

**УТВЕРЖДЕН**  
ЛАНИ.416311.004–03 РЭ-ЛУ

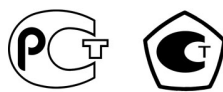
**КОМПЛЕКС МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ**

**МАЛЫЙ МК–26–3–Д**

Руководство по эксплуатации

ЛАНИ.416311.004–03 РЭ

Количество листов – 19



**ГБ05**

## Содержание

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 Описание и работа изделия .....</b>                              | <b>4</b>  |
| 1.1 Назначение изделия .....  | 4         |
| 1.2 Технические характеристики .....                                  | 4         |
| 1.3 Устройство и работа.....  | 4         |
| <b>2 Использование по назначению .....</b>                            | <b>7</b>  |
| 2.1 Эксплуатационные ограничения .....                                | 7         |
| 2.2 Требования безопасности .....                                     | 8         |
| 2.3 Подготовка изделия к использованию .....                          | 8         |
| 2.4 Указания по включению и опробованию.....                          | 8         |
| 2.5 Размещение и монтаж изделия.....                                  | 9         |
| <b>3 Техническое обслуживание .....</b>                               | <b>9</b>  |
| <b>4 Хранение и транспортирование .....</b>                           | <b>9</b>  |
| <b>5 Комплект поставки.....</b>                                       | <b>10</b> |
| <b>6 Основные сведения об изделии .....</b>                           | <b>10</b> |
| <b>7 Ресурсы, сроки службы и хранения, гарантии изготовителя.....</b> | <b>11</b> |
| <b>8 Свидетельство о приёме .....</b>                                 | <b>11</b> |
| <b>9 Учёт работы изделия .....</b>                                    | <b>12</b> |
| <b>10 Работы при эксплуатации .....</b>                               | <b>12</b> |
| 10.1 Учет выполнения работ .....                                      | 12        |
| 10.2 Поверка.....   | 13        |
| <b>11 Хранение .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>12 Ремонт.....</b>   | <b>14</b> |
| <b>13 Особые отметки .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ А.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>Методика градуировки .....</b>                                     | <b>15</b> |
| А.1 Общие сведения.....   | 15        |
| А.2 Средства градуировки.....   | 15        |
| А.3 Порядок определения градуировочных характеристик.....             | 15        |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>Протокол связи МК–26–3–Д с компьютером.....</b>                    | <b>17</b> |
| Б.1 Описание регистров МК–26–3–Д.....                                 | 17        |

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 - мобильный комплекс для измерения метеорологических параметров приземного слоя атмосферы с выводом информации на персональный компьютер потребителя по протоколу Modbus-RTU;

— МК–26–2 – базовый комплекс для измерения метеорологических параметров приземного слоя атмосферы с индикацией данных или с выводом информации на персональный компьютер потребителя по протоколу Modbus-RTU или с передачей данных через модем сотовой связи;

— МК–26–3 – комплекс для измерения абсолютного давления и температуры с выводом информации на персональный компьютер потребителя по протоколу Modbus-RTU,;

— МК–26–4 - комплекс для измерения избыточного гидростатического давления и температуры воды с выводом информации на персональный компьютер потребителя по протоколу Modbus-RTU.

Для измерения метеорологических параметров по отдельности предусмотрена возможность выпуска 3-х исполнений комплекса МК-26-3:

1. МК-26-3-Г - для измерения относительной влажности и температуры воздуха;
2. МК-26-3-Д - для измерения атмосферного давления;
3. МК-26-3-О - для измерения количества атмосферных осадков.

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для ознакомления с принципом работы и устройством комплекса метеорологического малого МК–26–3–Д 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–26–3–Д. В РЭ описан вариант МК-26-3-Д с измерительным контроллером (ИК), который встроен в корпус преобразователя абсолютного давления атмосферного АтК. Т.е. ИК и АтК находятся в одной блоке измерительном БИ1.

## 1 Описание и работа изделия

### 1.1 Назначение изделия

1.1.1 МК–26–3–Д предназначен для измерения атмосферного давления и 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–26–3–Д обеспечивает автоматическое измерение метеопараметров в рабочих условиях применения в диапазонах и с погрешностями, приведенными в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

| Наименование измеряемого параметра | Диапазон измерения | Пределы допускаемой абсолютной погрешности |
|------------------------------------|--------------------|--|
| Атмосферное давление, гПа          | От 600 до 1100     | $\pm 0,3$                                  |

1.2.2 Для связи МК–26–3–Д использует интерфейс RS485, к которому подключается компьютер потребителя с протоколом MODBUS-RTU. Кроме того для связи используется второй порт RS-485, к которому подключается компьютер потребителя с протоколом MODBUS-RTU или дополнительный датчик из Госреестра средств измерений (СИ).

1.2.3 Энергопитание МК–26–3–Д осуществляется от источника постоянного тока напряжением  $(12 \pm 3)$  В. Потребляемая мощность - не более 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 О1 по ГОСТ 15150-69, для эксплуатации при температуре окружающей среды от минус 50 °С до 50 °С.

1.2.6 Степень защиты от воздействия воды соответствует коду IP67 по ГОСТ 14254-96.

1.2.7 Средний срок службы – не менее 8 лет.

1.2.8 МК–26–3–Д в упаковке при транспортировании выдерживает:

— воздействие температуры окружающей среды от минус 50 °С до 50 °С;

— транспортную тряску с ускорением 30 м/с<sup>2</sup> при частоте ударов от 80 до 120 в минуту в течение 1 ч.

### 1.3 Устройство и работа

1.3.1 МК–26–3–Д разработан в соответствии с требованиями, предъявляемыми к проведению метеорологических измерений, изложенными в «Наставлениях гидрометеорологическим станциям и постам, выпуск 3, часть 1».

Блок измерительный БИ1 располагается непосредственно на метеоплощадке или в помещении. Принцип действия МК-26-3-Д основан на измерении атмосферного давления посредством преобразователя абсолютного давления атмосферного АтК. Выходные сигналы АтК поступают в измерительный микроконтроллер, который преобразует измеренные цифровые коды в физические величины, осреднение полученных значений, вывод информации в линию связи. Микроконтроллер выдает данные по запросу из центра сбора данных потребителя.

Визуализация данных, полученных от комплексов МК-26-3-Д, осуществляется в центре сбора данных потребителя (персональный компьютер с программным обеспечением).

Встроенное программное обеспечение изготовлено с помощью бесплатного средства разработки “32KB KickStart edition of IAR Embedded Workbench for ARM”.

1.3.2 Центральным устройством комплекса является блок измерительный (БИ).

В корпусе БИ1 расположена плата измерительного контроллера и датчик атмосферного давления. Габаритные размеры корпуса 75×45×30 мм, масса 0,1 кг. Фото на рисунке 1



Рисунок 1

Измерительный контроллер содержит:

- 32-битные таймеры для измерения частоты – 2 канала;
- последовательная шина I2C – 2 шт.;
- аналого-цифровой преобразователь 10 бит – 2 канала с общей землей;
- универсальные дискретные входы/выходы – 4 шт.;
- температурно-стабилизированный генератор импульсов 16 мГц;
- супервизор питающего напряжения и сторожевой таймер;
- часы реального времени с батареей.
- встроенную энергонезависимую память;
- энергонезависимую FRAM-память 128 Кбайт;
- преобразователи интерфейса RS-485 – 2 шт.

1.3.3 Преобразователь абсолютного давления атмосферный АтК (датчик атмосферного давления) выполнен на основе кварцевого преобразователя резонатора-сенсора РКМА-Р и датчика температуры STS21/DS1631/TMP117. Для получения корректных данных АтК должен сохранять правильную ориентацию в пространстве и выдерживаться в течение часа после включения питания, как описано в методике поверки № РТ-МП-5786-130-2019 (п.7.4). Выходные сигналы: частота – давление, протокол I2C – температура, для учета температурной поправки. Устанавливается датчик в корпус БИ. Фотография АтК приведена на рисунке 1

1.3.4 Электропитание комплекса обеспечивается от источника питания ( $12 \pm 3$ ) В.

1.3.5 По включению питания вырабатывается стабилизированное напряжение 5 вольт, которое микросхемой APL5523(LP2966) преобразуется в 3.3 вольта и 1.8 вольт для питания микроконтроллера LPC2103 и измерительных устройств. 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 32-разрядного таймера микроконтроллера LPC2103. Временной интервал подсчета входных импульсов формируется с помощью термо-стабилизированного генератора GTXO71 16 мГц, от которого работает и сам микроконтроллер LPC2103. Температура кварцевого стекла измеряется с помощью термометра STS21, подключаемого к контроллеру по I2C. Измеренное значение частоты и полученное значение температуры кварца пересчитывается по градуировочным коэффициентам из флэш-памяти в абсолютное давление, которое записывается в регистры оперативной памяти, которые могут быть прочитаны с помощью протокола MODBUS-RTU по RS-485.

1.3.6 Градуировка измерительных каналов является частью настройки МК–26–3–Д 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–26–3–Д градуировка требуется для канала измерения абсолютного давления.

Абсолютное давление вычисляется по формуле:

$$P = C_0(f) + C_1(f) \times t + C_2(f) \times t^2 \quad (1)$$

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

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

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

Таким образом для вычисления абсолютного давления МК–26–3–Д всегда используются 3 из 8-ми возможных аппроксимирующих полиномов, по одному для каждой из температур, при которых производилась градуировка. Выбираются 3 ближайших полинома из окружения измеренного значения температуры, которые будут использованы для вычисления коэффициентов  $C_i$  формулы 1. Температура АтК измеряется цифровым термометром STS21/DS1631/TMP117 и передается в микроконтроллер по I2C.

Кроме этого дата, время и средние значения параметров могут быть записаны в FRAM-память FM24V10 размером 128К, что позволяет организовать архив в энергонезависимой памяти. Архив записывается в кольцевой буфер.

1.3.7 Для передачи данных потребителю по каналу сотовой связи к порту RS-485 может быть подключен модем IRz ATM21/ATM41 для организации «прозрачного» сотового канала для сбора метеоданных из диспетчерского центра.

## **2 Использование по назначению**

### **2.1 Эксплуатационные ограничения**

2.1.1 Эксплуатационные ограничения комплекса МК–26–3–Д 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. Длина кабеля связи по RS485 не должна превышать 1200 м.

2.1.2 Внимание! Для обеспечения устойчивой работы МК–26–3–Д и предотвращения его выхода из строя, питание и связь рекомендуется осуществлять через устройства подавления

импульсных помех и грозовых разрядов по первичной сети в соответствии с ГОСТ 13109-97 "Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения".

## 2.2 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–26–3–Д 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. Стальной защитный бокс должен быть заземлен.

Мерами предосторожности являются соблюдение правил техники безопасности.

## 2.3 Подготовка изделия к использованию

2.3.1 Работать с изделием могут лица, изучившие настоящее руководство по эксплуатации, ознакомившиеся с устройством и конструкцией МК–26–3–Д и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

## 2.4 Указания по включению и опробованию

Перед включением проверить МК–26–3–Д на отсутствие внешних повреждений. Для опробования перед монтажом на месте эксплуатации выполнить следующие операции:

- подключить МК–26–3–Д к источнику питания и порту RS485;
- установить программное обеспечение в компьютер, которое находится в директории \service\console\ компакт-диска;
- включить питание на БИ;
- запустить программу «Обслуживание датчика давления», (файл ask.exe). Подробно работа с программой описана в «Руководстве пользователя» (файл Ask.pdf в директории \service\console\ компакт-диска). Главное окно программы приведено на рисунке 2



Рисунок 2



Значения параметров должны соответствовать давлению.

## **2.5 Размещение и монтаж изделия**

2.5.1 МК-26-3-Д должен быть установлен в соответствии с требованиями «Наставления гидрометеорологическим станциям и постам».

2.5.2 При прокладке кабеля необходима предварительная маркировка его жил для исключения неправильного электрического соединения.

- красный - питание;
- белый – общий;
- зеленый – Data+ (A) RS485-COM0;
- синий – Data- (B) RS485- COM0;
- желтый – Data+ (A) RS485- COM1;
- фиолетовый (оранжевый)– Data- (B) RS485- COM1.

Длина кабеля связи интерфейса RS-485 до 1200 м..

## **3 Техническое обслуживание**

3.1 Для МК–26–3–Д предусмотрены следующие виды технического обслуживания: внешний осмотр и контроль работоспособности;

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

3.3 Ремонт осуществляется изготовителем по договору. В течение гарантийного срока при соблюдении требований по установке ремонт метеокомплекса осуществляется бесплатно.

3.4 Межповерочный интервал 1 год.

## **4 Хранение и транспортирование**

4.1 МК–26–3–Д должен храниться в упаковке в складских помещениях при температуре воздуха от 0 до 40 °С и относительной влажности воздуха до 80 % при температуре 25 °С.

4.2 В помещении для хранения МК–26–3–Д не должно быть агрессивных примесей (паров кислот, щелочей), вызывающих коррозию.

4.3 МК–26–3–Д можно транспортировать любым видом транспортных средств, на любое расстояние в условиях, установленных для группы 5 ГОСТ 15150-69.

4.4 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.

4.5 После транспортирования при отрицательных температурах МК–26–3–Д должен быть выдержан при нормальных условиях не менее 12 ч.

### 5 Комплект поставки

Комплект поставки формируется в соответствии с заказом.

Т а б л и ц а 2

| №  | Наименование  | Условное обозначение | Наличие |
|--|---|----------------------|---------|
| Комплекс метеорологический малый МК–26–3–Д, в том числе: |   |                      |         |
| 1  | Блок измерительный БИ   | БИ1                  | 1       |
| 2  | Преобразователь абсолютного давления атмосферный (размещен внутри блока измерительного) | АтК                  |         |
| 3  | Диск программной поддержки  | -                    | 1       |
| 4  | Руководство по эксплуатации   | РЭ                   | 1       |
| 5  | Методика поверки № МП 2551-0040-2008  | МП                   | 1       |

Комплект дополнительного оборудования представлен в таблице 2.

Т а б л и ц а 3

| № | Наименование                    | Условное обозначение | МК–26–3–Д<br>( в соответствии с заказом) |
|---|---------------------------------|----------------------|--|
| 1 | Блок питания AC/DC              |                      |  |
| 2 | Модем сотовый с антенной        |                      |  |
| 3 | Конвертер USB-RS485             |                      |  |
| 4 | Конвертер Ethernet-RS485        |                      |  |
| 5 | Конвертер RS232-RS485           |                      |  |
| 6 | FRAM-память для хранения архива |                      |  |
| 7 | Кабель                          |                      |  |

### 6 Основные сведения об изделии

Комплекс метеорологический малый МК–26–3–Д ЛАНИ.416311.004-03 № \_\_\_\_\_ изготовлен " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_\_ г. ООО «НТЦ Гидромет», г. Обнинск Калужской обл. Свидетельство RU.C.28.001.A № 33759 об утверждении типа средств измерений № 39490-08.

Коммуникационные средства включают в себя 2 приемо/передатчика с преобразователями интерфейсов в RS-485. В таблице 4 описана конфигурация.

Т а б л и ц а 4

| Наименование   | Протокол          |                  |      | Адрес |
|--|-------------------|------------------|------|-------|
|  | Modbus RTU Master | Modbus RTU Slave | NMEA |       |
| Коммуникационный порт COM0 RS-485<br>( _____ , 8, 1, без контроля четности): |                   |                  |      |       |
| Коммуникационный порт COM1 RS-485<br>( _____ , 8, 1, без контроля четности): |                   |                  |      |       |

## 7 Ресурсы, сроки службы и хранения, гарантии изготовителя

7.1 Средний срок службы МК–26–3–Д - 8 лет

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

7.3 Изготовитель гарантирует соответствие МК–26–3–Д заданным характеристикам при соблюдении условий транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации.

7.4 Гарантийный срок эксплуатации 12 месяцев со дня ввода МК–26–3–Д в эксплуатацию, но не более 18 месяцев со дня поставки. Гарантийный срок хранения 6 месяцев с момента изготовления.

## 8 Свидетельство о приёмке

Комплекс метеорологический малый МК–26–3–Д № \_\_\_\_\_ изготовлен и принят в  
уточнение обозначения комплекса заводской номер

соответствии с техническими условиями ЛАНИ.416311.004 ТУ и признан годным для эксплуатации.

ОТК

МП

личная подпись

Б.Е.Белов

расшифровка подписи

год, месяц, число

## 9 Учёт работы изделия

Т а б л и ц а 5

| Дата установки | Где установлено | Дата снятия | Наработка             |                          | Причина снятия | Подпись лица, проводившего установку (снятие) |
|----------------|-----------------|-------------|-----------------------|--------------------------|----------------|---|
|                |                 |             | с начала эксплуатации | после последнего ремонта |                |   |
|                |                 |             |                       |                          |                |   |
|                |                 |             |                       |                          |                |   |
|                |                 |             |                       |                          |                |   |
|                |                 |             |                       |                          |                |   |
|                |                 |             |                       |                          |                |   |
|                |                 |             |                       |                          |                |   |
|                |                 |             |                       |                          |                |   |
|                |                 |             |                       |                          |                |   |
|                |                 |             |                       |                          |                |   |

## 10 Работы при эксплуатации

### 10.1 Учет выполнения работ

Т а б л и ц а 6

| Дата | Наименование работы и причина её выполнения | Должность, фамилия и подпись |                     | Примечание |
|------|---|------------------------------|---------------------|------------|
|      |   | выполнившего работу          | проверившего работу |            |
|      |   |                              |                     |            |
|      |   |                              |                     |            |
|      |   |                              |                     |            |
|      |   |                              |                     |            |
|      |   |                              |                     |            |
|      |   |                              |                     |            |
|      |   |                              |                     |            |
|      |   |                              |                     |            |
|      |   |                              |                     |            |
|      |   |                              |                     |            |
|      |   |                              |                     |            |

## 10.2 Поверка

Т а б л и ц а 7

| Наименование и обозначение средства измерения | Заводской номер | Дата изготовления | Периодичность поверки | Дата поверки | Дата очередной поверки | Примечание |
|---|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------|------------------------|------------|
| МК-26-3-Д                                     |                 |                   |                       |              |                        |            |
|   |                 |                   |                       |              |                        |            |
|   |                 |                   |                       |              |                        |            |
|   |                 |                   |                       |              |                        |            |
|   |                 |                   |                       |              |                        |            |
|   |                 |                   |                       |              |                        |            |
|   |                 |                   |                       |              |                        |            |
|   |                 |                   |                       |              |                        |            |
|   |                 |                   |                       |              |                        |            |
|   |                 |                   |                       |              |                        |            |
|   |                 |                   |                       |              |                        |            |
|   |                 |                   |                       |              |                        |            |
|   |                 |                   |                       |              |                        |            |
|   |                 |                   |                       |              |                        |            |

## 11 Хранение

Т а б л и ц а 8

| приёмки на хранение | Дата              | Условия хранения | Вид хранения | Примечание |
|---------------------|-------------------|------------------|--------------|------------|
|                     | снятия с хранения |                  |              |            |
|                     |                   |                  |              |            |
|                     |                   |                  |              |            |
|                     |                   |                  |              |            |
|                     |                   |                  |              |            |
|                     |                   |                  |              |            |
|                     |                   |                  |              |            |
|                     |                   |                  |              |            |
|                     |                   |                  |              |            |
|                     |                   |                  |              |            |
|                     |                   |                  |              |            |

## 12 Ремонт

12.1 Ремонт датчика проводится изготовителем. Краткие сведения о произведенном ремонте следует указывать в таблице 8.

Т а б л и ц а 9

| Предприятие,<br>дата поступления | Наработка                |                                | Причина поступления<br>в ремонт | Сведения о<br>произведенном<br>ремонте |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
|                                  | с начала<br>эксплуатации | после<br>последнего<br>ремонта |                                 |  |
|                                  |                          |                                |                                 |  |
|                                  |                          |                                |                                 |  |
|                                  |                          |                                |                                 |  |
|                                  |                          |                                |                                 |  |
|                                  |                          |                                |                                 |  |
|                                  |                          |                                |                                 |  |
|                                  |                          |                                |                                 |  |
|                                  |                          |                                |                                 |  |
|                                  |                          |                                |                                 |  |
|                                  |                          |                                |                                 |  |

12.2 Исполнитель ремонта гарантирует соответствие изделия требованиям действующей технической документацией.

В случае выявления неисправности в период гарантийного срока необходимо составить технически обоснованный акт рекламации и сделать выписки из разделов «Свидетельство о приёмке», «Учет работы». Акт рекламации с приложениями следует направить руководителю предприятия-изготовителя.

## 13 Особые отметки

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

### 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:

- манометр абсолютного давления МЦП-1М-0,25;
- помпа ручная пневматическая П-0,25М;
- источник постоянного тока напряжением  $(12 \pm 2)$  В;
- персональный компьютер.

#### А.3 Порядок определения градуировочных характеристик

А.3.1 Для проведения градуировки требуется обеспечить связь МК-26-3-Д с персональным компьютером и установить специальное программное обеспечение. Для обеспечения связи надо соединить выход «RS-485» БИ кабелем с портом RS-485 компьютера. Переписать в компьютер программное обеспечение из компакт-диска комплекта поставки, директории service (расчёт градуировочных коэффициентов и связь с МК-26-3-Д). Программное обеспечение – это консольные программы под Windows. После запуска программы !ack из директории service\console\ack 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 2.

#### А.3.2 Порядок определения градуировочных характеристик абсолютного давления

Для проведения градуировки требуется климатическая камера, источник питания  $(12 \pm 3)$  В, блок измерительный с датчиком абсолютного давления, компьютер с портом RS485, 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.3.1.

В климатической камере установить температуру  $(-40 \pm 3)^\circ\text{C}$ . С помощью помпы последовательно устанавливать в газовой линии давление  $(600 \pm 2)$ ,  $(700 \pm 2)$ ,  $(750 \pm 2)$ ,  $(800 \pm 2)$ ,

(850±2) мм.рт.ст и записывать показания эталонного барометра и соответствующую этому давлению частоту кварца в таблицу. Повторить процедуру при температуре в камере сначала при (-25±3)°С, затем при (-10±3)°С, при (0±3)°С, при (+10±3)°С, при (+20±3)°С, при (+30±3)°С и при (+40±3)°С.

В результате получатся 8 таблиц по пять строк в каждой. По каждой таблице, т.е. для каждой температуры надо построить аппроксимирующий полином 2-ой степени зависимости давления от частоты. Для этого можно использовать программу аппроксимации методом наименьших квадратов !swt.exe из комплекта поставки (директория service\pressure в компакт-диске).

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

Входной файл создается в любом текстовом редакторе (блокноте). В файл записываются 8 строк, каждая из которых состоит из температуры и коэффициентов полинома. Если для градуировки использовалось меньше 8 значений температуры, то строки заполняются нулями.

;ДАВЛЕНИЕ

```
-39.8062 1111.0806 0.37574123 1.6093539e-06  
-24.1353 1111.0628 0.37666095 2.3480431e-06  
-11.1967 1110.425 0.37598342 2.3100786e-06  
4.2058 1110.0607 0.3750173 2.0449116e-06  
16.1631 1110.106 0.37496291 2.2505391e-06  
29.1982 1110.3807 0.3749356 2.4903032e-06  
49.2506 1109.8632 0.37287285 1.8637248e-06  
0 0 0 0
```



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

### Протокол связи МК–26–3–Д с компьютером

#### Б.1 Описание регистров МК–26–3–Д

Ниже приведена структура данных, используемая для настройки метекомплекса

МК–26–3–Д. 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 – внешний сброс минимумов/максимумов и
                                // осадков
                                // +4 – использовать внешний RTD
                                // +8 – давление в гПа
                                // +16 – ветер средний по модулю
                                // +32 – разрешить выключение питания
                                // +64 – ультразвуковой датчик ветра
                                // +128 – структура для RTD термометра
    _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      framMin;       // период сохранения данных в архиве в секундах
                                // +100 – в минутах
                                // +200 – в часах
    _U16     id;            //идентификатор метекомплекса (заводской номер)
    //*****
    _F32     height;        // возвышение датчика давления
    //*****
    _F32     ac;            // смещение направления ветра
    _F32     mc[2];         // линейное преобразование скорости ветра
    //*****
    _F32     hc[3];         // поправка для датчика влажности
    _F32     tp[3];         // широта
                                // нижняя и верхняя уставки термостата
    //*****
    _F32     rt[3];         // коэффициенты (A0 A1 A2) для температуры < 0
    _F32     tt[3];         // коэффициенты (B0 B1 B2) для температуры ≥ 0
    // полиномы для вычисления давления в разных температурах
    _F32     t0; c0[3];     // полином 2 степени для вычисления P0[t0]
    _F32     t1; c1[3];     // полином 2 степени для вычисления P1[t1]
    _F32     t2; c2[3];     // полином 2 степени для вычисления P2[t2]
    _F32     t3; c3[3];     // полином 2 степени для вычисления P3[t3]
    _F32     t4; c4[3];     // полином 2 степени для вычисления P4[t4]
    _F32     t5; c5[3];     // полином 2 степени для вычисления P5[t5]
```

```

    _F32      t6; c6[3];          // полином 2 степени для вычисления P6[t6]
    _F32      t7; c7[3];          // полином 2 степени для вычисления P7[t7]
//*****
    _F32      pc[4];              // pc[0] – A0 поправка уровня УрТ
                                  // pc[1] – A1 поправка уровня УрТ
                                  // pc[2] – соленость воды
                                  // pc[3] – шаг осадкомера
//*****
    _F32      fVal[28];
}
eepromData;

```

Последние 112 байт структуры данных, 28 чисел с плавающей запятой fVal[28], доступны только для чтения. Каждая пара байт структуры данных соответствует регистру протокола Modbus со смещением 108 регистров (216 байт), т.е. если считывать результаты измерений с помощью функции 3 к номерам регистров в таблице 14 надо прибавить 108. Если использовать для чтения функцию 4, то результаты измерений можно читать начиная с нулевого регистра. Подробнее соответствие результатов измерений и регистров протокола Modbus будет описано ниже. Прежде чем использовать полученные числа надо проверить их пригодность для обработки. В МК–26 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).

Т а б л и ц а 14

| Номер регистра | Номер байта | Структура | Параметр  |
|----------------|-------------|-----------|---|
| 0              | 00          | fVal[0]   | Средние период волнения или интенсивность осадков со станции погоды PWD22   |
| 1              | 01          |           |   |
| 2              | 02          |           |   |
| 3              | 03          | fVal[1]   | Средняя высота волны или осадки в виде снега со станции погоды PWD22  |
| 4              | 04          |           |   |
| 5              | 05          |           |   |
| 6              | 06          | fVal[2]   | Максимальная высота волны или осадки в виде дождя со станции погоды PWD22   |
| 7              | 07          |           |   |
| 8              | 08          |           |   |
| 9              | 09          | fVal[3]   | Идентификатор МК-26   |
| 10             | 10          |           |   |
| 11             | 11          |           |   |
| 12             | 12          | fVal[4]   | Температура воды средняя или солнечная радиация со станции погоды PWD22   |
| 13             | 13          |           |   |
| 14             | 14          |           |   |
| 15             | 15          | fVal[5]   | Уровень воды средний или средняя метеорологическая дальность видимости (МДВ) со станции погоды PWD22                |
| 16             | 16          |           |   |
| 17             | 17          |           |   |
| 18             | 18          | fVal[6]   | Уровень воды текущий или текущая метеорологическая дальность видимости со станции погоды PWD22                      |
| 19             | 19          |           |   |
| 20             | 20          |           |   |
| 21             | 21          | fVal[7]   | Осадки  |
| 22             | 22          |           |   |
| 23             | 23          |           |   |
| 24             | 24          | fVal[8]   | Температура средняя   |
| 25             | 25          |           |   |
| 26             | 26          |           |   |
| 27             | 27          | fVal[9]   | Температура текущая   |
| 28             | 28          |           |   |
| 29             | 29          |           |   |
| 30             | 30          | fVal[10]  | Минимальная температура воздуха   |
| 31             | 31          |           |   |
| 32             | 32          |           |   |
| 33             | 33          | fVal[11]  | Максимальная температура воздуха  |
| 34             | 34          |           |   |
| 35             | 35          |           |   |
| 36             | 36          | fVal[12]  | Давление среднее  |
| 37             | 37          |           |   |
| 38             | 38          |           |   |
| 39             | 39          | fVal[13]  | Давление текущее  |
| 40             | 40          |           |   |
| 41             | 41          |           |   |
| 42             | 42          | fVal[14]  | Влажность средняя   |
| 43             | 43          |           |   |
| 44             | 44          |           |   |
| 45             | 45          | fVal[15]  | Влажность текущая   |
| 46             | 46          |           |   |
| 47             | 47          |           |   |
| 48             | 48          | fVal[16]  | Скорость ветра средняя  |
| 49             | 49          |           |   |
| 50             | 50          |           |   |
| 51             | 51          | fVal[17]  | Скорость ветра текущая  |
| 52             | 52          |           |   |
| 53             | 53          |           |   |
| 54             | 54          | fVal[18]  | Максимум скорости ветра   |
| 55             | 55          |           |   |
| 56             | 56          |           |   |
| 57             | 57          | fVal[19]  | Направление ветра среднее   |
| 58             | 58          |           |   |
| 59             | 59          |           |   |
| 60             | 60          | fVal[20]  | Направление ветра текущее   |
| 61             | 61          |           |   |
| 62             | 62          |           |   |
| 63             | 63          | fVal[21]  | Направление максимального ветра   |
| 64             | 64          |           |   |
| 65             | 65          |           |   |
| 66             | 66          | fVal[22]  | Температура точки росы  |
| 67             | 67          |           |   |
| 68             | 68          |           |   |
| 69             | 69          | fVal[23]  | Температура в датчике атмосферного давления   |
| 70             | 70          |           |   |
| 71             | 71          |           |   |
| 72             | 72          | fVal[24]  | Осадки за сутки или код АЦП кварцевого датчика температуры  |
| 73             | 73          |           |   |
| 74             | 74          |           |   |
| 75             | 75          | fVal[25]  | Частота датчика атмосферного давления   |
| 76             | 76          |           |   |
| 77             | 77          |           |   |
| 78             | 78          | fVal[26]  | Код АЦП уровня воды или часовой код текущей погоды со станции погоды PWD22  |
| 79             | 79          |           |   |
| 80             | 80          |           |   |
| 81             | 81          | fVal[27]  | Код АЦП температуры воды или мгновенный код текущей погоды со станции погоды PWD22 или накопленные осадки из архива |
| 82             | 82          |           |   |
| 83             | 83          |           |   |
| 84             | 84          |           |   |
| 85             | 85          |           |   |
| 86             | 86          |           |   |
| 87             | 87          |           |   |
| 88             | 88          |           |   |
| 89             | 89          |           |   |
| 90             | 90          |           |   |
| 91             | 91          |           |   |
| 92             | 92          |           |   |
| 93             | 93          |           |   |
| 94             | 94          |           |   |
| 95             | 95          |           |   |
| 96             | 96          |           |   |
| 97             | 97          |           |   |
| 98             | 98          |           |   |
| 99             | 99          |           |   |
| 100            | 100         |           |   |
| 101            | 101         |           |   |
| 102            | 102         |           |   |
| 103            | 103         |           |   |
| 104            | 104         |           |   |
| 105            | 105         |           |   |
| 106            | 106         |           |   |
| 107            | 107         |           |   |
| 108            | 108         |           |   |
| 109            | 109         |           |   |
| 110            | 110         |           |   |
| 111            | 111         |           |   |