

КОМПЛЕКС МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ

МАЛЫЙ МК-26-2

Руководство по эксплуатации

ЛАНИ.416311.001-02 РЭ

Содержание

1 Описание и работа изделия	4
1.1 Назначение изделия	4
1.2 Технические характеристики	4
1.3 Устройство и работа.....	5
2 Использование по назначению	13
2.1 Эксплуатационные ограничения	13
2.2 Требования безопасности	13
2.3 Подготовка изделия к использованию	13
2.4 Указания по включению и опробованию.....	13
2.5 Размещение и монтаж изделия	14
3 Техническое обслуживание	16
4 Хранение и транспортирование	16
5 Комплект поставки.....	17
6 Основные сведения об изделии	17
7 Ресурсы, сроки службы и хранения, гарантии изготовителя.....	17
8 Свидетельство о приёмке	19
9 Учёт работы изделия	20
10 Учёт технического обслуживания.....	20
11 Работы при эксплуатации	21
11.1 Учет выполнения работ	21
11.2 Техническое освидетельствование контрольными органами.....	22
12 Хранение	23
Методика градуировки	24
А.1 Общие сведения.....	24
А.2 Средства градуировки.....	24
А.3 Порядок определения градуировочных характеристик.....	24
Протокол связи МК–26–2 с компьютером	28
Протокол связи МК–26–2 с GPRS-модемом.....	39
В.1 Telit GT864	39
В.2 Siemens TC65.....	40
В.3 Wavocom Supreme.....	41

Комплексы метеорологические малые МК-26 предназначены для измерения метеорологических и гидрологических параметров и передачи данных потребителю.

МК-26 выпускаются в четырех модификациях:

- МК-26-1 - базовый комплекс для измерения метеопараметров приземного слоя атмосферы с выводом информации на персональный компьютер потребителя по протоколу Modbus-RTU;
- МК-26-2 – мобильный комплекс для измерения метеопараметров приземного слоя атмосферы с индикацией данных;
- МК-26-3 – комплекс для измерения абсолютного гидростатического давления и температуры воды с выводом информации на персональный компьютер потребителя по протоколу Modbus-RTU,;
- МК-26-2-4 - комплекс для измерения избыточного гидростатического давления и температуры воды с выводом информации на персональный компьютер потребителя по протоколу Modbus-RTU.

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для ознакомления с принципом работы и устройством комплекса метеорологического малого МК-26-2 и устанавливает правила его использования и обслуживания. РЭ содержит указания о возможных неисправностях и способах их устранения. В РЭ изложены правила хранения, транспортирования и утилизации МК-26-2.

Для автоматического измерения метеорологических параметров в состав комплекса МК-26-2 включаются:

- блок измерительный с контроллером и индикатором БИ;
- датчик абсолютного давления атмосферный АтК на базе резонатора кварцевого манометрического абсолютного давления РКМА-Р;
- датчик температуры ДТ;
- датчик влажности и температуры ШТ;
- датчик ветра малогабаритный ДВМ.;
- радиационная защита.

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА ИЗДЕЛИЯ

1.1 Назначение изделия

1.1.1 МК–26–2 предназначен для измерения атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра, обработки результатов измерений по алгоритмам рекомендуемым Всемирной Метеорологической Организацией, приведенным в "Руководстве по метеорологическим приборам и методам наблюдений" и передачи информации потребителю.

1.2 Технические характеристики

1.2.1 МК–26–2 обеспечивает автоматическое измерение метеопараметров в рабочих условиях применения в диапазонах и с погрешностями, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерения	Пределы допускаемой абсолютной погрешности
1. Температура воздуха, °С	От минус 40 до 50	± 0,3
2. Относительная влажность воздуха, %	От 10 до 90 От 0 до 100	± 2,0 ± 4,0
3. Атмосферное давление, гПа	От 800 до 1100	± 0,5
4. Скорость ветра V, м/с	От 0,6 до 60	± (0,3+0,05V)
5. Направление ветра, градус	От 0 до 360	± 10,0

1.2.2 Выходной сигнал МК–26–2 интерфейс RS-232, к которому подключается компьютер потребителя с протоколом MODBUS-RTU или GPRS-модем для связи с FTP-сервером потребителя.

1.2.3 Энергопитание МК–26–2 осуществляется от источника постоянного тока напряжением (12 ± 2) В. Потребляемая мощность - не более 0,1 В·А.

1.2.4 Время готовности к работе с момента включения питания не более 3 с.

1.2.5 Вид климатического исполнения соответствует УХЛ1 по ГОСТ 15150-69, для эксплуатации при температуре окружающей среды от минус 40 °С до 50 °С.

1.2.6 Степень защиты от воздействия воды соответствует коду IP65 по ГОСТ 14254-96.

1.2.7 Средний срок службы - не менее 8 лет.

1.2.8 МК–26–2 в упаковке при транспортировании выдерживает:

- воздействие температуры окружающей среды до минус 50 °С до 50 °С;

- транспортную тряску с ускорением 30 м/с^2 при частоте ударов от 80 до 120 в минуту в течение 1 ч.

1.3 Устройство и работа

1.3.1 МК–26–2 разработан в соответствии с требованиями, предъявляемыми к проведению метеорологических измерений, изложенными в «Наставлениях гидрометеорологическим станциям и постам, выпуск 3, часть 1». В соответствии с наставлениями метеорологические датчики температуры, влажности воздуха, параметров ветра должны устанавливаться на мачте над поверхностью земли, чтобы исключить влияние расположенных поблизости сооружений. Датчики температуры и влажности воздуха размещены в радиационной защите, имеют естественную аспирацию и защиту от прямых солнечных лучей, осадков. Датчик атмосферного давления установлен внутри корпуса блока измерительного (БИ). Блок измерительный может располагаться как непосредственно на метеоплощадке (в защитном боксе), так и внутри помещения.

Принцип действия МК–26–2 основан на дистанционном измерении метеорологических параметров (температуры воздуха, относительной влажности воздуха, скорости и направления воздушного потока, атмосферного давления) посредством контактных датчиков. Выходные сигналы датчиков поступают в измерительный микроконтроллер блока БИ. Микроконтроллер со встроенным программным обеспечением осуществляет управление работой комплекса, преобразование цифровых кодов в физические величины, осреднение полученных значений, вывод информации на индикатор и в линию связи (по каналу связи по запросу из центра сбора данных потребителя или по своей инициативе в GPRS-модем для передачи в FTP-сервер потребителя).

Визуализация данных, полученных от комплексов МК–26–2, осуществляется в центре сбора данных потребителя (персональный компьютер с программным обеспечением).

1.3.2 Центральным устройством комплекса является блок измерительный БИ. В корпусе БИ расположена плата измерительного контроллера и датчик атмосферного давления. На лицевой панели корпуса размещен жидкокристаллический индикатор. Для подключения метеорологических датчиков и линии связи установлены разъёмы разных типов (рисунок 1).



Рисунок 1

Внутри корпуса БИ разъёмы соединены с разъемами измерительного контроллера (рисунок 2). Разъёмы (слева направо) и номера контактов в разъемах распределены следующим образом:



- тумблер переключения потоков данных через RS-232 замыкает контакты 2 и 4 разъема J5. В нижнем положении, разомкнутом - по запросу из центра сбора данных потребителя (протокол Modbus-RTU). В верхнем положении, замкнутом - в GPRS-модем для передачи в FTP-сервер потребителя (протокол AT-команд модема).



– скорость и направление ветра соединяется с разъемом J4;

- Контакт 1 — +5;
- Контакт 2 — \pm ;
- Контакт 3 — A;
- Контакт 4 — M;



– термометр соединяется с разъемом J11;

- Контакт A — +5;
- Контакт B — \pm ;
- Контакт C — T;



– температура и влажность соединяется с разъемом J1 (контакты 4, 8);

- Контакт A — +5;
- Контакт B — sClk;
- Контакт C — \pm ;
- Контакт D — sDat;
- Контакт E — экран;



– напряжение 12 вольт соединяется с разъемами J6, J12;

- Контакт 1 — +12 вход;
- Контакт 2 — \pm ;
- Контакт 3 — +12 питание модема;
- Контакт 4 — TO_IN включение модема;

- Контакт 5 — HR_IN выключение модема;



- тумблер включения МК-26-2. В верхнем положении – включен.



- разъем RS-232 для подключения компьютера 0-модемным кабелем или GPRS-модема модемным кабелем соединяется с разъемом J8.

- Контакт 2 — Rx;
- Контакт 3 — Tx;
- Контакт 4 — DTR;
- Контакт 5 — $\underline{\text{G}}$.

Контроллер содержит:

- 16-битные таймеры для измерения частоты – 2 канала;
- дискретные входы – 4 шт.;
- универсальные дискретные входы/выходы – 4 шт.;
- температурно-стабилизированный генератор импульсов 32 кГц;
- супервизор питающего напряжения и сторожевой таймер;
- преобразователь напряжения;
- часы реального времени с батареей.
- энергонезависимую FRAM память 32 кБайт;
- преобразователь интерфейса RS-232;
- разъём для программирования микроконтроллера XE88LC;

Контроллер размещен в БИ (корпус IP65) и подключен к разъемам на корпусе (рисунок 2)

Габаритные размеры 200×120×75 мм, масса 0,5 кг.

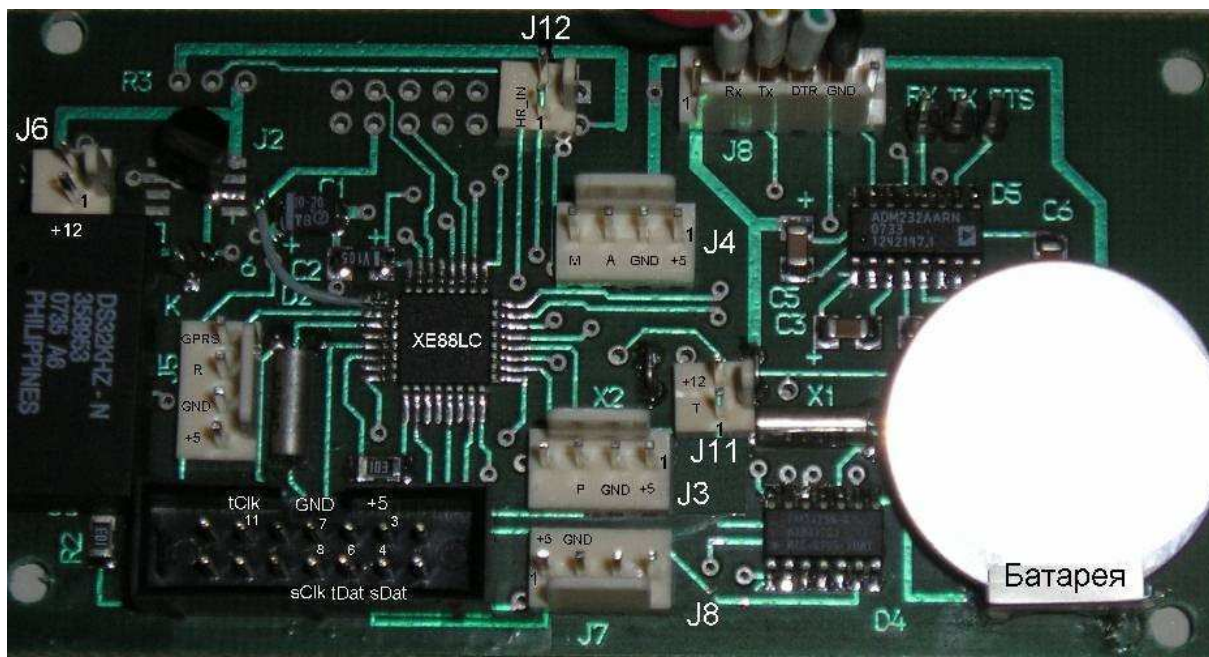


Рисунок 2

1.3.3 Датчик абсолютного давления атмосферный выполнен на основе кварцевого преобразователя давления и датчика температуры с цифровым интерфейсом. Выходные сигналы: частота – давление, цифровой интерфейс I2C – температура, для учета температурной поправки. Для измерения атмосферного давления используется датчик АтК на базе кварцевого преобразователя давления воздуха РКМА-Р. Фотография и схема датчика приведены на рисунке 3.

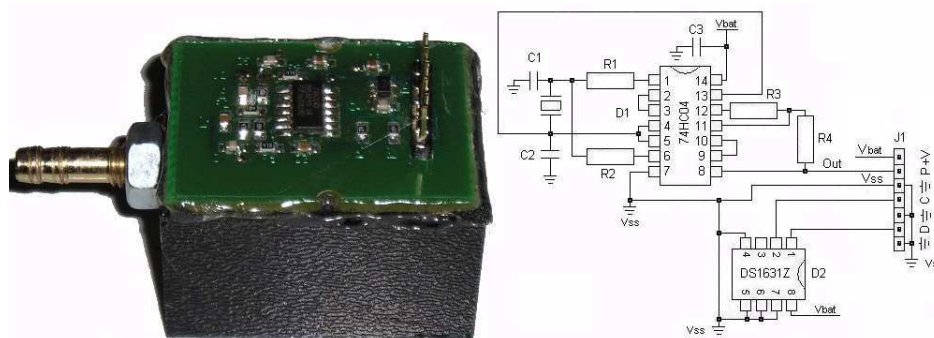


Рисунок 3

Габаритные размеры 50×29×26 мм, масса 0,1 кг.

1.3.4 Принцип действия термометра основан на пропорциональном изменении его частоты в зависимости от изменения температуры. Выходной сигнал – частота.

Габаритные размеры : Ø8×30 мм, масса 0,1 кг.

1.3.5 Датчик температуры и влажности воздуха выполнен на основе чувствительного элемента SHT-75. Фотография SHT-75 приведена на рисунке 4.



Рисунок 4

Выходной сигнал датчика – двухпроводный последовательный интерфейс (типа I2C). Чувствительный элемент SHT-75 располагается в защитном корпусе и связан с атмосферой через специальный фильтр. Фотография фильтра приведена на рисунке 5.



Рисунок 5

Корпус датчика обеспечивает защиту от прямого воздействия солнечных лучей.

Габаритные размеры 40×15×15, масса 0.1 кг

1.3.6 Датчик ветра ДВМ обеспечивает преобразования скорости и направления ветра в частоту следования и фазовый сдвиг последовательностей электрических импульсов.

Выходной сигнал датчика - две последовательности импульсов амплитудой напряжения 5В, частотой следования от 2 до 50 Гц. Фазовый сдвиг между последовательностями от 0 до 360 градусов. Фотография приведена на рисунке 6.



Рисунок 6

Габаритные размеры 380x194x412 мм, масса 2,0 кг.

1.3.7 Радиационная защита используется для защиты датчиков влажности и температуры от прямого воздействия солнечных лучей и осадков, обеспечивает естественную аспирацию.

Габаритные размеры 180x180x190 мм, масса 0,6 кг.

1.3.8 Электропитание комплекса обеспечивается от блока бесперебойного питания (БП) 12В, располагаемого в помещении. БП в состав МК-26-2 не входит. Является дополнительным оборудованием в случае отсутствия питания 12В.

1.3.9 Схема МК-26-2 приведена на рисунке 8.

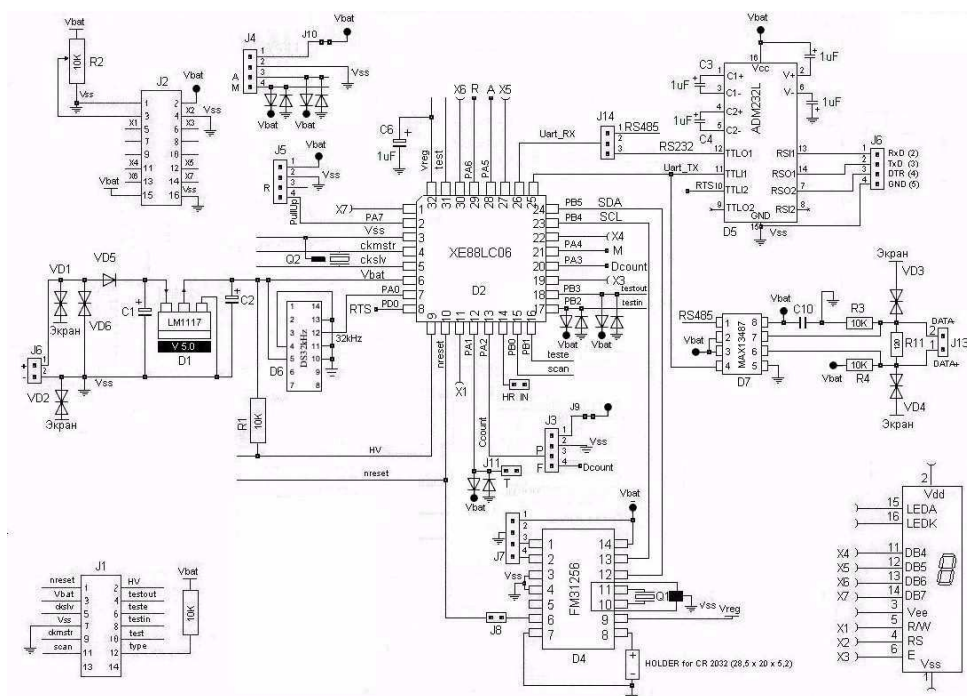


Рисунок 8.

1.3.10 По включению питания микросхема ADR02 вырабатывает стабилизированное напряжение 5 вольт для питания микроконтроллера XE88LC и измерительных устройств: датчика температуры (ДТ), кварцевого датчика абсолютного давления АтК, датчика относительной влажности (ДВО), датчика скорости и направления ветра ДВМ. Через 140 миллисекунд после подачи питания в микроконтроллере запускается программное обеспечение, под управлением которого выполняются измерения и обработка результатов.

Выходной сигнал АтК, пропорциональный величине абсолютного давления, поступает на вход таймера микроконтроллера XE88LC. Временной интервал подсчёта входных импульсов формируется с помощью термо-стабилизированного генератора. Частота генератора 32 кГц поступает на вход другого таймера микроконтроллера. Температура кварцевого стекла измеряется с помощью микросхемы DS1631 и передается в микроконтроллер по последовательному интерфейсу I2C. Измеренное значение частоты и полученное значение температуры кварца пересчитывается по градуировочным коэффициентам из флэш-памяти FM31256 в абсолютное давление, которое записывается в регистры оперативной памяти, которые могут быть прочитаны с помощью протокола MODBUS-RTU по RS-232.

ДВО подключен к 2-м цифровым входам/выходам микроконтроллера, через которые программно реализован последовательный протокол обмена. Коды встроенного в датчик АЦП пересчитываются в значения влажности и температуры по формулам, приведенным в документации на датчик SHT15/75 и записывается в регистры оперативной памяти, которые могут быть прочитаны с помощью протокола MODBUS-RTU по RS-232.

Принцип работы датчика скорости и направления ветра основан на использовании зависимостей между скоростью воздушного потока и числом оборотов винта и между направлением вектора скорости и положением свободно ориентирующейся флюгарки. При этом скорость и направление ветра преобразуются в частоту следования и фазовый сдвиг последовательностей электрических импульсов при помощи двух пульсаторов, выполненных на герконах. Опорная и основная серия импульсов подаются на 2 цифровым входа, которые вызывают прерывания в программе при каждом прохождении импульса. Программно рассчитывается частота следования импульсов и фазовый сдвиг.

Мгновенное значение скорости ветра определяется по формуле:

$$V = \frac{f}{k} \quad \text{где } k = 0.9, f - \text{частота} \quad (1)$$

Мгновенное значение направления ветра α определяется по формуле:

$$\alpha = 360^\circ \times f \times \Delta \quad \text{где } \Delta - \text{временной сдвиг основной серии от опорной} \quad (2)$$

Полученные значения записываются в регистры оперативной памяти, которые могут быть прочитаны с помощью протокола MODBUS-RTU по RS-232.

1.3.11 Градуировка измерительных каналов является частью настройки МК–26–2 и проводится с целью определения градуировочной характеристики каждого измерительного канала для последующего вычисления коэффициентов аппроксимирующего полинома. Порядок определения градуировочных характеристик измерительных каналов и вычисления коэффициентов аппроксимирующего полинома приведен в приложении А. В МК–26–2 градуировка требуется для канала измерения абсолютного давления и для канала температуры.

Абсолютное давление вычисляется по формуле:

$$P = C_0(f) + C_1(f) \times t + C_2(f) \times t^2 + C_3(f) \times t^3 \quad (3)$$

где t – температура кварца, C_0, C_1, C_2, C_3 – коэффициенты зависящие от частоты кварца, каждый из которых определяется по формуле:

$$C_i(f) = A_{i0} + A_{i1} \times f + A_{i2} \times f^2 \quad (4)$$

где A_{i0}, A_{i1}, A_{i2} – коэффициенты аппроксимирующего полинома 2-ой степени.

Таким образом для вычисления абсолютного давления МК–26–2 требуется 12 коэффициентов. Сначала измеренное значение частоты кварца подставляется поочередно в 4 полинома 2-ой степени и вычисляются коэффициенты C_0, C_1, C_2, C_3 . Затем из полученных коэффициентов формируется полином 3-ей степени, в который подставляется значение температуры кварца, считанное из датчика DS1631 по каналу I2C.

Температура вычисляется по формуле:

$$T = C_0 + C_1 \times f + C_2 \times f^2 + C_3 \times f^3 \quad (3)$$

где f – частота кварца, C_0, C_1, C_2, C_3 – коэффициенты аппроксимирующего полинома.

1.3.12 Для передачи данных потребителю по каналу сотовой связи к порту RS-232 МК–26–2 может быть подключен GPRS-модем Telit GT864 или Siemens T65T. Список AT команд для настройки модемов и привязки их к оператору сотовой связи приведен в приложении В.

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1 Эксплуатационные ограничения

2.1.1 Эксплуатационные ограничения комплекса МК–26–2 касаются его датчика абсолютного давления. Измеряемая среда не должна иметь загрязнений, которые могут накапливаться и уплотняться в полости штуцера перед кварцевым стеклом и вызвать отказ датчика.

2.2 Требования безопасности

2.2.1 Обслуживающему персоналу необходимо знать и соблюдать "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей".

2.2.2 МК–26–2 относится к классу III по ГОСТ 12.2.007.0–75 и не использует напряжений, опасных для человека.

2.2.3 Внешний источник питания, применяемый в случае необходимости для преобразования более высокого напряжения в безопасное 12 вольт, должен иметь сертификат электробезопасности.

Мерами предосторожности являются:

- соблюдение правил техники безопасности;
- исправность предохранителей.

2.3 Подготовка изделия к использованию

2.3.1 Работать с изделием могут лица, изучившие настоящее руководство по эксплуатации, ознакомившиеся со схемой и конструкцией МК–26–2 и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

2.3.2 Внимание! Для обеспечения устойчивой работы МК–26–2 и предотвращения его выхода из строя, питание рекомендуется осуществлять через устройство подавления импульсных помех и грозовых разрядов по первичной сети в соответствии с ГОСТ 13109-97 "Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения".

2.4 Указания по включению и опробованию

Перед включением проверить МК–26–2 на отсутствие внешних повреждений. Для опробования перед монтажом на месте эксплуатации выполнить следующие операции:

- соединить составные части МК–26–2 (БИ, ББП и персональный компьютер);
- установить программу «Центр сбора метеоданных», которая находится кв корневой директории компакт-диска МК–26–2 (файл *setup.exe*);

- запустить программу «Центр сбора метеоданных» (иконка МЕТЕО на рабочем столе). Проверить/исправить в меню «Настройка» номер COM-порта. Более подробно работа с программой описана в «Руководстве пользователя». Главное окно программы приведено на рисунке 9.

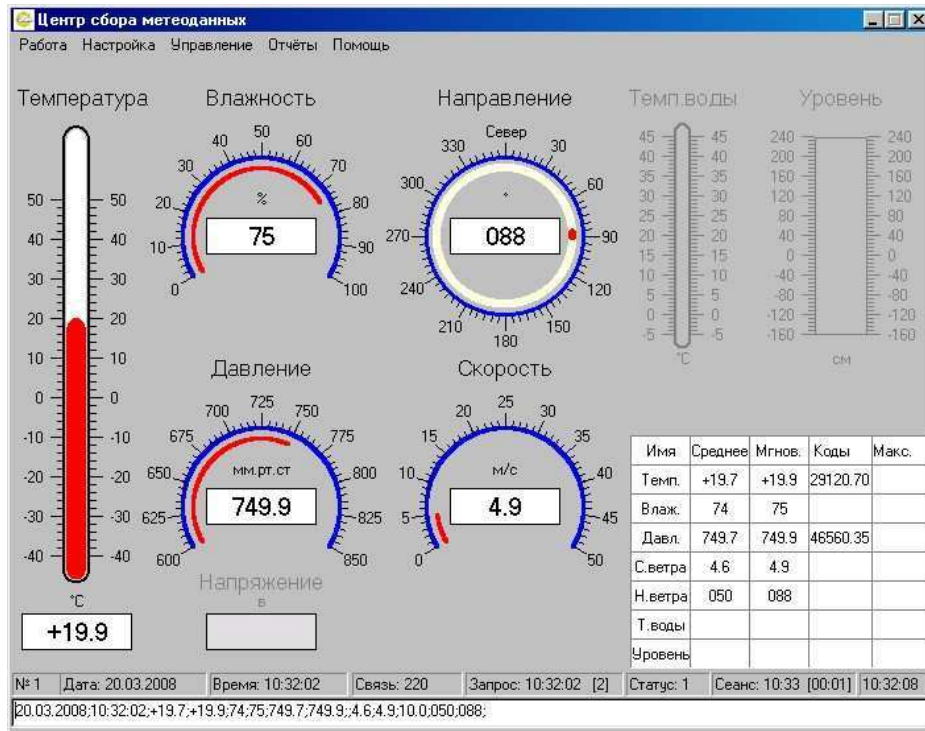


Рисунок 9

- значения должны соответствовать давлению, температуре и влажности окружающей среды, скорости и направлению ветра.

2.5 Размещение и монтаж изделия

2.5.1 Внешний вид установленного комплекса приведен на рисунке 10.

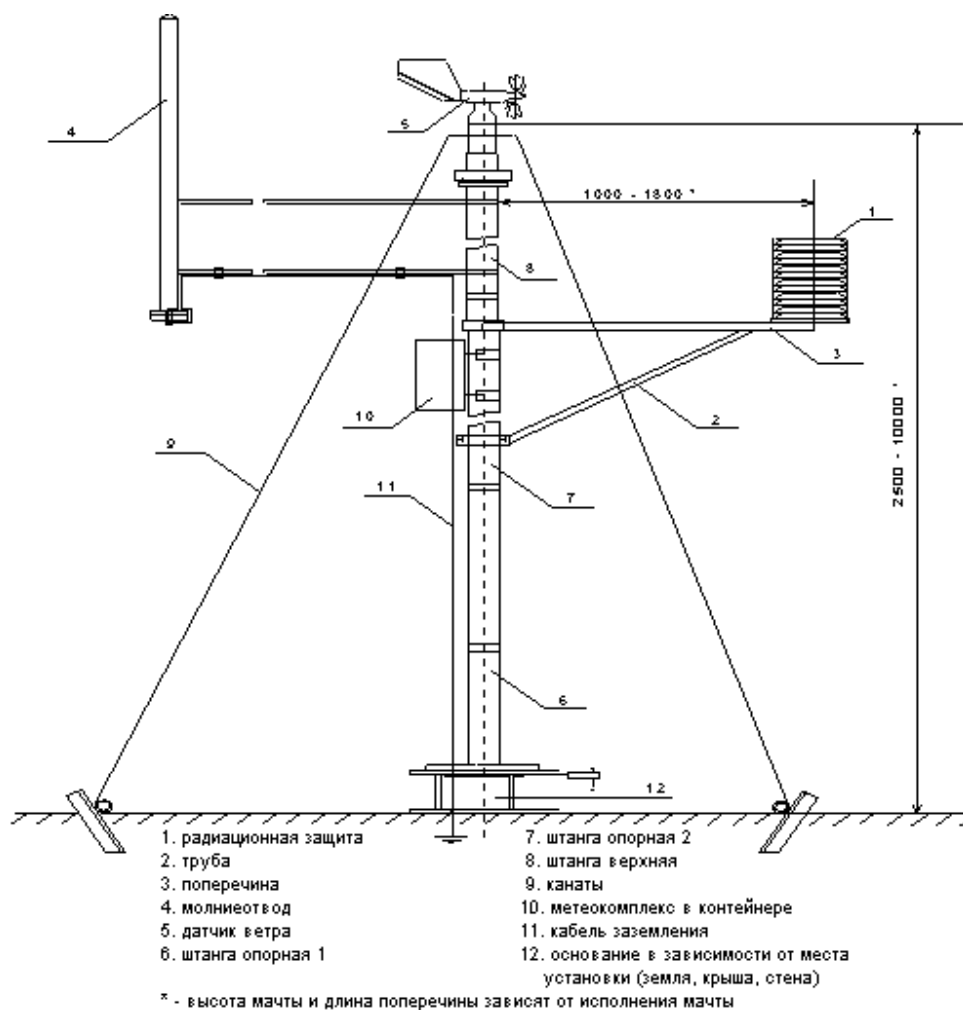


Рисунок 10

2.5.2 В соответствии с наставлениями метеорологические датчики температуры, влажности воздуха, параметров ветра размещены на мачте над поверхностью земли, чтобы исключить влияние расположенных поблизости сооружений. Датчики температуры и влажности воздуха размещены в радиационной защите. Блок измерительный БИ в защитном боксе закрепляется на мачте. Кабель питания и связи для подключения к БИ изготавливает пользователь.

2.5.3 Кабель связи, соединяющий БИ с ББП и компьютером пользователя, прокладывается воздушной линией или закапывается в землю на глубину до 20 см (или прокладывается в трубе диаметром не менее 0,5 дюйма). При прокладке кабеля необходима предварительная маркировка его жил для исключения неправильного электрического соединения. Длина кабеля связи при интерфейсе RS-232 - до 30 м.

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

3.1.1 Для МК–26–2 предусмотрены следующие виды технического обслуживания:

- внешний осмотр;
- контроль работоспособности;

3.1.2 Внешний осмотр и контроль работоспособности проводятся согласно 2.4. Техническое обслуживание метеорологических датчиков проводится в соответствии с их эксплуатационной документацией.

3.1.3 Текущий ремонт осуществляется предприятием-изготовителем по договору. В течение гарантийного срока ремонт МК–26–2 осуществляется бесплатно.

4 ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

4.1.1 МК–26–2 должен храниться в условиях, установленных для группы 1 ГОСТ 15150-69 в упаковке в складских помещениях при температуре воздуха от 0 до 40 °С и относительной влажности воздуха до 80 % при температуре 25 °С.

4.1.2 В помещении для хранения МК–26–2 не должно быть агрессивных примесей (паров кислот, щелочей), вызывающих коррозию.

4.1.3 МК–26–2 можно транспортировать любым видом транспортных средств, на любое расстояние в условиях, установленных для группы 5 ГОСТ 15150-69.

4.1.4 При транспортировании должна быть обеспечена защита транспортной тары от непосредственного воздействия атмосферных осадков. Расстановка и крепление груза на транспортных средствах должны обеспечивать устойчивое положение груза при транспортировании.

4.1.5 После транспортирования при отрицательных температурах МК–26–2 должен быть выдержан при нормальных условиях не менее 12 ч.

5 КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

Таблица 2

№	Наименование	Условное обозначение	МК-26-2
1	2	3	4
	Комплекс метеорологический малый МК-26-2, в том числе:		1
1	Блок измерительный БИ (выход RS-232)	БИ2	1
2	Преобразователь относительной влажности и температуры	SHT	1
3	Преобразователь абсолютного давления атмосферный (размещен в корпусе блока БИ)	АтК	1
4	Датчик ветра малогабаритный	ДВМ	1
5	Блок радиационной защиты	РЗ	1
6	Диск программной поддержки		1
7	Разъем питания (ответная часть)		1
8	Руководство по эксплуатации	РЭ	1
9	Методика поверки № МП 2551-0040-2008	МП	1

Комплект дополнительного оборудования представлен в таблице 3.

Таблица 3

№	Наименование	Условное обозначение	МК-26-2 (в соответствии с заказом)
1	2	3	4
1	Метеомачта	—	
2	Блок бесперебойного питания	ББП	
3	Бокс защитный RITTAL AE1035	—	
4	GPRS - модем	—	
5	Антенна	—	

6 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗДЕЛИИ

6.1.1 Комплекс метеорологический малый МК-26-2 ЛАНИ.416311.001-02 № _____

уточнение типа уточнение обозначения комплекса заводской номер

изготовлен " ____ " _____ 200__ г.

наименование изготовителя

Сертификат _____

срок действия и орган его выдавший

7 РЕСУРСЫ, СРОКИ СЛУЖБЫ И ХРАНЕНИЯ, ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

7.1.1 Средний срок службы МК-26-2 - 8 лет

7.1.2 Ресурсы и сроки службы датчиков определяются в соответствии с индивидуальными паспортами на них.

7.1.3 Изготовитель гарантирует соответствие МК–26–2 заданным характеристикам при соблюдении условий транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации.

7.1.4 Гарантийный срок эксплуатации 12 месяцев со дня ввода МК–26–2 в эксплуатацию, но не более 18 месяцев со дня поставки. Гарантийный срок хранения 12 месяцев с момента изготовления.

8 СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЁМКЕ

Комплекс метеорологический малый МК- 26-2 ЛАНИ.416311.001-02 № _____

уточнение типа уточнение обозначения комплекса заводской номер

изготовлен и принят в соответствии с обязательными требованиями государственных стандартов, действующей технической документацией и признан годным для эксплуатации.

Начальник ОТК

МП _____

личная подпись

расшифровка подписи

год, число, месяц

линия отреза при поставке на экспорт

Руководитель
предприятия

обозначение документа,
по которому производится поставка

МП _____

личная подпись

расшифровка подписи

год, месяц, число

Заказчик
(при наличии)

МП _____

личная подпись

расшифровка подписи

год, месяц, число

9 УЧЁТ РАБОТЫ ИЗДЕЛИЯ

Дата	Цель работы	Время		Продолжительность работы	Наработка, ч		Кто проводит работу	Должность, фамилия и подпись ведущего формуляр
		начала работы	окончания работы		после последнего ремонта	с начала эксплуатации		

10 УЧЁТ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Дата	Вид технического обслуживания	Наработка, ч		Основание (наименование, номер и дата документа)	Должность, фамилия и подпись		Примечание
		после последнего ремонта	с начала эксплуатации		выполнившего работу	проверившего работу	

МЕТОДИКА ГРАДУИРОВКИ

А.1 Общие сведения

Настоящий раздел устанавливает методы градуировок измерительных каналов.

А.2 Средства градуировки

При проведении градуировки должны быть применены следующие средства измерений и вспомогательные средства:

- термометр (набор термометров) для измерений температуры, диапазон от -40°C до 50°C , погрешность не более $0,1^{\circ}\text{C}$;
- манометр абсолютного давления БРС-1;
- помпа ручная пневматическая П-0,25М;
- источник постоянного тока напряжением (12 ± 2) В;
- магазин эталонных сопротивлений 80 – 120 Ом;
- генератора влажного газа "Родник-2";
- манометр избыточного давления грузопоршневой МП-2,5, класс точности 0,05;
- персональный компьютер.

А.3 Порядок определения градуировочных характеристик

А.3.1 Для проведения градуировки требуется обеспечить связь МК–26–2 с персональным компьютером и установить специальное программное обеспечение. Для обеспечения связи надо соединить выход «RS-232» БИ 0-модемным кабелем с портом RS-232 компьютера. Переписать в компьютер программное обеспечение с компакт-диска из комплекта поставки, директории *DOS_SOFT* (расчёт градуировочных коэффициентов) и *MK26_DOS* (связь с МК–26–2). Программное обеспечение написано для работы под MS-DOS, поэтому запускать его надо в окне DOS, последовательно файлы *!ack.exe* и *!info.exe* (если такой возможности нет можно запустить файл *start.pif*) в директории *MK26_DOS* и нажать клавишу F4. На экране появится таблица со списком измеряемых параметров и результатами измерений. В правой колонке выводятся первичные измерительные данные, которые используются для градуировки каналов. Окно программы приведено на рисунке 11.

Параметры	>	<	Среднее	Текущее	Минимум	Максимум	Код	Физика
Осадки, мм				0.000000				
Температура, °			19.93913	19.63477			29347.650	
Давление, мм.рт.ст	3.00		749.9391	749.6348			46673.824	
Влажность, %			74.69564	74.26953				
Скорость, м/с	0.50		3.539060	4.634765	0.000000	10.00000		
Направление, °			60.64425	82.69530				
Темпер. ПДТК, °				0.000000				
Темпер. SHT15, °				0.000000				

Рисунок 11.

А.3.2 Порядок определения градуировочных характеристик абсолютного давления

Для проведения градуировки требуется климатическая камера, источник питания 12В, блок измерительный с датчиком абсолютного давления, компьютер с портом RS-232, помпа пневматическая, эталонный барометр абсолютного давления, соединительные трубки, специальное программное обеспечение. Разместить в рабочей зоне климатической камеры БИ с датчиком абсолютного давления, датчик соединить газовой линией с эталонным барометром и помпой. Персональный компьютер, эталонный барометр и помпу расположить вне климатической камеры. Запустить программное обеспечение согласно А.10.1.

В климатической камере установить температуру $(-25 \pm 3)^\circ\text{C}$. С помощью помпы последовательно устанавливая в газовой линии давление (800 ± 2) , (900 ± 2) , (950 ± 2) , (1000 ± 2) , (1100 ± 2) гПа и записывать показания эталонного барометра и соответствующую этому давлению частоту кварца в таблицу. Повторить процедуру при температуре в камере сначала при $(0 \pm 3)^\circ\text{C}$, затем при $(+10 \pm 3)^\circ\text{C}$ и при $(+25 \pm 3)^\circ\text{C}$.

В результате получатся 4 таблицы по пять строк в каждой. По каждой таблице надо построить аппроксимирующий полином 2-ой степени зависимости давления от частоты.

$$p_0(f) = c_{00} + c_{01} \times f + c_{02} \times f^2 \quad (9)$$

$$p_1(f) = c_{10} + c_{11} \times f + c_{12} \times f^2 \quad (10)$$

$$p_2(f) = c_{20} + c_{21} \times f + c_{22} \times f^2 \quad (11)$$

$$p_3(f) = c_{30} + c_{31} \times f + c_{32} \times f^2 \quad (12)$$

Для вычисления коэффициентов полинома можно использовать программу *!square.exe* (директория DOS_SOFT в компакт-диске) или любую другую, использующую метод наименьших квадратов.

Командная строка:

!square 2 < -25inp.p > -25out.p

!square 2 < 00inp.p > 00out.p

!square 2 < 11inp.p > 11out.p

!square 2 < 23inp.p > 23out.p

где 2 – степень полинома.

Входные файлы *_25inp.p*, *00inp.p*, *11inp.p*, *23inp.p* создаются в любом текстовом редакторе (блокноте). Первая колонка – частота кварца, вторая – давление на эталонном барометре. Завершается файл пустой строкой. Приведем для примера файл *_25inp.p*

47316.5	659.77
47375.6	679.91
47433	699.77
47491.6	719.77
47549.3	739.75
47575.2	748.71
47607.5	759.89
47638	770.3
47695.3	790.24
47753.1	810.1

Выходные файлы *_25out.p*, *00out.p*, *11out.p*, *23out.p* создаются программой *!square.exe*. Первая строка это коэффициенты аппроксимирующего полинома второй степени. Две первые колонки повторяют входной файл, третья – значения сопротивления вычисленные с помощью полинома, четвертая – абсолютная ошибка аппроксимации. Последняя строка – это сумма квадратов отклонений, которую программа минимизировала и среднеквадратическое отклонение. Приведем для примера файл *_25out.p*

Коэффициенты:

$c[0] = -6701.511278513072$; $c[1] = -0.03170653304301407$; $c[2] = 3.958043027654165e-06$;

X[i]	Y[i]	Y	Y - Y[i]
47316.5	659.77	659.709	-0.0610341
47375.6	679.91	680.003	0.0926751
47433	699.77	699.712	-0.0578554
47491.6	719.77	719.857	0.0873093

47549.3	739.75	739.757	0.00730645
47575.2	748.71	748.695	-0.0154608
47607.5	759.89	759.81	-0.0802952
47638	770.3	770.339	0.0389866
47695.3	790.24	790.168	-0.0724079
47753.1	810.1	810.161	0.0607758

Суммарное: 0.04048028902718619 Среднее: 0.06362412201923591

Для того чтобы исключить из расчёта давления значения температуры, при которых измерялось давление, используется программа *!convert.exe* (директория DOS_SOFT в компакт-диске).

Командная строка: *!convert < input.c > output.c*

Входной файл *input.c* создается в любом текстовом редакторе (блокноте). Первая колонка – температура, далее коэффициенты аппроксимирующего полинома третьей степени, вычисленные программой *!square.exe* (первая строка выходного файла).

```
-24.75 -77792.43496291546 2.91141611161258 -2.648712732201716e-05
-1.1 -13252.53656295348 0.1974844078778029 2.040962379432495e-06
11.0 -10322.75564089836 0.07406297226469567 3.340468819793843e-06
25.56 -13567.69419998902 0.2112604318017591 1.890228718823405e-06
```

Выходной файл *output.c* создается программой *!convert.exe*. Первые четыре строки - это 12 коэффициентов полиномов для расчета давления по формулам 3-4 из 1.3.11, которые вводятся в энергонезависимую память МК–26–2. Последняя строка- для проверки правильности преобразования коэффициентов. В программе вычисляется давление при температуре 20°C и частоте кварца 47500 по коэффициентам входного (с температурой) и выходного файла. Если давление одинаковое, значит, коэффициенты преобразованы правильно.

```
-12454.7454 0.1639042835 2.394273957e-06
664.4159952 -0.02796829673 2.942876302e-07
-54.17742717 0.002278593476 -2.395653919e-08
1.035974829 -4.350102013e-05 4.566282283e-10
```

TEST << t=20 code=47500 => 732.106 = 732.035>>

А.3.3 Порядок определения градуировочных характеристик влажности

Градуировка датчика влажности не требуется. Для восстановления градуировочных характеристик после попадания датчика в экстремальные условия надо сушить датчик при температуре 80-90°C и влажности менее 5% в течение 24 часов, а затем увлажнять датчик при температуре 20-30°C и влажности более 74% в течение 48 часов.

ПРОТОКОЛ СВЯЗИ МК–26–2 С КОМПЬЮТЕРОМ

Б.1 Общие сведения

Для обмена данными в сети нужны, как минимум, два устройства. Одно из них - главное устройство MASTER (в дальнейшем будем называть его ЗАКАЗЧИК), которое может начать обмен данными, отправив в сеть пакет с инструкциями, а другое - подчиненное устройство SLAVE (в дальнейшем будем называть его ИСПОЛНИТЕЛЬ), которое обрабатывает принятые инструкции.. Порядок обмена данными в сети называется протоколом обмена.

Протокол необходимая часть работы системы. Он определяет как ЗАКАЗЧИК и ИСПОЛНИТЕЛЬ устанавливают и прерывают контакт, как идентифицируются отправитель и получатель, каким образом происходит обмен сообщениями, как обнаруживаются ошибки. Протокол управляет циклом запроса и ответа, который происходит между устройствами ЗАКАЗЧИК и ИСПОЛНИТЕЛЬ.

Протокол подразумевает, что в сети один ЗАКАЗЧИК и до 247 ИСПОЛНИТЕЛЕЙ. Протокол поддерживает до 247 ИСПОЛНИТЕЛЕЙ. Каждому ИСПОЛНИТЕЛЮ присвоен уникальный адрес устройства в диапазоне от 1 до 247.

Только ЗАКАЗЧИК может инициировать транзакцию. Транзакции бывают либо типа запрос/ответ (адресуется только один ИСПОЛНИТЕЛЬ), либо ширококвещательные - без ответа (адресуются все ИСПОЛНИТЕЛИ). Транзакция содержит один кадр запроса и один кадр ответа, либо один кадр ширококвещательного запроса.

Некоторые характеристики протокола Modbus фиксированы. К ним относятся формат кадра, последовательность кадров, обработка ошибок и исключительных ситуаций, и выполнение функций.

Другие характеристики выбираются пользователем. К ним относятся тип связи, скорость обмена, проверка на четность и число стоповых бит, Эти параметры не могут быть изменены во время работы системы.

При передаче по линиям данных, сообщения помещаются в «конверт». «Конверт» покидает устройство через «порт» и «пересылается» по линиям адресуемому устройству. Протокол Modbus описывает «конверт» в форме кадров сообщений. В сообщении есть АДРЕС получателя, ФУНКЦИЯ, которую получатель должен выполнить, ДАННЫЕ, необходимые для выполнения этой функции, и КОНТРОЛЬНАЯ СУММА для контроля достоверности.

Когда сообщение достигает ИСПОЛНИТЕЛЯ, он вскрывает конверт, читает сообщение, и, если не возникло ошибок, выполняет требуемую задачу. Затем ИСПОЛНИТЕЛЬ помещает в конверт ответное сообщение и посылает его ЗАКАЗЧИКУ. В ответном сообщении есть *АДРЕС* устройства, *ФУНКЦИЯ*, которая была выполнена, *ДАННЫЕ*, полученные в результате выполнения задачи, и *КОНТРОЛЬНАЯ СУММА* для контроля достоверности.

Если сообщение было широковещательным (сообщение для всех ИСПОЛНИТЕЛЕЙ), на что указывает адрес 0, то ответное сообщение не передается.

Обычно ЗАКАЗЧИК посылает следующее сообщение другому ИСПОЛНИТЕЛЮ после приема корректного ответа, либо после истечения времени ожидания ответа (тайм-аута). Все сообщения могут рассматриваться как запросы ЗАКАЗЧИКА, генерирующие ответные сообщения ИСПОЛНИТЕЛЯ. Широковещательные сообщения могут рассматриваться как запросы, не требующие ответных сообщений.

Б.2 Режимы передачи

Режим передачи определяет структуру отдельных блоков информации в сообщении и системы счисления, используемую для передачи данных. В системе Modbus существуют два режима передачи ASCII и RTU (Remote Terminal Unit). Мы используем режим передачи RTU, поэтому будем описывать протокол Modbus-RTU.

В режиме RTU данные передаются непрерывным потоком в виде 8-разрядных двоичных символов.

Существует два типа ошибок, которые могут возникать в системах связи: ошибки передачи и программные или оперативные ошибки. Система Modbus имеет способы определения каждого типа ошибок.

Ошибки связи обычно заключаются в изменении бита или бит сообщения. Например, байт 0001 0100 может измениться на 0001 0110. Ошибки связи выявляются при помощи символа кадра, контроля по четности и избыточным кодированием.

Когда обнаруживается ошибка кадрирования, четности и контрольной суммы, обработка сообщения прекращается. ИСПОЛНИТЕЛЬ не должен генерировать ответное сообщение. Тот же результат будет, если был использован адрес несуществующего ИСПОЛНИТЕЛЯ.

Если возникает ошибка связи, данные сообщения ненадежны. Устройство ИСПОЛНИТЕЛЬ не может с уверенностью определить, что сообщение было адресовано именно ему. Иначе ИСПОЛНИТЕЛЬ может ответить сообщением, которое не является ответом на исходный запрос. Устройство ЗАКАЗЧИК должно программироваться так, чтобы в случае не получения ответного сообщения в течение определенного времени, ЗАКАЗЧИК должен фиксировать ошибку связи. Продолжительность этого времени зависит от скорости обмена,

типа сообщения, и времени опроса ИСПОЛНИТЕЛЬ. По истечению этого периода, ЗАКАЗЧИК должен быть запрограммирован на ретрансляцию сообщения.

Для обеспечения качества передачи данных система Modbus обеспечивает несколько уровней обнаружения ошибок. Для обнаружения множественного изменения битов сообщения система использует избыточный контроль: CRC. Обнаружение ошибок с помощью CRC выполняется автоматически.

В режиме RTU началом нового кадра является тишина в сети в течение времени прохождения 3.5 символов ($T+T+T+T/2$, где T – время прохождения символа при выбранной скорости приёма/передачи данных). ИСПОЛНИТЕЛЬ считает время после прихода символа, и если прошло время, равное периоду следования 3.5 символов, то обрабатывает принятые данные. Следующий принимаемый байт - это адрес устройства в новом сообщении.

Формат кадра сообщения в режиме RTU

Таблица 5

$T+T+T+T/2$	Адрес	Функция	Данные	Контрольная сумма	$T+T+T+T/2$
	8 бит	8 бит	$N * 8$ бит	16 бит	

Поле адреса следует сразу за началом кадра и состоит из одного 8-разрядного символа. Эти биты указывают адрес устройства, которое должно принять сообщение, посланное ЗАКАЗЧИКОМ. Каждый ИСПОЛНИТЕЛЬ должен иметь уникальный адрес, и только адресуемое устройство может ответить на запрос, который содержит его адрес. В ответном сообщении адрес информирует ЗАКАЗЧИКА, с каким ИСПОЛНИТЕЛЕМ установлена связь. В широковещательном режиме используется адрес 0. Все ИСПОЛНИТЕЛИ интерпретируют такое сообщение как выполнение определенного действия, но без посылки подтверждения.

Поле кода функции указывает адресуемому ИСПОЛНИТЕЛЮ, какое действие выполнить. Коды функций Modbus специально разработаны для связи ПК и промышленных коммуникационных систем Modbus.

Старший бит этого поля устанавливается в единицу ИСПОЛНИТЕЛЕМ в случае, если он хочет просигнализировать ЗАКАЗЧИКУ, что ответное сообщение содержит ошибку. Этот бит остается нулём, если ответное сообщение повторяет запрос или в случае нормального сообщения.

Коды используемых функций Modbus

Таблица 6

Код	Название	Действие
03	READ HOLDING REGISTERS	Получение текущего значения одного или нескольких регистров хранения.
06	FORCE SINGLE REGISTER	Запись нового значения в регистр.
16	FORCE MULTIPLE REGISTERS	Установить новые значения нескольких последовательных регистров.

Поле данных содержит информацию, необходимую ИСПОЛНИТЕЛЮ для выполнения указанной функции, если это запрос, или содержит данные, подготовленные ИСПОЛНИТЕЛЕМ, если это ответ на запрос. Данные передаются старшим байтом вперёд (1→0). Если передаётся 4-байтовое число (2 регистра) с плавающей запятой, то в каждом из 2-х регистров порядок следования байт тоже старшим байтом вперёд (1→0→3→2).

Это поле позволяет ЗАКАЗЧИКУ и ИСПОЛНИТЕЛЮ проверять сообщение на наличие ошибок. Иногда, вследствие электрических помех или других воздействий, сообщение при пересылке от одного устройства к другому может незначительно измениться. Результат проверки контрольной суммы укажет ИСПОЛНИТЕЛЮ или ЗАКАЗЧИКУ реагировать или нет на такое сообщение. Это увеличивает надежность и эффективность систем MODBUS.

В Modbus-RTU применяется циклический код CRC-16 (Cyclic Redundancy Check). Сообщение (только биты данных, без учета старт/стоповых бит и бит четности) рассматриваются как одно последовательное двоичное число, у которого старший значащий бит (MSB) передается первым. Сообщение умножается на X^{16} (сдвигается влево на 16 бит), а затем делится на $X^{16}+X^{15}+X^2+1$, выражаемое как двоичное число (11000000000000101). Целая часть результата игнорируется, а 16-ти битный остаток (предварительно инициализированный единицами для предотвращения случая, когда все сообщение состоит из нулей) добавляется к сообщению как два байта контрольной суммы. Полученное сообщение, включающее CRC, затем в приемнике делится на тот же полином ($X^{16}+X^{15}+X^2+1$). Если ошибок не было, остаток от деления должен получиться нулевым. Получатель сообщения должен рассчитать CRC-код и сравнить его с полученным кодом. Вся арифметика выполняется по модулю 2 (без переноса).

Коды исключительных ситуаций приведены в таблице. Когда ИСПОЛНИТЕЛЬ обнаруживает одну из этих ошибок, он посылает ответное сообщение ЗАКАЗЧИКУ, содержащее адрес ИСПОЛНИТЕЛЯ, код функции, код ошибки и контрольную сумму. Для указания на то, что ответное сообщение – это уведомление об ошибке, старший бит поля кода функции устанавливается в 1.

Коды ошибок

Таблица 7

Код	Название	Смысл
01	ILLEGAL FUNCTION	Функция в принятом сообщении не поддерживается на данном ИСПОЛНИТЕЛЕ.
02	ILLEGAL DATA ADDRESS	Адрес, указанный в поле данных, является недопустимым для данного ИСПОЛНИТЕЛЯ.
03	ILLEGAL DATA VALUE	Значения в поле данных недопустимы для данного ИСПОЛНИТЕЛЯ.
04	SLAVE DEVICE FAILURE	ИСПОЛНИТЕЛЬ не может записать данные во FLASH память.

Б.3 Функции

Цель данного раздела - определить общий формат соответствующих команд, доступных программисту системы MODBUS. В разделе описаны формат каждого запросного сообщения, выполняемая функция и формат нормального ответного сообщения.

Функция 03 (Чтение регистров/Read Holding Registers)

Применяется для чтения двоичного содержания регистров ИСПОЛНИТЕЛЯ.

ЗАПРОС:

Сообщение запроса специфицирует начальный регистр и количество регистров для чтения. Нумерация регистров начинается с 0 (регистры 1-16 нумеруются как 0-15).

Запрос на чтение регистров 42-43 ИСПОЛНИТЕЛЯ с адресом 1.

Таблица 8

Номер байта	Номер байта в числе	Условное обозначение	Пример	
0	-	Адрес	01	01
1	-	Функция	03	03
2	[1]	Начальный адрес	000В	00
3	[0]			0В
4	[1]	Количество регистров	0002	00
5	[0]			02
6	[1]	Контрольная сумма	В5С9	В5
7	[0]			С9

ОТВЕТ:

Данные регистров в ответе передаются как два байта на регистр. Байты регистров передаются старшим байтом вперед. Количество регистров передаваемых за одно обращение определяется возможностями ИСПОЛНИТЕЛЯ.

Ответ на команду чтение регистров 42-43 ИСПОЛНИТЕЛЯ с адресом 1.

Таблица 9

Номер байта	Номер байта в числе	Условное обозначение	Пример	
0	-	Адрес	01	01
1	-	Функция	03	03
2		Счётчик байт	04	
3	[1]	Данные регистр 11	0000	00
4	[0]			00
5	[1]	Данные регистр 12	D20F	D2
6	[0]			0F
7	[1]	Контрольная сумма	E697	E6
8	[0]			97

Функция 06 (Запись одного регистра/Preset Single Register)

Применяется для записи значения в единичный регистр. При ширококвещательной передаче на всех ИСПОЛНИТЕЛЯХ устанавливается один и тот же регистр.

Обычно используется для первоначальной установки адреса ИСПОЛНИТЕЛЯ.

ЗАПРОС:

Запрос содержит ссылку на регистр, который необходимо установить и значение, которое надо в него записать.

Запрос на запись регистра 00 ИСПОЛНИТЕЛЯ с адресом 1.

Таблица 10

Номер байта	Номер байта в числе	Условное обозначение	Пример	
0	-	Адрес	01	01
1	-	Функция	06	06
2	[1]	Адрес регистра	0000	00
3	[0]			00
4	[1]	Данные	0100	01
5	[0]			00
6	[1]	Контрольная сумма	885A	88
7	[0]			5A

ОТВЕТ:

Нормальный ответ повторяет запрос.

Ответ на запрос записи регистра 00 ИСПОЛНИТЕЛЯ с адресом 1.

Таблица 11

Номер байта	Номер байта в числе	Условное обозначение	Пример	
0	-	Адрес	01	01
1	-	Функция	06	06
2	[1]	Адрес регистра	0000	00
3	[0]			00
4	[1]	Данные	0100	01
5	[0]			00
6	[1]	Контрольная сумма	885A	88
7	[0]			5A

Функция 16 (Запись в регистры/Preset Multiple Regs)

Применяется для записи значений в последовательность регистров. Запрос указывает регистры для записи, их количество и данные, которые содержатся в поле данных запроса.

Количество регистров записываемых за одно обращение определяется возможностями ИСПОЛНИТЕЛЯ.

ЗАПРОС:

Запрос содержит ссылку на регистр, который необходимо установить и значение, которое надо в него записать.

Запрос на запись в регистры с 0 по 2 ИСПОЛНИТЕЛЯ с адресом 1.

Таблица 12

Номер байта	Номер байта в числе	Условное обозначение	Пример	
0	-	Адрес	01	01
1	-	Функция	10	10
2	[1]	Начальный адрес	0000	00
3	[0]			00
4	[1]	Количество регистров	0003	00
5	[0]			03
6	-	Счётчик байт	06	06
7	[1]	Данные	0119	01
8	[0]			19
9	[1]	Данные	0405	04
8	[0]			05
10	[1]	Данные	0204	03
11	[0]			04
12	[1]	Контрольная сумма	EВ01	EВ
13	[0]			01

ОТВЕТ:

Нормальный ответ содержит адрес ИСПОЛНИТЕЛЯ, код функции, начальный адрес, и количество регистров.

Ответ на запрос записи регистров 0-2 ИСПОЛНИТЕЛЯ с адресом 1.

Таблица 13

Номер байта	Номер байта в числе	Условное обозначение	Пример	
0	-	Адрес	01	01
1	-	Функция	10	10
2	[1]	Начальный адрес	0000	00
3	[0]			00
4	[1]	Количество регистров	0003	00
5	[0]			03
6	[1]	Контрольная сумма	8008	80
7	[0]			08

Для контроля записи регистров можно послать запрос на чтение регистров 0-2 ИСПОЛНИТЕЛЯ с адресом 1: 01 03 00 00 00 03 05 СВ и если всё было записано правильно, от ИСПОНИТЕЛЯ придёт ответ: 01 03 06 01 19 04 05 02 04 2С F4.

Б.4 Описание регистров МК–26–2

Структура данных

Ниже приведена структура данных, используемая для настройки метекомплекса МК–26–2. Все параметры структуры доступны для записи и чтения с помощью функций протокола Modbus.

```
typedef struct {
    _U8      object;           // адрес ИСПОЛНИТЕЛЯ
    _U8      algoritm;        // настройка метекомплекса
                                // 0 - тестовый режим
                                // +1 – рабочий режим
                                // +2 - автосброс максимумов и осадков
                                // +4 - использовать SHT для температуры
                                // +8 – давление в гПа
    _U8      otherSec;        // время измерения текущего ветра, в секундах
    _U8      pSec;           // время измерения текущего давления, в секундах
    _U8      askMin;         // период осреднения, в секундах
                                // +100 – в минутах
                                // +200 – в часах
    _U8      termHour;       // период отправки телеграмм, в секундах
                                // +100 – в минутах
                                // +200 – в часах
    //*****
    _U16     id;              //идентификатор метекомплекса
    //*****
    _F32     mc;              // множитель скорости ветра
}
```

```

    _F32      ac;                // смещение направления ветра
    _F32      c0[3];            // полином 2 степени для вычисления C0[t]
    _F32      c1[3];            // полином 2 степени для вычисления C1[t]
    _F32      c2[3];            // полином 2 степени для вычисления C2[t]
    _F32      c3[3];            // полином 2 степени для вычисления C3[t]
    _F32      tftC [4];         // полином 2 степени для аппроксимации
//*****
    _F32      fVal[16];         // результаты измерения
}
eepromData;

```

Последние 64 байт структуры данных, 16 чисел с плавающей запятой fVal[16], доступны только для чтения. Каждая пара байт структуры данных соответствует регистру протокола Modbus. Подробнее соответствие содержимого структуры данных и регистров протокола Modbus будет описано ниже.

Прежде чем использовать полученные числа надо проверить их пригодность для обработки. В МК-26-2 4-байтные числа с плавающей запятой, в которых все биты всех 4-х байтов равны 1 считаются непригодными для обработки (отсутствие данных, ошибки измерения и т.д.). Для проверки достаточно сравнить числа в обоих регистрах, входящих в состав проверяемого значения с числом 65535 (0xFFFF шестнадцатеричное) или все 4 байта с числом 255 (0xFF шестнадцатеричное).

Регистры результатов измерений

Таблица 14

Номер регистра	Номер байта	Структура	Параметр
50	100	fVal[0]	Температура средняя (ПТС)
	101		
51	102	fVal[1]	Давление среднее
	103		
52	104	fVal[2]	Влажность средняя
	105		
53	106	fVal[3]	Скорость ветра средняя
	107		
54	108	fVal[4]	Направление ветра среднее
	109		
55	110	fVal[5]	Максимум скорости ветра
	111		
56	112	fVal[6]	Осадки
	113		
57	114	fVal[7]	Температура текущая (ПТС)
	115		
58	116	fVal[8]	Давление текущее
	117		
59	118	fVal[9]	Влажность текущая
	119		
60	120	fVal[10]	Скорость ветра текущая
	121		
61	122	fVal[11]	Направление ветра текущее
	123		
62	124	fVal[12]	Температура кварца
	125		
63	126	fVal[13]	Температура датчика влажности
	127		
64	128	fVal[14]	Код температуры
	129		
65	130	fVal[15]	Частота кварца
	131		
66	132	fVal[15]	Частота кварца
	133		
67	134	fVal[15]	Частота кварца
	135		
68	136	fVal[15]	Частота кварца
	137		
69	138	fVal[15]	Частота кварца
	139		
70	140	fVal[15]	Частота кварца
	141		
71	142	fVal[15]	Частота кварца
	143		
72	144	fVal[15]	Частота кварца
	145		
73	146	fVal[15]	Частота кварца
	147		
74	148	fVal[15]	Частота кварца
	149		
75	150	fVal[15]	Частота кварца
	151		
76	152	fVal[15]	Частота кварца
	153		
77	154	fVal[15]	Частота кварца
	155		
78	156	fVal[15]	Частота кварца
	157		
79	158	fVal[15]	Частота кварца
	159		
80	160	fVal[15]	Частота кварца
	161		
81	162	fVal[15]	Частота кварца
	163		

Оперативное управление

Для сброса максимумов и обнуления суммы собранных осадков используется регистр 82, в который надо записать число с помощью функции б. Чтобы обнулить сумму осадков надо записать число с установленным битом 0, а для сброса максимума скорости ветра – с установленным битом 1.

Сброс максимумов и обнуление осадков может происходить автоматически после каждого запроса. Для этого в параметре <algorithm> структуры данных должен быть установлен бит 1, т.е. к значению параметра algorithm надо прибавить число 2.

При использовании GPRS-модема сброс происходит после успешной записи данных на FTP-сервер.

ПРОТОКОЛ СВЯЗИ МК–26–2 С GPRS-МОДЕМОМ

В.1 Telit GT864

Для управления модемом используется набор AT-команд. Для передачи данных в FTP-сервер потребителя используется специфический для каждого производителя модемов набор команд.

В СИМ-карте должен быть отключен ввод PIN-кода и сотовый оператор должен разрешить использование GPRS.

Перед использованием модема его надо настроить, подключив к персональному компьютеру с терминальной программой, например, HyperTerminal (скорость 115200).

Далее надо вести следующие AT команды:

```
ATE0
AT+IFC=0,0
ATV0
ATS12=20
AT&W
AT+IPR=9600
```

После этого надо настроить терминальную программу программу на скорость 9600 и сохранить настройки:

```
AT&W
```

Далее надо ввести настройки оператора сотовой связи (при смене оператора сотовой связи менять надо только их):

1. для «МТС»

```
AT+CGDCONT=1,"IP","internet.mts.ru"
AT+USERID="mts"
AT+PASSW="mts"
```

2. для «Билайн»

```
AT+CGDCONT=1,"IP","internet.beeline.ru"
AT+USERID=" beeline"
AT+PASSW=" beeline"
```

3. для «Мегафон»

```
AT+CGDCONT=1,"IP","internet"
AT+USERID=""
AT+PASSW=""
```

И сохранить их командой:

```
AT#STKSAV
```

Адрес FTP-сервера, имя пользователя и пароль вводятся во FLASH-память МК–26–2 при настройке из специально подготовленного файла.

Например для сайта kubanmeteo.ru :

```
021 015050/  
smrs50 мосу 200600  
AAXX 20061  
022 115050/  
sirs50 мосу 200900  
AAXX 20091  
AT#GPIO=1,1,1  
AT#GPIO=1,0,1  
AT#GPIO=2.1.1  
AT#GPIO=2,0,1  
AT#FTPTO=1000  
AT#FTPROPEN="kubanmeteo.ru","*****","*****",1  
AT#FTPCWD= "Izmer"  
AT#FTPTYPE=0  
AT#FTPPUT="m02_"
```

B.2 Siemens TC65

Для управления модемом используется набор AT-команд. Для передачи данных в FTP-сервер потребителя используется специфический для каждого производителя модемов набор команд.

В СИМ-карте должен быть отключен ввод PIN-кода и сотовый оператор должен разрешить использование GPRS.

Перед использованием модема его надо настроить, подключив к персональному компьютеру с терминальной программой, например, HyperTerminal (скорость 115200).

Далее надо вести следующие AT команды:

```
ATE0  
AT+IFC=0,0  
ATV0  
AT&W  
AT+IPR=9600
```

После этого надо настроить терминальную программу программу на скорость 9600 и сохранить настройки:

```
AT&W
```

Настройки оператора сотовой связи, адрес FTP-сервера, имя пользователя и пароль вводятся во FLASH-память МК–26–2 при настройке из специально подготовленного файла.

Например, для сайта ftp.hydro-meteo.ru :


```
021 015050/  
smrs50 мocu 200600  
AAXX 20061  
022 115050/  
sirs50 мocu 200900  
AAXX 20091  
AT^SICS=0,conType,gprs0  
AT^SICS=0,inactTO,"0"  
AT^SICS=0,apn,internet.beeline.ru  
at^siss=1,svrType,ftp  
at^siss=1,conId,0  
at^siss=1,alphabet,"1"  
at^sisc=1  
at^siss=1,address,"ftpput://*****:*****@ftp.hydro-meteo.ru/izmer/m02_;type=i"  
at^siso=1
```

B.3 Wavecom Supreme

Для управления модемом используется набор АТ-команд. Для передачи данных в FTP-сервер потребителя используется специфический для каждого производителя модемов набор команд.

В СИМ-карте должен быть отключен ввод PIN-кода и сотовый оператор должен разрешить использование GPRS.

Перед использованием модема его надо настроить, подключив к персональному компьютеру с терминальной программой, например, HyperTerminal (скорость 115200).

Далее надо вести следующие АТ команды:

```
ATE0  
AT+IFC=0,0  
AT&W  
AT+IPR=9600
```

После этого надо настроить терминальную программу программу на скорость 9600 и сохранить настройки:

```
AT&W
```

Настройки оператора сотовой связи, адрес FTP-сервера, имя пользователя и пароль вводятся во FLASH-память МК–26–2 при настройке из специально подготовленного файла.

Например, для сайта ftp.hydro-meteo.ru :

```
021 015050/  
smrs50 мocu 200600  
AAXX 20061  
022 115050/  
sirs50 мocu 200900
```

AAXX 20091

AT+WIPCFG= 1

AT+WIPBR=1,6

AT+WIPBR=2,6,11,"internet.mts.ru"

AT+WIPBR=2,6,0,"mts"

AT+WIPBR=2,6,1,"mts"

AT+WIPBR=4,6,0

AT+WIPCREATE=4,1,"ftp.hydro-meteo.ru",21,"*****","*****"

AT+WIPFILE=4,1,2,"izmer/m02_"