъем интерфейса RS-485 |
| 5. Индикаторы приёма/передачи сигнал | 10. Разъем питания «+12 В» |

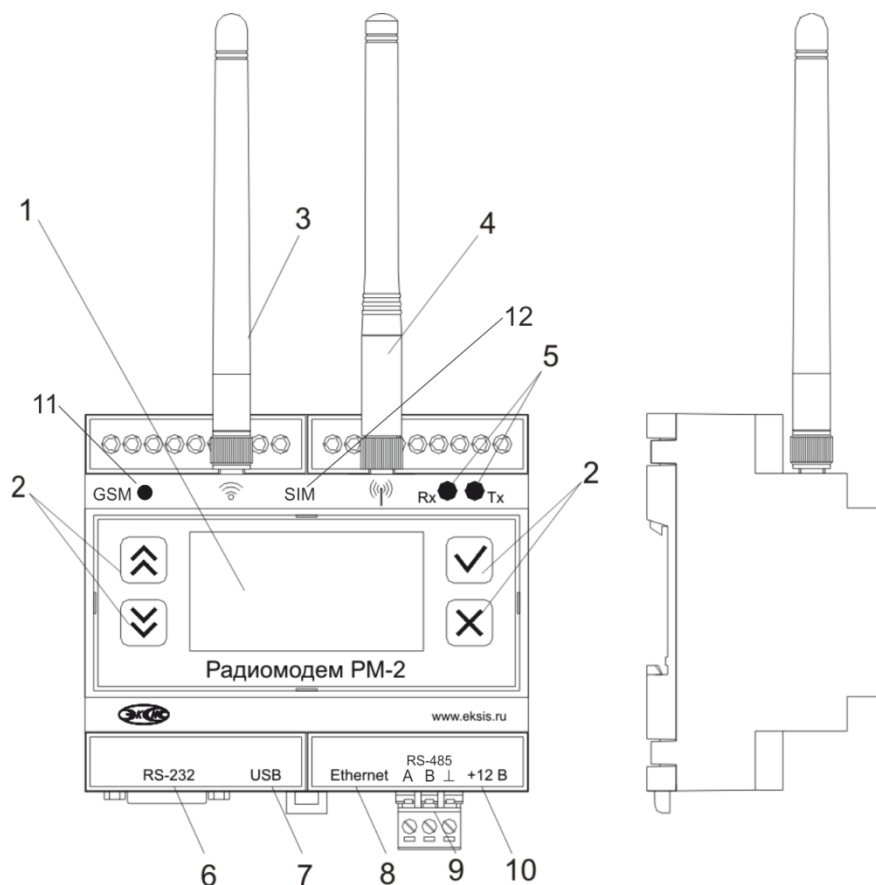


Рисунок 3.2 Радиомодем PM-2-L G

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| 1. OLED-индикатор | 7. Разъем интерфейса USB |
| 2. Кнопки управления | 8. Разъем интерфейса Ethernet |
| 3. Антенна GSM | 9. Разъем интерфейса RS-485 |
| 4. Антенна 868 МГц | 10. Разъем питания «+12 В» |
| 5. Индикаторы приёма/передачи сигнал | 11. Индикатор состояния GSM |
| 6. Разъем интерфейса RS-232 | 12. Место установки SIM-карты |

Расшифровка "Индикатора состояния GSM"

Постоянно не горит	GSM выключен
Быстро мигает	Нет SIM карты/Поиск сети/Нет регистрации в сети
Медленно мигает	Зарегистрирован в сети, GSM функционирует

3.3 Принцип работы

3.3.1 Беспроводная связь

Радиообмен модема и измерителей ведется на несущей частоте 868 МГц. Сбор информации ведется в пассивном режиме: передающие устройства имеют собственный интервал передачи данных, а радиомодем находится в режиме приёма, связь с устройствами одно- или двусторонняя (рекомендуется). Так же модем производит синхронизацию времени в передающих устройствах (в режиме двусторонней связи), поэтому важно, чтобы часы реального времени модема были актуальным. Принятые данные от измерителей радиомодем заносит в буфер измерений, служащий для синхронизации данных с компьютером. При

переполнении буфера измерений модем прекращает прием данных, и дальнейшая буферизация измерений производится в передающих устройствах (в режиме двусторонней связи), после освобождения буфера прием данных модемом возобновляется. Очистка буфера должна производиться после чтения данных из него. Программное обеспечение EVL делает очистку буфера автоматически, при чтении данных по протоколу Modbus порядок очистки буфера указан в Приложении А, при использовании протокола MQTT буфер очищается автоматически при передаче данных брокеру, в режиме ретранслятора буфер также очищается автоматически по мере ретрансляции данных.

Пользователю доступен для просмотра текущий список подключенных к модему измерителей (до 128) с последними данными измерений, а также информация о заряде батареи передающего устройства и мощности принимаемого сигнала. В модеме установлен интервал времени, по которому производится удаление из списка измерителей, которые не на связи более 12-и часов, буфер измерений при этом не очищается и доступен для чтения.

Для создания сложных архитектур беспроводных сетей в модеме предусмотрен режим ретранслятора (повторителя) - передачи принятой информации от измерителей или других ретрансляторов в эфир. Следует учитывать, что в режиме ретранслятора приёмопередающее устройство модема половину времени может проводить в режиме ретрансляции принятых данных, не принимая данные от передающих устройств. Буфер измерений при этом ведет себя следующим образом: заполняется при приеме данных от передающих устройств и очищается по мере успешной передачи (ретрансляции) данных на другое принимающее устройство. Если ретрансляция не требуется, строго не рекомендуется активировать режим ретрансляции – при отсутствии принимающего устройства модем гарантированно будет проводить половину времени в ретрансляции данных, снижая пропускную способность приема вдвое.

3.3.2 Индикация

На индикаторе радиомодема отображается количество передающих устройств, находящихся на связи, канал и скорость приема, канал и скорость передачи, количество записей в буфере. Если установлена связь с приборами, то возможно вывести полученные данные: сетевой адрес прибора, уровень мощности принимаемого радиосигнала, время приема данных, а также измеренные значения и заряд элементов питания. Для увеличения срока службы OLED индикатора модем автоматически переходит в сберегающий режим через 5 минут, если пользователь не использует клавиатуру. Сберегающий режим отражается только на индикации и не затрагивает остальные функции модема, выход из сберегающего режима происходит при нажатии любой клавиши на модеме.

3.3.3 Интерфейсы связи

Модем может работать с компьютером или иными контроллерами по интерфейсам RS-232, RS-485, USB, Wi-Fi, GSM, Ethernet. Скорость обмена по интерфейсам RS-232 и RS-485 настраивается пользователем в пределах от 1200 до 115200 бит/с. USB интерфейс поддерживает стандарт USB2.0 режим FS. При работе с компьютером прибор определяется как HID-устройство и не требует установки дополнительных драйверов, питание радиомодема от USB шины не производится. Ethernet интерфейс поддерживает стандарт 100BASE-TX. Wi-Fi интерфейс поддерживает стандарт IEEE 802.11 b/g/n с шифрованием WEP, WPA, WPA2. GSM интерфейс второго поколения (2G), двухдиапазонный. Протокол Modbus поддерживается в интерфейсах RS-232/RS-485 (RTU), Ethernet и Wi-Fi (TCP). Протокол SNMP и MQTT в интерфейсах Ethernet и GSM.

4 ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

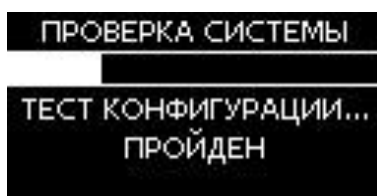
4.1 Извлечь прибор из упаковочной тары. Если прибор внесен в теплое помещение из холодного, необходимо дать прибору прогреться до комнатной температуры в течение не менее 2-х часов.

4.2 Установить модем в оптимальное место (наименьшее количество естественных преград).

4.3 Подключить к радиомодему антенну 868 МГц, антенну Wi-Fi (PM-2-L W) или антенну GSM и SIM карту (PM-2-L G).

4.4 В модем установлен элемент питания CR2032 необходимый для работы часов реального времени, ресурс элемента около трех лет. При необходимости замените элемент питания.

4.5 Подключить сетевой адаптер к прибору и включить адаптер в сеть 220В 50Гц. При этом модем проведет самодиагностику и индицирует версию встроенного программного обеспечения.



PM-2-L Версия ПО v3.00

4.6 Настроить модем и передающие устройства в соответствии с п.5 и п.6

4.7 Установить и настроить программное обеспечение, обеспечить подключение прибора к требуемым интерфейсам связи.

4.8 После использования отключить сетевой адаптер от сети.

5 НАСТРОЙКА СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ

Система сбора данных состоит из

- Измерителей с радиоканалом
- Радиомодем PM-2-L
- ПК с программным обеспечением

Для настройки системы сбора данных требуется настроить следующие параметры связи:

- Протокол передачи
- Период передачи
- Скорость приема/передачи
- Мощность передачи
- Канал передачи

Протокол передачи

Односторонний или двусторонний.

В режиме одностороннего протокола измерители передают данные без подтверждения приема модемом. Такой протокол не гарантирует, что все данные измерений будут получены

системой сбора данных. Из преимуществ: более короткие передачи и меньший расход батареи.

В режиме двустороннего протокола измерители передают данные, а модем подтверждает получение. Этот протокол значительно повышает вероятность доставки измерений системе сбора данных. Даже при разрыве радиосвязи данные могут быть доставлены позже из памяти измерителей (объем зависит от устройств). Из недостатков: более длинный радиообмен и больший расход батареи. Тем не менее рекомендуется использование двустороннего протокола для повышения надежности системы.

Протокол в системе должен быть одинаковый для модема и всех передающих устройств.

Период передачи

Настраивается на передающем устройстве. Чем больше период передачи, тем реже осуществляется отправка данных и меньше расходуется заряд батарей измерителей. Рекомендуется для всех передатчиков настраивать одинаковый период передачи.

Скорость приема/передачи данных

Настраивается в передающем и принимающем устройствах. Чем больше скорость передачи, тем меньше времени занимает отправка одного измерения и меньше расходуется заряд батарей измерителей. В то же время при увеличении скорости передачи уменьшается максимально возможная дальность связи измерителя с радиомодемом. Скорость передачи может принимать значения от **1** (146 бит/с) до **4** (1171бит/с) и устанавливается одинаковой на приемнике и передатчике.

Мощность передачи данных

Настраивается на передающем устройстве. Чем больше мощность передачи, тем больше расходуется заряд батарей измерителей и больше максимально возможная дальность связи измерителя с радиомодемом. Мощность передачи может принимать значения от **0 дБм** до **10 дБм**.

Канал передачи данных

Настраивается на передающем и принимающем устройстве. Номер радиоканала задает несущую частоту канала связи. Иногда возникает необходимость при загруженности эфира в диапазоне несущей частоты 868 МГц варьировать канал передачи.

Рекомендации по настройке периода передачи

При настройке параметра *период передачи* следует придерживаться правила 30%: суммарное расчетное время передачи данных всеми измерителями в системе не должно превышать 30% *периода передачи* (предполагается, что *период передачи* настроен у всех измерителей одинаковый). Суммарное время передачи рассчитывается путем умножения количества передатчиков на время передачи одного измерителя, которое в свою очередь зависит от *скорости передачи* (см. таблицу 5.1)

Если в принимающем модеме включен режим ретрансляции, то суммарное время передачи, рассчитанное способом указанным выше, удваивается.

Таблица 5.1

Скорость передачи	Максимальное время передачи, сек
1	4
2	3
3	2
4	1

Пример:

Имеется 50 ИВТМ-7 М-4-1-Л, найти минимальный период передачи при скорости 1.

Время передачи при скорости передачи 1 = 4 сек (см. таблицу 5.1)

Суммарное время передачи = 50 x 4 = 200 сек

Рекомендованный минимальный период передачи составит: 200 / 0,3 > 666 с или не менее 10 минут.

При использовании режима ретрансляции – не менее 20 минут.

Рекомендации по настройке скорости и мощности

При настройке параметров скорость и мощность передачи следует иметь в виду, что максимальная дальность связи будет достигаться при скорости = 1 и мощности = 10 дБм, но при таких настройках время автономной работы измерителей будет минимальным.

Для оптимизации энергопотребления передающих устройств следует (в порядке приоритета):

- 1) Увеличить скорость передачи данных.
Требуется подобрать максимальную скорость связи, при которой все измерители остаются на связи.
- 2) Уменьшить мощность передачи данных.
Требуется подобрать минимальную мощность передачи, при которой все измерители остаются на связи.
- 3) Увеличить период передачи данных. Максимальное потребление происходит во время передачи данных.

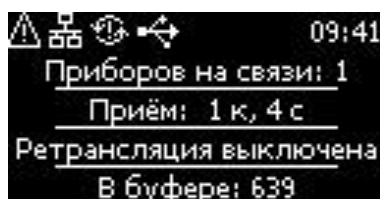
$$\text{Время}_\text{ работы} \sim \frac{\text{Скорость}_\text{ передачи} * \text{Период}_\text{ передачи}}{\text{Мощность}_\text{ сигнала}}$$

$$\text{Дальность}_\text{ связи} \sim \frac{\text{Мощность}_\text{ сигнала}}{\text{Скорость}_\text{ передачи}}$$

6 РАБОТА И НАСТРОЙКА МОДЕМА

6.1 Рабочий экран модема

На главном экране во время работы отображается информация о текущем состоянии модема, количестве приборов на связи, параметрах радиоприема, параметрах радиопередачи, заполнения буфера данных.



- подключен к USB



- подключен к сети Ethernet



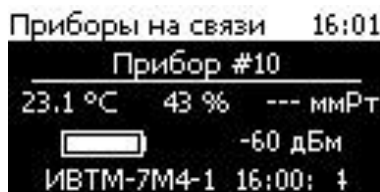
- подключен к сети Wi-Fi или GSM



- сообщение об ошибке или предупреждении

6.1.1 Экран модема «приборы на связи»

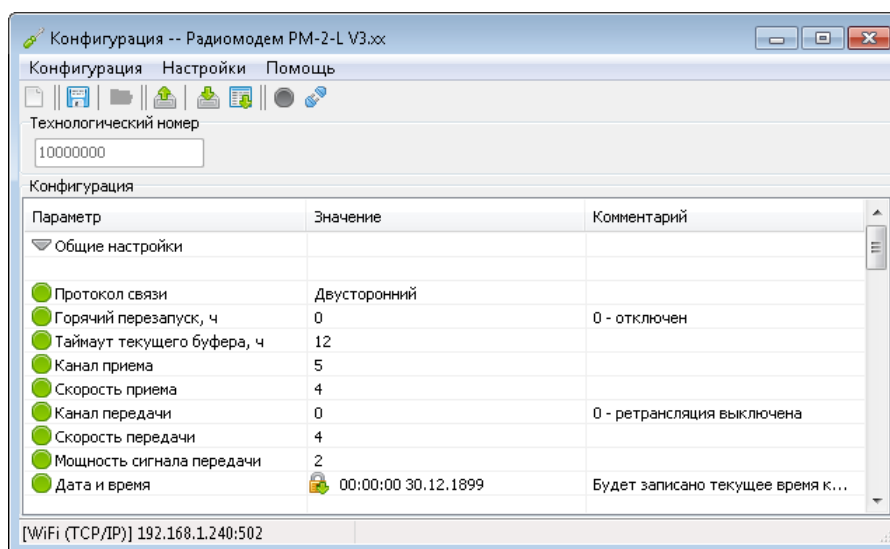
На экране «приборы на связи» можно просмотреть данные измерений, состояние батареи измерителей, уровень принимаемого сигнала и время принятых данных. Данная информация используется в основном в отладочных целях при настройке системы.



6.2 Настройка модема

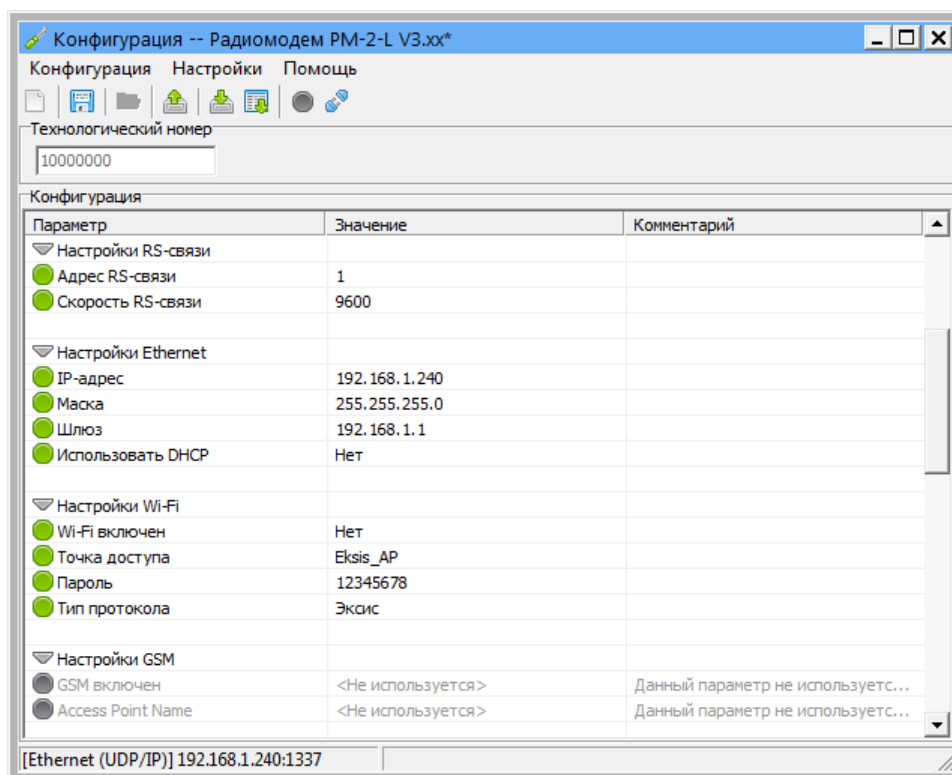
Модем удобнее всего настраивать с помощью конфигурационной программы. При этом основные настройки так же доступны с панели прибора, кроме тех где требуется ввод имен или паролей и некоторых специфических параметров. В качестве интерфейса при конфигурировании программой рекомендуется использовать USB. Порядок настройки конфигуратором следующий: пользователь вычитывает текущую конфигурацию модема, вносит необходимые изменения, записывает новую конфигурацию. После записи модем автоматически перезапускается и изменения конфигурации вступают в силу.

6.2.1 Общие настройки - конфигуратор



Раздел "Общие настройки" позволяет настроить: протокол связи; канал и скорость принимающего тракта; канал, скорость и мощность ретранслирующего тракта и управление ретрансляцией; время "горячего" перезапуска; время очистки буфера "приборы на связи". "Горячий" перезапуск производит перезапуск модема через заданный интервал времени в секундах - 0 функция отключена. Очистка буфера "приборы на связи" удаляет приборы из списка "приборы на связи" п.6.1.1, если информация от них не поступала дольше указанного промежутка времени в секундах. Данная функция нужна в основном в отладочных целях при настройке системы.

6.2.2 Настройка интерфейсов - конфигуратор



Раздел "Настройки интерфейсов" позволяет настроить параметры RS-232/485, Ethernet, Wi-Fi, GSM.

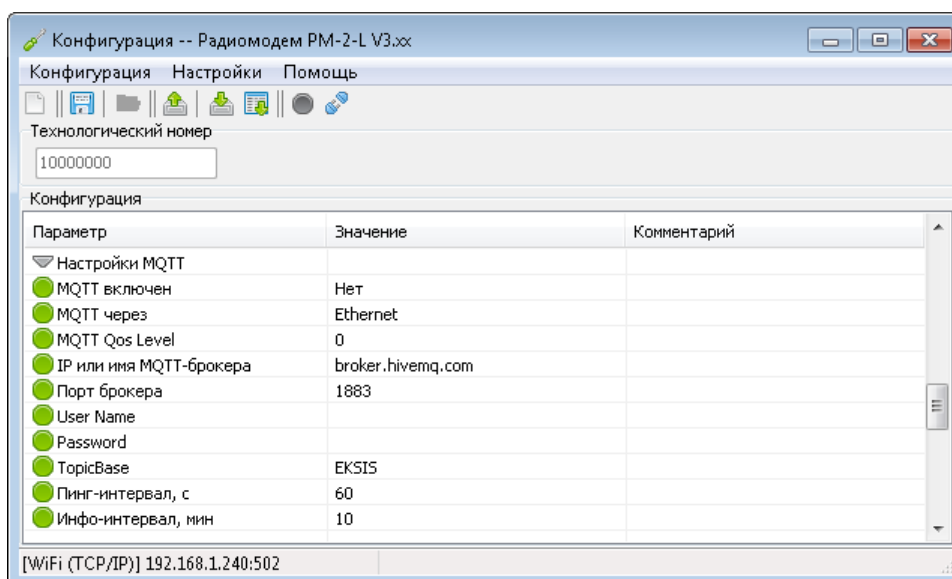
Настройка RS-интерфейсов: адрес прибора и скорость связи.

Настройка Ethernet: IP адрес, маска, адрес шлюза, использовать или нет DHCP.

Настройка Wi-Fi (PM-2-L W): включить/выключить интерфейс, задать имя сети, пароль сети, выбрать тип протокола EVL или Modbus.

Настройка GSM (PM-2-L G): включить/выключить интерфейс, задать имя точки доступа к интернету GSM сети (зависит от оператора).

6.2.3 Настройки MQTT - конфигуратор



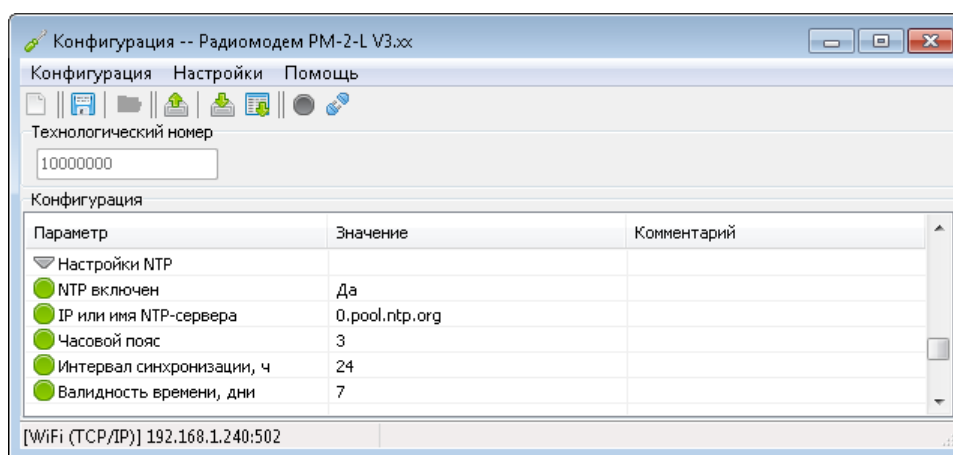
Раздел "Настройки MQTT" позволяет настроить:

- включить/выключить передачу MQTT пакетов
- указать интерфейс по которому будет осуществляться связь с брокером - Ethernet/GSM
- задать Qos уровень MQTT пакетов - 0...2
- задать имя или IP-адрес брокера - строка до 32 символов
- задать порт на сервере брокера - 1024...65535
- задать имя и пароль при подключении к брокеру, если необходимо - строки до 16 символов
- задать основание топика - строка 16 символов, подробнее в Приложение Б
- интервал посылки пинг-пакетов брокеру в секундах - 30...300
- интервал посылки информационных сообщений в минутах - 5...60, подробнее в Приложение Б

Следует иметь в виду, что при включении MQTT очистка буфера данных измерений осуществляется

по мере отправки данных на сервер брокера и не может быть выполнена никаким другим образом.

6.2.4 Настройки NTP - конфигуратор

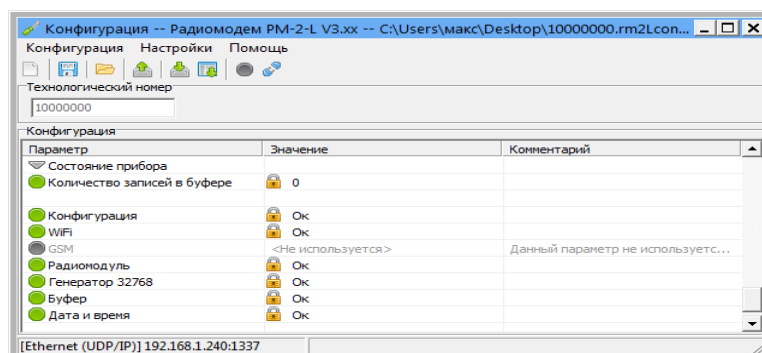


Раздел "Настройки NTP" позволяет настроить:

- включить/выключить синхронизацию времени по ntp-протоколу
- задать имя или IP-адрес ntp-сервера - строка до 32 символов
- задать часовой пояс -11...+11
- задать интервал синхронизации времени в часах - 1... 120
- задать интервал "валидности" времени в днях - 7... 30, если в указанный интервал времени не обновится время модема, оно считается неактуальным и модем не будет синхронизировать время в устройствах, что может привести к потере данных.

При включенной синхронизации времени модем сначала использует Ethernet интерфейс, а в случае неуспеха - GSM.

6.2.5 Состояние прибора - конфигуратор



Раздел "Состояние прибора" позволяет узнать работоспособность модема и текущее состояние буфера данных. Аналогичную информацию можно узнать с панели прибора.

7 МАРКИРОВКА, ПЛОМБИРОВАНИЕ, УПАКОВКА

7.1 На передней панели прибора нанесена следующая информация:

- наименование прибора
- товарный знак предприятия-изготовителя

7.2 На задней панели прибора указывается:

- заводской номер и дата выпуска

7.3 Пломбирование прибора выполняется на задней панели

7.4 Прибор и его составные части упаковываются в упаковочную тару – картонную коробку, ящик, чехол или полиэтиленовый пакет.

8 ХРАНЕНИЕ, ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

8.1 Приборы хранят в картонной коробке, в специальном упаковочном чехле или в полиэтиленовом пакете в сухом проветриваемом помещении, при отсутствии паров кислот и других едких летучих веществ, вызывающих коррозию, при температуре от плюс 5 до плюс 40 °С и относительной влажности от 30 до 80 %.

8.2 Транспортирование допускается всеми видами транспорта в закрытых транспортных средствах, обеспечивающих сохранность упаковки, при температуре от минус 50 до плюс 50 °С и относительной влажности до 98 % при 35 °С.

9 КОМПЛЕКТНОСТЬ

9.1 Комплектность поставки модема приведена в таблице 9.1

Таблица 9.1

Наименование комплектующих изделий, программного обеспечения, документации	Кол-во
1 Радиомодем РМ-2-L	1 шт.
2 Сетевой адаптер 220 В	1 шт.
3 Антенна 868 МГц	1 шт.
4 Антенна Wi-Fi или GSM	1 шт.
5 Кабель связи RS-232, 10 м	1 шт.
6 Кабель связи USB	1 шт.
7 Руководство по эксплуатации и паспорт	1 экз.
8 Диск или USB-накопитель с программным обеспечением	1 шт.
8.1 Eksis Visual Lab	1 шт.
8.2 Программа-конфигуратор	

10 СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

10.1 Прибор **PM-2-L** ____ зав.№ _____ изготовлен в соответствии с комплектом конструкторской документации ТФАП.431332.006 и признан годным для эксплуатации.

Дата выпуска _____ 20 ____ г.

Представитель ОТК _____

Дата продажи _____ 20 ____ г.

Представитель изготовителя _____

МП.

11 ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

- 11.1** Изготовитель гарантирует соответствие прибора техническим характеристикам при соблюдении потребителем условий эксплуатации, хранения и транспортирования.
- 11.2** Гарантийный срок эксплуатации прибора – 12 месяцев со дня продажи.
- 11.3** В случае выхода прибора из строя в течение гарантийного срока при условии соблюдения потребителем условий эксплуатации, хранения и транспортирования изготовитель обязуется осуществить его бесплатный ремонт.
- 11.4** Доставка прибора изготовителю осуществляется за счет потребителя. Для отправки в ремонт необходимо:
- упаковать прибор вместе с документом «Руководство по эксплуатации и паспорт»
 - отправить по почте по адресу: **124460 г. Москва, Зеленоград, а/я 146** либо привезти на предприятие-изготовитель по адресу: **г. Зеленоград, проезд 4922, строение 2, пом. 1, к. 25**
- 11.5** Гарантия изготовителя не распространяется и бесплатный ремонт не осуществляется:
- в случаях если в документе «Руководство по эксплуатации и паспорт» отсутствуют или содержатся изменения (исправления) сведений в разделе «Свидетельство о приемке»;
 - в случаях внешних и внутренних повреждений (механических, термических и прочих) прибора, разъемов, кабелей;
 - в случаях нарушений пломбирования прибора, при наличии следов несанкционированного вскрытия и изменения конструкции;
 - в случаях загрязнений корпуса прибора;
 - на сменные элементы питания, поставляемые с прибором.
- 11.6** Изготовитель осуществляет платный послегарантийный ремонт и сервисное обслуживание прибора.
- 11.7** Гарантия изготовителя на выполненные работы послегарантийного ремонта, составляет шесть месяцев со дня отгрузки оборудования. Гарантия распространяется на замененные/отремонтированные при послегарантийном ремонте детали.
- 11.8** Изготовитель не несет гарантийных обязательств на поставленное оборудование, если оно подвергалось ремонту или обслуживанию в не сертифицированных изготовителем сервисных структурах.

12 ДАННЫЕ О РЕМОНТЕ ПРИБОРА

Таблица 12.1 Сведения о ремонте

Дата поступления	Неисправность	Выполненные работы	Дата завершения ремонта

ПРИЛОЖЕНИЕ А: Modbus RTU и TCP

Единичная запись регистров осуществляется функцией *0x06*. Доступные для записи регистры: *9994, 9995, 9999*. Чтение регистров осуществляется функцией *0x04*. Количество вычитываемых регистров – не более 16-и. Номера доступных для чтения регистров лежат в диапазонах: *1...2048, 9992...9999, 10000...20224*. Распределение адресов следующее:

1...2048 – *текущие записи*, а именно, данные измерений с метками времени самым близким к текущему – те что пользователь видит на экране модема; если метка времени данных отстоит от текущего времени более чем на 12 часов, запись удаляется – состояние прибора считается «нет связи»; текущие записи обновляются даже при переполнении *буфера измерений*; размер одной текущей записи – 16 регистров; состояние «прибор не на связи» определяется ответом «MODBUS_INVALID_ADDRESS» при чтении любого регистра;

9992...9999 – *регистры состояния и управления* модемом: слово ошибок, текущее время, количество приборов «на связи», количество записей в буфере, управление буфером;

10000...20224 – *буфер измерений*; формат записей в буфере аналогичен *текущим записям* (16 регистров); при достижении максимального количества записей, модем прекращает заполнение буфера и не подтверждает прием данных – для возобновления приема данных требуется проводить процедуру очистки буфера с помощью *регистров управления*.

Распределение данных по регистрам *текущих записей (1...2048)*, таблица 1

Номер регистра	Тип данных	Параметр	Адрес передающего устройства
1-2	4 байта	Время измерений, формат UNIX	1
3	int	RSSI – уровень сигнала, дБм	
4	int	Слово конфигурации устройства	
5	int	Слово ошибок устройства	
6	int	Уровень батареи устройства, %	
7-15	-	Измерения	
16	byte	Тип устройства(старший байт)	
	byte	1 (Адрес устройства)	
...всего 128 записей ...			
2033-2034	4 байта	Время измерений, формат UNIX	128
2035	int	RSSI – уровень сигнала, дБм	
2036	int	Слово конфигурации устройства	
2037	int	Слово ошибок устройства	
2038	int	Уровень батареи устройства, %	
2039-2047	int	Измерения	
2048	byte	Тип устройства (старший байт)	
	byte	128 (Адрес устройства)	

Распределение данных по регистрам *буфера измерений*(10000...20224), таблица 2

Номер регистра	Тип данных	Параметр
10000-10002	4 байта	Время измерений, формат UNIX
10003	int	RSSI – уровень сигнала, дБм
10004	int	Слово конфигурации устройства
10005	int	Слово ошибок устройства
10006	int	Уровень батареи устройства, %
10007-10015	-	Измерения
10016	byte	Тип устройства(старший байт)
	byte	Адрес устройства
... всего до 639 записей ...		
20209-20210	4 байта	Время измерений, формат UNIX
20211	int	RSSI – уровень сигнала, дБм
20212	int	Слово конфигурации устройства
20213	int	Слово ошибок устройства
20214	int	Уровень батареи устройства, %
20215-20223	int	Измерения
20224	byte	Тип устройства (старший байт)
	byte	Адрес устройства

Распределение данных по регистрам *состояния и управления* (9992...9999), таблица 3

Номер регистра	Тип данных	Параметр
9992	int	Слово ошибок
		бит 0: «1» - не установлено время
		бит 1: «1» - ошибка конфигурации
		бит 2: «1» - ошибка WiFi модуля
		бит 3: «1» - загружена конфигурация по умолчанию
		бит 4: «1» - ошибка радиомодуля
		бит 5: «1» - закончилась память текущих записей
		бит 6: «1» - закончилась память буфера
		бит 7: «1» - ошибка генератора часов реального времени
бит 8: «1» - время не актуально, требуется синхронизация		
9994-9995	4 байта	Текущее время модема, формат UNIX
9996	int	Количество <i>текущих записей</i> (оно же- количество приборов на связи)
9998	int	Количество записей в <i>буфере измерений</i>
9999	int	Количество записей для удаления из <i>буфера измерений</i> (стираются записи с начала буфера, оставшиеся перемещаются на место удаленных записей, регистр 9998 уменьшается на количество удаленных записей)

Примечание: регистры 9994-9995 доступны для чтения и записи (текущее время), после записи сбрасываются биты 0 и 8 в «Слове ошибок» (9992). Процедура работы с буфером следующая: читается регистр «Количество записей в *буфере измерений*» (9998), производится вычитывание записей из буфера (10000 - ...) в количестве равном количеству записей, в регистр «Количество записей для очистки из *буфера измерений*» записывается количество вычитанных данных.

Подробная расшифровка регистров ИВТМ-7М4 и ИВТМ-7М4-1, таблица 4

Номер регистра внутри записи	Тип данных	Параметр
1-2	4 байта	Время измерений, формат UNIX
3	int	RSSI – уровень сигнала принятого пакета, дБм «+10...-146»
4	int	Слово конфигурации устройства бит 0-бит3: номер канала радиопередачи бит 4-бит7: мощность передачи – 2, дБм, «0...15» бит 8-бит11: скорость передачи – 1, «0...3» бит 12-бит13: всегда «11» бит 14: «1» - прибор без канала влажности бит 15: «1» - прибор с каналом давления
5	int	Слово ошибок устройства бит 0: «1» - ошибка канала температуры бит 1: «1» - ошибка канала влажности бит 2: «1» - ошибка канала давления бит 3-бит15: служебная информация
6	int	Уровень заряда батареи устройства, % «0...100»
7-15	int int int -	Измерения 7 - температура * 10, °С, «-600...+1500» 8 - влажность, отн. %, «0...100» 9 - давление, мм.рт.ст. «573...828» 10-15 - «0», не задействованы
16	byte	Тип устройства(старший байт) «0» - ИВТМ-7М4-1 «1» - ИВТМ-7М4
	byte	Адрес устройства «1-255» - сетевой адрес

ПРИЛОЖЕНИЕ Б: MQTT - ФОРМАТ ТОПИКОВ И СООБЩЕНИЙ

Радиомодем поддерживает протокол MQTT версии 3.1.1. Модем публикует сообщения на основе буфера данных, по мере отправки сообщений буфер очищается. Формат топиков под которыми публикуются сообщения формируется из: значения строки "TopicBase" (п.6.2.3), уникального технологического номера модема (восемь цифр), строки "data" и сетевого адреса устройства, данные которого передаются в сообщении. Так же модем публикует сообщения о собственном состоянии под топиком: строка "TopicBase" (п.6.2.3), уникальный технологический номер модема (восемь цифр), строка "info". Период публикации сообщений о состоянии модема задается параметром "Инфо-интервал" (п.6.2.3)

Пример: TopicBase - "EKISIS", технологического номер модема - "10000000", сетевой адрес устройства - 65. Топик сообщений от измерителя с сетевым адресом 65 будет выглядеть как "EKISIS/10000000/data/65". Топик сообщения состояния модема будет выглядеть как "EKISIS/10000000/info".

Сообщения передаются в структурах в формате JSON. Формат сообщений состояния модема выглядит следующим образом:

```
{
    "timestamp": 1608033600,
    "deviceClass": 71,
    "deviceName": "PM-2-L",
    "firmwareVersion": "3.14",
    "band": 7,
    "speed": 4,
    "protocol": 2,
    "deviceOnAir": 15,
    "error": [ "" ]
}
```

Назначения ключей:

<i>timestamp</i>	- время отправки сообщения в формате UNIX (секунды);
<i>deviceClass</i>	- уникальный класс устройств, служит для идентификации устройств;
<i>deviceName</i>	- имя устройства, служит для идентификации устройств;
<i>firmwareVersion</i>	- версия программного обеспечения модема;
<i>band, speed, protocol</i>	- настройки приемного тракта модема;
<i>deviceOnAir</i>	- количество устройств на связи;
<i>error</i>	- массив ошибок в виде строковых сообщений, возможные варианты "BadTime", "NeedTimeSync", "LoRaTransiverFail"

Формат сообщений данных измерений ИВТМ-7М4 выглядит следующим образом:

```
{
  "timestamp": 1608033812,
  "deviceClass": 91,
  "deviceName": "ИВТМ-7М4-1",
  "channels":
  [
    {
      "parameters":
      [
        {
          "value": 17.5,
          "name": "Температура",
          "units": "°C",
        },
        {
          "value": 23,
          "name": "Влажность",
          "units": "%"
        },
        {
          "value": 750,
          "name": "Давление",
          "units": "мм.рт.ст.",
          "error": ["" ]
        },
        {
          "value": 87,
          "name": "Заряд",
          "units": "%"
        },
        {
          "value": -87,
          "name": "Сигнал",
          "units": "дБм"
        }
      ]
    }
  ]
}
```

Назначения ключей:

<i>timestamp</i>	- время отправки сообщения в формате UNIX (секунды);
<i>deviceClass</i>	- уникальный класс устройств, служит для идентификации устройств: ИВТМ-7М4 - 72 класс, ИВТМ-7М4-1 - 91 класс;
<i>deviceName</i>	- имя устройства, служит для идентификации устройств;
<i>channels</i>	- массив каналов измерителя, для ИВТМ-7М4 в массиве только один канал измерений;
<i>parameters</i>	- массив параметров канала измерений, передаются только измеряемые параметры;
<i>value, name, units</i>	- значение, имя и единицы измерения параметра: "Заряд" - процентное значение заряда автономных элементов питания измерителя, "Сигнал" - уровень сигнала в дБм измеренный модемом при приеме данных от измерителя, значение остальных параметров не требует пояснений;

error

- массив ошибок в виде строковых сообщений, если в параметре присутствует этот ключ, то значение параметра считается невалидным по причине неисправности этого параметра в измерителе.