

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО ПК«РУНА»

_____ А.Е.Горевой

М.П.



РАСХОДОМЕРЫ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ
КАТФЛОУ

Руководство по эксплуатации

РУНС.170.00.000 РЭ

1	ОПИСАНИЕ И РАБОТА.....	5
1.1	Назначение	5
1.2	Технические характеристики	5
1.3	Метрологические характеристики.....	8
1.4	Состав	9
1.5	Устройство и работа.....	10
1.5.1	Принцип работы расходомера.....	10
1.5.2	Устройство	13
1.6	Составные части изделия.....	14
1.7	Маркировка и пломбирование	16
2	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ	16
2.1	Эксплуатационные ограничения	16
2.2	Подготовка к работе.....	18
3	ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	19
3.1	Общие сведения.....	19
3.2	Функциональное назначение программы	21
3.3	Описание логической структуры.....	21
3.4	Входные данные	21
4	ПОРЯДОК РАБОТЫ	22
4.1	Описание основного меню расходомера	22
4.2	Запуск программы КАТdata+.....	23
4.3	Файловое меню.....	27
4.4	Меню набора данных.....	27
4.5	Меню Расходомера.....	28
4.5.1	Download.....	28
4.5.2	Terminal.....	29
4.6	Меню Опций.....	29
4.7	Меню Помощи.....	29
4.8	Лог-файлы.....	30
4.9	Список набора данных.....	31
4.9.1	Параметры записи	32
4.10	Представление данных	33
4.10.1	Таблица данных	33
4.10.2	График набора данных.....	34
5	ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.....	34
6	УПАКОВКА, ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	35

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий документ распространяется на цифровой расходомер ультразвуковой «КАТФЛОУ» (далее – расходомер) и предназначен для ознакомления с устройством расходомера и порядком его эксплуатации.

Перед эксплуатацией расходомера взрывозащищенного исполнения необходимо ознакомиться с документом РУНС.170.00.000 РЭ «Расходомер ультразвуковой «КАТФЛОУ» Взрывозащищенное исполнение (исполнение ex)» Руководство по эксплуатации, размещённым на сайте <http://www.run-a.ru>

В связи с постоянной работой по усовершенствованию прибора, в расходомере возможны отличия от настоящего руководства, не влияющие на метрологические характеристики и функциональные возможности прибора.

Расходомер включен в Государственный реестр средств измерений и может использоваться как коммерческий и арбитражный прибор.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ВП- вторичный измерительный преобразователь;

КК – коробка клеммная;

НС - нештатная ситуация;

ПК - персональный компьютер;

ПП - первичный преобразователь расхода;

ПП- преобразователь первичный;

УЗС - ультразвуковой сигнал;

DN - диаметр условного прохода;

Расходомер ультразвуковой «КАТФЛОУ» зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений РФ под № 72809-18 (свидетельство об утверждении типа средств измерений RU.C.29.001A №71591).

Удостоверяющие документы размещены на сайте <http://www.run-a.ru>

ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

Изготовитель гарантирует соответствие расходомеров техническим условиям в пределах гарантийного срока 24 месяца с даты первичной поверки.

Гарантийный срок продлевается на время выполнения гарантийного ремонта (без учета времени его транспортировки), если срок проведения гарантийного ремонта превысил один календарный месяц.

Изготовитель не несет гарантийных обязательств в следующих случаях:

- а) отсутствует паспорт на изделие с заполненным разделом «Свидетельство о приемке»;
- б) изделие имеет механические повреждения;
- в) изделие хранилось, транспортировалось, монтировалось или эксплуатировалось с нарушением требований эксплуатационной документации на изделие;
- г) отсутствует или повреждена пломба с поверительным клеймом;
- д) изделие или его составная часть подвергалось разборке или доработке.

Неисправное изделие для выполнения гарантийного ремонта направляется в региональный или головной сервисный центр.

Информация по сервисному обслуживанию представлена на сайте <http://www.run-a.ru>

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

1.1 Назначение

1.1.1 Расходомер ультразвуковой «Катфлоу» с цифровой обработкой информации предназначен для оперативного измерения среднего объемного расхода и объема различных по составу и вязкости акустически проводящих жидкостей (воды, кислот, щелочей, растворов, пульп, нефти и нефтепродуктов, пищевых продуктов и т.д.) в напорных трубопроводах в различных условиях эксплуатации.

Расходомер выполняет измерения при постоянном и/или переменном (реверсивном) направлении потока жидкости в трубопроводе.

1.1.2 Расходомер обеспечивает измерение следующих параметров:

- среднего объемного расхода жидкости при прямом и обратном направлении потока;
- объема жидкости отдельно для прямого и обратного направления потока и интегрального объема жидкости;
- скорости потока жидкости.

1.1.3 Расходомер обеспечивает:

- вывод информации на встроенный дисплей и на персональный компьютер (ПК) через интерфейс RS-232, RS485 или USB;
- вывод результатов измерения в виде частотно-импульсных или нормированных токовых и потенциальных сигналов;
- автоматический контроль и индикацию наличия нештатных ситуаций и отказов;
- защиту архивных и установочных данных от несанкционированного доступа.

1.2 Технические характеристики

1.2.1 Основные технические характеристики расходомера приведены в табл.1.

Таблица 1 – Технические характеристики

Наименование параметра	Значение параметра	Прим.
Количество каналов измерения	1 или 2	Примеч.1
Диаметр условного прохода трубопровода, DN, мм	от 10 до 75000	Примеч.1
Температура измеряемой жидкости, °С	от минус 50 до плюс 250	Примеч.2
Напряжение питания, В	см. 1.2.8	

Средняя наработка на отказ, ч	63000	
Средний срок службы, лет	12	Примеч.3

- 1 В зависимости от модели
- 2 В зависимости от типа ультразвукового преобразователя
- 3 Кроме встроенной аккумуляторной батареи.

1.2.2 Расходомер обеспечивает измерение среднего объемного расхода при скорости потока до 20 м/с в соответствии с формулой:

$$Q = 2,83 \times 10^{-3} \times v \times D^2 \quad (1)$$

где Q – средний объемный расход, м³/ч;

v – скорость потока, м/с;

D – внутренний диаметр трубопровода, мм.

1.2.3 Чувствительность расходомера по скорости потока 0,01 м/с.

1.2.4 Расходомер может выполнять функции теплосчетчика, т.е. имеет возможность расчета следующих параметров при получении измерительной информации от внешних датчиков температуры и давления, либо по их договорным значениям:

- массового расхода потока жидкости;
- тепловой мощности потока жидкости;
- тепловой энергии потока жидкости;
- массы жидкости, прошедшей по трубопроводу для прямого направления потока.

ПРИМЕЧАНИЕ. При использовании расходомера в качестве теплосчетчика прибор выполняет функцию индикатора, для которой метрологические характеристики не нормируются.

1.2.5 Температурные входы расходомера рассчитаны на подключение по 4-х проводным схемам и обработку сигналов двух платиновых термопреобразователей сопротивления типа Pt с номинальным сопротивлением 100 Ом, с температурными коэффициентами $0,00385^{\circ}\text{C}^{-1}$ соответственно по ГОСТ 6651.

1.2.6 Вход давления рассчитан на подключение по 2-х проводной схеме с унифицированным сигналом 0 – 20 мА или 4 – 20 мА. Номинальное входное сопротивление канала измерения давления не более 600 Ом.

1.2.7 Расходомер обеспечивает ведение календаря и отображает на дисплее состояние заряда аккумуляторной батареи, а также наличие и ресурс встроенной карты памяти.

1.2.8 Электропитание расходомера осуществляется от встроенной аккумуляторной батареи напряжением постоянного тока 3,6 В, от внешнего источника постоянного тока напряжением от 10 до 30 В, либо от сети переменного тока 220 В 50 Гц через адаптер питания $\sim 220/\sim 24$ В. Продолжительность непрерывной работы от полностью заряженной встроенной батареи составляет не менее 24 часов при условии, что дисплей отключен и интерфейс не используется, и не менее 12 часов при суммарном времени использования дисплея и интерфейсов не более 2 час.

1.2.9 Устойчивость к внешним воздействиям в соответствии с ГОСТ 22261 группа 5 с расширенным диапазоном рабочих температур:

а) температура окружающего воздуха:

- для вторичного преобразователя (ВП) – от минус 25 до плюс 60;
- для преобразователей пьезоэлектрических (ПП) – от минус 50 до + 80 °С;

б) относительная влажность окружающего воздуха:

- ВП – верхнее значение относительной влажности воздуха 98 % при температуре 25 °С и более низких температурах, без конденсации влаги;
- ПП – до 100 % при температуре не более + 40 °С, с конденсацией влаги.

б) атмосферное давление от 66,0 до 107 кПа;

г) Рабочие условия применения механических воздействий на изделия должны соответствовать ГОСТ 22261, группа 5.

в) степень защиты ВП расходомера в транспортном состоянии (полностью закрытом) соответствует коду IP67, в эксплуатационном состоянии (с открытой крышкой корпуса) – коду IP54 по ГОСТ 14254.

г) Степень защиты ПП соответствует коду IP67 (Опционально IP68) по ГОСТ 14254.

1.2.10 Вид и массогабаритные характеристики составных частей расходомера приведены в приложении А.

1.3 Метрологические характеристики

1.3.1 Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении, регистрации, хранении и передаче результатов измерений скорости потока, среднего объемного расхода, объема жидкости при любом направлении потока, при условиях эксплуатации и монтажа, указанных в эксплуатационной документации на расходомер, соответствуют таблице:

Таблица 2 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений скорости потока жидкости, м/с	от 0,01 до 25 и от -25 до -0,01
Диапазон измерений расхода жидкости, м ³ /ч	от $3600SV_{\min}$ до $3600SV_{\max}$, где S – площадь поперечного сечения трубопровода, (м ²); $V_{\min}$ и $V_{\max}$ – наименьшая и наибольшая скорость потока, (м/с).
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений скорости потока V, объемного расхода и объема жидкости, %: при V от 0,01 до 0,5 включ., м/с при V св. 0,5 до 25, м/с где V – скорость потока, м/с	$\pm 0,5/V$ ± 1
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений скорости потока V, объемного расхода и объема жидкости (по заказу), %, при V от 0,01 до 0,3 включ., м/с при V св. 0,3 до 25, м/с где V – скорость потока, м/с	$\pm 0,15/V$ $\pm 0,5$

1.3.2 В случае использования расходомера в условиях работы, отличающихся от указанных в эксплуатационной документации (вид гидравлического сопротивления, длина прямолинейных участков до и после ПП расходомера и т. д.), пределы допускаемой относительной погрешности измерений расхода (объема) могут быть определены по результатам разработки методики выполнения измерений при данных условиях работы расходомера. Методика выполнения измерений разрабатывается и утверждается по отдельному заказу.

1.4 Состав

Комплект поставки расходомера приведен в таблице:

Таблица 3 – Комплект поставки

Наименование	Обозначение	Кол-во	Примечание
Первичные преобразователи	РУНС.110.00.000	1 или 2 пары	По заказу
Вторичный преобразователь	РУНС.170.00.000	1	
Клеммная коробка		1	По заказу Для моделей КФ100Ех, КФ150Ех, КФ150Ехd, КФ170Ехd, КФ200Ех, КФ210Ех, КФ230Ех
Толщиномер	-	1	По заказу, без нормирования погрешности
Термочехол	-	-	По заказу, без нормирования погрешности
Термобуфер	-	-	По заказу, без нормирования погрешности
Комплект монтажных частей	РУНС.170.00.000 КМЧ	1	
Транспортировочный чемодан (для моделей КФ200, КФ230)	-	1	По заказу
CD диск, содержащий файлы: Руководство по эксплуатации Методика поверки МП Внешнее ПО «KATData+»	РУНС.170.00.000 ВДЭ	1	

Карты заказа и эксплуатационная документация на данное изделие, размещены на сайте по адресу: <http://www.run-a.ru>

1.5 Устройство и работа

1.5.1 Принцип работы расходомера

1.5.1.1 По принципу работы расходомер относится к время-импульсным ультразвуковым расходомерам, работа которых основана на измерении разности времени прохождения коротких ультразвуковых сигналов (УЗС) по направлению и против потока жидкости в трубопроводе. Возбуждение и прием УЗС производится накладными электроакустическими первичными преобразователями (ПП), установленными на трубопровод.

1.5.1.2 Электрические зондирующие импульсы, генерируемые электронной схемой управления вторичного измерительного преобразователя (далее ВП), попеременно поступают на ПП1 и ПП2 (Рисунок 1).

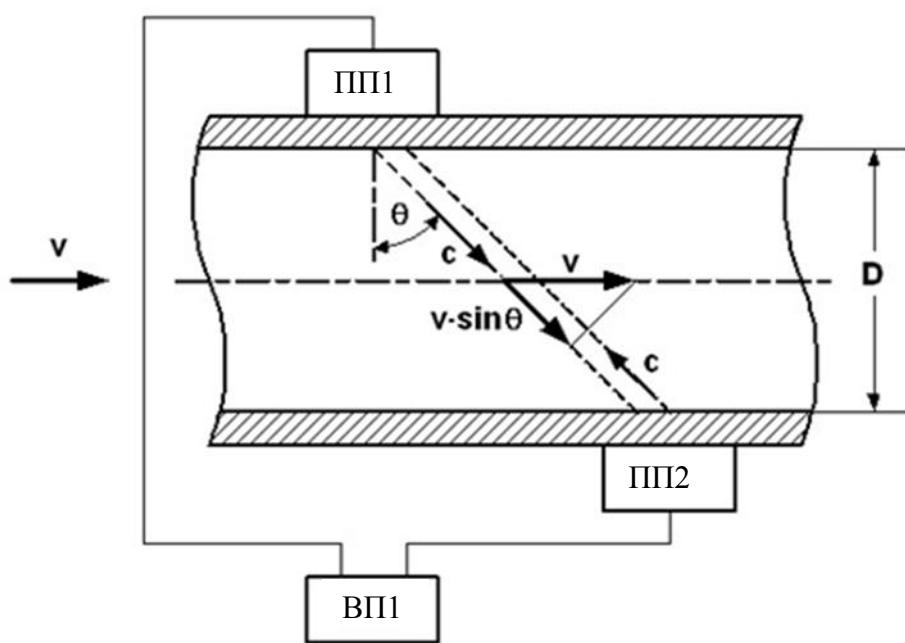


Рисунок 1 – Схема прохождения УЗС.

УЗС, излучаемый одним ПП, проходит через движущуюся по трубопроводу жидкость и воспринимается другим ПП. При движении жидкости происходит снос ультразвуковой волны, который приводит к изменению времени распространения УЗС: по потоку жидкости (от ПП1 к ПП2) время прохождения уменьшается, а против потока (от ПП2 к ПП1) – возрастает. Разность времен прохождения УЗС по акустическому тракту по и против потока жидкости dT пропорциональна скорости потока v и, следовательно, объемному расходу жидкости Q .

Цифровой способ обработки УЗС обеспечивает устойчивую работу в условиях помех, а также упрощает настройку расходомера при вводе в эксплуатацию.

1.5.1.3 Скорость жидкости, усредненная вдоль ультразвукового луча, определяется как:

$$v = \frac{c}{2 \times n \times D \times \operatorname{tg} \Theta} [(T_{П2} - T_{П1}) - dT_0], \quad (2)$$

где c – скорость распространения УЗС в неподвижной жидкости;

D – внутренний диаметр трубопровода;

Θ – угол между направлением распространения УЗС и плоскостью, перпендикулярной оси трубопровода;

$T_{П1}$, $T_{П2}$ – полное время прохождения сигнала по каналу измерения (ВП, кабели связи, оба ПП, жидкость) при распространении УЗС по и против потока соответственно;

dT_0 – разность времен прохождения сигнала при неподвижной жидкости (смещение нуля расходомера);

n – коэффициент, зависящий от схемы установки ПП (рис.2):

$n = 1$ – при установке ПП по Z-схеме;

$n = 2$ – при установке ПП по V-схеме;

Значение расхода вычисляется в соответствии с выражением:

$$Q_{CP} = \frac{\pi \times D^2}{4} \times v_{изм} \times K_{Г, 2} \quad (3)$$

где $K_{Г} = v_{ср}/v$ – гидродинамический коэффициент.

Гидродинамический коэффициент представляет собой отношение средней скорости потока жидкости в трубопроводе к скорости потока жидкости v , усредненной вдоль ультразвукового луча. Он вычисляется на основе введенных значений шероховатости стенок трубопровода, вязкости контролируемой жидкости, внутреннего диаметра трубопровода, измеренного значения скорости потока.

Объем жидкости V за интервал времени T определяется в соответствии с формулой:

$$V = \int_0^T Q(t), \quad (4)$$

Изменение скорости распространения УЗС в рабочей жидкости, связанное с изменением температуры, давления и/или состава жидкости, в связи с неизменной длиной акустического тракта учитывается в приборе путем определения полусуммы времени прохождения УЗС расстояния между ПП T :

$$\sum T = \frac{T_1}{T_2}, \quad (5)$$

1.5.1.4 Значение расхода определяется при выполнении условия:

$$Q < Q, \quad (6)$$

где $Q_{отс}$ – минимальное значение расхода (нижняя отсечка), м³/ч;

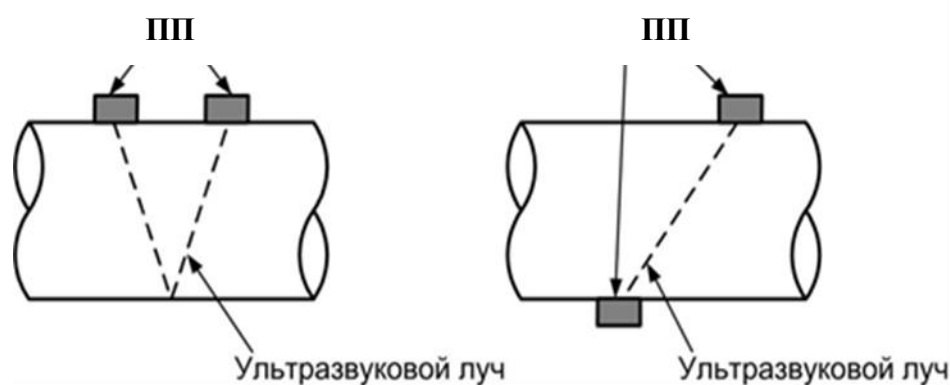
Q – текущее значение расхода, м³/ч.

Рекомендуемое значение нижней отсечки соответствует скорости потока 0,1 м/с.

Если выполняется условие $Q < Q_{отс}$, то в расходомере измеренное значение расхода приравнивается нулю, прекращается накопление объема и выдача импульсов на универсальном выходе.

При выполнении условия $Q > Q_{max}$ (где Q_{max} соответствует скорости потока 20 м/с) измерение расхода продолжается, но прекращается накопление и архивирование объема и выдача импульсов на универсальном выходе.

1.5.1.5. Накладные ПП устанавливаются на наружную стенку трубопровода без его вскрытия по следующим схемам (Рисунок 2):



а) V-схема

б) Z-схема

Рисунок 2 – Схемы установки ПП на трубопроводе

Z-схема – ПП размещаются на противоположных стенках трубопровода в плоскости, проходящей через ось трубопровода, при этом сигнал от одного ПП к другому проходит без отражения от внутренней поверхности трубопровода;

V-схема – ПП устанавливаются вдоль одной стенки трубопровода в плоскости, проходящей через ось трубопровода, при этом сигнал от одного ПП попадает к другому после отражения от внутренней поверхности трубопровода (при этом УЗС проходит в два раза больший путь, чем при Z-схеме).

1.5.2 Устройство

Структурная схема расходомера приведена на рис.



Рисунок 3 – Структурная схема расходомера

Расходомер состоит из одного или нескольких первичных преобразователей расхода и вторичного измерительного преобразователя.

Первичный преобразователь расхода представляет собой приспособление для установки на трубопровод одной или двух пар ПП из комплекта расходомера.

Количество первичных преобразователей, входящих в состав расходомера определяется видом его исполнения.

Вторичный измерительный преобразователь содержит измеритель, управляющий электроакустическим зондированием и обрабатывающий измерительные сигналы, и вычислитель, выполняющий вторичную обработку измерительной информации и хранение результатов измерений.

Для обеспечения внешних связей расходомера на плате вычислителя установлен электронный комбинированный модуль универсального выхода и последовательных интерфейсов RS-232 и RS-485, USB.

Кроме того, по заказу на плату вычислителя дополнительно можно установить сервисные модули расширения внешних связей, преобразующие частотный сигнал универсального выхода в сигналы, указанные в таблице 4.

Таблица 4 – Интерфейсы связи и ввода-вывода

КФ170	RS-232, RS-485	ввод: нет вывод: нет	ввод: до 4х(0-20 мА (а), 4-20 мА (п))* вывод: до 4х(0/4-20 мА (а), ОК, СК)* общее число: не более 4
КФ200	RS-232, USB	ввод: нет вывод: нет	ввод: нет вывод: нет
КФ210	USB	ввод: нет вывод: 1х0/4-20 мА (а), 1хОК, 1хСК	ввод: нет вывод: нет
КФ230	RS-232, USB	ввод: 2хPt100 вывод: 1х 0/4-20 мА (а), 1хОК, 1хСК	ввод: до 2х(Pt100, 0/4-20 мА (а))* вывод: до 2х(0/4-20 мА (а), ОК, СК, частотный)* общее число: не более 2

все последовательные интерфейсы с протоколом обмена MODBUS-RTU

ОК - открытый коллектор

СК - сухой контакт

а - активный

п - пассивный

* - любой из перечисленных

Управление работой расходомера и индикация измерительной, установочной, диагностической, архивной информации обеспечивается с помощью клавиатуры и графического жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) обеспечивающего вывод алфавитно-цифровой информации.

1.6 Составные части изделия

1.6.1 Вторичный измерительный преобразователь

1.6.1.1 Функции ВП

Вторичный измерительный преобразователь представляет собой микропроцессорный измерительно-вычислительный блок модульной конструкции, выполняющий следующие функции:

- зондирование потока, прием и обработку сигналов, полученных от ПП;
- определение значений измеряемых параметров;
- архивирование и хранение в энергонезависимой памяти результатов измерений и вычислений, установочных параметров и т.п.;
- вывод измерительной, архивной, диагностической и установочной информации на дисплей ЖКИ и через интерфейсы RS-232, RS-485, Ethernet с протоколом обмена MODBUS-RTU;
- вывод измерительной информации через универсальные и/или токовый выходы;

- автоматический контроль и индикацию наличия неисправностей и нештатных ситуаций в расходомере;

- защиту от несанкционированного доступа к архивным и установочным данным.

1.6.1.2. Конструкция ВП

Корпус ВП условно состоит из трех частей (конструктивных модулей): основания – монтажного модуля, средней модуля вторичного источника питания (ВИП) и лицевой части – модуля обработки данных.

Модуль обработки данных ВП содержит платы измерителя и вычислителя. На лицевой панели модуля находятся жидкокристаллический индикатор и клавиатура.

Модуль ВИП вторичного преобразователя содержит плату вторичного источника питания. На нижней плоскости корпуса модуля ВИП расположена клемма защитного заземления.

Модуль ВИП вместе с модулем обработки данных, соединяемые электрически многожильным шлейфом и конструктивно винтами со стороны модуля ВИП, составляют субблок обработки данных.

На нижней плоскости корпуса монтажного модуля расположены: внешний разъем интерфейса RS-232 (RS-485, USB) и разъёмы для кабеля питания, сигнальных кабелей ПП, а также кабелей связи с внешними устройствами, подключаемыми к расходомеру.

Внешний разъем RS-232 (RS-485, USB) на монтажном модуле с помощью плоского кабеля подключается к 8-контактному разъему RS-232 комбинированного электронного модуля.

1.6.1.3. Электронные модули выходных сигналов

На плату измерителя в зависимости от количества используемых каналов измерения (подключаемых пар ПП) устанавливается соответствующее количество приемо-передающих электронных модулей.

На плате вычислителя предусмотрены слоты расширения (разъемы) для установки по заказу дополнительных электронных сервисных модулей внешних связей.

1.6.2 Преобразователи пьезоэлектрические

1.6.2.1 ПП работают попеременно в двух режимах: излучения, когда проходящий от ВП электрический импульсный сигнал преобразуется в ультразвуковые колебания, и приема, когда ультразвуковые колебания жидкости преобразуются в соответствующий электрический сигнал.

1.6.2.2. Накладные ПП имеют прямоугольный корпус, одна из граней которого является излучающей плоскостью. На боковых гранях корпуса нанесены риски, указывающие положение акустического центра ПП. Накладные ПП устанавливаются излучающей

плоскостью на наружную стенку трубопровода. ПП герметизирован заливкой внутрь корпуса термостойкого электроизоляционного компаунда.

В зависимости от назначения расходомер может быть укомплектован ПП различных типов и исполнений, отличающимися материалами излучающей поверхности и допустимым диапазоном температуры контролируемой жидкости, конструкцией кабельного вывода и т.п.

1.7 Маркировка и пломбирование

1.7.1 Маркировка на лицевой панели ВП содержит обозначение и наименование расходомера, товарный знак изготовителя, знак утверждения типа средства измерения. Заводской номер указан на шильдике, закрепленном на корпусе ВП.

1.7.2 Заводские номера других составных частей указываются либо на шильдике, либо наносятся краской непосредственно на корпус.

1.7.3 После поверки пломбируется контактная пара разрешения модификации калибровочных параметров расходомера.

1.7.4 Контактная пара разрешения модификации параметров функционирования пломбируется после ввода расходомера в эксплуатацию и проверки соответствия значений параметров функционирования, введенных в прибор, значениям, указанным в паспортах расходомера и первичных преобразователей либо протоколах монтажных и пусконаладочных работ.

Параметры первичных преобразователей определяются либо при выпуске из производства и заносятся в паспорта ПП (если ПП поставляются в составе расходомера), либо на объекте эксплуатации и заносятся в протоколы монтажных и пусконаладочных работ. Форма протокола монтажных и пусконаладочных работ приведена в инструкции по монтажу.

1.7.5 Для защиты от несанкционированного доступа при транспортировке, хранении или эксплуатации может быть опломбирован корпус ВП.

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1 Эксплуатационные ограничения

2.1.1. Эксплуатация расходомера должна производиться в условиях воздействия действующих факторов и параметров контролируемой среды, не превышающих допустимых значений, оговоренных в эксплуатационной документации.

2.1.2. Первичный преобразователь может устанавливаться в вертикальный, горизонтальный или наклонный трубопровод.

2.1.3. Точная и надежная работа расходомера обеспечивается при выполнении в месте установки ПП следующих условий:

- давление жидкости в трубопроводе и режимы его эксплуатации исключают газообразование и/или скопление газа (воздуха);

- на входе и выходе ПП имеются прямолинейные участки соответствующей длины с D_y , равным D_y измерительного участка. Прямолинейные участки не должны содержать устройств или элементов конструкции, вызывающих изменение структуры потока жидкости;

2.1.4. Тип и состав контролируемой жидкости (наличие и концентрация взвесей, посторонних жидкостей и т.п.), режим работы и состояние трубопровода не должны приводить к появлению коррозии и/или отложений, влияющих на работоспособность и метрологические характеристики расходомера.

2.1.5. Необходимость защитного заземления прибора определяется в соответствии с требованиями главы 1.7 «Правил устройства электроустановок» в зависимости от напряжения питания и условий размещения прибора.

2.1.6. Молниезащита объекта размещения прибора, выполненная в соответствии с «Инструкцией по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО153-34.21.122-2003, снижает вероятность выхода прибора из строя при наличии молниевых разрядов.

Для защиты линий связи прибора ВП-ПП от разрядов молний дополнительно рекомендуется применение специальных устройств защиты.

2.1.7. Требования к условиям эксплуатации и выбору места монтажа, приведенные в настоящей эксплуатационной документации, учитывают наиболее типичные факторы, влияющие на работу расходомера.

На объекте эксплуатации могут существовать или возникнуть в процессе его эксплуатации факторы, не поддающиеся предварительному прогнозу, оценке или проверке и которые производитель не мог учесть при разработке.

В случае проявления подобных факторов следует устранить их или найти иное место эксплуатации, где данные факторы отсутствуют или не оказывают влияния на работу изделия.

2.2 Подготовка к работе

2.2.1 Меры безопасности

2.2.1.1 К работе с расходомером допускается обслуживающий персонал, изучивший эксплуатационную документацию на изделие.

2.2.1.2 При работе с расходомером должны соблюдаться «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Межотраслевые правила по охране труда (Правила безопасности) при эксплуатации электроустановок».

2.2.1.3 При проведении работ с расходомером опасными факторами являются:

- переменное напряжение с действующим значением до 264 В частотой 50 Гц;
- давление в трубопроводе (до 25 МПа);
- температура рабочей жидкости (до 160 °С);
- другие опасные факторы, связанные с профилем и спецификой объекта, где эксплуатируется расходомер.

2.2.1.4 При работе корпус ВП должен быть подсоединен к магистрали защитного заземления.

2.2.1.5 В процессе работ по монтажу, пусконаладке или ремонту расходомера запрещается:

- производить подключения к расходомеру, переключения режимов работы или замену электрорадиоэлементов при включенном питании;
- производить демонтаж элементов расходомера на трубопроводе до полного снятия давления на участке трубопровода, где производятся работы;
- использовать неисправные электрорадиоприборы, электроинструменты либо работать с ними без подключения их корпусов к магистрали защитного заземления.

2.2.1.6 При обнаружении внешних повреждений прибора или сетевой проводки следует отключить прибор до выяснения специалистом возможности дальнейшей эксплуатации.

2.2.2 Монтаж расходомера и настройка на объекте должны производиться специализированной организацией, имеющей разрешение предприятия-изготовителя и право на выполнение данных работ, либо представителями предприятия-изготовителя.

2.2.3 При вводе изделия в эксплуатацию должно быть проверено:

- правильность подключения расходомера и взаимодействующего оборудования в соответствии с выбранной схемой соединения и подключения;
- соответствие используемых составных частей расходомера и кабелей связи данному каналу измерения; порядок определения этого соответствия указан в инструкции по монтажу;

- соответствие напряжения питания расходомера требуемым техническим характеристикам;
- правильность заданных режимов работы выходов расходомера.

Кроме того, необходимо убедиться в соответствии значений параметров функционирования, введенных в прибор, значениям, указанным в паспортах расходомера и первичных преобразователей либо в протоколах монтажных и пусконаладочных работ.

После проведения пусконаладочных работ для защиты от несанкционированного доступа в процессе эксплуатации может быть опломбирован корпус ВП.

3 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.

В этом разделе содержится описание программы и сведения, необходимые для её эксплуатации:

- приводятся общие сведения (назначение, основные функции, входные и выходные данные и т.д.);
- описываются параметры для настройки программы.

3.1 Общие сведения

Программное обеспечение расходомера (далее – ПО) состоит из двух частей:

- Встроенное ПО , установленное в электронном блоке, и осуществляющее непосредственное управление процессом измерения на объекте;
- Внешнее ПО, предназначенное для связи персонального компьютера с расходомером, архивации и визуализации считанных с него данных.

Передача данных между внешним и внутренним частями ПО осуществляется по двухпроводной физической линии по протоколу Modbus RTU.

И встроенное и внешнее ПО позволяют пользователю просматривать идентификационные данные, что является одним из способов защиты ПО средства измерения (см. Таблицу 5).

Таблица 5 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значения	
	КФ (встроенное ПО)	КАТData+ (внешнее ПО)
Идентификационное наименование ПО		
Номер версии (идентификационный номер) ПО	Не ниже 4.00	Не ниже 4.00

Сведения о встроенном программном обеспечении электронного блока - его наименование и обозначение версий указаны в Паспорте КФ.XXX.ПС.

Описание меню, и назначение клавиш клавиатуры электронного блока расходомера приведены в таблице Б.1.

Для обслуживания ультразвуковых расходомеров КАТФЛОУ необходимо также ознакомиться с внешним программным обеспечением «КАТdata+».

3.2 Перечень защищаемых параметров и описание их защиты от несанкционированного доступа.

3.2.1 Защита от непреднамеренных изменений метрологически значимого ПО

Защита обеспечивается применением следующих методов:

- 1 При транспортировке и эксплуатации прибора электронный блок механически пломбируется в соответствии с п. 1.7.
- 2 Настройки ПО и измерительная информация хранятся в энергонезависимой памяти.
- 3 Предусмотрено считывание данных журнала событий:
 - времени включения/выключения устройства;
 - времени до/после коррекции текущего времени;
 - времени сброса регистров калибровочных данных;
 - времени вскрытия/закрытия приборов;
 - дата и код перепрограммирования;
 - дата и код ошибки самодиагностики.
- 4 Реализовано разграничение прав доступа к изменению калибровочных констант.

3.2.2 Защита от преднамеренных изменений метрологически значимого ПО

- 1 При эксплуатации прибора электронный блок, механически пломбируется, что обеспечивает защиту доступа к журналу событий.
- 2 Реализовано разграничение прав доступа.
- 3 Осуществляется проверка целостности ПО при включении расходомера.
- 4 Идентификация осуществляется по номеру версии ПО.

3.2.3 Целостность данных передачи измерительной информации.

Проверка целостности передачи информации на внешний компьютер осуществляется встроенным CRC-алгоритмом протокола Modbus RTU.

3.3 Функциональное назначение программы

Программа "KATdata+" входит в состав ПО ультразвуковых расходомеров КАТФЛОУ, является внешним ПО, служит для управления конфигурацией и процессом сбора данных от ультразвуковых расходомеров по RS-232, RS-485 или по USB через конвертор, а также представления результатов измерения на экране монитора персонального компьютера.

3.4 Описание логической структуры

3.4.1 Общая схема работы программы

Интерактивная программа «KATdata+» работает под управлением оператора, который с помощью горячих клавиш и различных подсказок сам выбирает нужные ему действия.

Отказ от выбранного вида работы всегда осуществляется нажатием клавиши Esc.

В программе реализовано консольное окно, в котором размещается таблица с измеренной информацией.

Для управления стандартными функциями в программе используются клавиши:

- F1 - помощь. Вывод на экран файла помощи;
- ESC - выход.

Вся информация хранится в файлах журналов (log-файлах) который используется:

- для настройки программы на конкретные условия применения;
- для полного описания измеряемых параметров;
- для настройки временных задержек и других вспомогательных значений в программе.

3.5 Входные данные

3.5.1 Описание файловой среды функционирования программы

При установке, программа создаёт в директории Program Files OC Windows рабочую структуру каталогов и размещает в папке KATdata исполняемый и справочный файлы с расширением .exe и .hlp соответственно.

В дальнейшем рекомендуется (но не обязательно) использовать созданную файловую структуру для размещения log-файлов.

3.5.2 Инициализация

При запуске программа записывает (считывает) параметры инициализации прибора из соответствующего log-файла, определяющие порядок работы:

- 1) Номер - номер объекта. Объектом может быть встроенная измерительная плата, измерительный контроллер, подключенный по каналу связи и т.д. Номер объекта уникален и определяет набор измеряемых параметров или протокол обмена. Все

строки файла с одним и тем же номером относятся к одному объекту, и вся получаемая информация собирается в одном буфере.

- 2) Период - интервал, через который происходит передача данных;
- 3) Порт - состоящий из двух частей:
 - порты для подключения по линии с протоколом обмена MODBUS-RTU, описанным ниже;
 - коммуникационный порт 1 - Com1;
- 4) Протокол – определяет параметры выбранного порта:
 - скорость передачи данных;
 - длина посылки);
 - количество стоповых бит;
 - контроль бита четности.

4 ПОРЯДОК РАБОТЫ

4.1 Описание основного меню расходомера

Порядок работы и настройки электронного блока расходомера должны проводиться в последовательности указанной в этом разделе. Описание меню, и назначение клавиш расходомера приведены в Таблице Б.1.

4.1.1 При включении Электронного блока необходимо убедиться в том, что номер версии встроенного ПО соответствует номеру указанному в паспорте на расходомер Рисунок 4.

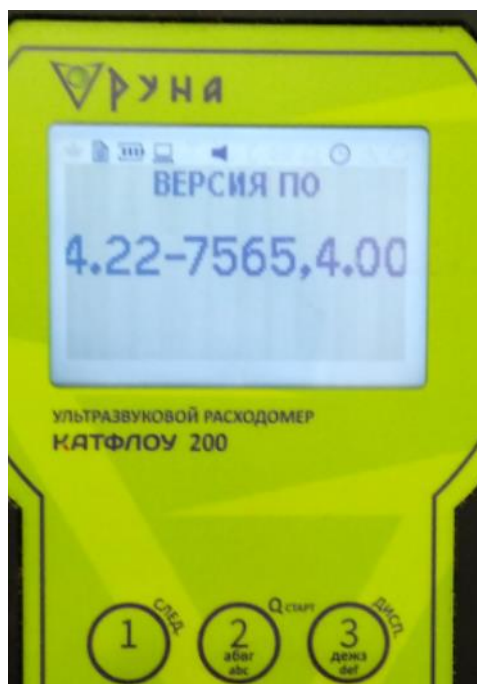


Рисунок 4 – Проверка номера версии встроенного ПО

4.2 Запуск программы KATdata+.

4.2.1 При запуске программы на короткое время появится следующее изображение Рисунок 5:



Рисунок 5 – Заставка программы KATdata

4.2.2 Следом будет отображена заставка позволяющая произвести идентификацию номера версии ПО (Рисунок 6).

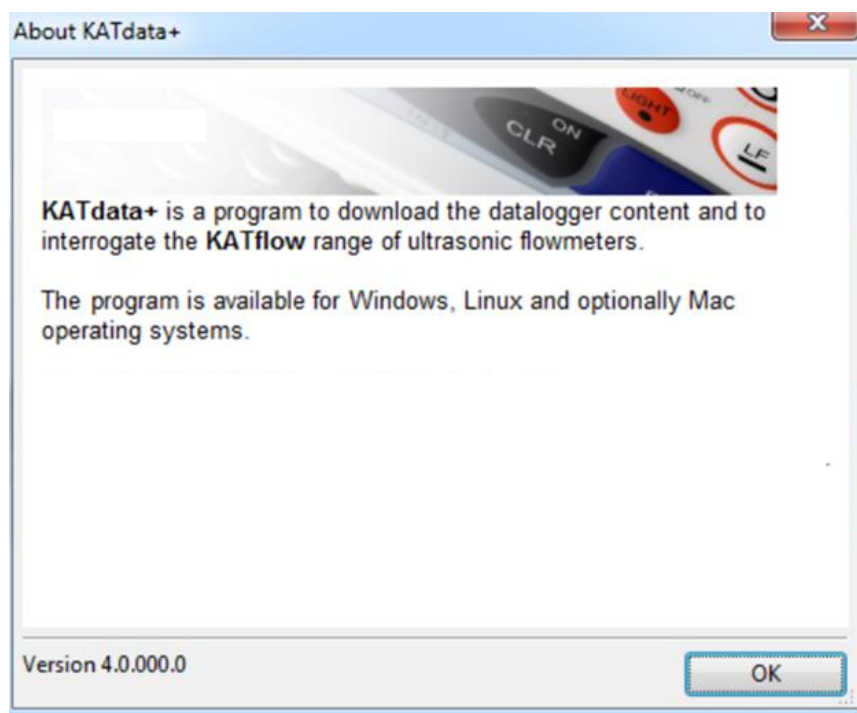


Рисунок 6 – Идентификация номера версии ПО KATdata+

4.2.3 Затем появится основное окно программы Рисунок 7:

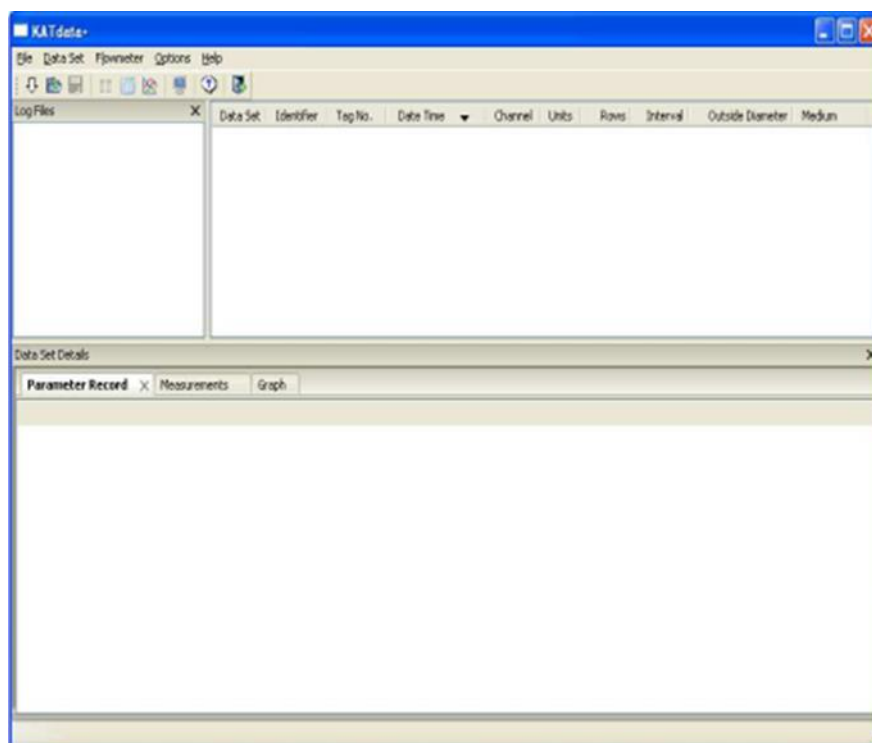


Рисунок 7 – Основное окно

4.2.4 Включите расходомер или выйдите из отображения измерения. Дождитесь, пока появится главное меню Рисунок 8¹.

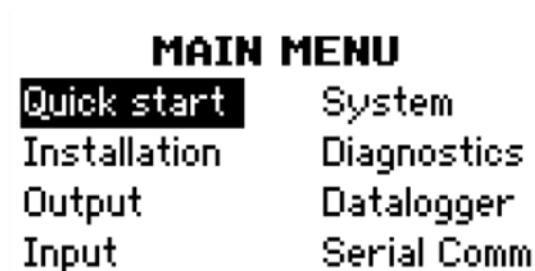


Рисунок 8 – Главное меню

¹ Примечание: вид Главного меню может отличаться от приведённого на рисунке, в зависимости от модели .электронного блока расходомера.

4.2.5 Присоедините расходомер к ПК при помощи интерфейсного кабеля RS232.

4.2.6 Выберите в меню «Flowmeter / Download»

4.2.7 Сохраните данные в файле, присвоив ему подходящее имя, например, «Выгрузка Катфлоу_01.kat»

4.2.8 Программа KATFdata+ устанавливает связь с расходомером Рисунок 9.

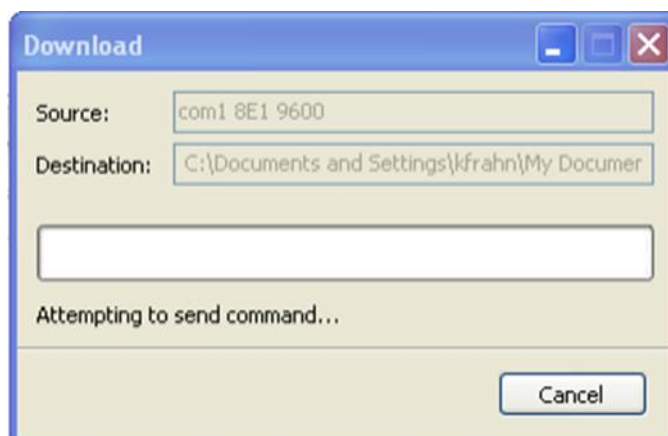


Рисунок 9 – Установление связи с расходомером

Дождитесь пока загрузочное окно закроется.

Выгрузка данных завершена.

4.2.9 Теперь выгруженные данные можно оценить, используя вкладки Parameter Record (параметрическая запись), Table (таблица) и Graph (график) Рисунок 10

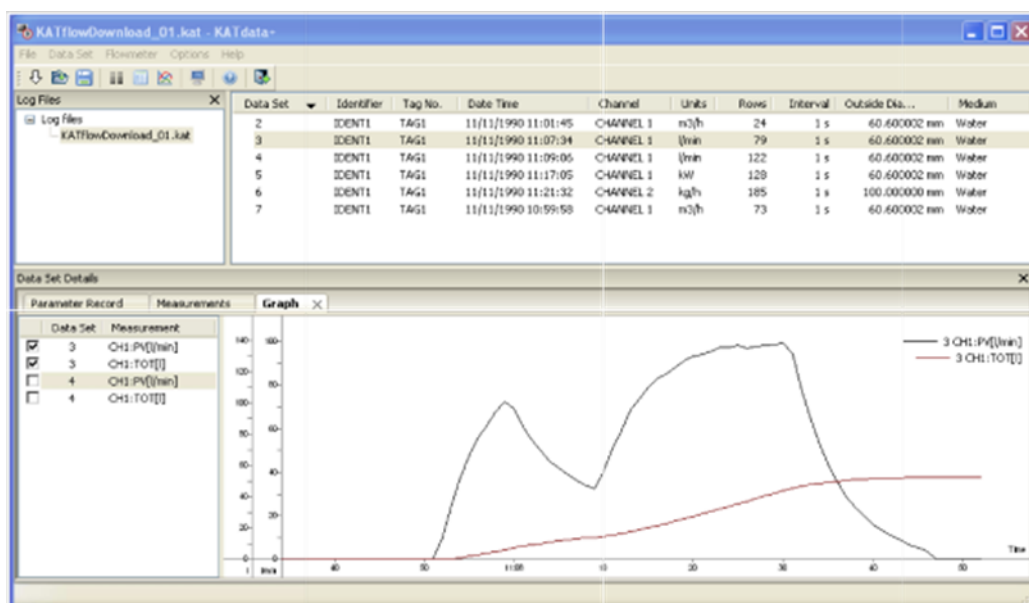


Рисунок 10 – Вкладка Параметрическая запись

4.3 Файловое меню

New

Создает новый файл для принятия данных из других файлов. При помощи мышки перетащите интересующий Вас набор измеренных данных из другого файла в созданный файл.

ПО автоматически запросит ввести имя нового файла, как только Вы решите закрыть файл без имени. Затем Вы можете ввести имя файла.

Open

Открывает существующий бинарный файл (*.kat) или разделенные запятыми стандартные CVS файлы (*.csv).

Save

Сохраняет созданный неименованный файл.

Save As

Сохраняет выбранный файл как бинарный (*.kat) или разделенные запятыми стандартные CVS файлы (*.csv).

Export

Экспортирует выбранный файл, как стандартный текстовый файл (*.txt).

Print Graph

Печатает выбранный график на принтере по умолчанию.

Print Preview

Выводит на экран предварительный просмотр графика, выбранного для печати.

Print Setup

Выводит на экран стандартное установочное меню принтера.

Properties

Закладка: *Summary*

Дает информацию по записанному файлу.

Закладка: *Flowmeter*

Идентификация расходомера, с которого был получен файл данных.

Close

Закрывает выбранный файл данных.

Quit

Выход из программы.

4.4 Меню набора данных

Parameter Record

Отображает параметрическую запись выбранного набора данных в отдельном окне.

Table

Открывает новое окно и отображает измеренные данные из набора данных в табличном формате.

Graph

Открывает новое окно и отображает измеренные данные из набора данных в графическом формате.

Нажатие правой кнопки мыши:

Fit to Window

Вписывает график в доступное окно

Zoom In

Увеличивает график

Zoom Out

Уменьшает график

Print Graph

Открывает окно печати графика

Print Preview

Открывает окно предварительного просмотра графика

4.5 Меню Расходомера**4.5.1 Download**

Иницирует скачивание данных из расходомера. Сначала необходимо выбрать имя файла либо в бинарном сжатом формате (*.kat) или в разделенных запятыми стандартных CVS файлах (*.cvs). Затем данные будут скачены из регистратора расходомера Рисунок 11.

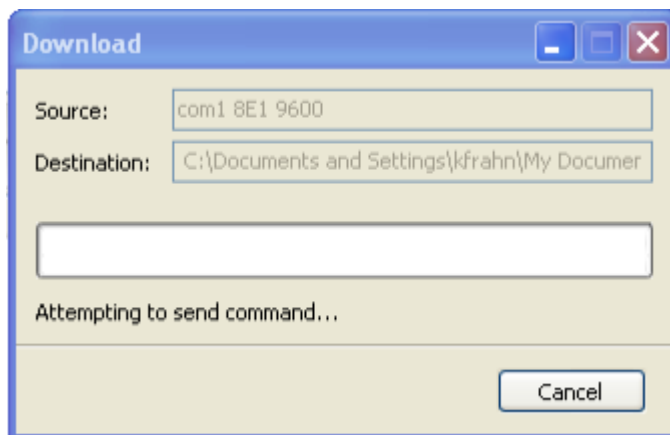


Рисунок 11 – Вкладка Загрузки

4.5.2 Terminal

Запускает соответствующую терминальную программу для передачи данных on-line, скачивания вручную содержимого регистратора и/или для работы с интерфейсом командной строки расходомера.

4.6 Меню Опций

Show Toolbar

Меню инструментов можно разрешить или запретить.

Show Open File List

Разрешается или запрещается список открытых файлов.

Show Preview

Разрешается или запрещается предварительный просмотр вкладок "Parameter Record", "Table" и "Graph".

Default Layout

Все окна возвращаются к первоначальному виду.

Preferences

Открывает программные предпочтительные закладки.

Закладка: *General*

- Определяет терминальную программную командную строку.
- Разрешает появление заставки при запуске

Закладка: *Serial*

- Устанавливает параметры последовательной связи. Параметры по умолчанию: Com1, 9600, 8 бит, 1 стоповый бит, четный, без квитирования.

Закладка: *Export*

- Устанавливает параметры экспорта текстового файла. Параметры по умолчанию: разделитель полей – табуляция, десятичная точка, формат даты расходомера, английский язык.

4.7 Меню Помощи

Help Contents

Вызывает файл помощи.

About KATdata+

Показывает краткую информацию о программе, выделяет дополнения и показывает номер версии программы.

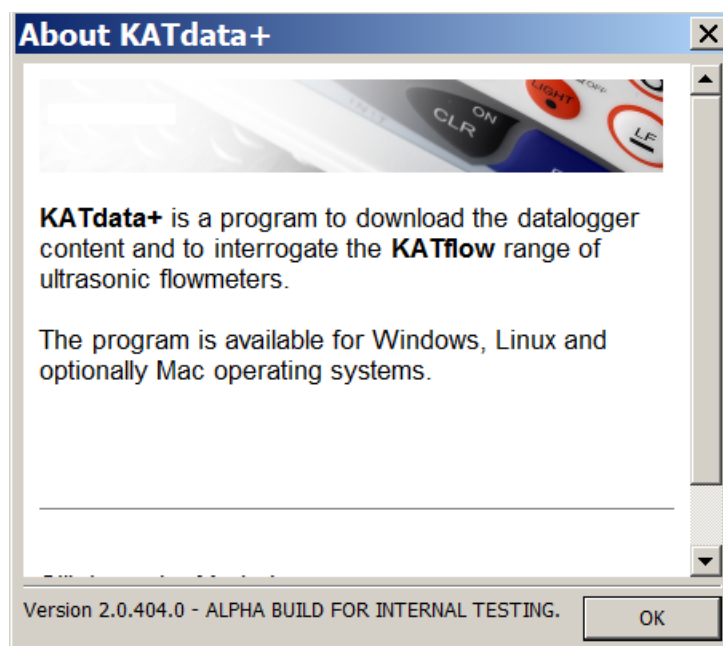


Рисунок 12 – Информация о программе

4.8 Лог-файлы

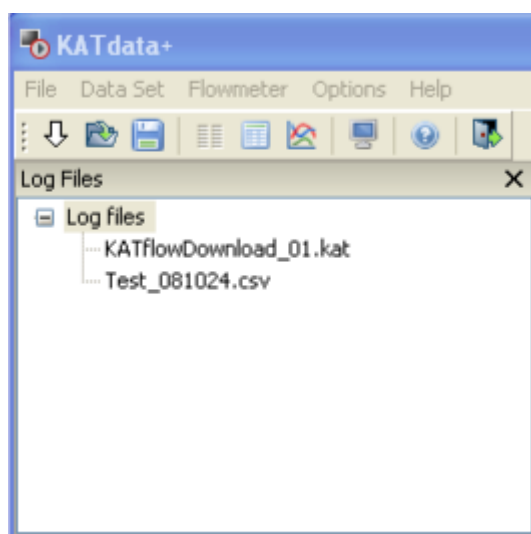


Рисунок 13 – Окно log-файлов

В области лог файлов отображаются открытые файлы данных

File | New

Создает новый файл данных. Интересующие наборы измеренных данных можно перетащить в новый созданный файл. При закрытии файла пользователю выдается напоминание ввести имя файла.

Выделив файл курсором, нажмите правую кнопку мышки ->

Save

Сохраняет новый созданный или измененный файл

Save as

Сохраняет файл как бинарный сжатый файл *.kat или разделенный запятыми *.csv текстовый файл

Export

Экспортирует выбранный файл как стандартный текстовый файл

Properties

Заявляет свойства файла

Close

Закрывает выбранный файл

4.9 Список набора данных

Data Set	Identifier	Tag No.	Date Time	Channel	Units	Rows	Interval	Outside Diameter	Medium
1	IDENT1	TAG1	11/11/1990 10:59:58	CHANNEL 1	m3/h	73	1 s	60.600002 mm	Water
2	IDENT1	TAG1	11/11/1990 11:01:45	CHANNEL 1	m3/h	24	1 s	60.600002 mm	Water
3	IDENT1	TAG1	11/11/1990 11:04:00	CHANNEL 1	m3/h	157	1 s	60.600002 mm	Water
4	IDENT1	TAG1	11/11/1990 11:07:34	CHANNEL 1	l/min	79	1 s	60.600002 mm	Water
5	IDENT1	TAG1	11/11/1990 11:09:06	CHANNEL 1	l/min	122	1 s	60.600002 mm	Water
6	IDENT1	TAG1	11/11/1990 11:12:14	CHANNEL 1	l/min	127	1 s	60.600002 mm	Water
7	IDENT1	TAG1	11/11/1990 11:15:05	CHANNEL 1	kW	40	1 s	60.600002 mm	Water
8	IDENT1	TAG1	11/11/1990 11:17:05	CHANNEL 1	kW	128	1 s	60.600002 mm	Water
9	IDENT1	TAG1	11/11/1990 11:20:40	CHANNEL 1	kW	42	1 s	60.600002 mm	Water
9	IDENT1	TAG1	11/11/1990 11:20:40	CHANNEL 2	kg/h	42	1 s	100.000000 mm	Water
10	IDENT1	TAG1	11/11/1990 11:21:32	CHANNEL 1	kW	185	1 s	60.600002 mm	Water
10	IDENT1	TAG1	11/11/1990 11:21:32	CHANNEL 2	kg/h	185	1 s	100.000000 mm	Water

В этой области отображаются все наборы данных файла данных.

Наборы данных можно отсортировать по:

- Data set number (Номер набора данных)
- Identifier (Идентификатор)
- Tag. No. (Номер объекта)
- Date and time (Дата и время)
- Channel (Канал)
- Units (Единицы измерения)
- Rows of measurements (Ряды измерений)
- Logging interval (время выборки)
- Outside diameter (Внешний диаметр)
- Medium (Среда)

в возрастающем и убывающем порядке. Треугольник символизирует критерий сортировки и направление. Просто наведите курсор мышки на заголовок столбца для выбора наименования сортировки и направление, нажав наименование заголовка.

Выделив файл курсором, нажмите правую кнопку мыши

Open (или дважды нажав выбранный набор данных мышкой)

Открывает в отдельном окне параметрическую запись набора данных, таблицу измерений и график

Delete

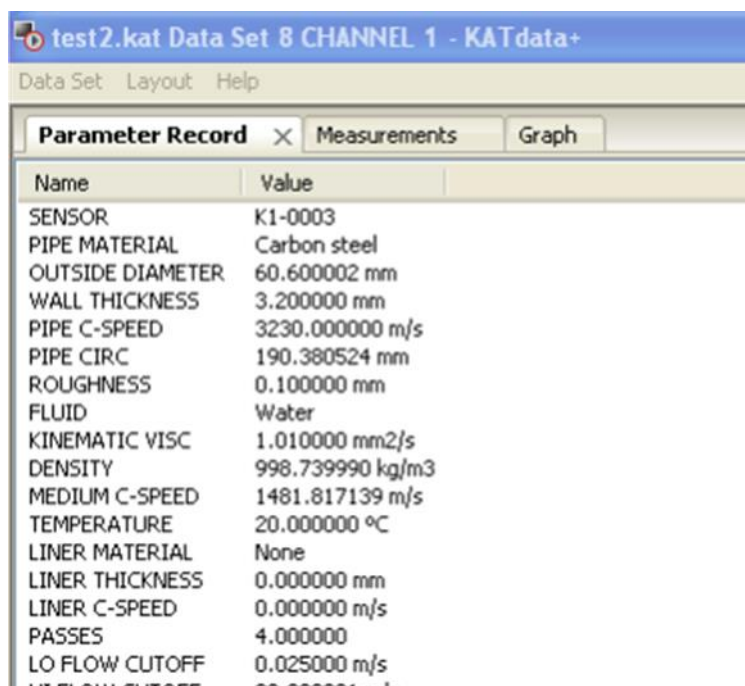
Удаляет выбранный набор данных из файла данных.

Properties

Объявляет свойства набора данных

Интересуемые выбранные наборы данных. Можно перетащить и бросить в другие лог файлы при помощи мышки.

4.9.1 Параметры записи



Name	Value
SENSOR	K1-0003
PIPE MATERIAL	Carbon steel
OUTSIDE DIAMETER	60.600002 mm
WALL THICKNESS	3.200000 mm
PIPE C-SPEED	3230.000000 m/s
PIPE CIRC	190.380524 mm
ROUGHNESS	0.100000 mm
FLUID	Water
KINEMATIC VISC	1.010000 mm ² /s
DENSITY	998.739990 kg/m ³
MEDIUM C-SPEED	1481.817139 m/s
TEMPERATURE	20.000000 °C
LINER MATERIAL	None
LINER THICKNESS	0.000000 mm
LINER C-SPEED	0.000000 m/s
PASSES	4.000000
LO FLOW CUTOFF	0.025000 m/s
HI FLOW CUTOFF	20.000000 m/s

Рисунок 14 – Параметры записи данных

Здесь показаны установки параметрической записи выбранного набора данных для документирования.

4.10 Представление данных

4.10.1 Таблица данных

Данные измерений выводятся в виде таблицы.

	Time	CH1:PV[kW]	CH1:TOT[kJ]	CH1:Iin[mA]
1	11:17:05	0.000000	0.000000	0.000000
2	11:17:06	0.000000	0.000000	4.100000
3	11:17:07	0.000000	0.000000	4.100000
4	11:17:08	0.000000	0.000000	4.100000
5	11:17:09	0.000000	0.000000	4.100000
6	11:17:10	0.000000	0.000000	4.100000
7	11:17:11	0.000000	0.000000	4.100000
8	11:17:12	0.000000	0.000000	4.100000
9	11:17:13	0.000000	0.000000	4.100000
10	11:17:14	0.000000	0.000000	4.100000
11	11:17:15	0.000000	0.000000	4.100000
12	11:17:16	0.000000	0.000000	4.100000
13	11:17:17	10.630000	10.600000	4.100000
14	11:17:18	21.372000	32.000000	4.100000
15	11:17:19	30.657000	62.700000	4.100000
16	11:17:20	38.329000	101.000000	4.100000
17	11:17:21	45.412000	146.400000	4.700000
18	11:17:22	51.712000	198.100000	5.900000
19	11:17:23	54.823000	252.900000	7.100000
20	11:17:24	59.135000	312.100000	8.300000
21	11:17:25	61.109000	373.200000	9.400000
22	11:17:26	64.828000	438.000000	10.600000
23	11:17:27	68.441000	506.400000	11.400000
24	11:17:28	67.401000	573.800000	12.100000
25	11:17:29	68.127000	642.000000	12.600000
26	11:17:30	68.874000	710.800000	13.100000
27	11:17:31	70.438000	781.300000	13.600000
28	11:17:32	71.143000	852.400000	13.800000
29	11:17:33	72.769000	925.200000	14.000000
30	11:17:34	76.129000	1001.300000	14.100000
31	11:17:35	78.828000	1080.200000	14.300000
32	11:17:36	79.976000	1160.100000	14.400000
33	11:17:37	92.585000	1252.700000	14.800000
34	11:17:38	104.500000	1357.200000	15.100000
35	11:17:39	112.578000	1469.800000	15.400000
36	11:17:40	120.601000	1590.400000	16.100000
37	11:17:41	124.042000	1715.200000	17.500000

Рисунок 15 – Табличное представление данных

4.10.2 График набора данных

Детали набора данных можно отобразить в отдельном окне двойным нажатием или открытием выбранного набора данных из списка набора данных. Результаты измерений выбранного набора данных (в этом примере набор данных 8) показаны в виде графика.

Набор данных содержит более, чем одну колонку измерений (в нашем примере – 3 колонки/графика). Пользователь самостоятельно может выбирать или исключать колонки измерений по своему усмотрению.

Кроме того, все сравнимые наборы измеренных данных можно включить в график. Это сделано для того, чтобы иметь возможность сравнить значения, взятые в разное время, но дающие ценную информацию для пользователя (например, сравнивая результаты испытаний насоса).

Сравнимость набора данных обеспечивается, если нижеприведенное уравнение и параметры равны:

Сравнимость = Идентификатор и Объект и Единицы измерения и Время выборки и Внешний диаметр и Среда.

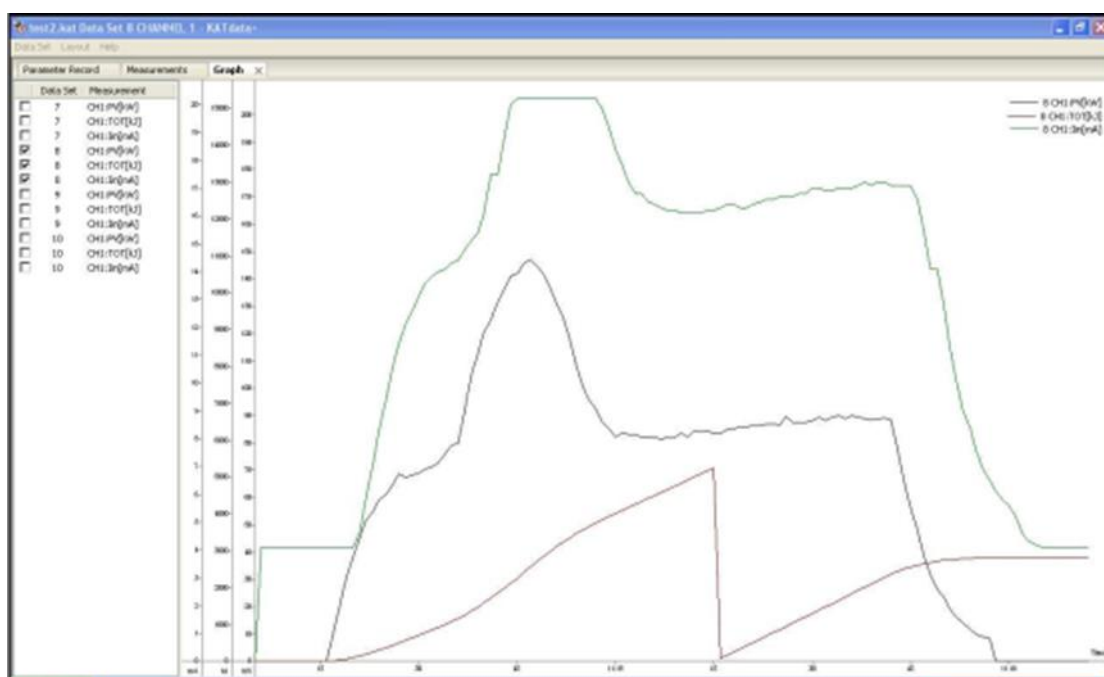


Рисунок 16 – Графическое представление данных

5 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

5.1 Введенный в эксплуатацию расходомер рекомендуется подвергать периодическому осмотру с целью контроля:

- работоспособности расходомера;

- соблюдения условий эксплуатации расходомера;
- наличия напряжения питания в заданных пределах;
- отсутствия внешних повреждений составных частей расходомера;
- надежности электрических и механических соединений.

Периодичность осмотра зависит от условий эксплуатации, но не должна быть реже одного раза в две недели.

Рекомендуется периодически (с периодом в зависимости от условий эксплуатации) производить осмотр и очистку от возможных отложений, осадков, накипи внутренней поверхности ПП, а также излучающих поверхностей врезных ПП.

5.2 Несоблюдение условий эксплуатации расходомера, указанных в 1.2.9 и 2.1 может привести к отказу прибора или превышению допустимого уровня погрешности измерений.

Внешние повреждения также могут привести к превышению допустимого уровня погрешности измерений. При появлении внешних повреждений изделия или кабеля питания, связи необходимо обратиться в сервисный центр или региональное представительство для определения возможности его дальнейшей эксплуатации.

5.3 Наличие напряжения питания расходомера определяется по наличию индикации, а работоспособность прибора – по содержанию индикации на дисплее расходомера. Возможные неисправности, индицируемые расходомером, указаны в части II настоящего руководства по эксплуатации.

В расходомере также в любое состояние осуществляется индикация наличия нештатных ситуаций. Под нештатной ситуацией понимается событие, при котором обнаруживается несоответствие измеряемых параметров метрологическим возможностям расходомера или при котором измерения становятся невозможными вследствие нарушения условий измерения.

5.4 Расходомер по виду исполнения и с учетом условий эксплуатации относится к изделиям, ремонт которых производится на специальных предприятиях либо на предприятии-изготовителе.

5.5 Отправка прибора для проведения поверки либо ремонта должна производиться с паспортом прибора. В сопроводительных документах необходимо указывать почтовые реквизиты, телефон и факс отправителя, а также способ и адрес обратной доставки.

6 УПАКОВКА, ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

6.1 Расходомер упаковывается в индивидуальную тару категории КУ-2 по ГОСТ 23170 (ящик из гофрированного картона либо деревянный ящик).

4.2. Хранение расходомера должно осуществляться в упаковке изготовителя в сухом отапливаемом помещении в соответствии с требованиями группы 1 по ГОСТ 15150. В

помещении для хранения не должно быть токопроводящей пыли, паров кислот, щелочей, а также газов, вызывающих коррозию и разрушающих изоляцию.

Расходомер не требует специального технического обслуживания при хранении.

4.3. Расходомеры могут транспортироваться автомобильным, речным, железнодорожным и авиационным транспортом (кроме негерметизированных отсеков) при соблюдении следующих условий:

- транспортировка осуществляется в заводской таре;
- отсутствует прямое воздействие влаги;
- температура не выходит за пределы от минус 40 до 50 °С;
- влажность не превышает 95 % при температуре до 35 °С;
- вибрация в диапазоне от 10 до 500 Гц с амплитудой до 0,35 мм или ускорением до 49 м/с²;
- удары со значением пикового ускорения до 98 м/с²;
- уложенные в транспорте изделия закреплены во избежание падения и соударений.

Приложение А

Внешний вид и технические характеристики расходомеров



Рисунок 1- Электронный блок КАТФЛОУ 100



Рисунок 2- Электронный блок КАТФЛОУ 150



Рисунок 3- Электронный блок КАТФЛОУ 170



Рисунок 4- Электронный блок КАТФЛОУ 200



Рисунок 5- Электронный блок КАТФЛОУ 210



Рисунок 6- Электронный блок КАТФЛОУ 230



Рисунок 7- Накладные датчики

Таблица А.1 – Технические характеристики составных частей расходомеров

Наименование характеристики	Значение					
вторичный преобразователь (ВП)	КФ100	КФ150	КФ170	КФ200	КФ210	КФ230
Напряжение питания переменного тока, В	от 100 до 240					
Напряжение питания постоянного тока, В	от 9 до 36	от 9 до 36	от 9 до 36	от 9 до 12 или аккумулятор	Аккумулятор	От 9 до 12 или аккумулятор
Габаритные размеры, мм:						
Высота	120	237	258	228	320	290
Ширина	160	258	132	72	240	180
Длина	80	146	271	47	150	37
Степень защиты корпуса	IP66	IP66	IP66	IP65	IP68	IP65
Потребляемая мощность, Вт, не более	5					
Диапазон температуры окружающего воздуха, °С: без термочехла с термочехлом	от минус 15 до плюс 60 от минус 25 до плюс 60					
Масса, кг, не более	5					
Относительная влажность окружающего воздуха, %, не более	95					
Средний срок службы, лет	10					

КАТФЛОУ

Средняя наработка на отказ, ч	63000		
первичный пьезоэлектрические преобразователи (ПП)			
Исполнение: - типовое - с расширенным температурным диапазоном - взрывозащищённое	K0 KT0 KEx0	K1 KT1 KEx1	K4 KT0 KEx4
Габаритные размеры, мм:	126,5x51x67,5	60x30x33,5	42x18x21,5
Номинальный диаметр (диаметр условного прохода) трубопровода, в зависимости от исполнения, мм: - типовое - с расширенным температурным диапазоном - взрывозащищённое	от 50 до 6000		от 10 до 250
Диапазон температуры измеряемой среды (в зависимости от исполнения), °C: - типовое - с расширенным температурным диапазоном - взрывозащищённое	от минус 30 до плюс 80 от минус 50 до плюс 250 от минус 30 до плюс 130		
Степень защиты корпуса в зависимости от исполнения: - типовое - с расширенным температурным диапазоном - взрывозащищённое	IP67 IP67 IP68		

КАТФЛОУ

Масса, кг, не более	0,7
Средняя наработка на отказ, ч	63000
Средний срок службы, лет	12

Приложение Б

Описание основного меню УР

Таблица Б.1 – Структура меню и описание установок расходомера

Основное меню	1-й уров. меню	2-й уров. меню	Описание/установки
Quick Start (Быстрый старт)			
		Setup Wizard Single (Одноканальный Мастер настройки)	
		Units Единицы измерения	Выберите из списка ↑↓ m/s (м/с) f/s (фут/с) in/s (дюйм/с) m ³ /h (м ³ /ч) m ³ /min (м ³ /мин) m ³ /s (м ³ /с) l/h (л/ч) l/min (л/мин) l/s (л/с) USgall/h (галлон/ч) USgall/min (галлон/мин) USgall/s (галлон/с) bbl/d (баррели/сут) bbl/h (баррели/ч) bbl/min (баррели/мин) g/s (г/с) t/h (т/ч) kg/h (кг/ч) kg/min (кг/мин)
		Pipe material Материал трубы	Выберите из списка ↑↓ Stainless steel (нержавеющая сталь) Carbon steel (углеродистая сталь) Ductile cast iron (ковкий чугун) Grey cast iron (серый чугун) Copper (медь) Lead (свинец) PVC (ПВХ) PP (полипропилен) PE (полиэтилен) ABS (АБС - акрилонитрилбутадиенстирол) Glass (стекло) Cement (цемент) User (пользователя, скорость звука в трубе)
		Pipe c-speed Скорость звука в трубе	<i>(Только, если выбран материал трубы пользователя)</i> 600 ... 6553,5 м/с
		Outside diameter Внешний диаметр	6 ... 6500 мм
		Wall thickness Толщина стенки трубы	0,5 ... 75 мм
		Fluid Жидкость	Выберите из списка ↑↓ Water (вода) Salt water (соленая вода) Acetone (ацетон) Alcohol (спирт) Ammonia (аммиак) Carbon Tet (тетрахлорид углерода) Ethanol (Этанол) Ethyl alcohol (Этиловый спирт) Ethyl ether (Этиловый эфир) Ethylene glycol (Этилен гликоль) Glycol/water 50% (гликоль/вода 50%) Kerosene (Кирозин) Methanol (Метанол) Methyl alcohol (Метиловый спирт) Milk (молоко) Naphtha (нафта) Car oil (автомобильное масло) Freon R134a (Фреон R134a) Freon R22 (Фреон R22) Hydrochloric acid (соляная кислота) Sour cream (сметана) Sulphuric acid (серная кислота) Toluene (толуол) Vinyl chloride (винилхлорид) User (пользователя – кинематическая вязкость, плотность, скорость звука в среде)
		Kinematic viscosity (Кинематическая вязкость)	<i>Только, если выбрана жидкость пользователя</i> 0,001 ... 30000 мм ² /с
		Density (Плотность)	<i>Только, если выбрана жидкость пользователя</i> 100 ... 2000 кг/м ³

		Medium cspeed (Скорость звука среды)	Только, если выбрана жидкость пользователя 800 ... 3500 м/с
		Temperature (Температура)	-30 ... 300 °C
		Liner Material (Материал внутреннего покрытия)	Выберите из списка ↑↓ None (Нет) Epoxy (Эпоксидная смола) Rubber (Резина) PVDF (ПВДФ; поливинилиденфторид) PP (полипропилен) Glass (стекло) User (пользователя, скорость звука покрытия)
		Liner c-speed (Скорость звука покрытия)	Только, если выбрано покрытие пользователя 600 ... 6553,0 м/с
		Liner thickness (Толщина покрытия)	Только, если выбрано покрытие пользователя 1,0 ... 99,0 мм
		Passes (Проходы)	Выберите из списка ↑↓ Auto (Авто) 1 2 3 4 5 6 И т.д.
		Sensor type (Тип датчика)	Индикация типа датчика и серийного номера при автоматическом обнаружении, иначе Выберите из списка ↑↓ K1 K4 M...Q Special (Специальный)
		Sensor frequency (Частота датчика)	SP1, только для специальных, неопознанных датчиков
		Wedge angle (Угол клина)	SP2, только для специальных, неопознанных датчиков
		Wedge c-speed 1 (Скорость звука клина 1)	SP3, только для специальных, неопознанных датчиков
		Wedge c-speed 2 (Скорость звука клина 2)	SP4, только для специальных, неопознанных датчиков
		Crystal offset Смещение кристалла	SP5, только для специальных, неопознанных датчиков
		Spacing offset Смещение зазора	SP6, только для специальных, неопознанных датчиков
		Zero flow offset Смещение нулевого потока	SP7, только для специальных, неопознанных датчиков
		Upstream offset Смещение по течению	SP8, только для специальных, неопознанных датчиков
Setup WizardDual (Двухканальный Мастер настройки)			
			Как одноканальный мастер настройки для канала 1
			Повторите для канала 2
Start Measurement (Старт измерения)			

		Sensor type Тип датчика	Индикация типа датчика и серийного номера при автоматическом обнаружении, иначе Выберите из списка ↑↓ K1 K4 M Q Special (Специальный)
		SP 1 ... SP 8	Только для специальных, неопознанных датчиков
		Sensor placement Расположение датчиков	
Installation (Установка)			
Pipe (Труба)			
		Material (Материал)	Выберите из списка материалов трубы ↑↓
		Outside diameter Внешний диаметр	6 ... 6500 мм
		Wall thickness Толщина стенки трубы	0,5 ... 75 мм
		Pipe c-speed Скорость звука в трубе	600 ... 6553,5 м/с
		Pipe circumference Диаметр окружности	18,8 ... 20420,4 мм
		Roughness Шероховатость	0,0 ... 10 мм
Medium (Среда)			
		Fluid (Жидкость)	Выберите из списка сред ↑↓
		Kinematic viscosity Кинематическая вязкость	0,001 ... 30000 мм ² /с
		Density (Плотность)	100 ... 2000 кг/м ³
		C-speed Скорость звука	800 ... 3500 м/с
		Temperature Температура	-30 ... 300 °C
Lining (Внутреннее покрытие)			
		Material (Материал)	Выберите из списка материалов покрытия ↑↓
		Thickness (Толщина)	1,0 ... 99,0 мм
		C-speed Скорость звука	600 ... 6553,0 м/с
Passes (Проходы)			
		Passes (Проходы)	Выберите из списка ↑↓
Output (Выход)			
Display (Дисплей)			
		Units (Единицы)	Выберите из списка единиц измерения ↑↓
		Damping Усреднение	Чем больше коэффициент усреднения, тем больше сглаживает вывод на дисплей, 1 ... 255 с
Current (Ток)			
		Mode (Режим)	Yes (Да) – Токовый выход включен No (Нет) – Токовый выход выключен
		Min Value Миним. значение	Минимальное значение рабочей переменной (РП), соответствующей 0/4 mA

		Max Value Максим. значение	Максимальное значение рабочей переменной (РП), соответствующей 20 мА
		Damping Усреднение	Чем выше коэффициент усреднения, тем более сглаженный токовый выход 1 ... 255 с
Open Collector (Открытый коллектор)			
		Mode (Режим)	Yes (Да) – Импульсный выход включен No (Нет) – Импульсный выход выключен
		Pulse Value Вес импульса	Значение сумматора выбранной РП, при котором генерируется импульс, например РП = [м³/ч], Вес импульса = 10, импульс выводится каждые 10 м³ 0.01 ... 1000
		Pulse Width Ширина импульса	Ширина импульса 30 ... 999 мс
		Calc. Max Макс. Расчет.	Это – расчетное максимальное число импульсов в секунду, т.е. макс. скорость импульсов в Гц
Relay (Реле)			
		Mode (Режим)	Off (выкл.) – Постоянно выкл. On (вкл.) – Постоянно запитан Alarm (тревога) – Переключатель тревоги РП Fault (ошибка) – назначенные системные ошибки, см. список сообщений об ошибках
		On Point Точка включения	Значение РП, при котором реле включается, находясь в режиме тревоги
		Off Point Точка выключения	Значение РП, при котором реле выключается, находясь в режиме тревоги
Input (Вход)			
Temperature (Температура)			
		Source Источник	Fixed (фиксир.) – необходимо ввести фиксированное значение температуры RT100 – Значение считывается с датчика температуры RT100 в °C
		Value (Значение)	Введите фиксированное значение температуры 0 ... 250 °C
System (Система)			
Instrument info (Информация о приборе)			
		Model Code Код модели	200
		Serial No. (сер.№)	Например: 20000003
		HW Revision Версия апп.обесп.	Например: 1.0, 1.0
		SW Revision Версия прог.обесп.	Например: 1.0, 1.0
Calculation (Вычисление)			
		Low F Cut Нижняя отсечка	± Отсечка нижней скорости потока 0 ... 0,25 м/с
		Max F Cut Верхняя отсечка	± Отсечка верхней скорости потока 0 ... 30 м/с
		Corrected Корректировка	Применяется коррекция профиля скорости потока Yes (Да) No (Нет)
		PV Offset Смещение РП	Калибровка смещения нуля рабочей переменной -30 ... 30 единиц
		PV Scaling Градиент РП	Калибровка градиента рабочей переменной 0 ... 1000 единиц
Zero Cal (Установки калибровки нуля)			

		Zero Ноль	Выполнить автоматическую калибровку нуля Yes (Да) No (Нет)
		Track Отслеживание	Отслеживание смещения нуля Yes (Да) No (Нет)
		Delta Дельта	Временной сдвиг дельты нулевого потока в нс, читается из ППЗУ датчика или вводится вручную для специальных датчиков
		Timeout Задержка	Сдвиг времени прохождения по потоку в мкс, разрешает фиксированные задержки в специальных датчиках, буферных вставках и удлинительных кабелях.
User (Пользователь)			
		Identifier Идентификатор	Например: Насос РЗА Цифробуквенная строка из 9 символов
		Tag No. Маркировка	Например: 1AE-3011 Цифробуквенная строка из 9 символов
Test (тест)			
		Test Mode Тестовый режим	Симуляция системы регулирования: увеличение в течении 60 с скорости потока с 0 м/с до запрограммированной Max F Cut (максимальной отсечки) и последующее снижение в течении следующих 60 секунд, т.е. рабочая переменная пройдет все возможные значения. Все сконфигурированные выходы будут выполнять запрограммированные функции. Yes (Да) No (Нет)
Settings (установки)			
		Date (дата)	Например: 03/10/07
		Time (время)	Например: 09:27:00
		Date Format Формат даты	Выберите из списка ↑ ↓ dd/mm/yy (дд/мм/гг) mm/dd/yy (мм/дд/гг) yy/mm/dd (гг/мм/дд)
		Language Язык	Выберите из списка ↑ ↓ English German French Spanish Russian
		Keypad	Разрешает звук при нажатии клавиш Yes (Да) No (Нет)
		Defaults (по умолчанию)	Загружает заводские установки, за исключением даты и времени Yes (Да) No (Нет)
Diagnostics (Диагностика)			
		Temperature Температура	Показывает температуру контрольного устройства
		Log Memory Сведения о памяти	Процентный остаток неиспользованной регистратором памяти
Datalogger (Регистратор)			
		Interval Интервал	Нулевое значение выключает регистратор, ненулевое значение включает регистратор и определяет период регистрации. Переход от нулевого значения к ненулевому очищает память регистратора. 0 ... 999 с
		Overwrite Перезапись	При переполнении памяти, т.е. когда остается 0 %, регистратор начинает запись данных с начала памяти с затиранием старых данных. Yes (Да) No (Нет)

		Low Memory Заканчивается па-	<i>Предупреждающий выход: Количество свободной памяти, при котором расходомер начинает выдавать</i>
		мать	<i>звуковое предупреждение. 0 ... 100 %</i>
		Log Download Выгрузка регистра- тора	<i>Выгрузка содержимого регистратора через выбранный порт связи.</i>
Serial Comm (Последовательная связь)			
		Mode Режим	<i>Выберите из списка</i> ↑ ↓ None (нет) Printer (принтер) Diagnostic (диагностика) Log download (выгрузка регистратора)
		Baud Скорость обмена	<i>Выберите из списка</i> ↑ ↓ 2400 9600 (по умолчанию) 19200
		Parity Четность	<i>Выберите из списка</i> ↑ ↓ None (нет) Even - четное (по умолчанию) Odd - нечетное
		Type Тип	<i>Выберите из списка</i> ↑ ↓ None (нет) RS232

Приложение В

ПРОТОКОЛ ОБМЕНА

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. Хотя протокол и поддерживает до 247 ИСПОЛНИТЕЛЕЙ, драйвер двухпроводной линии RS-485 обычно поддерживает 32 ИСПОЛНИТЕЛЯ. 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 широковещательные - без ответа (адресуются все ИСПОЛНИТЕЛИ). Транзакция содержит один кадр запроса и один кадр ответа, либо один кадр широковещательного 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.

В.1 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.

В.2 Обнаружение ошибок

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.3 Кадровая синхронизация

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.

Таблица В.1 – Формат кадра сообщения в режиме RTU

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

В.3.1 Поле адреса

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.

В.3.2 Поле функции

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.

Таблица В.2 – Коды используемых функций Modbus

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.

В.3.3 Поле данных

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).

6.1.1 Поле контрольной суммы

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 (110000000000000101). 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).

В.4 Исключительные ситуации

Таблица

.В.3 – Коды ошибок

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.

Приложение Г

ФУНКЦИИ ПРОТОКОЛА

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.

Г.1 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).

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

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 вперёд. Количество регистров передаваемых за одно обращение определяется возможностями ИСПОЛНИТЕЛЯ.

Таблица Г.2 – на команду чтение регистров 42-43 ИСПОЛНИТЕЛЯ с адресом 1

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

Г.2 Функция 06 (Запись одного регистра/Preset Single Register)

Применяется для записи значения в единичный регистр. При широковещательной 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.

Таблица Г.3 – Запрос на запись регистра 00 ИСПОЛНИТЕЛЯ с адресом 1

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.

Таблица Г.4 – Запрос на запись регистра 00 ИСПОЛНИТЕЛЯ с адресом 1

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

Г.3 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.

Таблица Г.5 – Запрос на запись в регистры с 0 по 2 ИСПОЛНИТЕЛЯ с адресом 1

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	ЕВ01	ЕВ
13	[0]			01

ОТВЕТ:

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

Таблица Г.6 – Ответ на запрос записи регистров 0-2 ИСПОЛНИТЕЛЯ с адресом 1

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.