

**УТВЕРЖДЕН**  
ЛАНИ.416311.002-04 РЭ-ЛУ

**КОМПЛЕКС МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ**

**МАЛЫЙ МК-26-4**

Руководство по эксплуатации

ЛАНИ.416311.002-04 РЭ

Количество листов - 24

## 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>8</b>
2.1 Эксплуатационные ограничения .....	8
2.2 Требования безопасности .....	8
2.3 Подготовка изделия к использованию .....	9
2.4 Указания по включению и опробованию.....	9
2.5 Размещение и монтаж изделия .....	9
<b>3 Техническое обслуживание .....</b>	<b>11</b>
<b>4 Хранение и транспортирование .....</b>	<b>11</b>
<b>5 Комплект поставки.....</b>	<b>12</b>
<b>6 Основные сведения об изделии .....</b>	<b>12</b>
<b>7 Ресурсы, сроки службы и хранения, гарантии изготовителя.....</b>	<b>12</b>
<b>8 Свидетельство о приёмке .....</b>	<b>12</b>
<b>9 Учёт работы изделия .....</b>	<b>13</b>
<b>10 Работы при эксплуатации .....</b>	<b>13</b>
10.1 Учет выполнения работ .....	13
10.2 Поверка.....	14
<b>11 Хранение .....</b>	<b>14</b>
<b>12 Ремонт.....</b>	<b>15</b>
<b>13 Особые отметки .....</b>	<b>15</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Методика градуировки.....</b>	<b>16</b>
А.1 Общие сведения.....	16
А.2 Средства градуировки.....	16
А.3 Порядок определения градуировочных характеристик.....	16
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) Протокол связи МК–26–4 с компьютером.....</b>	<b>19</b>
Б.1 Описание регистров МК–26–4.....	19
Б.2 Содержимое регистров Modbus-RTU с расчетом расхода в лотке Вентури.....	21
Б.3 Содержимое регистров Modbus-RTU протокола регистратора цунами.....	23
Б.4 Текстовый протокол передачи данных в системе предупреждения о цунами .....	24
ЛАНИ.416311.002–04 РЭ	2

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

Комплексы МК-26 выпускаются в пяти модификациях:

— МК-26 - для измерения гидрометеорологических параметров (параметры приземного слоя атмосферы и гидрологические параметры) (технические и метрологические характеристики как у МК-26-2 в комплекте с МК-26-4);

— МК-26-1 - для измерения метеорологических параметров приземного слоя атмосферы (полевой вариант);

— МК-26-2 - для измерения метеорологических параметров приземного слоя атмосферы (базовый вариант, возможна индикация параметров);

— МК-26-3 - для измерения метеорологических параметров приземного слоя атмосферы для расширенного температурного диапазона (возможна индикация и обогрев защитного бокса);

— МК-26-4 - для измерения гидростатического давления и температуры воды.

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

1. МК-26-3-Т - 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-26-4 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-26-4.

Для автоматического измерения давления и температуры в состав комплекса МК-26-4 включаются:

- контроллер измерительный;
- термометр цифровой;
- пьезорезистивный сенсор избыточного давления;
- кабель специальный.

## 1 Описание и работа изделия

### 1.1 Назначение изделия

1.1.1 МК–26–4 предназначен для измерения температуры и гидростатического давления воды, обработки результатов измерений и передачи информации потребителю.

### 1.2 Технические характеристики

1.2.1 МК–26–4 обеспечивает автоматическое измерение параметров в рабочих условиях применения в диапазонах и с погрешностями, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Условное обозначение	Верхний предел измерений, м	Предел допускаемой относительной приведенной погрешности, %	Диапазон измерений температуры, °С	Предел допускаемой абсолютной погрешности, °С	Выходной сигнал
МК-26-4	002 - 200	0,2 – 1,0	от -4°С до 50°С	±0,2	RS-485

1.2.2 Выходной сигнал МК–26–4 интерфейс RS-485, к которому подключается компьютер потребителя с протоколом MODBUS-RTU (по умолчанию: адрес **1**, скорость **19200**, посылка **8** бит, **1** стоповый, без контроля четности). В случае отсутствия запросов Modbus-RTU может быть использован пользовательский протокол передачи данных или простая выдача датчиком данных в текстовом виде (для системы предупреждения о Цунами на скорости **9600**).

1.2.3 Энергопитание МК–26–4 осуществляется от источника постоянного тока напряжением  $(9 \pm 3)$  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 4°С до 50°С.

1.2.6 Степень защиты от воздействия воды соответствует коду IP68 по ГОСТ 14254-96.

1.2.7 Средний срок службы - не менее 8 лет.

1.2.8 МК–26–4 в упаковке при транспортировании выдерживает:

- воздействие температуры окружающей среды до 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–26–4 разработан в соответствии с требованиями, предъявляемыми к проведению гидрологических измерений.

Принцип действия МК–26–4 основан на измерении гидрологических параметров (температуры и гидростатического давления воды) посредством контактных датчиков. Выходные сигналы датчиков поступают в измерительный микроконтроллер. Микроконтроллер со встроенным программным обеспечением осуществляет управление работой, преобразование цифровых кодов в физические величины, усреднение полученных значений, математическую обработку и вывод информации в линию связи (по запросу из центра сбора данных потребителя или по своей инициативе).

Визуализация данных, полученных от комплексов МК–26–4, осуществляется в центре сбора данных потребителя (персональный компьютер с программным обеспечением, прибор индикации или метеокомплекс МК-26-2).

1.3.2 Центральным устройством комплекса является блок измерительный БИ. В корпусе из нержавеющей стали расположена плата измерительного контроллера, датчик температуры и датчик гидростатического давления.

Контроллер содержит:

- 24-битные аналого-цифровые преобразователи – 2 дифференциальных канала;
- универсальные дискретные входы/выходы – 4 шт.;
- супервизор питающего напряжения и сторожевой таймер;
- преобразователь напряжения;
- энергонезависимую память;
- последовательный интерфейс I2C;
- преобразователь интерфейса RS-485.

Контроллер размещен в БИ (корпус IP68).

Габаритные размеры :  $\varnothing 22 \times 115$  мм. Фотография датчика представлена на рисунке 1.



Рисунок 1

1.3.3 Конструкция МК–26–4 разработана в соответствии с требованиями, предъявляемыми к гидрологическим приборам.

1.3.4 МК–26–4 состоит из следующих узлов:

- корпуса, изготовленного из нержавеющей стали или титана;

- чувствительного элемента (сенсора), в качестве которого используется датчик давления типа MPM281, DSC19;
- цифрового термометра STS21;
- кабеля связи.

1.3.5 Пьезорезистивный сенсор обеспечивает непрерывное пропорциональное преобразование избыточного давления в электрический сигнал – напряжение.

Габаритные размеры  $\varnothing 19 \times 15$  мм, масса 0,05 кг.

1.3.6 Электропитание комплекса обеспечивается от внешнего блока питания. Блок питания в состав МК–26–4 не входит. Является дополнительным оборудованием.

1.3.7 Электрическая схема МК–26–4 приведена на рисунке 2.

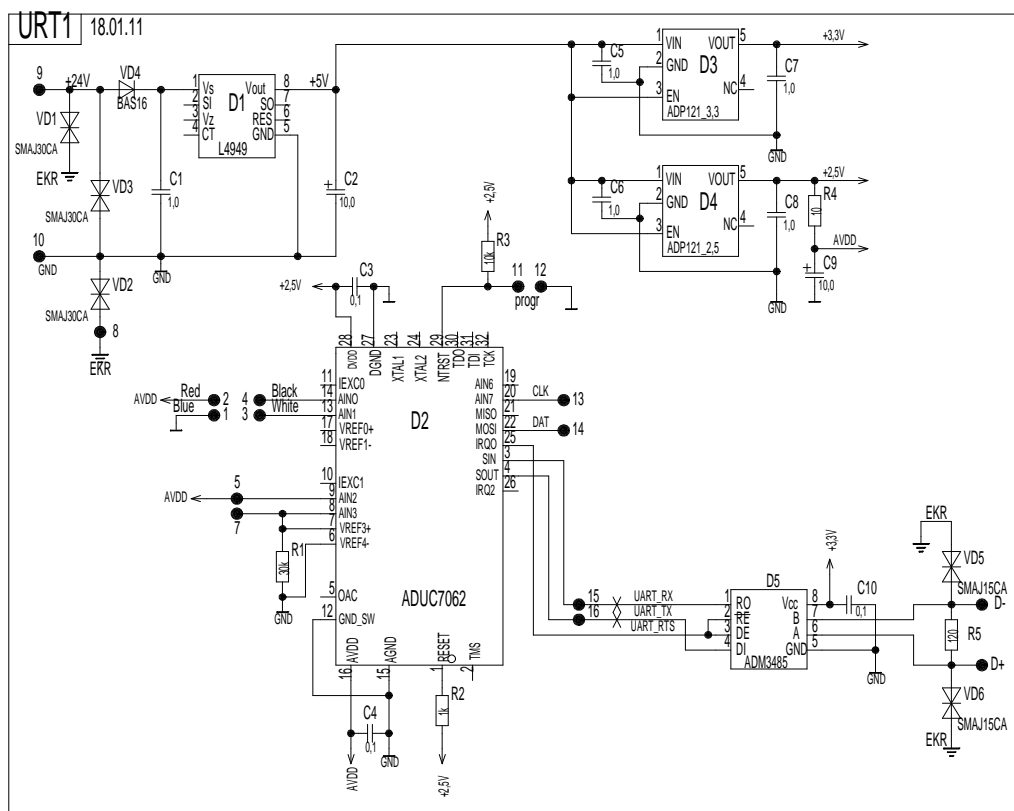


Рисунок 2.

1.3.8 По включению питания микросхема L4949 вырабатывает стабилизированное напряжение 5 вольт, которое преобразуется двумя микросхемами ADP121 в напряжение 3.3 вольта для питания микросхемы ADM3485 (интерфейс RS-485) и напряжение 2.5 вольт для питания микроконтроллера ADuC7061 и измерительных устройств: датчика давления (ДД) и

датчика температуры (ДТ). После подачи питания в микроконтроллере запускается программное обеспечение. ДД подключен к источнику опорного напряжения 2.5В (точки 1, 2). Выходной сигнал ДД, пропорциональный величине столба жидкости, расположенного над ДД поступает на вход 1-го АЦП микроконтроллера ADuC7061 (точки 3, 4). Измеренное значение пересчитывается по калибровочным коэффициентам из флэш-памяти микроконтроллера в код, который записывается в регистры оперативной памяти, которые могут быть прочитаны с помощью протокола MODBUS-RTU по RS-485 (скорость 19200, 8 бит, 1 стоп, без четности).

Измерение напряжения происходит по прерыванию с частотой, установленной в энергонезависимой памяти. Структура энергонезависимой памяти (параметры настройки датчика) описаны в приложении Б. Код АЦП пересчитывается по градуировочным коэффициентам из энергонезависимой памяти в давление воды (высоту водяного столба). Данные усредняются в течение периода, заданного при настройке. При необходимости рассчитывается уровень воды по заданным значениям солености воды и смещения датчика относительно дна водоема. Результаты расчетов записываются в регистры оперативной памяти, которые могут быть прочитаны с помощью протокола MODBUS-RTU по RS-485.

Термосопротивление подключено к 2-му дифференциальному входу АЦП, а эталонное сопротивление к входу VREF. Через оба сопротивления течет одинаковый ток, поэтому отношение сопротивлений равно отношению падений напряжения. Измерение напряжения термосопротивления происходит по прерыванию с частотой, установленной в энергонезависимой памяти. Код АЦП пересчитывается по градуировочным коэффициентам из флэш-памяти в давление. Результаты записываются в регистры оперативной памяти, которые могут быть прочитаны с помощью протокола MODBUS-RTU по RS-485.

1.3.9 Градуировка измерительных каналов является частью настройки МК–26–4 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–26–4 градуировка требуется для канала измерения давления и для канала температуры.

1.3.10 Давление вычисляется по формуле:

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

где  $t$  – температура датчика,  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  – коэффициенты зависящие от кода АЦП, каждый из которых определяется, как коэффициенты параболы, построенной по 3-м значениям давления  $P_{i-1}$ ,  $P_i$ ,  $P_{i+1}$ , вычисленным для 3-х значений температур и кода АЦП  $f$ .

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

Таким образом для вычисления давления в МК–26–4 всегда используются 3 из 10-ти 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. Измеренное значение кода подставляется поочередно в эти 3 полинома 2-ой степени (формула 2) и вычисляются значения коэффициенты  $P_{i-1}$ ,  $P_i$ ,  $P_{i+1}$ . По 3-м точкам вычисляются коэффициенты  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ . Затем из полученных коэффициентов формируется полином 2-ей степени, в который подставляется измеренное значение температуры датчика. Такая аппроксимация называется кусочно-параболической. Если для градуировки используются только 2 температурных точки, аппроксимация будет кусочно-линейной.

1.3.11 Результаты записываются в регистры оперативной памяти, которые могут быть прочитаны с помощью протокола MODBUS-RTU по RS-485.

1.3.12 Конструкция уровнемера разработана в соответствии с требованиями, предъявляемыми к гидрологическим приборам.

## **2 Использование по назначению**

### **2.1 Эксплуатационные ограничения**

2.1.1 Измеряемая среда должна обладать следующими свойствами: не быть агрессивной к материалам контактирующих с ней деталей датчика давления, не иметь загрязнений, которые могут накапливаться и уплотняться в полости штуцера перед мембраной и вызвать отказ датчика давления.

2.1.2 При эксплуатации датчика состояние измеряемой среды должно оставаться таким, чтобы исключить кратковременные броски давления (гидроудары, резонансные гидравлические явления), величина которых превышает предельно допустимую.

### **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–26–4 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–26–4 и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

2.3.2 Внимание! Для обеспечения устойчивой работы МК–26–4 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–26–4 на отсутствие внешних повреждений. Для опробования перед монтажом на месте эксплуатации выполнить следующие операции:

- соединить составные части МК–26–4 и персональный компьютер;
- запустить консольную программу ask.exe. На экране появится таблица со списком измеряемых параметров и результатами измерений. В правой колонке выводятся первичные измерительные данные, которые используются для градуировки каналов.

Главное окно программы приведено на рисунке 3.

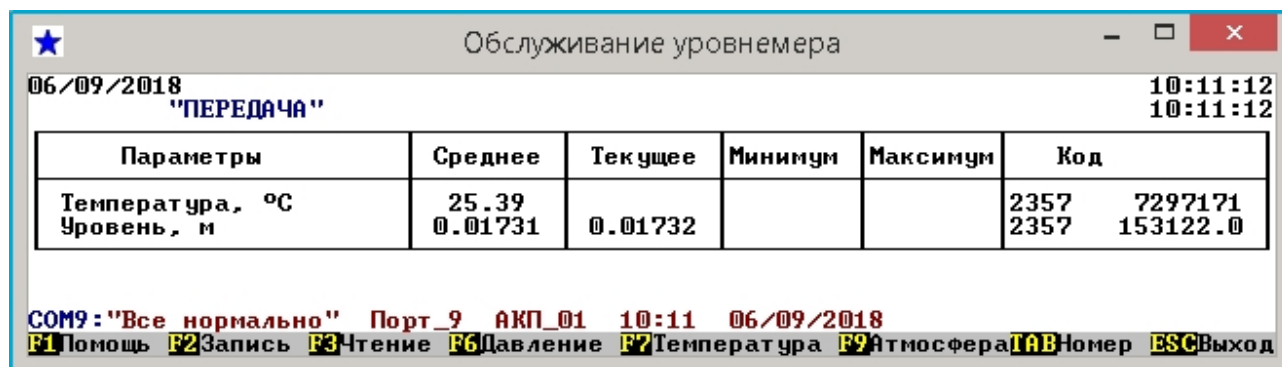


Рисунок 3

Значения должны соответствовать температуре воздуха и уровню 0 с учетом погрешности измерения.

### 2.5 Размещение и монтаж изделия

2.5.1 При установке в резервуаре МК–26–4 закрепляется на штанге на высоте 10-15 см от дна или подвешивается на нержавеющей тресе, проволоке. Кабель в нескольких точках закрепляется к подвесу с целью исключения его провисания или обрыва. Излишки кабеля

сматываются в бухту и крепятся к стенке колодца резервуара. Соединение кабеля уровнемера с сигнальным кабелем связи до места установки блока индикации (переносной/стационарный прибор или компьютер/контроллер) рекомендуется делать с помощью клеммной колодки.

2.5.2 При установке в скважине МК–26–4 крепится к трубопроводу непосредственно под фланцем над насосным агрегатом для исключения его повреждения при монтаже или демонтаже скважины. Кабель без провисаний с шагом примерно 3 м крепится к трубопроводу. Если требуется производить пересчет уровня от поверхности, то необходимо измерить высоту секций трубопровода и внести соответствующую запись в паспорт скважины. Отсчет уровня в этом случае будет определяться как разность между глубиной постановки МК–26–4 и показаниями компьютера.

2.5.3 Кабель связи, соединяющий МК–26–4 и центр сбора данных, 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 маркировка его жил для исключения неправильного электрического подключения МК–26–4 (пример маркировки для RS-485 показан на рисунке 4). Зеленый – Data+ RS485 (A), синий – Data- RS485 (B), красный – питание +12в, белый – общий, желтый – защитное заземление (подключение экрана кабеля к физической земле). Целесообразно соединение кабеля осуществлять через клеммную колодку. Длина кабеля связи при интерфейсе RS-485 - до 1200 м.



Рисунок 4

### **3 Техническое обслуживание**

3.1 Для МК-26-4 предусмотрены следующие виды технического обслуживания: внешний осмотр, контроль работоспособности.

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

3.3 Текущий ремонт осуществляется предприятием-изготовителем по договору. В течение гарантийного срока ремонт МК–26–4 осуществляется бесплатно.

### **4 Хранение и транспортирование**

4.1 МК–26–4 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.

4.2 В помещении для хранения МК–26–4 не должно быть агрессивных примесей (паров кислот, щелочей), вызывающих коррозию.

4.3 МК–26–4 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–26–4 должен быть выдержан при нормальных условиях не менее 12 ч.

## 5 Комплект поставки

Таблица 2

№	Наименование	Условное обозначение	Кол-во
1	2	3	4
	Комплекс метеорологический малый МК-26-4, в том числе:		1
1	Цифровой датчик температуры		
2	Преобразователь гидростатического давления: - ВПИ, гПа _____; -погрешность, % от ВПИ _____		
3	Кабель	КПЛМП 4x0,20	
4	Руководство по эксплуатации	РЭ	1
5	Методика поверки РТ-МП-5786-130-2019	МП	1

## 6 Основные сведения об изделии

Комплекс метеорологический малый МК-26-4 ЛАНИ.416311.002-04 Зав.номер \_\_\_\_\_ изготовлен "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_ г. ООО «НТЦ Гидромет», г.Обнинск Калужской обл. Федеральным агенством по техническому регулированию и метрологии выдано свидетельство об утверждении типа СИ № 74627. Реестр СИ № 39490-19. Срок действия до 19 августа 2024.

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

7.1 Средний срок службы МК–26–4 - 8 лет

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

7.3 Изготовитель гарантирует соответствие МК–26–4 заданным характеристикам при соблюдении условий транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации.

7.4 Гарантийный срок эксплуатации 12 месяцев со дня ввода МК–26–4 в эксплуатацию, но не более 18 месяцев со дня поставки. Гарантийный срок хранения 12 месяцев с момента изготовления.

## 8 Свидетельство о приёме

Комплекс метеорологический малый МК-26-4 ЛАНИ.416311.001-04 Зав.номер \_\_\_\_\_ изготовлен и принят в соответствии с обязательными требованиями государственных стандартов, действующей технической документацией и признан годным для эксплуатации.

ОТК

МП \_\_\_\_\_

личная подпись

\_\_\_\_\_ Б.Е.Белов

расшифровка подписи

\_\_\_\_\_ год, месяц, число

ЛАНИ.416311.002–04 РЭ

## 9 Учёт работы изделия

Т а б л и ц а 1

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 2

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 3

Наименование и обозначение средства измерения        <b>МК-26-4</b>	Заводской номер	Дата изготовления	Периодичность поверки	Дата поверки	Дата очередной поверки	Примечание	

## 11 Хранение

Т а б л и ц а 4

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

## 12 Ремонт

12.1 Ремонт датчика проводится изготовителем. Краткие сведения о произведенном ремонте следует указывать в таблице 5.

Т а б л и ц а 5

Предприятие, дата поступления	Наработка		Причина поступления в ремонт	Сведения о произведенном ремонте
	с начала эксплуатации	после последнего 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.

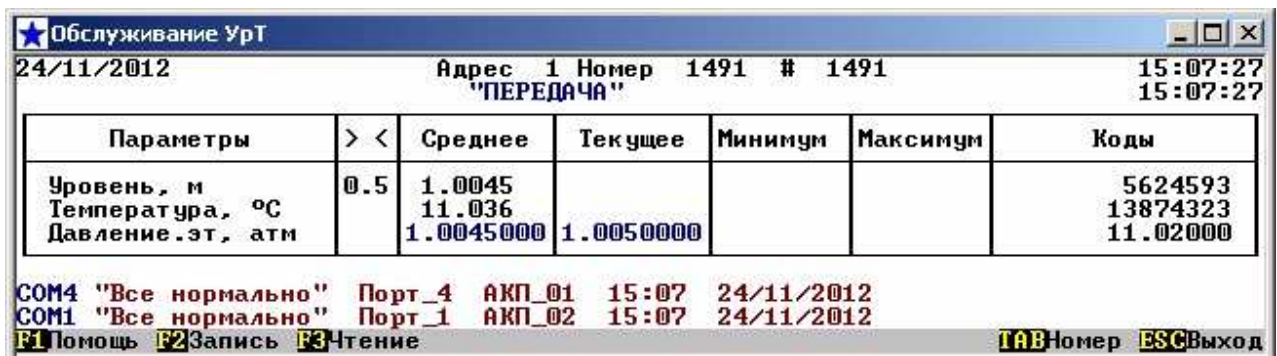
#### А.2 Средства градуировки

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

- термометр (набор термометров) для измерений температуры, диапазон от  $-4^{\circ}\text{C}$  до  $50^{\circ}\text{C}$ , погрешность не более  $0,1^{\circ}\text{C}$ ;
- помпа ручная пневматическая П-0,25М;
- источник постоянного тока напряжением  $(12 \pm 2)$  В;
- 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-26-4 с персональным компьютером и установить специальное программное обеспечение. Для обеспечения связи надо соединить выход RS485 датчика через конвертор USB-RS485 с портом USB компьютера. Переписать в компьютер программное обеспечение из компакт-диска комплекта поставки, директории service (расчёт градуировочных коэффициентов и связь с МК-26-4). Программное обеспечение – это консольные программы под Windows. После запуска программы !ask из директории service\ask 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 16.



The screenshot shows a software window titled "Обслуживание УрТ" (Maintenance of UR-T). The window displays the date "24/11/2012", the address "1", the number "1491", and the hash "# 1491". The status is "ПЕРЕДАЧА" (Transmission) with a time of "15:07:27". Below this is a table with the following data:

Параметры	> <	Среднее	Текущее	Минимум	Максимум	Коды
Уровень, м	0.5	1.0045				5624593
Температура, °C		11.036				13874323
Давление.эт, атм		1.0045000	1.0050000			11.02000

At the bottom of the window, there are status messages for COM4 and COM1, both showing "Все нормально" (Everything is normal) and "Порт\_4 АКП\_01 15:07 24/11/2012" and "Порт\_1 АКП\_02 15:07 24/11/2012" respectively. The bottom bar contains function keys: F1 Помощь, F2 Запись, F3 Чтение, TAB Номер, and ESC Выход.

Рисунок 16

А.3.2 Порядок определения градуировочных характеристик давления  
ЛАНИ.416311.002-04 РЭ



Для проведения градуировки требуется климатическая камера, источник питания 12В, датчик МК-26-4, компьютер с портом USB, помпа пневматическая, эталонный манометр избыточного давления, соединительные трубки, специальное программное обеспечение. Разместить в рабочей зоне климатической камеры датчик, датчик соединить газовой линией с эталонным манометром и помпой. Персональный компьютер, эталонный манометр и помпу расположить вне климатической камеры. Запустить программное обеспечение согласно А.10.1.

В климатической камере установить температуру  $(0\pm 3)^\circ\text{C}$ . С помощью помпы последовательно устанавливая в газовой линии давление  $(0\pm 0.02)$ ,  $(0.4\pm 0.02)$ ,  $(0.8\pm 0.02)$ ,  $(1.0\pm 0.02)$ ,  $(1.6\pm 0.02)$  атм. и записывать показания эталонного манометра и соответствующую этому давлению код АЦП в таблицу. Повторить процедуру при температуре в камере сначала при  $(0\pm 3)^\circ\text{C}$ , затем при  $(5\pm 3)^\circ\text{C}$ , при  $(10\pm 3)^\circ\text{C}$ , при  $(15\pm 3)^\circ\text{C}$ , при  $(20\pm 3)^\circ\text{C}$ , при  $(25\pm 3)^\circ\text{C}$  и при  $(30\pm 3)^\circ\text{C}$ . Выбор количества точек и конкретных значений температуры зависит от условий будущей эксплуатации датчика (не более 10).

В результате получатся 7 таблиц по пять строк в каждой. По каждой таблице, т.е. для каждой температуры надо построить аппроксимирующий полином 2-ой степени зависимости давления от кода АЦП. Для этого можно использовать программу аппроксимации методом наименьших квадратов `r.exe` из комплекта поставки (директория `service\calibr` в компакт-диске).

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

Входной файл создается в любом текстовом редакторе (блокноте). В файл записываются 10 строк, каждая из которых состоит из температуры и коэффициентов полинома. Если для градуировки использовалось меньше 10 значений температуры, то строки заполняются нулями.

;ДАВЛЕНИЕ

;свой полином для каждой температуры

;Температура T[i] и C[i][0] C[i][1] C[i][2]-коэффициенты преобразования давления

```
1.8634  0.0110856  1.7206108e-07  1.4962985e-16
4.9986  0.010161692  1.7418504e-07  2.2306956e-17
7.9580  0.010251045  1.7523791e-07  4.2032627e-17
10.8111 0.010037493  1.7654002e-07  2.1720942e-17
14.0642 0.010031347  1.7791221e-07  2.3091732e-17
18.1391 0.010211835  1.7966131e-07  4.2098203e-17
20.6706 0.010652296  1.8021332e-07  1.7156296e-16
23.6877 0.010758652  1.8214063e-07  1.6422581e-17
27.8384 0.010910772  1.8395057e-07  1.2968216e-17
0 0 0 0
```

### А.3.3 Порядок определения градуировочных характеристик температуры

Градуировка по температуре проводится одновременно с градуировкой по давлению. В таблицу записываются показания эталонного термометра и коды АЦП, к которому подключено платиновое термосопротивление. Для вычисления коэффициентов полинома можно использовать программу t.exe (директория service\calibr в компакт-диске) или любую другую, использующую метод наименьших квадратов.

Командная строка: t input.t

Входной файл input.t создается в любом текстовом редакторе (блокноте). Первая колонка – коды АЦП, вторая – температура в камере, измеренная эталонным термометром. Завершается файл пустой строкой.

13412515	1.86
13571128	5.03
13715932	7.91
13859570	10.75
13997822	13.48
14234575	18.15
14363177	20.69
14514968	23.7
14723642	27.86

Выходной файл input.tr создается программой t.exe. Первая строка это коэффициенты аппроксимирующего полинома 3-ей степени. Две первые колонки повторяют входной файл, третья – значения температуры, вычисленные с помощью полинома, четвертая – абсолютная ошибка аппроксимации. Последняя строка – это сумма квадратов отклонений, которую программа минимизировала и среднеквадратическое отклонение.

Коэффициенты:  $c[0] = -975.7199463231343$  ;  $c[1] = 0.0001716162535987691$  ;  $c[2] = -1.078414948743186e-11$ ;  $c[3] = 2.55214540163731e-19$  ;

-975.71995 0.00017161625 -1.0784149e-11 2.5521454e-19

X[i]	Y[i]	Y	Y - Y[i]
13412515	1.86	1.85992	-8.43722e-05
13571128	5.03	5.03087	0.000867222
13715932	7.91	7.90831	-0.00169101
13859570	10.75	10.7509	0.000858643
13997822	13.48	13.48	3.87188e-05
14234575	18.15	18.15	-9.86777e-06
14363177	20.69	20.6907	0.000744928
14514968	23.7	23.699	-0.00104727
14723642	27.86	27.8603	0.000323014

Суммарное: 6.113613899392062e-06 Среднее: 0.0008241907748002186

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

### Протокол связи МК–26–4 с компьютером

#### Б.1 Описание регистров МК–26–4

Ниже приведена структура данных, используемая для настройки МК-26-4. Все параметры структуры доступны для записи (функция 16) и чтения (функция 3) с помощью функций протокола Modbus.

```
typedef struct {
    _U8 object; // адрес датчика
    _U8 algoritm; // настройка датчика: +1-работа,+2-не коды,+4-10мгц,
                // +8-откл.калибровку,+16-перезагрузка,
                // +32-фильтр,+64-линейная,+128-протокол цунами или учет солености
    _U8 sInstall; // соленость воды в процентах
    _U8 hmax; // максимальная глубина настройки датчика для расчета тока
    _U8 hnav; // интервал усреднения уровня, в секундах
    _U8 tnav; // интервал усреднения температуры, в секундах
    _U8 ptoh; // учет плотность воды, масштабный коэффициент
    _U8 daccfg; // SF[7], настройка фильтра АЦП
    /******* Сводная настройка канала АЦП
        _U8 cfg0;
        _U8 cfg1;
        _U8 cfg2;
        _U8 cfg3;
    /*******
        _F32 hInstall; // ГЛУБИНА УСТАНОВКИ ДАТЧИКА, в метрах
        _F32 latInstall; // ШИРОТА УСТАНОВКИ ДАТЧИКА, в градусах
    /******* ДАВЛЕНИЕ в 8 точках температуры
        _pCoef p[10]; // Температура T[i] и C[i][0] C[i][1] C[i][2]-преобразование в давления
    /*******
    /******* ТЕМПЕРАТУРА
        _F32 tc[4]; // полином 3-ей степени
    /*******
        _U32 id; // ИДЕТИФИКАТОР
    /******* РЕЗУЛЬТАТЫ начиная с 100 регистра
        _S32 uVal[2]; // коды АЦП, уровень и температура
        _F32 fVal[2]; // значения уровня и температуры
        _F32 hQuater[4]; // 4 значения уровня через 0.25 секунды для расчета волнения моря
    } eepromData;
```

Последние 32 байта структуры данных, 2 длинных целых числа uVal[2], 6 чисел с плавающей запятой fVal[2] и hQuater[4], доступны только для чтения (функция 3). Каждая пара байт структуры данных соответствует регистру протокола Modbus. Подробнее соответствие содержимого структуры данных и регистров протокола Modbus описано в таблице 16.

Регистры результатов измерений и идентификатор

Таблица 16

Номер регистра	Структура	Параметр
98	ID	идентификатор
100	uVal[0]	код давления
102	uVal[1]	код температуры
104	flVal[0]	уровень
106	flVal[1]	температура
108	hQuater[0]	Уровень 0 сек.
110	hQuater[1]	Уровень 0.25 сек.
112	hQuater[2]	Уровень 0.50 сек.
114	hQuater[3]	Уровень 0.75 сек.

Например, если отправить запрос (в шестнадцатеричном виде):

**01 03 00 62 00 0A 64 13**

где:

01 – адрес;

03 - функция 3;

62 - стартовый адрес чтения 98;

0A - количество регистров 10;

64 13 - контрольная сумма CRC 0x6413.

Ответ:

01 03 14 08 25 00 00 66 23 00 00 6C 2C 00 00 D7 EC B9 85 21 68 41 D7 84 5B

где:

01 – адрес;

03 - функция 3;

14 – количество байт данных 20;

08 25 00 00 – идентификатор ID 0x0825 = 2085;

66 23 00 00 – код АЦП давления 0x6623 = 26147;

6C 2C 00 00 – код АЦП температуры 0x6C2C = 27692;

D7 EC B9 85 – значение давления 0xB985D7EC => float -0.000255;

21 68 41 D7 – значение температуры 0x41D72168 => float +26.891;

84 5B – контрольная сумма CRC 0x84 5B.

Перевод шестнадцатеричного представления числа с плавающей запятой доступен на сайте: <http://floatingpoint.ru/online/float2dec.php>

В МК-26-4 результаты измерения можно использовать для восстановления морского волнения. Результаты измерения давления воды с частотой 4 герца доступны для чтения с ЛАНИ.416311.002–04 РЭ

помощью функции 4. Начиная с адреса 0 можно прочитать 5 чисел с плавающей запятой (по 2 регистра в каждом), 1 значение – температура воды и затем 4 значения давления массива hQuater[4], измеренные с интервалом 250 миллисекунд, что позволяет опрашивать МК-26-4 с периодом 1 секунда и не потерять данные.

Прежде чем использовать полученные числа надо проверить их пригодность для обработки. В МК-26-4 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).

## **Б.2 Содержимое регистров Modbus-RTU с расчетом расхода в лотке Вентури**

Результат расчета находится в массиве hQuater[4], где:

— hQuater[0] – содержит расход воды в м<sup>3</sup>/час. Значение непрерывно усредняется до получения внешнего сброса в начале каждого часа. В архив записывается среднее за час значение расхода;

— hQuater[3] – содержит сумму расходов воды для последующего деления на количество таких значений при получении внешнего сброса в начале каждого часа. Это вспомогательный параметр.

— hQuater[2] – содержит накопленный за сутки расход воды в м<sup>3</sup> до получения внешнего сброса в начале суток. В архив записывается суточный расход воды.

— hQuater[1] – содержит количество часов в течение которых производится суммирование расхода. Это вспомогательный параметр.

Расчет расхода в м<sup>3</sup>/с через лоток Вентури в общем случае определяют по уравнению

$$Q = \frac{2\sqrt{2}}{3\sqrt{3}} C_v \cdot C_D \sqrt{g} \cdot b \cdot h^{3/2}.$$

где коэффициент расхода  $C_D$  определяют по формуле  $C_D = (1 - 0,006l_p/b) \cdot (1 - 0,003l_p/h)^{3/2}$ ,  $h$  – это измеренный уровень воды в лотке,  $g$  – ускорение свободного падения (Т[9] в файле настройки),  $C_v$  - коэффициент скорости подхода (С[9][0] в файле настройки),  $b$  – ширина подводящего участка (С[9][1] в файле настройки) и  $l_p$  – длина (С[9][2] в файле настройки).

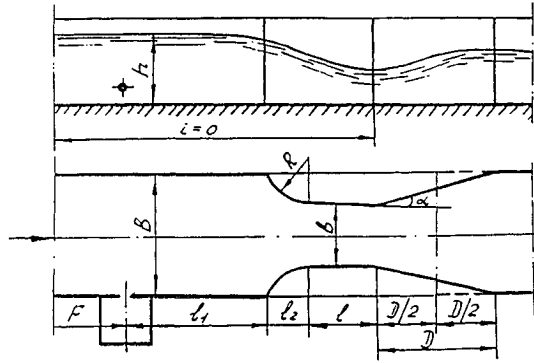


Таблица 17

$C_D \frac{b \cdot h}{A_w}$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001	1,002	1,002	1,003	1,003
0,1	1,004	1,004	1,005	1,005	1,006	1,006	1,007	1,007	1,008	1,009
0,2	1,010	1,011	1,012	1,012	1,013	1,014	1,015	1,016	1,018	1,019
0,3	1,021	1,022	1,024	1,025	1,027	1,029	1,031	1,033	1,035	1,037
0,4	1,039	1,041	1,043	1,045	1,048	1,050	1,053	1,056	1,059	1,061
0,5	1,063	1,066	1,070	1,073	1,076	1,079	1,082	1,086	1,090	1,093
0,6	1,097	1,101	1,106	1,110	1,115	1,120	1,125	1,130	1,136	1,141
0,7	1,147	1,152	1,158	1,165	1,172	1,179	1,187	1,195	1,203	1,211

### Б.3 Содержимое регистров Modbus-RTU протокола регистратора цунами

Таблица 18

Номер регистра	Параметр	Время измерения
0	H <sub>-14</sub>	«Текущее время» - 14 минут
1		
2	H <sub>-13</sub>	«Текущее время» - 13 минут
3		
4	H <sub>-12</sub>	«Текущее время» - 12 минут
5		
6	H <sub>-11</sub>	«Текущее время» - 11 минут
7		
8	H <sub>-10</sub>	«Текущее время» - 10 минут
9		
10	H <sub>-09</sub>	«Текущее время» - 09 минут
11		
12	H <sub>-08</sub>	«Текущее время» - 08 минут
13		
14	H <sub>-07</sub>	«Текущее время» - 07 минут
15		
16	H <sub>-06</sub>	«Текущее время» - 06 минут
17		
18	H <sub>-05</sub>	«Текущее время» - 05 минут
19		
20	H <sub>-04</sub>	«Текущее время» - 04 минуты
21		
22	H <sub>-03</sub>	«Текущее время» - 03 минуты
23		
24	H <sub>-02</sub>	«Текущее время» - 02 минуты
25		
26	H <sub>-01</sub>	«Текущее время» - 01 минута
27		
28	<b>H<sub>00</sub></b>	<b>Текущее значение уровня</b>
29		
30	T <sub>-14</sub>	«Текущее время» - 14 минут
31		
32	T <sub>-13</sub>	«Текущее время» - 13 минут
33		
34	T <sub>-12</sub>	«Текущее время» - 12 минут
35		
36	T <sub>-11</sub>	«Текущее время» - 11 минут
37		
38	T <sub>-10</sub>	«Текущее время» - 10 минут
39		
40	T <sub>-09</sub>	«Текущее время» - 09 минут
41		
42	T <sub>-08</sub>	«Текущее время» - 08 минут
43		
44	T <sub>-07</sub>	«Текущее время» - 07 минут
45		
46	T <sub>-06</sub>	«Текущее время» - 06 минут
47		
48	T <sub>-05</sub>	«Текущее время» - 05 минут
49		
50	T <sub>-04</sub>	«Текущее время» - 04 минуты
51		
52	T <sub>-03</sub>	«Текущее время» - 03 минуты
53		
54	T <sub>-02</sub>	«Текущее время» - 02 минуты
55		
56	T <sub>-01</sub>	«Текущее время» - 1 минута
57		
58	<b>T<sub>-00</sub></b>	<b>Текущее значение температуры</b>
59		
60	TIME	Время работы уровнемера в 1/16 секунды
61		

Каждое значение, среднее за минуту, занимает 4 байта или 2 регистра протокола Modbus-RTU. В случае плохих данных или отсутствии измерений 4 байта заполняются числом 0xFFFFFFFF (все 32 бита единицы). Протокол включается, если в поле algorithm установлен 7

бит (+128). В этом случае при чтении регистров функцией 3 с 0-го по 61-ый регистры включительно передаются осредненные за минуту значения уровня и температуры воды, измеренные в течение последних 15 минут.

Этот протокол используется в системе предупреждения о цунами для связи с регистратором цунами – береговым блоком. Таким образом МК-26-4 можно использовать вместо регистратора цунами.

#### **Б.4 Текстовый протокол передачи данных в системе предупреждения о цунами**

Этот протокол используется в системе предупреждения о цунами для связи с даталоггером 3664 фирмы Aanderaa. В этом случае МК-26-4 каждые 4 секунды передает на скорости **9600** текстовые строки с контрольным значением (код RF) 750 и измеренными значениями уровня воды (код WL) и температуры воды (код WT).

```
Date/Time: 18.10.12 12:00:00<CR><LF>
01 RF           750.00 Deg.C <CR><LF>,
02 WL          NNNNN.NN m   <CR><LF>
03 WT          NNNNN.NN Deg.C <CR><LF>,
```

где NNNNN.NN измеренное число с двумя знаками после запятой.

Протокол включается , если в поле `algorithm` установлен 7 бит (+128) и в течение 15 секунд в линии связи RS485 из центра сбора не было запросов Modbus-RTU. Таким образом МК-26-4 может быть использован вместо оборудования фирмы Aanderaa (датчика уровня 3791A с даталоггером 3664), подключенного к центру сбора данных через коммуникационный порт `LastReading`.

Для проверки функционирования протокола надо подключить датчик к компьютеру через конвертер USB-RS485 и запустить в компьютере терминальную программу `HyperTerminal` или любую другую (**скорость 9600, длина 8 бит, 1 стоповый, без контроля четности**). На экране через каждые 4 секунды должны появляться новые строки с данными в следующем порядке:

```
Date/Time: 18.10.12 12:00:00
01 RF           750.0
02 WL           0.56 m
03 WT           21.21 Deg.C
```