

ЭВ-200.000.  
000.002.06 РЭ  
07.08.2025  
V1.0.0

# ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ РАСХОДА ВИХРЕВОГО «ЭМИС-ВИХРЬ 200 –ППД» (конструктивное исполнение 2) Модификация «ВК»

## РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Высокая  
точность  
измерений*

*Работа при  
высоком  
давлении*

*Возможность  
имитационной поверки*

*Встроенная  
самодиагностика*

*Широкий динамический  
диапазон*



**EAC**



[www.emis-kip.ru](http://www.emis-kip.ru)

АО «ЭМИС»  
Россия,  
Челябинск

**ЭМИС**

Настоящее руководство содержит информацию о подключении, настройке и эксплуатации электронного блока преобразователя расхода вихревого «ЭМИС-ВИХРЬ 200 – ППД» второго конструктивного исполнения (в дальнейшем «электронный блок»).

Электронный блок является неотъемлемой частью преобразователя расхода вихревого «ЭМИС-ВИХРЬ 200 – ППД» второго конструктивного исполнения (в дальнейшем «преобразователь», «расходомер»), поставляется и эксплуатируется только в составе расходомера. Сведения о хранении, транспортировании, утилизации, маркировке и пломбировании, приведены в Руководстве по эксплуатации на расходомер.

Настоящее руководство предназначено для специалистов, ответственных за электрическое подключение, ввод в эксплуатацию, настройку и эксплуатацию расходомеров.

Перечень документов, на которые даны ссылки в настоящем руководстве, приведён в [приложении А](#).

Раздел информационная безопасность описан в [пункте 3.3.2 «Уровни доступа»](#).

*Любое использование материала настоящего издания, полное или частичное, без письменного разрешения правообладателя запрещается.*

*Изготовитель оставляет за собой право вносить изменения в конструкцию преобразователя, не ухудшающие его потребительских качеств, без предварительного уведомления.*

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1 УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ.....</b>	<b>5</b>
<b>2 ОПИСАНИЕ И РАБОТА.....</b>	<b>6</b>
2.1 Назначение электронного блока.....	6
2.2 Взрывозащита.....	6
2.3 Варианты исполнения электронного блока.....	7
2.4 Технические характеристики.....	7
2.4.1 Условия эксплуатации.....	7
2.4.2 Параметры электрического питания.....	7
2.4.3 Характеристики интерфейсов ввода-вывода.....	8
2.5 Устройство и работа.....	12
2.5.1 Устройство электронного блока.....	12
2.5.2 Лицевая панель электронного блока.....	13
2.5.3 Принцип работы.....	15
<b>3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ.....</b>	<b>16</b>
3.1 Электрическое подключение.....	16
3.1.1 Особенности электромонтажа и эксплуатации электронного блока во взрывоопасных зонах.....	16
3.1.2 Необходимый инструмент.....	17
3.1.3 Рекомендации по применяемым кабелям и длинам линий.....	17
3.1.4 Защитное заземление и уравнивающее соединение.....	19
3.1.5 Порядок электрического подключения.....	19
3.1.6 Схемы электрического подключения.....	20
3.2 Подготовка к использованию.....	28
3.3 Настройка и эксплуатация электронного блока.....	28
3.3.1 Общая информация.....	28
3.3.2 Уровни доступа.....	28
3.3.3 Управление электронным блоком по протоколу Modbus RTU.....	29
3.3.4 Управление электронным блоком по протоколу HART.....	30
3.3.5 Основные измерения. Настройка параметров.....	31
3.3.6 Таблица коррекции.....	32
3.3.7 Параметры измерительной системы.....	33
3.3.8 Отсечки и фильтры.....	34
3.3.9 Сумматоры.....	36
3.3.10 Настройка выходных интерфейсов.....	37
3.3.11 OLED-дисплей.....	43
3.3.12 Работа с резервной Flash – памятью.....	43
3.3.13 Информация о приборе.....	44

3.4 Диагностика .....	45
3.5 Возможные неисправности и способы их устранения .....	48
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А (СПРАВОЧНОЕ) ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОЧНЫХ ДОКУМЕНТОВ.....</b>	<b>52</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) КАРТА РЕГИСТРОВ ПРОТОКОЛА MODBUS .....</b>	<b>53</b>
Б.1 Поддерживаемые функции протокола MODBUS .....	53
Б.2 РЕГИСТРЫ ХРАНЕНИЯ (HOLDING REGISTERS).....	54
Б.3 ВХОДНЫЕ РЕГИСТРЫ (INPUT REGISTERS).....	60
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) ПЕРЕЧЕНЬ ПОДДЕРЖИВАЕМЫХ КОМАНД ПРОТОКОЛА HART ....</b>	<b>62</b>
В.1 UNIVERSAL (УНИВЕРСАЛЬНЫЕ КОМАНДЫ) .....	62
В.2 COMMON PRACTICE (ОБЩЕПРИНЯТЫЕ КОМАНДЫ) .....	63
В.3 DEVICE SPECIFIC (УНИКАЛЬНЫЕ КОМАНДЫ ПРИБОРА).....	65

## 1 УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

К монтажу, эксплуатации, техническому обслуживанию расходомеров должны допускаться лица, изучившие настоящее РЭ и прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электротехническими устройствами.

Все операции по эксплуатации и поверке расходомеров необходимо выполнять с соблюдением требований по защите от статического электричества.

При проведении монтажных, пуско-наладочных работ и ремонта запрещается:

- производить замену компонентов, производить подключение и отключение расходомера при включенном напряжении питания;
- подключать расходомер к источнику питания с выходным напряжением, отличающимся от указанного в настоящем РЭ;
- использовать электроприборы, электроинструменты без их подключения к шине защитного заземления, а также в случае их неисправности.

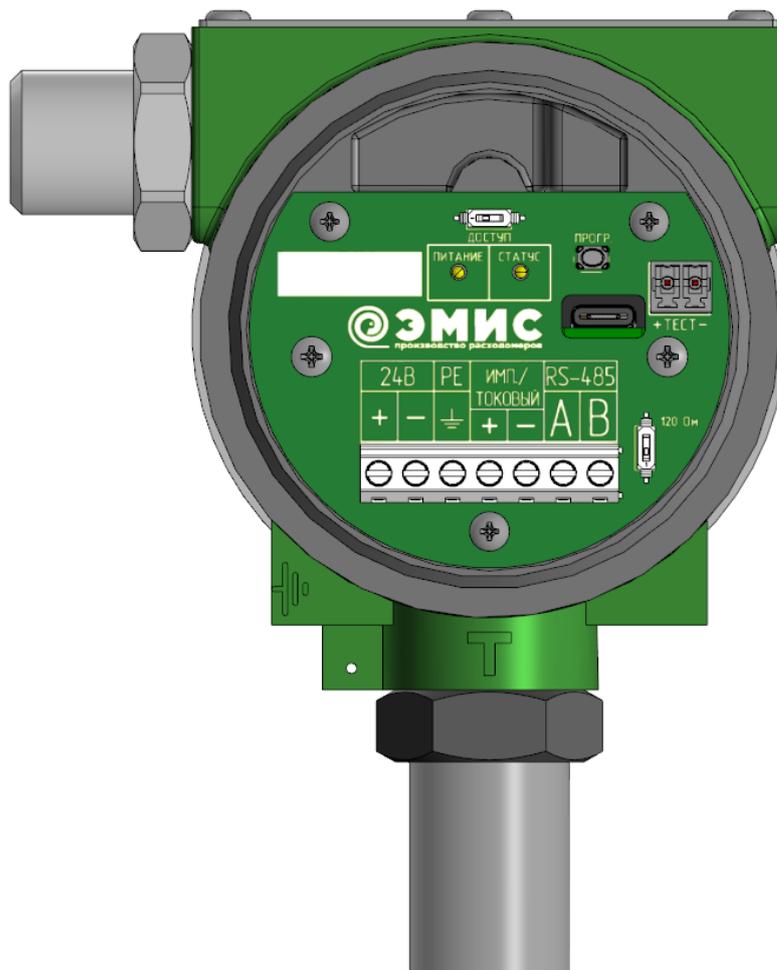
При проведении монтажных работ опасным фактором является напряжение питания переменного тока с действующим значением 220 В и выше, частотой 50 Гц (при расположении внешнего источника питания расходомера в непосредственной близости от места установки).

Эксплуатация расходомеров взрывозащищенного исполнения должна производиться согласно [п.3.1.1](#) настоящего руководства, требованиям главы 7.3 ПУЭ и других нормативных документов, регламентирующих применение электрооборудования во взрывоопасных условиях.

## 2 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

### 2.1 Назначение электронного блока

Электронный блок предназначен для возбуждения и съёма сигнала пьезоэлементов проточной части преобразователя, пересчёта частоты сигнала в объёмный расход, введения необходимых поправок и передачу показаний по интерфейсам Modbus RTU, «частотно-импульсный», «токовая петля 4-20 мА/HART», а так же отображения показаний на дисплее (при его наличии). Внешний вид электронного блока со снятой задней крышкой приведён на *рисунке 2.1*.



*Рисунок 2.1 Внешний вид электронного блока со снятой задней крышкой*

### 2.2 Взрывозащита

Электронный блок, как и расходомер в целом, имеет вид взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» по ГОСТ IEC 60079-1-2013 и предназначен для эксплуатации в среде взрывоопасных смесей группы IIC. Маркировка взрывозащиты «1 Ex d IIC (T5) GbX».

Взрывозащита обеспечивается помещением электрических частей во взрывонепроницаемую оболочку, выдерживающую давление взрыва и исключаящую передачу горения во внешнюю взрывоопасную среду. Взрывоустойчивость и взрывонепроницаемость оболочки электронного блока

соответствуют требованиям для электрооборудования группы I и подгруппы IIC по ГОСТ IEC 60079-1-2013.

Подробно средства обеспечения взрывозащиты описаны в руководстве по эксплуатации на расходомер. Специальные указания по обеспечению взрывобезопасности при монтаже и эксплуатации расходомера, касающиеся электронного блока, приведены в [разделе 3.1.1.](#)

## 2.3 Варианты исполнения электронного блока

В зависимости от потребности заказчика электронный блок может поставляться в четырёх вариантах исполнения:

- с интерфейсом «токовая петля 4-20 мА»/HART либо «частотно-импульсный»;
- с OLED индикатором либо без него.

Интерфейсы «токовая петля 4-20 мА»/HART и «частотно-импульсный» выводятся на одни и те же клеммы на лицевой панели электронного блока (см. [рис. 2.5](#)).

В структуре обозначения расходомера за варианты исполнения электронного блока отвечают поля 5 и 8 ([таблица 2.1](#)).

**Таблица 2.1 – Пример обозначения преобразователя**

Код	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Заказ	ЭМИС-ВИХРЬ 200-ППД	-	100/50	-	-	И	2	ВК	F	ГП	60	-	-	-

Наличие в поле 5 буквы И означает наличие в электронном блоке OLED индикатора.

Код 42Н в поле 8 говорит об установленном в блок модуле интерфейса «токовая петля 4-20 мА»/HART, буква F – об установленном модуле частотно-импульсного выхода.

### ВНИМАНИЕ!

Поле 7 должно содержать код ВК. Любой другой код в этом поле говорит о другой версии электронного блока, на которую настоящее Руководство не распространяется.

## 2.4 Технические характеристики

### 2.4.1 Условия эксплуатации

Диапазон рабочих температур и другие характеристики внешней среды приведены в руководстве по эксплуатации на расходомер.

### 2.4.2 Параметры электрического питания

Электронный блок работает от источника постоянного напряжения. Параметры электрического питания электронного блока представлены в [таблице 2.2](#).

В электронном блоке реализована функция подогрева. Подогрев включается автоматически, при

<https://emis-kip.ru/prod/vikhreakusticheskiy-raskhodomer-emis-vikhr-200-ppd/>

достижении температурой окружающего воздуха значения  $-20^{\circ}\text{C}$ .

**Таблица 2.2 – Параметры электрического питания электронного блока расходомера**

Исполнения электронного блока по наличию индикатора	Номинальное напряжение, В	Диапазон допустимых значений напряжения, В	Потребляемая мощность ** (не более), Вт	
			Подогрев выключен	Подогрев включен
без индикатора	24	*12-30	1,3	5
с индикатором	24	*12-30	1,4	6

*Примечания:* \* – минимальное напряжение, измеряемое на входных клеммах электронного блока. Необходимое напряжение источника питания, должно рассчитываться с учётом падения напряжения на проводах;

\*\* – источник питания должен обеспечивать кратковременный ток не менее 0,5 А при запуске прибора.

### 2.4.3 Характеристики интерфейсов ввода-вывода

Электронный блок в различных исполнениях поставляется со следующими интерфейсами:

Аналоговые выходные интерфейсы:

- Частотно-импульсный выход;
- Токовая петля 4-20 мА;

Цифровые выходные интерфейсы:

- Modbus RTU на интерфейсе RS-485;
- HART v7 на токовой петле 4-20 мА;
- USB 2.0 Type-C (технологический);

Входные интерфейсы:

- Имитационный вход;

Интерфейсы RS-485, USB и имитационный вход присутствуют во всех вариантах исполнения электронного блока.

#### 2.4.3.1 Электрические параметры частотно-импульсного выхода

##### ВНИМАНИЕ!

Частотно-импульсный выход является опцией! При выборе данной опции у электронного блока отсутствуют токовый выходной сигнал 4-20 мА и интерфейс HART.

Частотно-импульсный выход служит для передачи значения объемного расхода. Настройка и использование частотно-импульсного выхода описаны в [разделе 3.3.10.1](#). Электрические параметры частотно-импульсного выхода приведены в **таблице 2.3**.

<https://emis-kip.ru/prod/vikhreakusticheskiy-raskhodomer-emis-vikhr-200-ppd/>

Таблица 2.3 – Электрические параметры импульсного выхода

Параметр	Значение
Тип выхода	пассивный
Диапазон напряжения питания	2,5 ... 30 В
Сопротивление в открытом состоянии	20 Ом, не более
Максимальный ток	100 мА, не более
Прочность изоляции гальванической развязки от других цепей и корпуса прибора	500 В, постоянное

Схемы подключения частотного выхода представлены в [разделе 3.1.6.2](#). Упрощённая схема выходного каскада изображена на [рисунке 2.2](#).

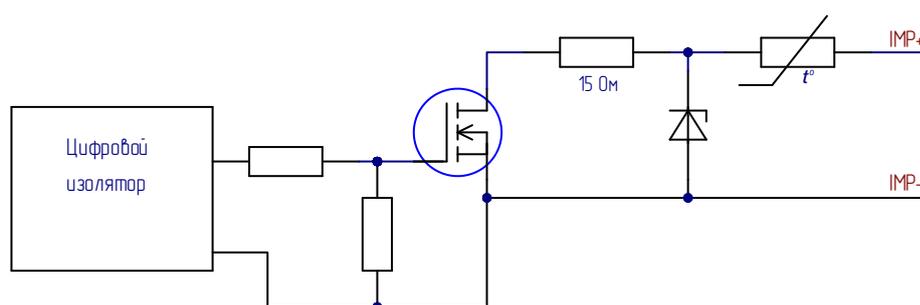


Рисунок 2.2 – Схема выходного каскада частотно-импульсного выхода

## 2.4.3.2 Электрические параметры токового выходного сигнала 4-20 мА

**ВНИМАНИЕ!**

Токовый выходной сигнал является опцией! При выборе данной опции у электронного блока отсутствует частотно-импульсный выход.

Таблица 2.4 – Электрические параметры токового выхода

Параметр	Значение
Тип выхода	пассивный
Диапазон напряжения питания	10* ... 30 В
Прочность изоляции гальванической развязки от других цепей и корпуса прибора	500 В, постоянное

Примечание: \* – минимальное напряжение, которое нужно обеспечить на входных клеммах электронного блока при максимальном токе 22 мА с учётом падения напряжения на проводах и токосъёмном резисторе.

Нагрузочная характеристика токового выхода представлена на **рисунке 2.3**.



**Рисунок 2.3 – Нагрузочная характеристика токового выхода (по вертикали - максимально допустимое сопротивление линии)**

Настройка и использование токового выхода описаны в [разделе 3.3.10.2](#). Схемы подключения электронного блока представлены в [разделе 3.1.6.3](#).

### 2.4.3.3 Электрические параметры интерфейса RS-485

Интерфейс RS-485 соответствует требованиям стандарта EIA/TIA-485-A. Основные параметры интерфейса представлены в **таблице 2.5**. Схема подключения расходомера по интерфейсу RS-485 представлена в [разделе 3.1.6.5](#).

**Таблица 2.5 – Основные параметры интерфейса RS-485**

Параметр	Значение
Максимальная скорость передачи данных	38400 бит/с
Максимальная длина одного сегмента сети	1200 м
Максимальное количество узлов в сегменте сети	64
Прочность изоляции гальванической развязки от других цепей и корпуса прибора	500 В, постоянное

В случае протяжённой линии связи может возникнуть необходимость в согласовании сопротивления линии в крайних точках. Для этого в электронном блоке предусмотрен нагрузочный резистор 120 Ом. Резистор подключается к линии переводом переключателя (поз. 9, [рисунок 2.5](#)) на лицевой панели прибора в положение «ON».

### 2.4.3.4 Параметры цифрового протокола HART

#### ВНИМАНИЕ!

Цифровой протокол HART является опцией! При выборе данной опции у электронного блока отсутствует частотно-импульсный выход.

В расходомере реализована поддержка цифрового протокола HART на базе токовой петли 4-20 мА (стандарт Bell 202). Список поддерживаемых команд представлен в [приложении В](#).

Основные параметры протокола HART представлены в **таблице 2.6**. Схемы подключения электронного блока представлены в [п. 3.1.6.4](#).

**Таблица 2.6 – Параметры протокола HART**

Параметр	Описание
Физический уровень	Bell 202 FSK
Версия протокола	7
Скорость передачи данных	1200 бод/с
Адрес устройства в сети HART	0...64

Таблица 2.6 – Параметры протокола HART (окончание)

Параметр	Описание
Поддержка многоточечного режима (Multi-Drop)	Да
Поддержка режим Burst	Нет
Файл описание устройства (DD)	Да
Наличие библиотеки FDT (DTM)	Нет
Уникальный ID предприятия изготовителя (Manufacture ID) (HEX)	0x0060C5
Уникальный ID типа прибора (Device type ID) (HEX)	0xEEE1

### 2.3.3.5 Технологический интерфейс USB 2.0

Технологический интерфейс USB (разъем Type-C, поз. 7, [рисунок 2.5](#)) дублирует протокол Modbus RTU, реализованный на интерфейсе RS-485, а так же используется для обновления программы микроконтроллера электронного блока.

Для корректного подключения к ПК может потребоваться установить драйвер микросхемы SN340G производителя WCH («Nanjing Qinheng Microelectronics Co., Ltd.»). Актуальная версия драйвера доступна на официальном сайте производителя. Электронный блок определяется в системе как виртуальный COM-порт.

### 2.3.3.6 Имитационный вход

Расходомер «ЭМИС-ВИХРЬ 200 –ППД» поддерживает поверку имитационным методом, согласно документу «Инструкция. Преобразователи расхода вихревые «ЭМИС-ВИХРЬ 200 (ЭВ-200) Методика поверки» ЭВ-200.000.000.000.00 МП».

Для осуществления поверки, в электронном блоке реализован имитационный вход, к которому подключается генератор сигналов. Схемы подключения представлены в [разделе 3.1.6.6](#).

Перед началом процедуры поверки произвести настройку генератора:

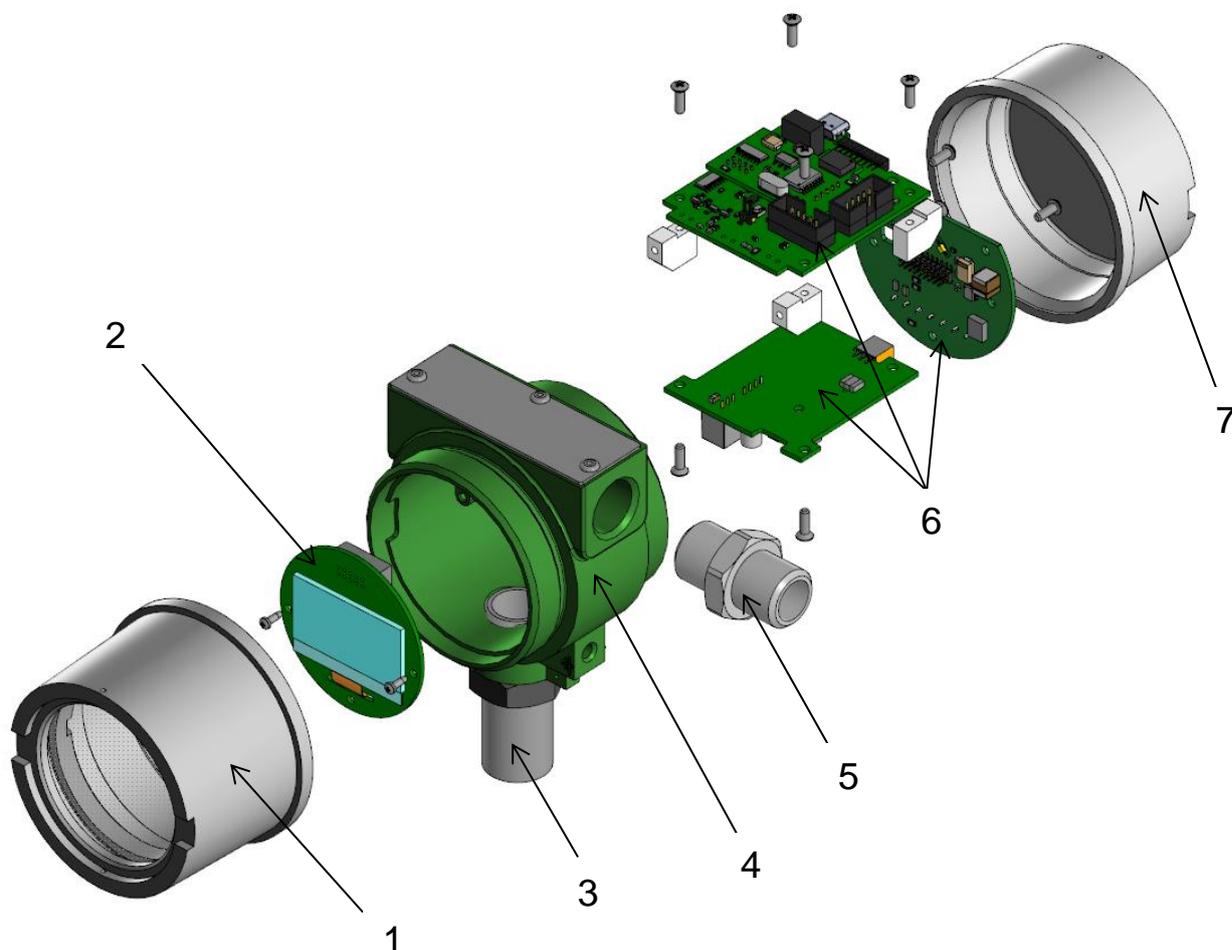
- установить нагрузку на выходе генератора HIGH-Z;
- установить амплитуду напряжения на выходе генератора  $0,5 \pm 0,1$  В п-п;
- установить тип выходного напряжения генератора – синусоида, постоянное смещение 0;

## 2.5 Устройство и работа

### 2.5.1 Устройство электронного блока

Электронный блок состоит из комплекта печатных плат (6) (см. [рис. 2.4](#)) установленного в металлический корпус (4) с крышками и кабельным вводом. Под задней крышкой (7) расположена лицевая панель с элементами индикации, разъёмами и клеммной колодкой для подключения проводов.

Передняя крышка (1) при наличии OLED-дисплея (2) выполняется со стеклянным окном. Электронный блок с помощью фланцевой стойки (3) крепится на проточную часть преобразователя.



**Рисунок 2.4 Устройство электронного блока. 1 – передняя крышка, 2 – OLED-дисплей, 3 – фланцевая стойка, 4 – корпус, 5 – кабельный ввод, 6 – комплект плат, 7 – задняя крышка**

### **2.5.2 Лицевая панель электронного блока**

Вид лицевой панели электронного блока приведён на **рисунке 2.5**. Описание элементов лицевой панели приведено в **таблице 2.7**.

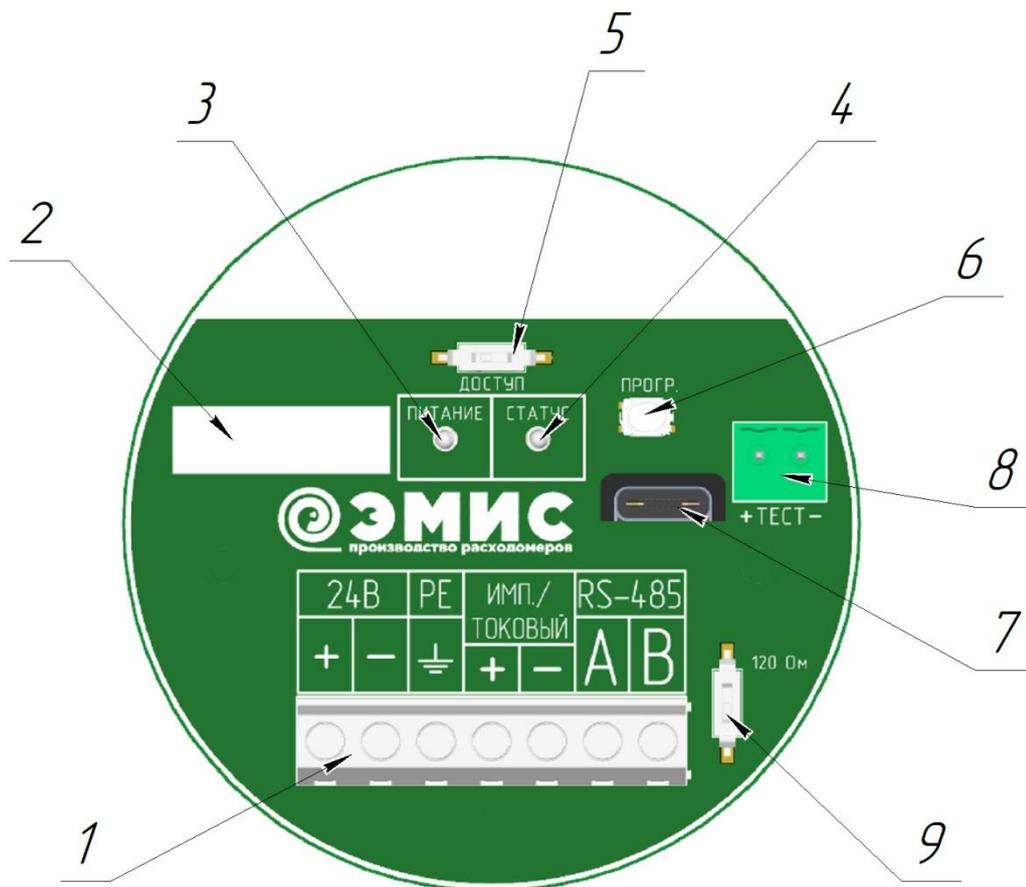


Рисунок 2.5 – Лицевая панель электронного блока

Таблица 2.7 – Элементы лицевой панели электронного блока

Название	Описание	Позиция на рисунке 2.5
Клеммная колодка для подключения проводов	Предназначена для подключения проводов питания, заземления и интерфейсов «Частотно-импульсный», «Токовый/HART», RS-485. Максимальная площадь сечения проводов 1,5 мм <sup>2</sup>	1
Поле для наклейки	Поле для размещения наклейки с серийным номером электронного блока	2
Светодиод «Питание» (зелёный)	Горит при наличии питания на входе и исправности внутреннего преобразователя напряжения	3
Светодиод «Статус» (красный)	Характер свечения светодиода определяет состояние электронного блока. Подробное описание приведено <a href="#">в таблице 3.15</a> .	4

Таблица 2.7 – Элементы лицевой панели электронного блока (окончание)

Название	Описание	Позиция на рисунке 2.5
Переключатель уровня доступа	В положении «ON» задаёт уровень доступа «Максимальный» (см. п. 3.3.2). При поставке потребителю пломбируется.	5
Кнопка программирования	Используется для перевода электронного блока в режим программирования по USB-интерфейсу	6
Порт USB Type-C	Технологический интерфейс (подробнее см. п. 2.3.3.5)	7
Имитационный вход	Используется для имитационной поверки (подробнее см. п. 2.3.3.6)	8
Выключатель нагрузки RS-485	В положении «ON» подключает между линиями A-B интерфейса RS-485 нагрузочный резистор 120 Ом	9

### 2.5.3 Принцип работы

В основе работы вихреакустического расходомера лежит зависимость частоты колебаний, возникающих в потоке жидкости при обходе им тела обтекания, от скорости потока (объёмного расхода жидкости). Эти колебания модулируют по фазе высокочастотный сигнал, который передаётся перпендикулярно потоку с помощью двух пьезоэлементов – излучателя и приёмника (рисунок 2.6). Сигнал возбуждения излучателя и сигнал с приёмника подаются и принимаются электронным блоком и синхронизированы между собой.

Из полученного сигнала приёмника путём демодуляции выделяется низкочастотная составляющая, соответствующая колебаниям потока. Низкочастотный сигнал с помощью быстрого преобразования Фурье раскладывается в спектр, в котором выделяется гармоника с наибольшей амплитудой. Частота этой гармоники пересчитывается в объёмный расход.

Расчёт объёмного расхода выполняется по формуле:

$$Q = f_{\text{в}} \times K_{\text{ф}} \times K_{\text{кор}} \times (1 + \alpha \times t), \quad (2.1)$$

где  $Q$  – объёмный расход, м<sup>3</sup>/ч;

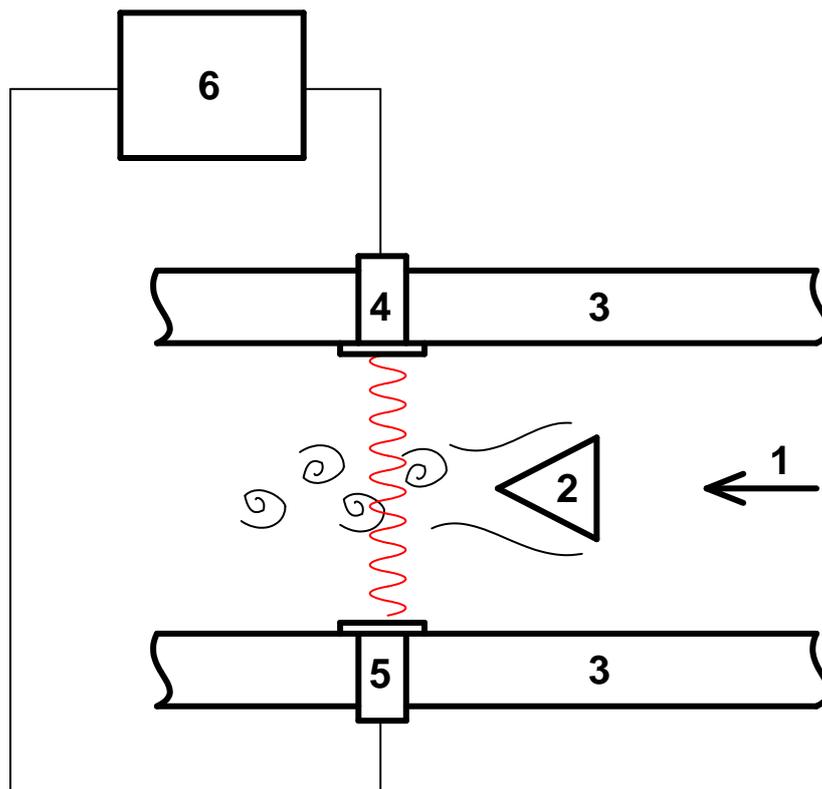
$f_{\text{в}}$  – частота вихреобразования, Гц;

$K_{\text{ф}}$  – отношение расхода к частоте вихрей (К-фактор), (м<sup>3</sup>/ч)/Гц;

$K_{\text{кор}}$  – коэффициент выражающий действие корректировочной таблицы (см. п. 3.3.6);

$\alpha$  – коэффициент температурной коррекции;

$t$  – температура, °С.



**Рисунок 2.6 – К принципу действия прибора. 1 – поток жидкости, 2 – тело обтекания, 3 – стенки проточной части, 4 – излучатель, 5 – приёмник, 6 – электронный блок**

В связи с тем, что зависимость объёмного расхода от частоты вихреобразования имеет нелинейный характер, в программе преобразователя реализована корректировочная таблица, позволяющая выполнить линейно аппроксимированную коррекцию по нескольким точкам расхода.

Температура измеряемой среды определяется с помощью встроенного в проточную часть датчика температуры.

## 3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

### 3.1 Электрическое подключение

#### 3.1.1 Особенности электромонтажа и эксплуатации электронного блока во взрывоопасных зонах

При электрическом подключении, отключении и эксплуатации преобразователя во взрывоопасных зонах должны выполняться следующие требования:

- Убедиться, что установленные кабельные вводы и заглушки имеют маркировку, соответствующую виду взрывозащиты «d» для подгруппы IIC и степени защиты от внешних воздействий IP66/IP68.

- Открывать крышки электронного блока, ослаблять кабельные вводы и выкручивать заглушки допускается, только убедившись, что питание электронного блока и интерфейсов отключено. Перед подачей питания крышки, кабельные вводы и заглушки должны быть установлены на место и плотно затянуты.

- Должны быть приняты меры защиты от статического электричества, в частности используемый инструмент и принадлежности не должны накапливать электрический заряд. Протирать корпус электронного блока допускается только влажной или антистатической тканью.

### **3.1.2 Необходимый инструмент**

Перечень инструмента, рекомендованного для электрического монтажа:

- ключ для кабельных вводов;
- стриппер для зачистки проводов;
- клещи обжимные для наконечников проводов (при их использовании);
- отвертка шлицевая 3 мм для подключения кабеля к клеммам электронного блока;
- отвертка крестовая PH2 для подключения заземления или уравнивающего проводника к корпусу электронного блока.

### **3.1.3 Рекомендации по применяемым кабелям и длинам линий**

Общие рекомендации:

- рекомендуется использовать медные многожильные кабели;
- рекомендуется на концы проводов устанавливать обжимные наконечники;
- рекомендуется использовать отдельный источник питания или многоканальный источник питания с гальванически развязанными каналами для питания расходомера и его пассивных выходов;
- не рекомендуется прокладывать сигнальные кабели вместе с силовыми, а также вблизи мощных источников электромагнитных полей.

#### **3.1.3.1 Рекомендации по кабелю питания**

Для подключения электрического питания расходомера рекомендуется использовать многожильный медный кабель с сечением провода от 0.205 мм<sup>2</sup> до 2.5 мм<sup>2</sup>. Дополнительные характеристики кабеля (огнестойкость, пониженная горючесть и т.д.) необходимо выбирать в зависимости от внешних условий эксплуатации.

Максимальное удаление расходомера от источника питания зависит от сопротивления используемого кабеля и внутреннего сопротивления (ограничения по току) источника. При выполнении условий [п. 2.4.2.](#) сопротивление линии не должно превышать 10 Ом.

Расчёт сопротивления кабеля производится по формуле:

$$R = \frac{\rho \times l}{s}, \quad (3.1)$$

где  $R$  – сопротивление кабеля, Ом;

$\rho$  – удельное сопротивление кабеля, Ом\*мм<sup>2</sup>/м;

для медного кабеля: 0,017 Ом\*мм<sup>2</sup>/м (при  $t = 20^\circ\text{C}$ )

0,021 Ом\*мм<sup>2</sup>/м (при  $t = 70^\circ\text{C}$ )

$l$  – длина кабеля в две стороны, м;

$s$  – площадь поперечного сечения кабеля, мм<sup>2</sup>.

### **3.1.3.2 Рекомендация по кабелю частотно-импульсного выхода**

- Рекомендуется применять кабель с витой парой в индивидуальном или общем экране;
- Рекомендуется выполнять заземление экрана кабеля в одной точке со стороны приемника;
- Рекомендуется прокладывать кабель вдали от силовых линий и силового оборудования (прокладка вместе с линией питания расходомера допускается);
- Не рекомендуется использовать линии длиной свыше 1 км;
- Рекомендуемые сечения провода аналогично указанным в [п.3.1.3.1](#).

### **3.1.3.3 Рекомендация по кабелю токовой петли 4-20 мА**

Рекомендации по подключению токовой петли 4-20 мА:

- Рекомендуется применять кабель с витой парой в индивидуальном или общем экране.
- Рекомендуется выполнять заземление экрана кабеля в одной точке со стороны приемника.
- Рекомендуется прокладывать кабель вдали от силовых линий и силового оборудования.
- Максимальную длину кабеля и его сечение необходимо выбирать по нагрузочной характеристике на [рисунке 2.3](#).

### **3.1.3.4 Рекомендация по кабелю интерфейса RS-485**

При передаче сигнала на большие расстояния рекомендуется использовать специализированный кабель, например КИПэВ, рекомендуемые характеристики кабеля представлены в **таблице 3.1**.

Таблица 3.1 – Рекомендуемые параметры для кабеля цифрового интерфейса RS-485

Характеристика	Рекомендация
Скрутка	Попарная
Количество пар	1 (при одиночной прокладке)
Наличие экрана	Общий (для многопарных кабелей рекомендуется наличие индивидуального экрана для каждой пары)
Электрическое сопротивление жилы постоянному току при 20°C, не более	10 Ом/100 м
Жилы	Многопроволочные медные
Электрическая емкость пары, не более	42 пФ/м
Коэффициент затухания на частоте 1 МГц при 20°C, не более	2,1 дБ/100м

### 3.1.4 Защитное заземление и уравнивающее соединение

Для заземления электронного блока можно использовать специальный контакт с обозначением PE на лицевой панели прибора (см. [рисунок 2.5](#)), либо винт на корпусе прибора. Заземляющий провод должен быть как можно короче и иметь сопротивление не более 1 Ом. Сечение провода должно быть не меньше чем максимальное из сечений проводов, подсоединяемых к электронному блоку.

В случае если расходомер не имеет электрической связи с системой уравнивания потенциалов через трубопровод или броню кабеля необходимо выполнять уравнивающее соединение расходомера. Для этого следует использовать специальный болт на проточной части расходомера либо винт на корпусе электронного блока. Сечение уравнивающего проводника должно быть не менее 4 мм<sup>2</sup>.

#### ВНИМАНИЕ!

Запрещено использовать один проводник для заземления двух и более приборов!

### 3.1.5 Порядок электрического подключения

Выполнение электрических подключений производится в следующей последовательности:

- при подключении прибора во взрывоопасных зонах выполнить требования [п. 3.1.1](#);
- заземлить преобразователь согласно [п. 3.1.4](#);
- убедиться, что источники питания электронного блока выключены;
- снять стопор с задней крышки электронного блока;
- открутить заднюю крышку корпуса электронного блока;

<https://emis-kip.ru/prod/vikhreakusticheskiy-raskhodomer-emis-vikhr-200-ppd/>

- завести кабель питания и сигнальные кабели через кабельный ввод;
- выполнить подключение электронного блока в соответствии со схемами подключения из [п. 3.1.6](#);
- затянуть зажим кабельного ввода;
- плотно закрутить заднюю крышку корпуса электронного блока;
- установить стопор задней крышки электронного блока.

### 3.1.6 Схемы электрического подключения

#### 3.1.6.1 Схема подключения питания

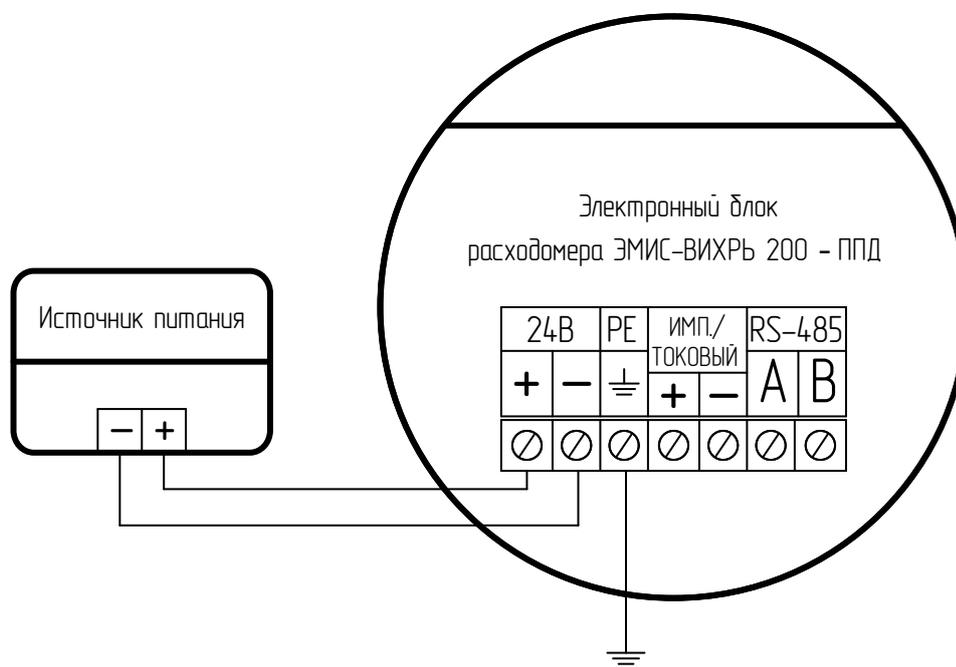


Рисунок 3.1 – Схема подключения питания электронного блока

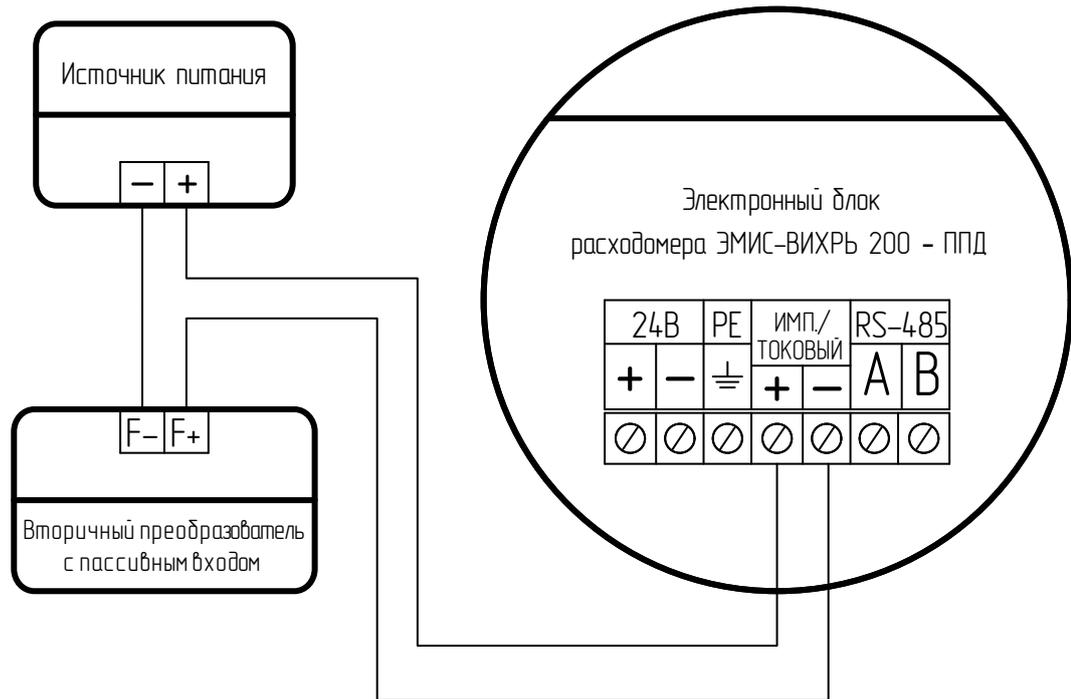
#### ВНИМАНИЕ!

Все последующие схемы подключения предполагают, что питание электронного блока произведено в соответствии с рисунком 3.1.

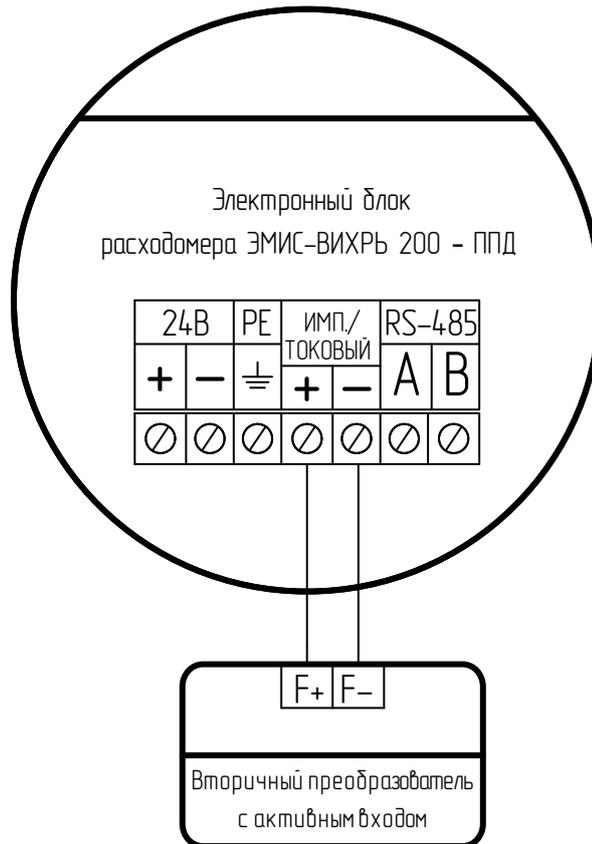
#### 3.1.6.2 Схема подключения частотного-импульсного выхода

На [рисунках 3.2, 3.3](#) представлены схемы подключения электронного блока по частотно-импульсному выходу. Параметры выхода представлены в [разделе 2.4.3.1](#).

<https://emis-kip.ru/prod/vikhreakusticheskiy-raskhodomer-emis-vikhr-200-ppd/>



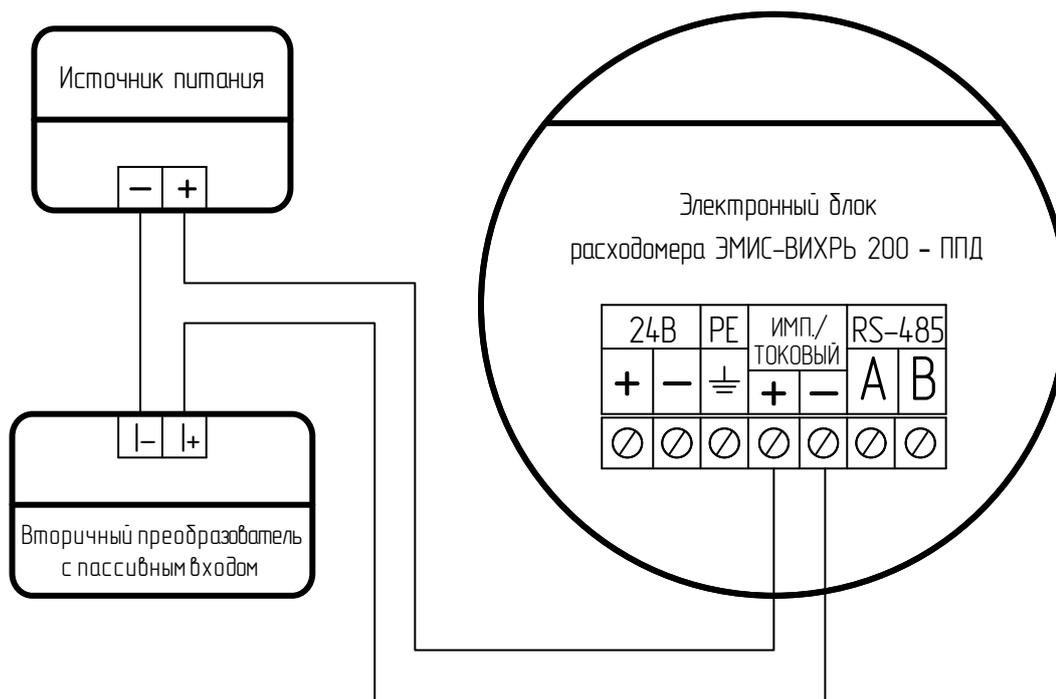
**Рисунок 3.2 – Схема подключения частотного выхода электронного блока к приемникам с пассивным входом**



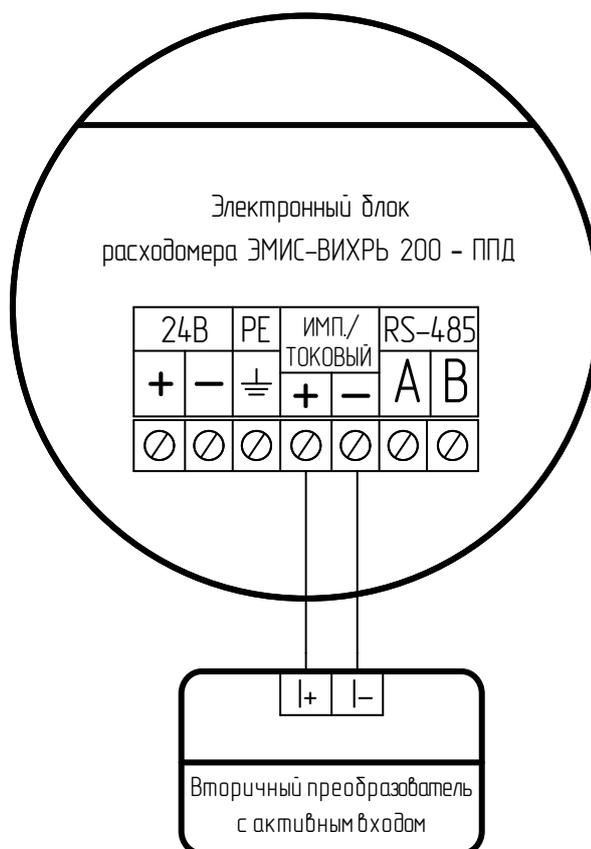
**Рисунок 3.3 – Схема подключения частотного выхода электронного блока к приемникам с активным входом**

### 3.1.6.3 Схема подключения по токовой петле 4-20 мА

На **рисунках 3.4, 3.5** представлены схемы подключения электронного блока по токовой петле 4-20 мА. Параметры токового выхода представлены в [разделе 2.4.3.2](#).



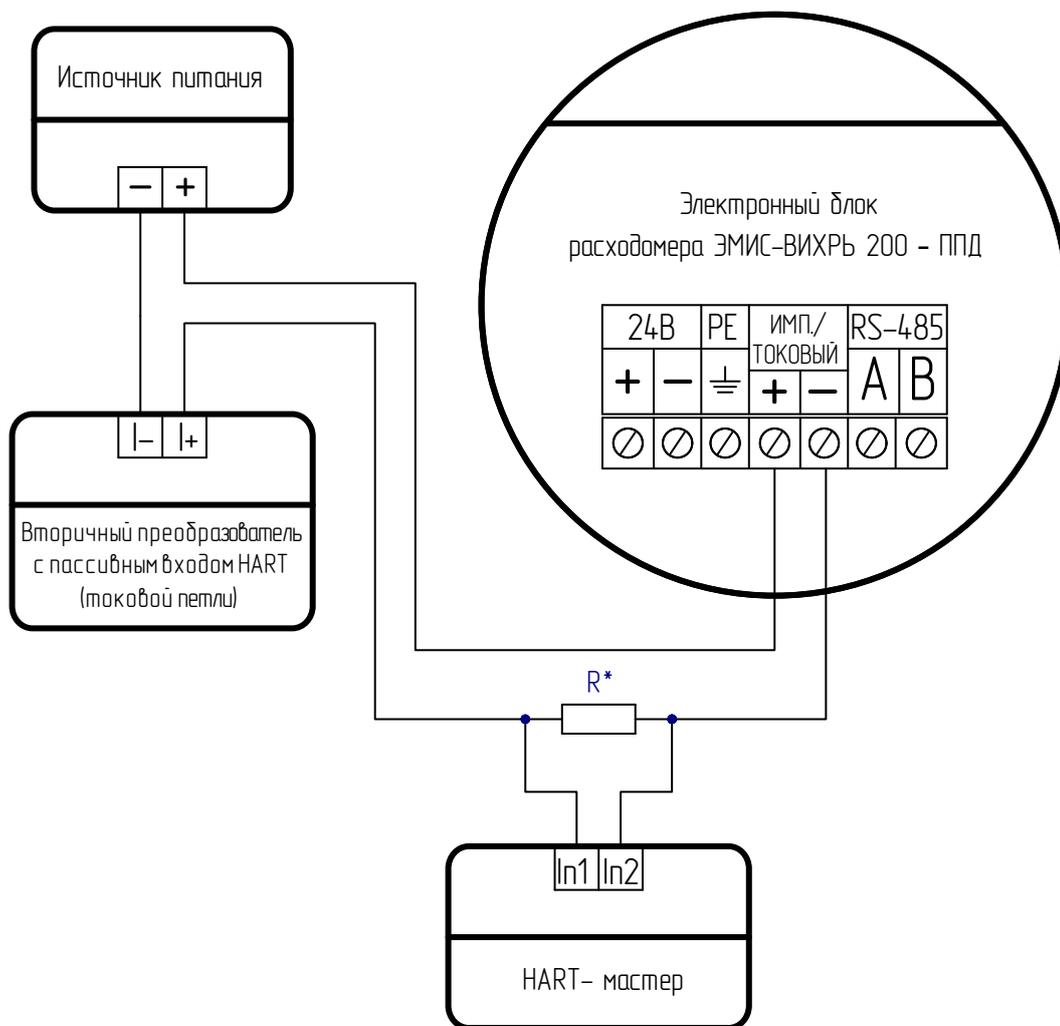
**Рисунок 3.4 – Схема подключения токовой петли 4-20 мА к приемникам с пассивным токовым входом**



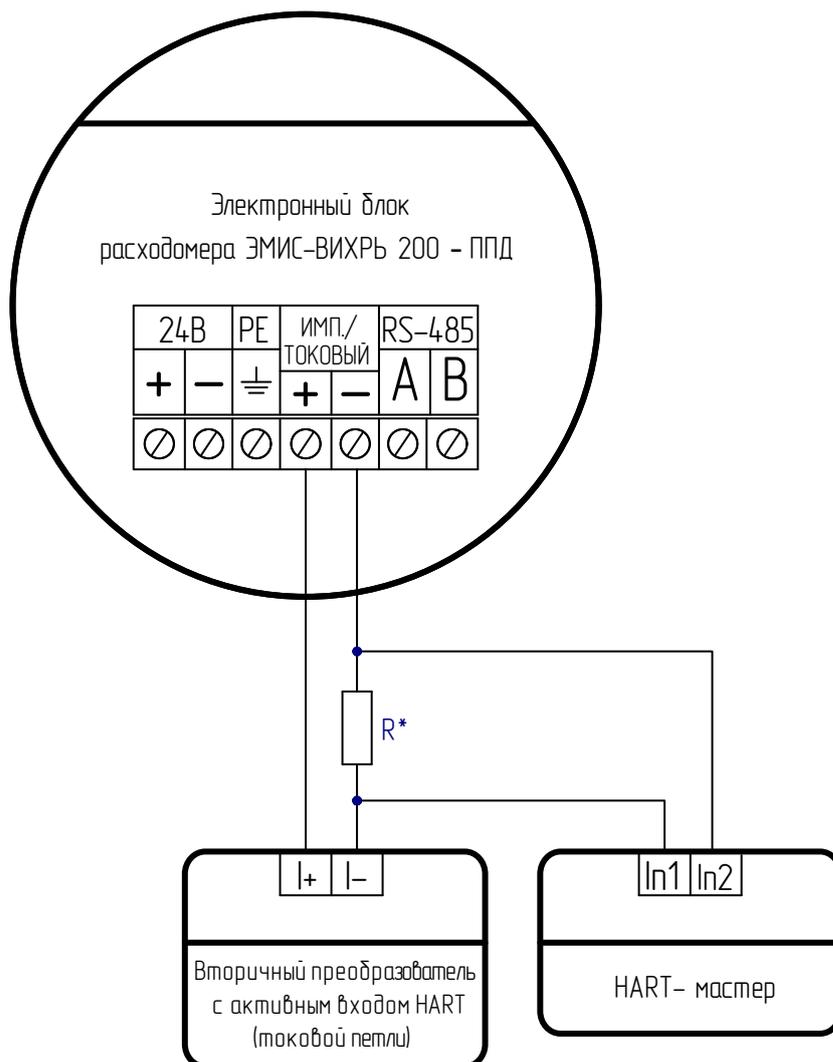
**Рисунок 3.5 – Схема подключения токовой петли 4-20 мА к приемникам с активным токовым входом**

### 3.1.6.4 Схема подключения расходомера по цифровому протоколу HART

На *рисунках 3.6, 3.7* представлены схемы подключения электронного блока по протоколу HART. Цифровой протокол HART поддерживает подключение электронного блока к двум HART-мастер устройствам, либо возможность подключения к вторичному преобразователю токового входа и HART-мастеру (данная конфигурация возможна только в режиме работы HART-устройства point-to-point). Параметры протокола представлены в [разделе 2.4.3.4](#).



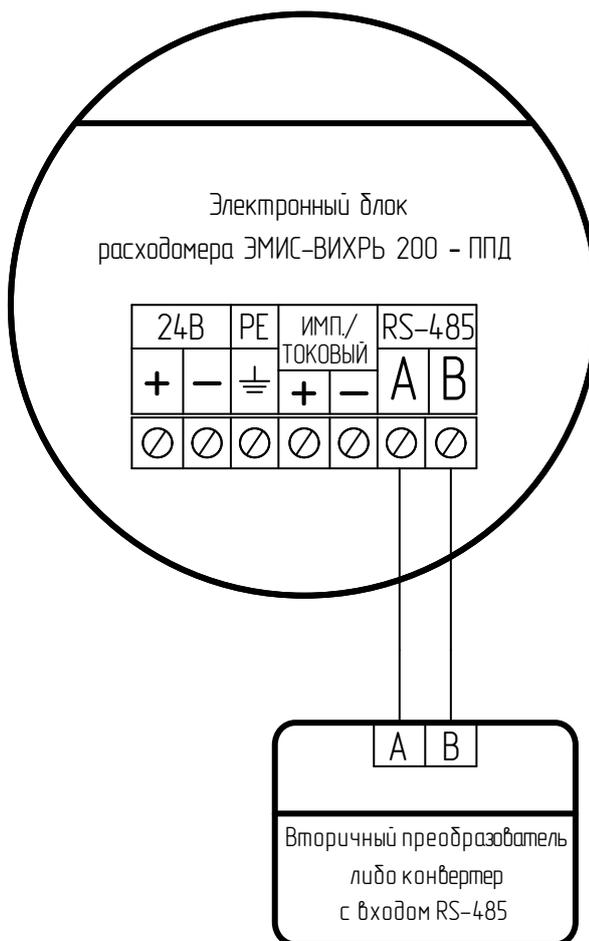
**Рисунок 3.6 – Схема подключения электронного блока по протоколу HART к вторичному преобразователю с пассивным входом. R\* - резистор с рекомендуемым номиналом 240 ... 500 Ом.**



**Рисунок 3.7 – Схема подключения электронного блока по протоколу HART к вторичному преобразователю с активным входом.  $R^*$  - резистор с рекомендуемым номиналом 240 ... 500 Ом.**

### 3.1.6.5 Схема подключения расходомера по интерфейсу RS-485

На **рисунке 3.8** представлены схемы подключения электронного блока по интерфейсу RS-485. Параметры интерфейса представлены в [разделе 2.4.3.3](#).



**Рисунок 3.8 – Схема подключения электронного блока по интерфейсу RS-485**

### 3.1.6.6 Схема подключения имитационного входа

На **рисунке 3.9** представлена схема подключения имитационного входа расходомера. Требования к генератору и процедура беспродливной поверки расходомера описаны в документе «Инструкция. Преобразователи расхода вихревые «ЭМИС-ВИХРЬ 200 (ЭВ-200) Методика поверки» ЭВ-200.000.000.000.00 МП с изменениями №2.

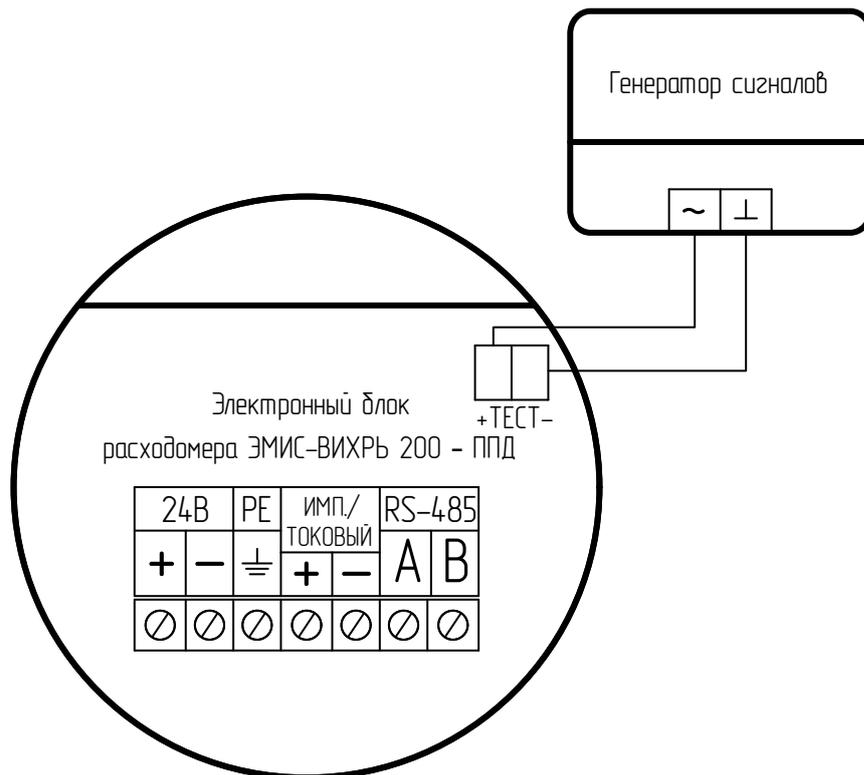


Рисунок 3.9 – Схема подключения имитационного входа

### 3.1.6.7 Подключение к разъему типа ШР22

По специальному заказу вместо кабельного ввода может быть установлен разъем типа ШР22. Таблица подключения электронного блока с частотно-импульсным выходом приведена на **рисунке 3.10**, с интерфейсом токовая петля 4-20 мА/HART – на **рисунке 3.11**.

Цепь	Конт.
Питание U-	1
Питание U+	2
	3
	4
	5
	6
RS-485A	7
RS-485A	8
Част./имп. вых.-	9
Част./имп. вых.+	10

Рисунок 3.10 – Таблица подключения электронного блока с частотно-импульсным выходом при использовании разъема типа ШР22

Цепь	Конт.
Питание U-	1
Питание U+	2
	3
	4
	5
	6
RS-485A	7
RS-485A	8
Токовый выход-	9
Токовый выход+	10

**Рисунок 3.11 – Таблица подключения электронного блока по токовой петле 4-20 мА при использовании разъема типа ШР22**

## 3.2 Подготовка к использованию

Перед первым включением электрического питания расходомера и пуском его в эксплуатацию необходимо:

- проверить правильность монтажа расходомера на трубопроводе;
- проверить параметры электрического питания расходомера;
- проверить правильность заземления;
- проверить правильность подключения внешних устройств.

## 3.3 Настройка и эксплуатация электронного блока

### 3.3.1 Общая информация

Управление и настройка электронного блока может осуществляться:

- по протоколу Modbus RTU;
- по протоколу HART (при наличии).

Для настройки электронного блока по интерфейсу RS-485 рекомендуется использовать фирменное программное обеспечение «ЭМИС-Интегратор». Для настройки электронного блока по протоколу HART рекомендуется использовать DD библиотеку либо фирменное программное обеспечение «ЭМИС-Интегратор HART».

### 3.3.2 Уровни доступа

В соответствии с Р 50.2.077-2014 «ГСИ. Испытания средств измерений в целях утверждения типа. Проверка защиты программного обеспечения» защита встроенного программного обеспечения от преднамеренных и непреднамеренных изменений соответствует уровню «высокий». В электронном блоке реализовано 3 уровня доступа:

0 – «Пользователь»

1 – «Оператор»

2 – «Максимальный».

Уровень доступа «Пользователь» позволяет редактировать регистры по протоколу Modbus или HART, отвечающие за настройку интерфейса RS-485 и параметры, отображаемые на дисплее. Данный уровень доступа активируется при включении и остается активным до перехода на более высокий уровень.

Уровень доступа «Оператор» позволяет настраивать прибор на месте эксплуатации, при этом доступа к метрологически значимым данным нет. Для получения уровня доступа «Оператор» необходимо ввести пароль в соответствующий регистр (см. **таблицу 3.2**). Значение пароля по умолчанию – 1. Изменить пароль можно с уровнем доступа «Оператор» или «Максимальный». Уровень доступа сохраняется до выключения или перезагрузки прибора. При повторном включении прибора уровень доступа принимает значение «Пользователь».

**Таблица 3.2 – Регистры управления доступом**

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
<b>Регистр для ввода пароля оператора</b>	Регистр хранения (Holding register)	1000 - 1001	UINT32	Команда 140, ID=0
<b>Регистр задания пароля оператора</b>	Регистр хранения (Holding register)	138 - 139	UINT32	Команда 140, ID=22
<b>Текущий уровень доступа: 0 - пользователь, 1 - оператор, 2 - максимальный</b>	Входной регистр (Input register)	328	UINT16	Команда 141, ID=255

Уровень доступа «Максимальный» позволяет изменять значения всех регистров прибора. Для перехода на этот уровень доступа необходимо перевести переключатель «Доступ» на лицевой панели прибора в положение «ON» (поз.5 [рис. 2.5](#)). Данный переключатель защищается фирменной гарантийной наклейкой.

Узнать какой уровень доступа необходим для изменения конкретного параметра можно из [таблицы Б.2](#).

### 3.3.3 Управление электронным блоком по протоколу Modbus RTU

Электронный блок поддерживает передачу данных по протоколу Modbus RTU на основе цифрового интерфейса RS-485 или через технологический интерфейс USB.

Цифровой интерфейс RS-485 позволяет производить настройку и опрос преобразователя с помощью ПК, объединять несколько преобразователей в сеть или подключать преобразователи к уже имеющейся сети с интерфейсом RS-485.

Скорость обмена данными выбирается из ряда: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400 бит/сек, формат данных: 8 бит, 1 стоповый бит, контроль чётности настраивается. По умолчанию установлена скорость обмена 38400 бит/сек, контроль чётности – без проверки на чётность.

В случае использования технологического интерфейса USB параметры связи фиксированы: скорость передачи 38400 бит/сек, 8 бит, адрес 1, контроль чётности отсутствует, 1 стоповый бит.

Перечень регистров отвечающих за настройку связи по протоколу Modbus приведён в **таблице 3.3**.

Список поддерживаемых функций протокола Modbus приведён в [приложении Б.1](#).

**Таблица 3.3 – Регистры настройки протокола Modbus**

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
<b>Адрес устройства</b>	Регистр хранения (Holding register)	0	UINT16	Команды 139, 140, ID=5
<b>Скорость обмена</b>	Регистр хранения (Holding register)	2 - 3	UINT32	Команды 139, 140, ID=6
<b>Проверка на чётность</b> 0 - без проверки 1 - проверка на четность 2 - проверка на нечетность	Регистр хранения (Holding register)	6	UINT16	Команды 141, 142, ID=6
<b>Порядок следования байт</b> 0 -(0-1-2-3) 1 - (2-3-0-1) 2 - (1-0-3-2) 3 - (3-2-1-0) (см. <a href="#">приложение Б.1</a> )	Регистр хранения (Holding register)	140	UINT16	Команды 141, 142, ID=10

Список доступных регистров приведен в [приложении Б](#).

### 3.3.4 Управление электронным блоком по протоколу HART

Технические характеристики протокола HART представлены в [разделе 2.4.3.4](#). Переменные, передаваемые по умолчанию по протоколу HART, представлены в **таблице 3.4**. Для настройки электронного блока рекомендуется использовать DD библиотеку либо фирменное программное обеспечение «ЭМИС-Интегратор HART». Список всех поддерживаемых команд и переменных представлен в [приложении В](#).

<https://emis-kip.ru/prod/vikhreakusticheskiy-raskhodomem-emis-vikhr-200-ppd/>

Таблица 3.4 – Список переменных доступных по протоколу HART

Наименование переменной	Описание	Значение переменной по умолчанию
Первичная переменная (PV)	Первая переменная, передаваемая по протоколу HART	Объемный расход [м <sup>3</sup> /ч]
Вторичная переменная (SV)	Вторая переменная, передаваемая по протоколу HART	Температура [°C]
Третичная переменная (TV)	Третья переменная, передаваемая по протоколу HART	Накопленный объем [м <sup>3</sup> ]
Четвертичная переменная (QV)	Четвертая переменная, передаваемая по протоколу HART	Накопленный объем [мл]

### 3.3.5 Основные измерения. Настройка параметров.

Этот раздел содержит основные параметры, участвующие в вычислении объемного расхода:

**К-фактор** – основной коэффициент пересчета частоты вихреобразования в объемный расход. Настраивается на заводе-изготовителе индивидуально под каждый прибор.

**Максимальная частота вихреобразования** – параметр, задаваемый при выпуске прибора, служит для расчета частоты дискретизации и определяется максимальным расходом.

$$f_{max} = Q_{max}/K_{\phi}, \quad (3.2)$$

где  $f_{max}$  – максимальная частота вихреобразования, Гц;

$Q_{max}$  – максимальный возможный расход;

$K_{\phi}$  – К-фактор;

**Функция изменения частоты дискретизации** позволяет увеличить точность измерения при малых значениях расхода, по умолчанию включена.

**Коэффициент коррекции расхода по температуре** вводит коррекцию расхода согласно формуле (2.1) по показаниям встроенного датчика температуры.

Результирующее значение объемного расхода рассчитывается как среднее арифметическое значений полученных за **время усреднения расхода**.

Таблица 3.5 – Регистры параметров измерений и объемного расхода

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
<b>Объемный расход</b> [м <sup>3</sup> /ч]	Входной регистр (Input register)	306 - 307	FLOAT	HART-переменная №1
<b>К-фактор</b>	Регистр хранения (Holding register)	32 - 33	FLOAT	Команды 136, 137, ID=3

Таблица 3.5 – Регистры параметров измерений и объемного расхода (окончание)

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
<b>Максимальная частота вихреобразования</b>	Регистр хранения (Holding register)	106 -107	FLOAT	Команды 136,137, ID=32
<b>Коэффициент коррекции расхода по температуре</b>	Регистр хранения (Holding register)	34 - 35	FLOAT	Команды 136,137, ID=4
<b>Время усреднения расхода [с]</b>	Регистр хранения (Holding register)	24	UINT16	Команды 139,140, ID=1

### 3.3.6 Таблица коррекции

Таблица коррекции содержит поправочные коэффициенты, действующие на определенном диапазоне расхода. Таблица представляет собой пары значений расход - коэффициент коррекции в процентах, где значение расхода берётся после температурной коррекции.

Коррекция активируется, если в таблице задана хотя бы одна пара значений расхода и ненулевого коэффициента коррекции. Если в таблицу коррекции внесена только одна пара значений, то коррекция будет применена ко всему диапазону измеряемого расхода. Если в таблицу внесены несколько пар, то коррекция будет выполняться по следующему алгоритму:

- если текущее значение расхода меньше или равно значению расхода в первой паре значений, то к текущему значению расхода будет применена поправка из первой пары значений;
- если текущее значение расхода лежит в интервале между двумя соседними парами значений (строками таблицы), то к текущему значению расхода будет применена поправка, полученная в результате линейной интерполяции значений поправок заданных в этих парах;
- если текущее значение расхода больше или равно значению расхода в последней ненулевой строке таблицы, то к текущему значению расхода будет применена поправка, указанная в этой строке;
- значения в таблице должны быть расположены по возрастанию расхода, если меньший расход будет записан в таблицу после большего, он игнорируется.

Значение коррекции записывается как относительная разность значений текущего и эталонного расходов:

$$\delta = \frac{Q_{\text{тек}} - Q_{\text{эт}}}{Q_{\text{эт}}} \times 100\% \quad (3.3)$$

Определить какое значение коррекции получится между двумя соседними точками (строками таблицы) в результате интерполяции можно по формуле:

$$\delta = \frac{Q - Q_i}{Q_{i+1} - Q_i} \times (\delta_{i+1} - \delta_i) + \delta_i, \quad (3.4)$$

где  $Q$  – значение расхода, для которого рассчитывается коррекция;

$Q_i$  – значение расхода в  $i$ -той строке таблицы;

$\delta_i$  – значение коррекции в  $i$ -той строке таблицы.

Адреса регистров таблицы коррекции приведены в *Приложениях Б и В*.

### 3.3.7 Параметры измерительной системы

В этом разделе приведены основные параметры, связанные с физическим процессом измерения частоты вихреобразования. Эти параметры недоступны для изменения пользователем, но содержат информацию позволяющую оценить корректность работы расходомера и настроить имеющиеся отсечки и фильтры (см. [следующий раздел](#)).

**Амплитуда принятого сигнала 1 МГц** – действующее значение высокочастотного несущего сигнала на входе АЦП в вольтах. Отсутствие этого сигнала может говорить о незаполненности трубопровода измеряемой жидкостью, неисправности пьезоэлементов, обрыве их проводов, либо неисправности электронной схемы обработки.

**Глубина фазовой модуляции (амплитуда полезного сигнала)** – амплитуда полезного низкочастотного сигнала выделенного при демодуляции несущей, в радианах.

**Частота вихреобразования** – наибольшая по амплитуде составляющая спектра полезного сигнала, по которой рассчитывается объёмный расход, Гц.

**СКО амплитуды несущей** – среднеквадратичное отклонение амплитуды принятого сигнала 1 МГц за некоторый период. Является критерием однородности потока жидкости, применяется для включения фильтра высокой частоты (см. [следующий раздел](#)). Период расчета определяется параметром **кол-во точек для расчета СКО амплитуды несущей**.

**Заданная частота несущей** – задаваемая частота сигнала возбуждения выбирается из ряда 959, 967, 975, 983, 991, 1000, 1008, 1016, 1024, 1032, 1040 в кГц в зависимости от частотной характеристики проточной части.

**Ёмкость пьезоэлементов** – диагностический параметр, служит для определения состояния пьезоэлементов. Стандартные значения лежат в диапазоне 400...1000 пФ. Близкие к нулю либо значительно большие значения говорят соответственно об обрыве либо замыкании на корпус сигнального провода пьезоэлемента. Во время измерения ёмкости, измерение расхода не производится. Для запуска измерения ёмкостей необходим уровень доступа «Оператор».

Таблица 3.6 – Регистры параметров измерений

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
<b>Амплитуда принятого сигнала 1 МГц</b>	Входной регистр (Input register)	318 - 319	FLOAT	Команды 136, ID=252, только чтение
<b>Глубина фазовой модуляции</b>	Входной регистр (Input register)	320 - 321	FLOAT	Команды 136, ID=253, только чтение
<b>Частота вихреобразования</b>	Входной регистр (Input register)	324 - 325	FLOAT	Команды 136, ID=254, только чтение
<b>СКО амплитуды несущей</b>	Входной регистр (Input register)	358 - 359	FLOAT	Команды 136, ID=250, только чтение
<b>Кол-во точек для расчета СКО амплитуды несущей</b>	Регистр хранения (Holding register)	94	UINT16	Команды 139,140, ID=8
<b>Заданная частота несущей</b>	Регистр хранения (Holding register)	132	UINT16	Команды 130,140, ID=18
<b>Емкость сенсора</b>	Регистр хранения (Holding register)	142 - 143	FLOAT	Команды 136, ID=243, только чтение
<b>Емкость излучателя</b>	Регистр хранения (Holding register)	144 - 145	FLOAT	Команды 136, ID=244, только чтение
<b>Запуск измерения ёмкостей</b>	Регистр хранения (Holding register)	Бит 6, регистр 90	UINT16	Команда 133, ID=2

### 3.3.8 Отсечки и фильтры

В электронном блоке реализовано несколько видов отсечек и фильтров.

**Отсечка по минимальному расходу** определяет минимальное значение расхода [м<sup>3</sup>/ч], которое будет фиксировать расходомер. Если фактическое значение расхода меньше значения отсечки, выходное значение устанавливается в ноль.

**Отсечка по амплитуде несущей** используется для скрытия некорректных показаний расходомера при незаполненной трубе или неисправности измерительного тракта. Указывается

<https://emis-kip.ru/prod/vikhreakusticheskiy-raskhodomer-emis-vikhr-200-ppd/>

минимальная амплитуда сигнала несущей в вольтах, ниже которой показания расхода устанавливаются в ноль.

**Отсечка по глубине фазовой модуляции** используется для устранения «самохода» при отсутствии потока, обычно устанавливается равной среднему арифметическому глубины фазовой модуляции при отсутствии расхода и при минимальном расходе.

**Отсечка по максимальной частоте вихреобразования** задаёт максимальную частоту в герцах, до которой осуществляется поиск гармоник в спектре. Должна быть не больше максимальной частоты вихреобразования.

Регистры, отвечающие за отсечки, приведены в **Таблице 3.7**. Запись нуля в соответствующий регистр выключает отсечку.

**Таблица 3.7 – Регистры настройки отсечек**

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
<b>Отсечка по минимальному расходу</b>	Регистр хранения (Holding register)	26 - 27	FLOAT	Команды 136,137, ID=2
<b>Отсечка по амплитуде несущей</b>	Регистр хранения (Holding register)	84 - 85	FLOAT	Команды 136,137, ID=26
<b>Отсечка по глубине фазовой модуляции</b>	Регистр хранения (Holding register)	82 - 83	FLOAT	Команды 136,137, ID=25
<b>Отсечка по максимальной частоте</b>	Регистр хранения (Holding register)	4 - 5	FLOAT	Команды 136,137, ID=39

В программе электронного блока реализован **медианный фильтр**, который устраняет влияние на измерение случайных помех с большой амплитудой. По умолчанию выбран медианный фильтр с 3 выборками. Допустимое значение количества выборок медианного фильтра: 3, 5, 7 и 9.

**Фильтр высокой частоты (ФВЧ)** используется для удаления низкочастотных составляющих спектра, лежащих ниже ожидаемой частоты вихреобразования для минимального расхода. Включение фильтра происходит при возникновении одного из условий:

- амплитуда несущей меньше порогового значения;
- СКО амплитуды несущей больше порогового значения.

Регистры, отвечающие за фильтры, приведены в **Таблице 3.8**. Запись нуля в регистр граничной частоты ФВЧ отключает фильтр.

Таблица 3.8 – Регистры настройки фильтров

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
Количество точек медианного фильтра	Регистр хранения (Holding register)	100	UINT16	Команды 139,140, ID=2
Граничная частота ФВЧ (Гц)	Регистр хранения (Holding register)	96 - 97	FLOAT	Команды 136,137, ID=34
Порог включения ФВЧ по СКО амплитуды несущей (В)	Регистр хранения (Holding register)	98 - 99	FLOAT	Команды 136,137, ID=35
Порог включения фильтра по амплитуде несущей	Регистр хранения (Holding register)	130 - 131	FLOAT	Команды 136,137, ID=36

### 3.3.9 Сумматоры

В электронном блоке реализованы два сумматора накопленного объема жидкости. Считать значения сумматоров можно по протоколам Modbus, HART, кроме того они могут быть выведены на дисплей.

Для сохранения точности вычислений сумматоры реализованы в виде двух 4-х байтных целочисленных регистров типа Unsigned INT. В первом регистре хранится значение накопленного объема в миллилитрах, во втором – значение накопленного объема в метрах кубических (*таблица 3.9*).

Максимальное значение регистра **Накопленный объем в миллилитрах** - 999999 мл, при его превышении происходит обнуление регистра, а к значению регистра **Накопленный объем в кубических метрах** прибавляется единица. Максимальное значение регистра **Накопленный объем в кубических метрах** - 999999999 м<sup>3</sup>. При превышении данного значения происходит обнуление сумматора.

Ручное обнуление сумматоров возможно с уровнем доступа «Оператор». Для этого необходимо установить бит 1 регистра запуска действий (Holding register 90) в единицу или записать ноль в регистры 36, 38 Modbus (*таблица 3.9*).

Запись значений сумматоров в энергонезависимую память осуществляется в соответствии с параметром **Период сохранения счетчиков [мин]**. При записи в регистр нулевого значения сохранение не производится.

Таблица 3.9 – Регистры сумматоров

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
<b>Накопленный объем в миллилитрах</b>	Входной регистр (Input register)	302 - 303	UNIT32	HART- переменная №12
	Регистр хранения (Holding register)	36 - 37		
<b>Накопленный объем в кубических метрах</b>	Входной регистр (Input register)	304 - 305	UNIT32	HART- переменная №11
	Регистр хранения (Holding register)	38 - 39		
<b>Сброс счётчиков</b>	Регистр хранения (Holding register)	Бит 1, регистр 90	UINT16	Команда 133, ID=1
<b>Период сохранения счетчиков [мин]</b>	Регистр хранения (Holding register)	22	UINT16	Команды 139,140, ID=3

### 3.3.10 Настройка выходных интерфейсов

#### 3.3.10.1 Настройка и использование частотно-импульсного выхода

Выход может работать в 2-х режимах:

- Импульсный режим (режим фиксированного импульса);
- Частотный режим.

В импульсном режиме каждому импульсу соответствует некоторый заданный объём жидкости.

Объёмный расход определяется как:

$$Q = K_p \times f \times 3,6, \quad (3.5)$$

где  $Q$  – значение расхода, м<sup>3</sup>/ч;

$K_p$  – цена импульса, л/имп;

$f$  – частота следования импульсов, Гц.

**Цену импульса** необходимо выбирать таким образом, чтобы при максимальном расходе частота на выходе не превышала 1000 Гц. По умолчанию расходомер настроен на цену импульса 1 л/имп. Максимальное значение выходной частоты для расходомера в импульсном режиме определяется по формуле:

$$f_{max} = \frac{Q_{max}}{3,6 \times K_p}, \quad (3.6)$$

где  $f_{max}$  – максимальная частота на выходе в импульсном режиме работы с заданной ценной импульса, Гц;

$Q_{max}$  – максимальный расход для данного расходомера, м<sup>3</sup>/ч;

$K_p$  – заданная цена импульса;

Значение **длительности импульса** непосредственно связано с максимальной частотой на выходе в импульсном режиме работы. Максимальное значение длительности импульса, допустимое для указанной частоты можно рассчитать по формуле:

$$t_u < \frac{1}{f_{max}} - 300 \text{ мкс} , \quad (3.7)$$

Где  $t_u$  – максимально допустимое значение длительности импульса, с;

$f_{max}$  – максимальная частота на выходе в импульсном режиме работы, Гц.

Минимально допустимая длительность импульса зависит от сопротивления нагрузки и ёмкости линии передачи. При сопротивлении нагрузки 10 кОм рекомендуемая минимальная длительность импульса составляет 50 мкс.

В частотном режиме значение объемного расхода соответствует частоте, которая вычисляется исходя из заданных значений **максимальной частоты [Гц]** и соответствующего ей **объемного расхода [м<sup>3</sup>/ч]**. Текущее значение расхода можно определить по формуле:

$$Q = \frac{Q_f \times f_{вых}}{f_{max}} , \quad (3.8)$$

где  $Q$  – текущее значение расхода, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_f$  – значение объемного расхода соответствующее максимальной частоте, м<sup>3</sup>/ч;

$f_{вых}$  – текущая частота выхода, Гц;

$f_{max}$  – максимальное заданное значение частоты, Гц.

Для диагностических целей предусмотрена возможность задания **фиксированной частоты**. Регистры Modbus, отвечающие за настройку частотно-импульсного выхода, приведены в **таблице 3.10**.

**Таблица 3.10 – Регистры частотно-импульсного выхода**

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной
<b>Режим работы (0-частотный, 1-импульсный)</b>	Регистр хранения (Holding register)	8	UNIT16
<b>Параметр №1. Цена импульса (импульсный режим) или расход, соответствующий максимальной частоте заданной в параметре №2 (частотный режим)</b>	Регистр хранения (Holding register)	10 - 11	FLOAT
<b>Параметр №2. Максимальная частота, соответствующая расходу, заданному в параметре №1 (частотный режим)</b>	Регистр хранения (Holding register)	12 - 13	FLOAT

Таблица 3.10 – Регистры частотно-импульсного выхода (окончание)

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной
Длительность импульса [мкс] (импульсный режим) или коэффициент заполнения импульсов [%] (частотный режим)	Регистр хранения (Holding register)	14 - 15	UINT32
Задание фиксированной частоты [Гц] (0 – отключает функцию)	Регистр хранения (Holding register)	134 - 135	FLOAT
Частота выхода [Гц]	Входной регистр (Input register)	316 - 317	FLOAT

### 3.3.10.2 Настройка и использование токового выхода 4-20 мА

С помощью токового выходного сигнала может передаваться значение объемного расхода либо температуры измеряемой среды.

Значение расхода, вычисляется по формуле:

$$Q = \frac{(I_{\text{ВЫХ}} - 4 \text{ мА}) \times (Q_{URV} - Q_{LRV})}{16 \text{ мА}} + Q_{LRV}, \quad (3.9)$$

где  $Q$  – текущее значение расхода, м<sup>3</sup>/ч;

$I_{\text{ВЫХ}}$  – значение тока на выходе, мА;

$Q_{URV}$  – верхнее граничное значение объемного расхода, м<sup>3</sup>/ч, соответствующее току 20 мА;

$Q_{LRV}$  – нижнее граничное значение объемного расхода, м<sup>3</sup>/ч, соответствующее току 4 мА.

Значение температуры вычисляются по аналогичной формуле:

$$t = \frac{(I_{\text{ВЫХ}} - 4 \text{ мА}) \times (t_{URV} - t_{LRV})}{16 \text{ мА}} + t_{LRV}, \quad (3.10)$$

где  $t$  – текущее значение температуры, °С;

$I_{\text{ВЫХ}}$  – значение тока на выходе, мА;

$t_{URV}$  – верхнее граничное значение температуры, °С, соответствующее току 20 мА;

$t_{LRV}$  – нижнее граничное значение температуры, °С, соответствующее току 4 мА.

Регистры, отвечающие за настройку токового выхода, приведены в **таблице 3.11**.

Таблица 3.11 – Регистры токового выхода

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
Измеряемая величина (0 – выключен, ток 4 мА, 1 – объемный расход, 2 – температура)	Регистр хранения (Holding register)	16	UINT16	Команда 51 (измеряемая величина определяется первичной переменной HART)
Нижнее граничное значение (LRV) (объемный расход или температура)	Регистр хранения (Holding register)	18 - 19	FLOAT	Команды 136,137, ID=0
Верхнее граничное значение (URV) (объемный расход или температура)	Регистр хранения (Holding register)	20 - 21	FLOAT	Команды 136,137, ID=1
Нижний ток ошибки (мА)	Регистр хранения (Holding register)	150 - 151	FLOAT	Команды 136,137, ID=47
Верхний ток ошибки (мА)	Регистр хранения (Holding register)	152 - 153	FLOAT	Команды 136,137, ID=48
Нижний ток насыщения (мА)	Регистр хранения (Holding register)	154 – 155	FLOAT	Команды 136,137, ID=45
Верхний ток насыщения (мА)	Регистр хранения (Holding register)	156 - 157	FLOAT	Команды 136,137, ID=46
Время демпфирования [сек]	Регистр хранения (Holding register)	30 – 31	FLOAT	Команда 34

Таблица 3.11 – Регистры токового выхода (окончание)

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
<b>События, активирующие сигнал тревоги током низкого уровня бит 0 - Амплитуда несущей ниже отсечки бит 1 - Глубина модуляции ниже отсечки бит 2 -Ошибка записи во FLASH память бит 3 - Обрыв датчика температуры бит 4 - Расход вне метеорологического диапазона</b>	Регистр хранения (Holding register)	158	UINT16	Команды 141,142, ID=11...20
<b>События активирующие сигнал тревоги током высокого уровня, см. описание регистра 158</b>	Регистр хранения (Holding register)	159	UINT16	Команды 141,142, ID=11...20

Параметры «верхний ток насыщения» и «нижний ток насыщения» используются для определения максимального и минимального значений рабочего тока. Эти токи являются индикаторами выхода за установленный диапазон. В случае если расчетный ток оказывается за пределами этих значений, то на токовом выходе устанавливается соответствующий ток:

ток выхода равен верхнему току насыщения, если расчетный ток больше верхнего тока насыщения;

ток выхода равен нижнему току насыщения, если расчетный ток меньше нижнего тока насыщения;

При возникновении описанных ситуаций устанавливается статус «Токовый выход в насыщении».

Токовый выход можно использовать как сигнализатор аварии или неисправности в работе прибора. Прибор позволяет задавать 2 уровня токов ошибки:

нижний ток ошибки;

верхний ток ошибки;

При установке на выходе тока ошибки диагностический регистр приобретает статус «Установлен ток ошибки».

### 3.3.10.3 Калибровка токового выхода 4-20 мА

В связи с аналоговой природой токового выхода и неизбежным наличием погрешностей в приборе предусмотрена возможность калибровки токового выхода. Для этого в программе электронного блока предусмотрены **аддитивная** и **мультипликативная поправки** значений тока, которые записываются в соответствующие регистры при выпуске прибора. В протоколе HART так же реализованы «общепринятые» команды [45](#), [46](#) позволяющие автоматически рассчитывать указанные выше поправки по значениям с эталонного амперметра.

Поправка осуществляется по формуле:

$$I_{кор} = I \times M_I + A_I, \quad (3.11)$$

где  $I_{кор}$  – скорректированный выходной ток;

$I$  – цифровое значение тока, которое должно быть на выходе;

$M_I$  – мультипликативная поправка («наклон», «угловой коэффициент» характеристики);

$A_I$  – аддитивная поправка («смещение нуля»).

Для настройки предусмотрена возможность задания **фиксированного тока** (таблица 3.12).

В программе «ЭМИС-Интегратор» начиная с версии 4.1.3 реализована функция автоматического расчёта поправочных коэффициентов по значениям тока в точках 4 мА и 20 мА. Рекомендуется пользоваться ею.

Регистры, отвечающие за калибровку токового выхода, приведены в **таблице 3.12**.

**Таблица 3.12 – Регистры калибровки токового выхода**

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
<b>Мультипликативная поправка</b>	Регистр хранения (Holding register)	88 - 89	FLOAT	Команда 46, команды 136,137, ID=28
<b>Аддитивная поправка</b>	Регистр хранения (Holding register)	86 - 87	FLOAT	Команда 45, команды 136,137, ID=27
<b>Задание фиксированного тока [мА] (0 - отключает функцию)</b>	Регистр хранения (Holding register)	92 - 93	FLOAT	Команды 136,137, ID=29

### 3.3.11 OLED-дисплей

Опционально электронный блок оснащается OLED-дисплеем. На дисплее отображаются 4 строки. В каждую строку может выводиться одна из следующих переменных:

- Значение объёмного расхода, м<sup>3</sup>/ч;
- Накопленный объем, м<sup>3</sup>;
- Температура измеряемой среды, °С;
- Значение частоты на частотно-импульсном выходе, Гц;
- Значение тока на токовом выходе, мА.

Настройка дисплея осуществляется по протоколам Modbus RTU и HART. Регистры, отвечающие за настройку дисплея, приведены в **таблице 3.13**. Каждый байт в конфигурационном регистре №110 Modbus соответствует строке дисплея (младший байт – верхняя строка). Запись в каждый байт соответствующего значения задаёт отображаемую в строке переменную: 0 – объёмный расход, 1 – накопленный объем, 2 – температура, 3 – частота, 4 – ток. Эти же значения используются для настройки по протоколу HART с помощью команд 142, 143, где ID соответствуют номерам строк.

В случае, возникновения ошибки в работе прибора, на дисплее в правом верхнем углу отображается восклицательный знак. Если при этом, параметр, в котором произошла ошибка, выбран для отображения на дисплее, то свечение его строки будет инвертировано. Перечень ошибок представлен в **таблице 3.17**.

Изображение на дисплее может быть при необходимости перевернуто на 180°.

**Таблица 3.13 – Регистры настройки дисплея**

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
<b>Конфигурационный регистр</b>	Регистр хранения (Holding register)	110 - 111	UINT32	Команды 141, 142, ID=0 (верхняя строка), ID=1, ID=2, ID=3
<b>Переворот изображения</b>	Регистр хранения (Holding register)	Бит 5, регистр 90	UINT16	Команды 141, 142, ID=9, 0 - нормальный (1- перевернутый)

### 3.3.12 Работа с резервной Flash – памятью

Во flash-памяти электронного блока предусмотрена область для хранения заводских констант. Заводские константы сохраняются при выпуске прибора и могут быть восстановлены при необходимости с уровнем доступа «Оператор». Запись текущих настроек в эту область памяти и ее очистка возможны с уровнем доступа «Максимальный».

Таблица 3.14 – Регистры для работы с резервной Flash-памятью

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
Восстановление сохраненных настроек из резервной FLASH-памяти	Регистр хранения (Holding register)	Бит 9, регистр 90	UINT16	Команда 133, ID=4
Сохранение текущих настроек в резервную FLASH- память	Регистр хранения (Holding register)	Бит 8, регистр 90	UINT16	Команда 133, ID=3
Очистка резервной FLASH-памяти	Регистр хранения (Holding register)	Бит 10, регистр 90	UINT16	Команда 133, ID=5

### 3.3.13 Информация о приборе

В электронном блоке предусмотрено несколько справочных параметров, они сведены в таблицу 3.15. Контрольная сумма метрологических данных рассчитывается по переменным, соответствующим регистрам Modbus 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 32, 34, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78, 86, 88, 102, 104, 106, 132, 148.

Таблица 3.15 – Регистры информации о приборе

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
Серийный номер прибора	Регистр хранения (Holding register)	28 - 29	UINT32	Команды 139, 140, ID=7
Максимальный паспортный расход, м3/ч	Регистр хранения (Holding register)	148 - 149	FLOAT	Команды 136, 137, ID=44
Исполнение электронного блока (0 – частотно-импульсный выход, 1 – токовый выход)	Входной регистр (Input register)	340	UINT16	Команда 141, ID=254
Версия ПО микроконтроллера	Входной регистр (Input register)	342 - 343	UINT32	Команда 139, ID=253
Контрольная сумма ПО микроконтроллера	Входной регистр (Input register)	364 - 365	UINT32	Команда 139, ID=252

Таблица 3.15 – Регистры информации о приборе (окончание)

Наименование	Тип регистра Modbus	Адрес регистра Modbus	Тип переменной	Доступ по Hart
Контрольная сумма метеорологических данных	Входной регистр (Input register)	366 - 367	UINT32	Команда 139, ID=251
Общее время работы прибора [ч]	Входной регистр (Input register)	370 - 371	UINT32	Команда 139, ID=254
Время работы прибора после включения [с]	Входной регистр (Input register)	338 - 339	UINT32	Команда 139, ID=255

### 3.4 Диагностика

Электронный блок имеет развитую систему диагностики и самодиагностики. Состояние электронного блока и наличие ошибок можно определить одним из трёх способов:

- По состоянию светодиода «Статус» на лицевой панели прибора;
- По индикации на дисплее при его наличии (см. [п. 3.3.11](#));
- По данным в диагностическом регистре;

Режимы свечения светодиода «Статус» описаны в **таблице 3.16**. Доступ к диагностическому регистру возможен через входной регистр №300 Modbus или с помощью универсальных команд HART № [9](#) и [48](#). Значение битов диагностического регистра приведено в **таблице 3.17**. Значение лог. 1 соответствует активному состоянию бита. Расшифровка классификации диагностической информации согласно NAMUR NE 107 дана в **таблице 3.18**.

Таблица 3.16 – Режимы свечения светодиода «Статус»

Режим свечения	Состояние прибора
включен – 300 мс, выключен – 3000 мс	нет ошибок, нулевой расход
включен – 300 мс, выключен – 1500 мс	нет ошибок, есть расход
включен – 300 мс, выключен – 300 мс	наличие ошибок

Таблица 3.17 – Значение битов диагностического регистра

Номер бита	Описание	Классификация по NAMUR NE107
0	Расход вне метрологического диапазона. Выставляется если измеренный расход больше максимального паспортного расхода.	S
1	Включен режим измерения частоты на имитационном входе	C
2	Частота на частотно-импульсном выходе превысила 10000 Гц	M
3	Сенсор. Низкий сигнал несущей (ниже отсечки)	S
4	Сенсор. Низкий уровень модуляции (ниже отсечки)	S
5	Ошибка контрольной суммы Flash-памяти	F
6	Загружены заводские настройки по умолчанию	S
7	Не удалось сохранить настройки в резервную Flash-память Сбросить бит можно, повторным успешным сохранением заводских настроек	M
8	Расчётное значение выходного тока не укладывается в нормальный диапазон выходных токов	M
9	Не все настройки удалось считать из резервной Flash-памяти	F
10	Расход ниже отсечки	S
11	Установлен ток ошибки на токовом выходе	S
12-13	Резерв	
14	Ошибка записи в Flash-память.	F
15	Токовый выход в насыщении (ток меньше 3,92 мА или больше 20,08 мА)	S
16	Необходима перезагрузка	M
17	Обрыв датчика температуры	F
18-19	Резерв	
20	Фиксированная частота на ч/и выходе	C
21	Фиксированный ток на токовом выходе	C

Таблица 3.17 – Значение битов диагностического регистра (окончание)

Номер бита	Описание	Классификация по NAMUR NE107
22	Выполняется измерение емкости сенсора и излучателя	C
23	Сохраненные в резервной Flash-памяти и текущие настройки отличаются	S
24	Заводские настройки отсутствуют в резервной Flash-памяти	S
25	Резерв	
26	HART. Активен режим Multidrop	C
27	HART. Включена защита записи	C
28	Скважность несущей 50 %	C
29-31	Резерв	

Таблица 3.18 – Классификация диагностической информации по NAMUR NE 107

Обозначение категории	Категория	Описание
<b>F</b>	Failure / Отказ (Ошибка)	Нештатное состояние, приводящее к невозможности дальнейшей эксплуатации.
<b>C</b>	Function check / Функциональное тестирование	Калибровка, симуляция, поверка и т.п.
<b>S</b>	Out of specification / Несоответствие спецификации (Предупреждение)	Выход параметра за диапазон, несохраненные настройки и т.п. При этом устройство может продолжать функционировать.
<b>M</b>	Maintenance required / Запрос на обслуживание	Самодиагностика показывает «уход» некоторых параметров от штатных значений или, например, подходит срок очередной поверки.

### 3.5 Возможные неисправности и способы их устранения

Таблица 3.19 – Типовые неисправности и способы их устранения

Неисправность	Вероятные причины	Способ устранения
1. Не горит светодиод «Питание», прибор не отвечает по портам связи.	Неправильное подключение проводов питания.	Проверьте подключение проводов питания согласно схеме в <a href="#">п. 3.1.6.1</a> .
	Параметры питания не соответствуют требованиям.	Используйте источник питания, обеспечивающий требования <a href="#">п.2.4.2</a> , следуйте рекомендациям <a href="#">п. 3.1.3.1</a>
	Внутренняя неисправность.	Обратитесь в сервисную службу.
2. Отсутствует связь по протоколу Modbus.	Неправильное подключение, обрыв проводов, несоответствующий тип провода.	Проверьте правильность подключения по схеме <a href="#">п. 3.1.6.3</a> и состояние проводов. При монтаже руководствуйтесь рекомендациями <a href="#">п. 3.1.3.4</a> .
	Установлена неправильная скорость передачи или формат посылки.	- На вторичном оборудовании установите соответствующую заданным в электронном блоке скорость и формат посылки (по умолчанию электронный блок настроен в соответствии с <a href="#">таблице 2.5</a> )  - При наличии интерфейса HART выполните настройку с его помощью либо загрузите заводские настройки ( <a href="#">см. п. 3.3.12</a> ).
	Внутренняя неисправность.	Обратитесь в сервисную службу.
3. Некорректные данные в регистрах Modbus	Установлен неверный порядок байт.	Установите правильный порядок байт (см. приложения <a href="#">Б</a> , <a href="#">В</a> )
4. Ток токового выхода меньше 3,5 мА	Неправильное подключение или отсутствует питания токового выхода.	Проверьте правильность подключения согласно схеме в <a href="#">п. 3.1.6.3</a> .
	Неисправность электронной схемы токового выхода.	Обратитесь в сервисную службу.
4. Ток токового выхода меньше 3,5	Неправильное подключение или отсутствует питания	Проверьте правильность подключения согласно схеме в <a href="#">п. 3.1.6.3</a> .

мА	токового выхода.	
	Неисправность электронной схемы токового выхода.	Обратитесь в сервисную службу.
5. Ток токового выхода больше 22 мА	Неправильное подключение или характеристики источника питания не соответствуют требованиям.	Проверьте правильность подключения согласно схеме в <a href="#">п. 3.1.6.3</a> . Убедитесь, что напряжение питания не превышает указанного в <a href="#">таблице 2.4</a>
	Неисправность электронной схемы токового выхода.	Обратитесь в сервисную службу.
6. Ток токового выхода в рабочем диапазоне, но не соответствует заявленному значению переменной.	Неправильно установлены пределы диапазона измерения.	Установите корректные пределы измерений ( <a href="#">см. п. 3.3.10.2</a> ) либо загрузите заводские настройки ( <a href="#">см. п. 3.3.12</a> ).
	Установлен фиксированный ток.	Отключите фиксированный ток ( <a href="#">см. таблицу 3.11</a> )
	Токовый выход не откалиброван.	Установите фиксированный ток и сравните с показаниями эталонного амперметра. В случае расхождения более чем на 16 мкА введите аддитивную и мультипликативную поправки или проведите автоматическую подстройку с помощью команд HART ( <a href="#">см. п.3.3.10.2</a> )
	Напряжение на клеммах токового выхода менее 10В.	Используйте источник питания с большим напряжением или уменьшите сопротивление линии связи (используйте провод большего сечения).
7. При корректной работе токового выхода отсутствует связь по протоколу HART	Неправильное подключение, номинал токосъемного резистора отличается от рекомендуемого.	Проверить правильность подключения согласно <a href="#">п. 3.1.6.4</a>
	Внутренняя неисправность.	Обратитесь в сервисную службу.
8. При наличии расхода отсутствуют	Неправильное подключение или отсутствует питание частотно-импульсного выхода.	Проверьте правильность подключения согласно схеме в <a href="#">п. 3.1.6.2</a> .

импульсы на частотно-импульсном выходе.	Некорректная настройка выхода.	Настройте параметры частотно-импульсного выхода ( <a href="#">см. п. 3.3.10.1</a> ) либо загрузите заводские настройки ( <a href="#">см. п. 3.3.12</a> ).
	Внутренняя неисправность.	Обратитесь в сервисную службу.
9. Значение частоты на частотно-импульсном выходе не соответствует расходу.	Включена фиксированная частота	Отключите фиксированную частоту ( <a href="#">см. таблицу 3.10</a> )
	Неверно задана цена импульса (в импульсном режиме) или частота и максимальный расход (в частотном режиме).	Настройте параметры частотно-импульсного выхода ( <a href="#">см. п. 3.3.10.1</a> ) либо загрузите заводские настройки ( <a href="#">см. п. 3.3.12</a> ).
10. Показания расхода нулевые или близки к нулю, при наличии потока.	Неверно заданы отсечки и фильтры.	Настройте отсечки и фильтры ( <a href="#">см. п. 3.3.8</a> ) либо загрузите заводские настройки ( <a href="#">см. п. 3.3.12</a> ).
	Незаполненная труба, наличие включений и пузырей воздуха.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Заполните трубопровод, убедитесь в отсутствии посторонних включений в потоке жидкости.</li> <li>- Следуйте рекомендациям по установке прибора на трубопровод из руководства по эксплуатации на расходомер.</li> </ul>
	Неисправность измерительного тракта.	Обратитесь в сервисную службу.
11. Некорректные устойчивые показания расхода.	Неверно заданы отсечки и фильтры.	Настройте отсечки и фильтры ( <a href="#">см. п. 3.3.8</a> ) либо загрузите заводские настройки ( <a href="#">см. п. 3.3.12</a> ).
	Неверно задан К-фактор.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Загрузите заводские настройки (<a href="#">см. п. 3.3.12</a>), либо</li> <li>- Установите К-фактор по эталонному расходомеру в середине диапазона расходов.</li> <li>либо</li> <li>- Обратитесь в сервисную службу.</li> </ul>
	Неверные значения	- Загрузите заводские настройки ( <a href="#">см. п.</a>

	корректировочной таблицы.	<a href="#">3.3.12</a> ), либо - Обратитесь в сервисную службу.
	Неверный коэффициент коррекции по температуре либо показания датчика температуры.	- Загрузите заводские настройки ( <a href="#">см. п. 3.3.12</a> ), либо - Обратитесь в сервисную службу.
	Включено измерение частоты на имитационном выходе (беспроточная поверка).	Сбросить в ноль бит 3 регистра хранения Modbus №90. (Команда HART №133 ID=0)
12. Показания расхода не стабильны.	Проточная часть заполнена жидкостью не полностью, наличие включений или пузырей воздуха, кавитации, недостаточное давление измеряемой жидкости.	- Заполните трубопровод, убедитесь в отсутствии посторонних включений в потоке жидкости. - Следуйте рекомендациям по установке прибора на трубопровод из руководства по эксплуатации на расходомер. - Настройте фильтры ( <a href="#">см. п. 3.3.8</a> ) и время усреднения расхода ( <a href="#">см. таблицу 3.5</a> )
	Включено измерение частоты на имитационном выходе (беспроточная поверка).	Сбросить в ноль бит 3 регистра хранения Modbus №90. (Команда HART №133 ID=0)
13. Большое СКО при малых значениях расхода.	Частота дискретизации слишком высокая.	Задайте максимальную частоту вихреобразования несколько выше ( $\approx 20\%$ ) частоты соответствующей максимальному расходу либо используйте функцию изменения частоты ( <a href="#">см. п. 3.3.5</a> ).
	Наличие низкочастотных колебаний в трубопроводе	Настройте <a href="#">фильтр высокой частоты</a>
14. Не происходит сохранения настроек	Уровень доступа не достаточен	Включите необходимый уровень доступа согласно <a href="#">п. 3.3.2</a> . Требуемый уровень доступа для изменения регистров хранения Modbus указан в <a href="#">таблице Б.2</a>
	Неисправность внутренней памяти	Обратитесь в сервисную службу.

**Приложение А (справочное) Перечень ссылочных документов****Таблица А.1 – Перечень ссылочных документов**

Обозначение документа	Наименование	Номера пунктов
ПУЭ глава 7.3	«Правила устройства электроустановок»	<a href="#">1</a>
ГОСТ IEC 60079-1-2013	«Взрывоопасные среды. Часть 1. Оборудование с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемые оболочки «d»»	<a href="#">2.2</a>
EIA/TIA-485-A	«Electrical characteristics of generators and receivers for use in balanced digital multipoint systems»	<a href="#">2.4.3.3</a>
ЭВ-200.000.000.000.00 МП	«Инструкция. Преобразователи расхода вихревые «ЭМИС-ВИХРЬ 200 (ЭВ-200) Методика поверки»»	<a href="#">2.3.3.6</a>
ГОСТ 14254-2015	«Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)»	<a href="#">3.1.1</a>
Р 50.2.077-2014	«ГСИ. Испытания средств измерений в целях утверждения типа. Проверка защиты программного обеспечения»	<a href="#">3.3.2</a>
HCF_SPEC-127	«HART communication protocol. Universal command specification»	<a href="#">Приложение В</a>
HCF_SPEC-151	«HART communication protocol. Common practice command specification»	<a href="#">Приложение В</a>

**Приложение Б (обязательное) Карта регистров протокола Modbus**

**Б.1 Поддерживаемые функции протокола Modbus**

Протокол интерфейса практически полностью повторяет спецификации протокола Modbus RTU (Rev.G).  
Поддерживаются следующие функции:

**Таблица Б.1 – Поддерживаемые функции**

<i>Наименование команды (функции)</i>	<i>Код функции (HEX)</i>
Чтение входных регистров (Read Input Registers)	04
Чтение регистров хранения (Read Holding Registers)	03
Чтение идентификатора устройства (Report Slave ID)	11
Запись одного регистра (Preset Single Register)	06
Запись множественных регистров (Preset Multiple Registers)	10

Функция 11h (чтение идентификатора устройства) имеет следующий формат:

Запрос – стандартный.

Ответная посылка содержит:

Адрес

Код функции 11h

Количество байт - 12

Байт FFh

Индикатор включения FFh

Дополнительные данные - ASCII-строка «EV200 v9.1» (все символы из латинского алфавита,  
цифры после «v» - версия программы, может отличаться)

Контрольная сумма CRC16.

Для описания формата регистров используются обозначения:

UINT16 – 16-битное число без знака.

INT16 – 16-битное число со знаком.

UINT32 – 32-битное число без знака.

INT32 – 32-битное число со знаком.

FLOAT – 32-битное число с плавающей точкой одинарной точности (формат IEEE 754-2008).

При использовании вторичного оборудования начинающего адресацию регистров с нулевого адреса, адреса регистров Modbus имеют четные значения. Количество регистров в одном запросе не должно быть таким, чтобы нарушалась целостность составного (32-битного) регистра, иначе прибор ответит ошибкой с кодом 0x02 (неверный адрес для запроса).

Регистры длиной 32 бита размещаются по двум последовательно расположенным логическим адресам в порядке младшее слово - старшее слово. Формат запроса и ответа – стандартный.

Числа в форматах FLOAT, UINT32 и INT32 состоят из 4-х байт, например, число 0,01 в формате IEEE754 (одинарная точность) представляется как 0x3C23D70A. То есть нулевой байт равен 3C, первый – 23, второй – D7, и третий – 0A. В данной реализации протокола порядок байт для всех сдвоенных регистров задается параметром «Modbus. Порядок следования байт». И может быть изменен.

Ограничение на длину запрашиваемого блока данных соответствует общепринятому в Modbus. В зависимости от вторичного оборудования (ПЛК), может потребоваться прибавить 1 к адресу регистра.

## Б.2 Регистры хранения (holding registers)

Доступны с помощью функций 03h, 06h, 10h.

**Таблица Б.2 – Регистры хранения (holding registers)**

Адрес	Параметр	Формат	Уровень доступа	Сравнение с заводскими	Необходимость перезагрузки
0	Modbus. Адрес устройства в сети RS485	UINT16	0		да
2-3	Modbus. Скорость приемо-передачи в сети RS485 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400	UINT32	0		да
4-5	Отсечка по максимальной частоте вихреобразования [Гц]	FLOAT	1		
6	Modbus. Проверка на четность в сети RS485 0 - без проверки 1 - проверка на четность 2 - проверка на нечетность	UINT16	0		да
8	Ч/И выход. Конфигурационный параметр 0 - частотный режим; 1 - импульсный режим;	UINT16	1	да	
10-11	Ч/И выход. Параметр №1. Цена импульса (импульсный режим) или максимальный расход, соответствующий частоте заданной в параметре №2 (частотный режим).	FLOAT	1	да	

Таблица Б.2 – Регистры хранения (holding registers)(продолжение)

Адрес	Параметр	Формат	Уровень доступа	Сравнение с заводскими	Необходимость перезагрузки
12-13	Ч/И выход. Параметр №2. Максимальная частота, соответствующая расходу, заданному в параметре №1 (частотный режим).	FLOAT	1	да	
14-15	Ч/И выход. Длительность (импульсный режим) или коэфф-т заполнения импульсов [%] (частотный режим).	UINT32	1	да	
16	Токовый выход. Измеряемая величина. 0 - Выключен, ток 4 мА 1 - Объемный расход 2 - Температура	UINT16	1	да	
18-19	Токовый выход. LRV	FLOAT	1	да	
20-21	Токовый выход. URV	FLOAT	1	да	
22	Периодичность сохранения счетчиков [мин]	UINT16	1	да	
24	Время усреднения расхода [с]	UINT16	1		да
26-27	Отсечка минимального расхода [м3/ч]	FLOAT	1		
28-29	Серийный номер прибора	UINT32	2		
30-31	Токовый выход. Демпфирование (сек)	FLOAT	1		
32-33	Отношение расхода (м3/ч) к частоте вихрей (Гц) (К-фактор)	FLOAT	2	да	
34-35	Коэффициент коррекции расхода по температуре	FLOAT	2	да	
36-37	Счетчик объема [миллилитры] (целочисленное значение)	UINT32	2		
38-39	Счетчик объема [м3] (целочисленное значение)	UINT32	2		
40-41	Таблица коррекции. Расход 1	FLOAT	2	да	
42-43	Таблица коррекции. Поправка 1	FLOAT	2	да	
44-45	Таблица коррекции. Расход 2	FLOAT	2	да	
46-47	Таблица коррекции. Поправка 2	FLOAT	2	да	

Таблица Б.2 – Регистры хранения (holding registers)(продолжение)

Адрес	Параметр	Формат	Уровень доступа	Сравнение с заводскими	Необходимость перезагрузки
48-49	Таблица коррекции. Расход 3	FLOAT	2	да	
50-51	Таблица коррекции. Поправка 3	FLOAT	2	да	
52-53	Таблица коррекции. Расход 4	FLOAT	2	да	
54-55	Таблица коррекции. Поправка 4	FLOAT	2	да	
56-57	Таблица коррекции. Расход 5	FLOAT	2	да	
58-59	Таблица коррекции. Поправка 5	FLOAT	2	да	
60-61	Таблица коррекции. Расход 6	FLOAT	2	да	
62-63	Таблица коррекции. Поправка 6	FLOAT	2	да	
64-65	Таблица коррекции. Расход 7	FLOAT	2	да	
66-67	Таблица коррекции. Поправка 7	FLOAT	2	да	
68-69	Таблица коррекции. Расход 8	FLOAT	2	да	
70-71	Таблица коррекции. Поправка 8	FLOAT	2	да	
72-73	Таблица коррекции. Расход 9	FLOAT	2	да	
74-75	Таблица коррекции. Поправка 9	FLOAT	2	да	
76-77	Таблица коррекции. Расход 10	FLOAT	2	да	
78-79	Таблица коррекции. Поправка 10	FLOAT	2	да	
80	-				
82-83	Отсечка расхода по глубине фазовой модуляции	FLOAT	1	да	
84-85	Отсечка расхода по амплитуде сигнала 1 МГц	FLOAT	1	да	
86-87	Токовый выход. Аддитивная поправка	FLOAT	1	да	
88-89	Токовый выход. Мультипликативная поправка	FLOAT	1	да	

Таблица Б.2 – Регистры хранения (holding registers)(продолжение)

Адрес	Параметр	Формат	Уровень доступа	Сравнение с заводскими	Необходимость перезагрузки
90	Регистр запуска действий бит 0 - перезагрузка прибора , бит 1 - сброс счетчиков, бит 3 - беспроливная поверка, бит 5 - состояние экрана (нормальный/перевернутый), бит 6 - запуск измерения емкости сенсора и излучателя, бит 7 - резерв бит 8 - сохранение текущих настроек в резервную FLASH-память в качестве заводских, бит 9 - установка сохраненных настроек из резервной FLASH-памяти, бит 10 - очистка резервной FLASH-памяти, бит 11 - очистка памяти с сохранением настроек и счетчиков, бит 12 - HART Write Protect, бит 13 - выполнить коррекцию точки 4 мА для токовой петли, бит 14 - выполнить коррекцию точки 20 мА для токовой петли, бит 15 - жестко заданная скважность (50%)	UINT16	1 1 1 0 1 2 2 2 1 1 1 1		
92-93	Токовый выход. Задание фиксированного тока [мА].	FLOAT	1		
94	Длина буфера для определения СКО амплитуды несущей	UINT16	1		да
96-97	Фильтр ФВЧ. Граничная частота [Гц]	FLOAT	1		
98-99	Фильтр ФВЧ. Порог включения фильтра по СКО амплитуды несущей	FLOAT	1		

Таблица Б.2 – Регистры хранения (holding registers)(продолжение)

Адрес	Параметр	Формат	Уровень доступа	Сравнение с заводскими	Необходимость перезагрузки
100	Количество точек медианного фильтра	UINT16	1		
102-103	Мультипликативная поправка датчика температуры	FLOAT	2	да	
104-105	Аддитивная поправка датчика температуры	FLOAT	2	да	
106-107	Максимальная частота вихреобразования	FLOAT	2	да	да
110-111	Экран. Конфигурационный параметр. байт 0 - Верхняя строка (первая) байт 1 - Вторая строка байт 2 - Третья строка байт 3 - Нижняя строка (четвертая) Величины для каждой строки: 0 - Расход объемный [м3/ч] 1 - Накопленный объем [м3] 2 - Температура [С] 3 - Частота ЧИ выхода [Гц] 4 - Ток выхода 4-20 [мА]	UINT32	0		
112-113	HART. Первая переменная, PV. HART.Параметр конфигурации байт 0 - Poll адрес байт 1 - Количество преамбул байт 2 - Режим токовой петли	UINT32	1		
114	HART. Вторая переменная, SV.	UINT16	1		
116	HART. Третья переменная, TV.	UINT16	1		
118	HART. Четвертая переменная, QV.	UINT16	1		
120-121	-				
122-123	HART. Дата	UINT32	1		
124-125	HART. Счетчик изменения конфигурации.	UINT32	только чтение		
126-127	HART. Статус (Primary - байт 3, Secondary - байт 2)	UINT32	только чтение		

Таблица Б.2 – Регистры хранения (holding registers)(продолжение)

<https://emis-kip.ru/prod/vikhreakusticheskiy-raskhodomer-emis-vikhr-200-ppd/>

Адрес	Параметр	Формат	Уровень доступа	Сравнение с заводскими	Необходимость перезагрузки
128	Время задержки вывода ошибки [сек]	UINT16	1		
130-131	Фильтр ФВЧ. Порог включения фильтра по амплитуде несущей	FLOAT	1		
132	Заданная частота несущей [кГц] 959, 967, 975, 983, 991, 1000, 1008, 1016, 1024, 1032, 1040	UINT16	2	да	да
134-135	Ч/И выход. Задание фиксированной частоты [Гц]	FLOAT	1		
136-137	Регистр для ввода пароля	UINT32	0		
138-139	Пароль оператора.	UINT32	1		
150-151	Токовый 4-20 мА выход. Нижний ток ошибки [мА]	FLOAT	1		
152-153	Токовый 4-20 мА выход. Верхний ток ошибки [мА]	FLOAT	1		
154-155	Токовый 4-20 мА выход. Нижний ток насыщения [мА]	FLOAT	1		
156-157	Токовый 4-20 мА выход. Верхний ток насыщения [мА]	FLOAT	1		
158	Токовый 4-20 мА выход. События, активирующие сигнал тревоги током низкого уровня бит 0 - Амплитуда несущей ниже отсечки бит 1 - Глубина модуляции ниже отсечки бит 2 - Ошибка записи во FLASH память бит 3 - Обрыв датчика температуры бит 4 - Расход вне метрологического диапазона	UINT16	1		

Таблица Б.2 – Регистры хранения (holding registers)(продолжение)

Адрес	Параметр	Формат	Уровень доступа	Сравнение с заводскими	Необходимость перезагрузки
159	Токовый 4-20 мА выход. События активирующие сигнал тревоги током высокого уровня, см. описание регистра 158	UINT16	1		
160	Токовый 4-20 мА выход. Измеренный ток (только ввод) [мА]	FLOAT	1		
162-165	HART. Короткий тэг	UINT32	1		
166-181	HART. Длинный тэг	UINT32	1		
182-197	HART. Сообщение	UINT32	1		
1000-1001	Регистр для ввода пароля	UINT32	0		

### Б.3 Входные регистры (input registers)

Доступны с помощью функции 04h.

Таблица Б.3 – Входные регистры (input registers)

Адрес	Параметр	Формат
300-301	Системный. Диагностический регистр. Расшифровка битов приведена в <a href="#">таблице 3.17</a>	UINT32
302-303	Измерение. Счетчик объема [миллилитры] (целочисленное значение)	UNIT32
304-305	Измерение. Счетчик объема [м3] (целочисленное значение)	UNIT32
306-307	Измерение. Объемный расход [м3/ч]	FLOAT
308-309	Измерение. СКО объемного расхода [м3/ч]	FLOAT
310-311	Измерение. Сопротивление датчика КТУ81 [Ом]	FLOAT
312-313	Измерение. Температура [°C]	FLOAT
314-315	Измерение. Ток выхода [мА]	FLOAT
316-317	Измерение. Частота выхода [Гц]	FLOAT
318-319	Измерение. Амплитуда принятого сигнала 1 МГц (амплитуда несущей)	FLOAT
320-321	Измерение. Амплитуда полезного сигнала (глубина фазовой модуляции)	FLOAT
322-323	Измерение. RMS спектра [УЕ]	FLOAT
324-325	Измерение. Частота вихреобразования [Гц]	FLOAT

Таблица Б.3 – Входные регистры (input registers)(окончание)

Адрес	Параметр	Формат
326-327	Измерение. Частота сигнала на входе безпроливной поверки [Гц]	FLOAT
328	Системный. Текущий уровень доступа 0 - пользователь 1 - оператор 2 - максимальный	UINT16
332	Сенсор. Максимальная расчётная частота вихреобразования [Гц]	UINT16
334-335	Измерение. Счетчик объема [м3] (FLOAT)	FLOAT
336-337	Измерение. Счетчик объема [миллилитры] (FLOAT)	FLOAT
338-339	Системный. Время работы от момента включения	UINT32
340	Системный. Исполнение электроники: 0 – частотно/импульсный выход 1 - токовый выход	UINT16
342-343	Системный. Версия программы микроконтроллера	UINT32
344-345	Служебный. Цикл задержки вывода ошибки	UINT32
346-347	Служебный. Количество ошибок	UINT32
348-349	Сенсор. Частота дискретизации АЦП	FLOAT
350-351	Сенсор. Энергия пика спектра [УЕ]	FLOAT
352	Сенсор. Номер гармоники с максимальной энергией в спектре	UINT16
354	Сенсор. Номер минимально возможной гармоники спектра	UINT16
356	Сенсор. Номер максимально возможной гармоники спектра	UINT16
358-359	Сенсор. СКО принятого сигнала 1 МГц (амплитуды несущей)	FLOAT
360-361	Сенсор. Частота второй по энергии гармоники в спектре [Гц]	FLOAT
362	Служебный. Текущая используемая страница FLASH-памяти	UINT16
364-365	Системный. CRC программы	UINT32
366-367	Системный. CRC метрологически значимых данных	UINT32
368-369	Служебный. Текущая скважность генератора несущей [%]	FLOAT
370-371	Системный. Общее время работы (моточасы) [ч]	UINT32

## Приложение В (обязательное) Перечень поддерживаемых команд протокола HART

### В.1 Universal (Универсальные команды)

Полное описание универсальных HART-команд представлено в HCF\_SPEC-127.

Таблица В.1 Universal commands (Универсальные команды)

Номер команды	Название	Примечание (реакция прибора)
0	<b>Command 0 Read Unique Identifier</b> Чтение уникального идентификатора	Возвращает информацию об устройстве: версию HART, Device ID (полный адрес), уникальный ID модели прибора (0xEEE1), уникальный ID предприятия изготовителя (0x0060C5) и т.д.
1	<b>Command 1 Read Primary Variable</b> Чтение первичной переменной	Возвращает значение PV и его единицу измерения.
2	<b>Command 2 Read Loop Current And Percent Of Range</b> Чтение токовой петли и процента диапазона	Возвращает значение выходного тока и процент диапазона.
3	<b>Command 3 Read Dynamic Variables And Loop Current</b> Чтение динамических переменных и токовой петли	Возвращает значение тока, значения PV, SV, TV и QV и их единицы измерения, согласно классификации HART.
6	<b>Command 6 Write Polling Address</b> Запись Polling Address	Изменяет Polling Address устройства и режим токовой петли.
7	<b>Command 7 Read Loop Configuration</b> Чтение конфигурации петли	Возвращает Polling Address и состояние режима токовой петли.
8	<b>Command 8 Read Dynamic Variable Classifications</b> Чтение классификаций динамических переменных согласно HART	Возвращает классификации HART динамических переменных.
9	<b>Command 9 Read Device Variables with Status</b> Чтение переменных устройства со статусом	Возвращает информацию об от 1 до 8 динамических переменные HART, статус, временную метку.
11	<b>Command 11 Read Unique Identifier Associated With Tag</b> Чтение уникального идентификатора, связанного с тегом	То же, что и при команде 0.
12	<b>Command 12 Read Message</b> Чтение сообщения	Возвращает 24 байтное сообщение о приборе в формате Packed ASCII.
13	<b>Command 13 Read Tag, Descriptor, Date</b> Чтение тега, дескриптора, даты	Возвращает короткий тег (формат Packed ASCII), дескриптор (формат Packed ASCII) и дату.
14	<b>Command 14 Read Primary Variable Transducer Information</b> Чтение серийного номера прибора и информации о первичной переменной	Возвращает серийный номер датчика, единицу измерения, пределы измерения (LSL и USL) и минимальный диапазон перестройки PV.

Таблица В.1 Universal commands (Универсальные команды)(окончание)

Номер команды	Название	Примечание (реакция прибора)
15	<b>Command 15 Read Device Information</b> Чтение информации об устройстве	Возвращает настройки тревоги и выходной функции, значение единицы измерения PV, пределы диапазона (LRV и URV), значение демпфирования и код защиты от записи.
16	<b>Command 16 Read Final Assembly Number</b> Чтение окончательного номера сборки	Возвращает номер окончательной сборки.
17	<b>Command 17 Write Message</b> Запись сообщения	Записывает 24-байтное сообщение (формат Packed ASCII).
18	<b>Command 18 Write Tag, Descriptor, Date</b> Запись тега, дескриптора, даты	Записывает тег (формат Packed ASCII), дескриптор (формат Packed ASCII) и дату.
19	<b>Command 19 Write Final Assembly Number</b> Запись номера окончательной сборки	Записывает окончательный номер сборки.
20	<b>Command 20 Read Long Tag</b> Чтение длинного тега	Возвращает длинный 32-байтный тег (формат ASCII).
21	<b>Command 21 Read Unique Identifier Associated With Long Tag</b> Чтение уникального идентификатора, связанного с длинным тегом	То же, что и при команде 0.
22	<b>Command 22 Write Long Tag</b> Запись длинного тега	Записывает длинный 32-байтный тег (формат ASCII).
38	<b>Reset Configuration Changed Flag</b> Сброс флага изменения конфигурации	Сбрасывает флаг изменения конфигурации
48	<b>Command 48 Read Additional Device Status</b> Чтение дополнительного состояния устройства	Возвращает регистр статусов прибора, см. <a href="#">3.4 Диагностика</a>

## B.2 Common Practice (Общепринятые команды)

Полное описание общепринятых команд HART-команд представлено в HCF\_SPEC-151

Таблица В.2 Common practice commands (Общепринятые команды)

Номер команды	Название	Примечание
33	<b>Command 33 Read Device Variables</b> Чтение переменных устройства	Эта команда позволяет запросить от 1 до 4 динамических переменных устройства по идентификаторам этих переменных. Идентификаторы переменных определены разработчиком устройства.
34	<b>Command 34 Write Primary Variable Damping Value</b> Запись значения демпфирования PV	Эта команда позволяет время демпфирования токовой петли

Таблица В.2 Common practice commands (Общепринятые команды)(окончание)

Номер команды	Название	Примечание
35	<b>Command 35 Write Primary Variable Range Values</b> Запись значения диапазона PV	Задаёт значения пределов диапазона (LRV и URV) для PV. Пределы задаются в той единице измерения, которая передается в команде.
36	<b>Command 36 Set Primary Variable Upper Range Value</b> Установка верхнего значения диапазона PV	Устанавливает текущее значение PV как верхний предел диапазона (URV). Соответственно регулирует диапазон
37	<b>Command 37 Set Primary Variable Lower Range Value</b> Установка нижнего значения диапазона PV	Устанавливает текущее значение PV как нижний предел диапазона (LRV). Соответственно регулирует диапазон.
40	<b>Command 40 Enter/Exit Fixed Current Mode</b> Вход/выход из режима фиксированного тока	Задаёт фиксированный ток выхода. Значение «0» – выключение режима фиксированного тока.
42	<b>Command 42 Perform Device Reset</b> Перезагрузка устройства	Программная перезагрузка устройства.
45	<b>Command 45 Trim Loop Current Zero</b> Смещение «нуля» токовой петли	Изменение аддитивной поправки токового выхода. В команде передается фактическое, измеренное эталонным амперметром значение тока, близкое к 4 мА. Прибор автоматически подстраивает аддитивную поправку для равенства с полученным значением.
46	<b>Command 46 Trim Loop Current Gain</b> Изменение «наклона» токовой петли	Изменение мультипликативной поправки токового выхода. В команде передается фактическое, измеренное эталонным амперметром значение тока, близкое к 20 мА. Прибор автоматически подстраивает мультипликативную поправку для равенства с полученным значением.
50	<b>Command 50 Read Dynamic Variable Assignments</b> Получение классификации динамических переменных (PV, SV, TV, QV), определенной разработчиком прибора	Эта команда используется HART-хостом для однозначной идентификации динамических переменных согласно классификации определенной разработчиком прибора. В ответе содержится ID переменной как в классификации HART, так и во внутренней классификации, определенной разработчиком прибора.
51	<b>Command 51 Write Dynamic Variable Assignments</b> Назначение динамических переменных (PV, SV, TV, QV) по определенной разработчиком прибора классификации	Переназначает PV, SV, TV и QV по идентификаторам, которые определены во внутренней классификации прибора.
54	<b>Command 54 Read Device Variable Information</b> Чтение информации о переменной устройства по определенной разработчиком прибора классификации	Отвечает серийным номером датчика, пределами, значением демпфирования и минимальным диапазоном выбранной переменной устройства. Выбранная переменная передается прибору в виде ее идентификатора, определенного внутренней классификацией прибора.
59	<b>Command 59 Write Number Of Response Preambles</b> Установка количества преамбул, которые прибор должен передавать в каждом ответе	Эта команда устанавливает количество байтов преамбулы (0xFF), которые должны быть отправлены устройством перед началом каждого ответного сообщения.

### В.3 Device Specific (Уникальные команды прибора)

Команды этого раздела предназначены для детальной настройки и получения информации обо всех параметрах прибора. Формат команд определен в таблицах В.4 – В.14, идентификаторы параметров приведены в таблицах В.15 – В.19.

**Таблица В.3 Device Specific (Специальные команды прибора)**

Номер команды	Название	Примечание
130	Чтение 4 параметров типа INT32	Формат команды определен в <a href="#">Таблице В.4</a> и <a href="#">Таблице В.5</a> Идентификаторы переменных описаны в <a href="#">Таблице В.27</a>
131	Чтение 1-й переменной	Формат команды определен в <a href="#">Таблице В.6</a> и <a href="#">Таблице В.7</a> Идентификаторы переменных описаны в <a href="#">Таблице В.25</a>
132	Чтение 4 переменных	Формат команды определен в <a href="#">Таблице В.8</a> и <a href="#">Таблице В.9</a> Идентификаторы переменных описаны в <a href="#">Таблице В.25</a>
133	Запуск действия	Формат команды определен в <a href="#">Таблице В.10</a> и <a href="#">Таблице В.11</a> Идентификаторы переменных описаны в <a href="#">Таблице В.29</a>
136	Чтение одного параметра FLOAT	Формат команды определен в <a href="#">Таблице В.12</a> и <a href="#">Таблице В.13</a> Идентификаторы действий описаны в <a href="#">Таблице В.26</a>
137	Запись нового значения параметра FLOAT	Формат команды определен в <a href="#">Таблице В.14</a> Идентификаторы действий описаны в <a href="#">Таблице В.26</a>
138	Чтение 4 параметров типа FLOAT	Формат команды определен в <a href="#">Таблице В.15</a> и <a href="#">Таблице В.16</a> Идентификаторы параметров описаны в <a href="#">Таблице В.26</a>
139	Чтение одного параметра INT32	Формат команды определен в <a href="#">Таблице В.17</a> и <a href="#">Таблице В.18</a> Идентификаторы параметров описаны в <a href="#">Таблице В.27</a>
140	Запись нового значения параметра INT32	Формат команды определен в <a href="#">Таблице В.19</a> Идентификаторы параметров описаны в <a href="#">Таблице В.27</a>
141	Чтение одного параметра типа ENUM (1 байт)	Формат команды определен в <a href="#">Таблице В.20</a> и <a href="#">Таблице В.21</a> Идентификаторы параметров описаны в <a href="#">Таблице В.28</a>
142	Запись нового значения параметра типа ENUM (1 байт)	Формат команды определен в <a href="#">Таблице В.22</a> Идентификаторы параметров описаны в <a href="#">Таблице В.28</a>
143	Чтение 4 параметров типа ENUM	Формат команды определен в <a href="#">Таблице В.23</a> и <a href="#">Таблице В.24</a> Идентификаторы параметров описаны в <a href="#">Таблице В.28</a>

Таблица В.4 Формат запроса команды 130

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра №1, см. <a href="#">Таблицу В.27</a> ,
1	UINT8	ID параметра №2
2	UINT8	ID параметра №3
3	UINT8	ID параметра №4

Таблица В.5 Формат ответа на команду 130

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра №1, см. <a href="#">Таблицу В.27</a>
1-4	UINT32	Значение параметра №1
5	UINT8	ID параметра №2
6-9	UINT32	Значение параметра №2
10	UINT8	ID параметра №3
11-14	UINT32	Значение параметра №3
15	UINT8	ID параметра типа №4
16-19	UINT32	Значение параметра №4

Таблица В.6 Формат запроса команды 131

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID переменной см. <a href="#">Таблицу В.25</a>

Таблица В.7 Формат ответа на команду 131

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID переменной, см. <a href="#">Таблицу В.25</a>
1	UINT8	Код единицы измерения HART переменной
2-5	FLOAT	Значение переменной типа FLOAT

Таблица В.8 Формат запроса команды 132

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID переменной №1, см. <a href="#">Таблицу В.25</a>
1	UINT8	ID переменной №2
2	UINT8	ID переменной №3
3	UINT8	ID переменной №4

Таблица В.9 Формат ответа на команду 132

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID переменной, см. <a href="#">Таблицу В.25</a>
1	UINT8	Код единицы измерения HART переменной
2-5	FLOAT	Значение переменной типа FLOAT
6	UINT8	ID переменной
7	UINT8	Код единицы измерения HART переменной
8-11	FLOAT	Значение переменной типа FLOAT
12	UINT8	ID переменной
13	UINT8	Код единицы измерения HART переменной
14-17	FLOAT	Значение переменной типа FLOAT
18	UINT8	ID переменной
19	UINT8	Код единицы измерения HART переменной
20-23	FLOAT	Значение переменной типа FLOAT

Таблица В.10 Формат запроса команды 133

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID действия см. <a href="#">Таблицу В.29</a>

Таблица В.11 Формат ответа на команду 133

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID действия, см. <a href="#">Таблицу В.29</a>
1	UINT8	Результат (0 – успех, 1 – ошибка)

Таблица В.12 Формат запроса команды 136

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра, см. <a href="#">Таблицу В.26</a>

Таблица В.13 Формат ответа на команду 136

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра, см. <a href="#">Таблицу В.26</a>
1-4	FLOAT	Значение параметра типа FLOAT

Таблица В.14 Формат запроса и ответа на команду 137

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра, см. <a href="#">Таблицу В.26</a>
1-4	FLOAT	Значение параметра типа FLOAT

Таблица В.15 Формат запроса команды 138

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра №1, см. <a href="#">Таблицу В.26</a>
1	UINT8	ID параметра №2
2	UINT8	ID параметра №3
3	UINT8	ID параметра №4

Таблица В.16 Формат ответа на команду 138

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра №1, см. <a href="#">Таблицу В.26</a>
1-4	FLOAT	Значение параметра №1
5	UINT8	ID параметра №2
6-9	FLOAT	Значение параметра №2
10	UINT8	ID параметра №3
11-14	FLOAT	Значение параметра №3
15	UINT8	ID параметра №4
16-19	FLOAT	Значение параметра №4

Таблица В.17 Формат запроса команды 139

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра, см. <a href="#">Таблицу В.27</a>

Таблица В.18 Формат ответа на команду 139

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра, см. <a href="#">Таблицу В.27</a>
1-4	UINT32	Значение параметра

Таблица В.19 Формат запроса и ответа на команду 140

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра, см. <a href="#">Таблицу В.27</a>
1-4	UINT32	Значение параметра

Таблица В.20 Формат запроса команды 141

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра, см. <a href="#">Таблицу В.28</a>

Таблица В.21 Формат ответа на команду 141

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра, см. <a href="#">Таблицу В.28</a>
1	ENUM (UINT8)	Значение параметра типа ENUM (UINT8)

Таблица В.22 Формат запроса и ответа на команду 142

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра, см. <a href="#">Таблицу В.28</a>
1	ENUM (UINT8)	Значение параметра типа ENUM (UINT8)

Таблица В.23 Формат запроса команды 143

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра №1, см. <a href="#">Таблицу В.28</a>
1	UINT8	ID параметра №2
2	UINT8	ID параметра №3
3	UINT8	ID параметра №4

Таблица В.24 Формат ответа на команду 143

№ байта	Тип	Описание
0	UINT8	ID параметра №1, см. <a href="#">Таблицу В.28</a>
1	UINT8	Значение параметра №1
2	UINT8	ID параметра №2
3	UINT8	Значение параметра №2
4	UINT8	ID параметра №3
5	UINT8	Значение параметра №3
6	UINT8	ID параметра №4
7	UINT8	Значение параметра №4

Таблица В.25 Идентификаторы переменных HART

ID (идентификатор переменной)	Переменная
0	NAN (не число)
1	Объемный расход (HART PV)
2	Температура среды [°C] (HART PV)
11	Накопленный объем, м3
12	Накопленный объем, мл
13	Процент диапазона назначенной на токовый выход измеряемой величины

Таблица В.26 Идентификаторы параметров типа FLOAT

ID параметра	Параметр типа FLOAT
0	Токовый выход. LRV
1	Токовый выход. URV
2	Отсечка по минимальному расходу [м3/ч]
3	Отношение расхода (м3/ч) к частоте вихрей (Гц) (K-фактор)
4	Коэффициент коррекции расхода по температуре
5	Таблица коррекции. Расход 1
6	Таблица коррекции. Поправка 1
7	Таблица коррекции. Расход 2
8	Таблица коррекции. Поправка 2
9	Таблица коррекции. Расход 3
10	Таблица коррекции. Поправка 3
11	Таблица коррекции. Расход 4
12	Таблица коррекции. Поправка 4
13	Таблица коррекции. Расход 5
14	Таблица коррекции. Поправка 5
15	Таблица коррекции. Расход 6
16	Таблица коррекции. Поправка 6
17	Таблица коррекции. Расход 7
18	Таблица коррекции. Поправка 7
19	Таблица коррекции. Расход 8
20	Таблица коррекции. Поправка 8
21	Таблица коррекции. Расход 9

Таблица В.26 Идентификаторы параметров типа FLOAT (окончание)

ID параметра	Параметр типа FLOAT
22	Таблица коррекции. Поправка 9
23	Таблица коррекции. Расход 10
24	Таблица коррекции. Поправка 10
25	Отсечка расхода по глубине фазовой модуляции
26	Отсечка расхода по амплитуде несущей 1 МГц.
27	Токовый выход. Аддитивная поправка.
28	Токовый выход. Мультипликативная поправка.
29	Токовый выход. Фиксированный ток.
30	Мультипликативная поправка датчика температуры
31	Аддитивная поправка датчика температуры
32	Заданная максимальная частота вихреобразования [Гц].
34	Граничная частота ФВЧ [Гц]
35	Порог включения ФВЧ по СКО амплитуды несущей [В]
36	Порог включения фильтра по амплитуде несущей [В]
39	Отсечка по максимальной частоте
40	Ч/И выход. Фиксированная частота.
44	Максимальный паспортный расход
45	Токовый выход. Нижний ток насыщения
46	Токовый выход. Верхний ток насыщения
47	Токовый выход. Нижний ток ошибки
48	Токовый выход. Верхний ток ошибки
242	Частота на тестовом входе, Гц
243	Емкость сенсора, пФ
244	Емкость излучателя, пФ
245	Коэффициент заполнения сигнала несущей, %
246	Частота дискретизации АЦП, Гц
247	Вторая по энергии частота, Гц
248	RMS спектра, УЕ
249	Сопротивление датчика температуры, Ом
250	СКО амплитуды несущей, В
251	Энергия пика в спектре
252	Амплитуда несущей, В
253	Глубина фазовой модуляции сигнала, рад
254	Частота вихреобразования, Гц
255	Расход. СКО расхода, м3/ч

Таблица В.27 Идентификаторы параметров типа INT32

ID параметра	Параметр типа INT32
0	Ввод пароля
1	Время усреднения расхода [с]
2	Количество точек медианного фильтра
3	Период сохранения счетчиков [мин]
4	Резерв
5	Modbus. Адрес устройства в сети RS485
6	Modbus. Скорость приемо-передачи в сети RS485
7	Серийный номер прибора
8	Длина буфера для определения СКО амплитуды несущей
9	Время задержки вывода ошибки [сек]
18	Заданная частота несущей [кГц]
22	Пароль оператора (только ввод)
241	Размер ПО [байт]
242	Хэш коммита GIT
243	Код ЦАП
244	Количество ошибок
245	Цикл задержки вывода ошибки
246	Текущая используемая страница памяти FLASH
247	Номер максимально возможной гармоники спектра
248	Номер минимально возможной гармоники спектра
249	Номер гармоники с максимальной энергией в спектре
250	Максимальная расчётная частота вихреобразования [Гц] (Только чтение)
251	CRC метрологически значимых данных
252	CRC программы
253	Версия ПО
254	Общее время наработки [ч]
255	Время работы от момента включения [сек]

Таблица В.28 Идентификаторы параметров типа ENUM

ID параметра	Параметр типа ENUM
0	Экран. Верхняя строка.
1	Экран. Вторая сверху строка.
2	Экран. Третья сверху строка.
3	Экран. Нижняя строка.
4	Резерв
5	Резерв
6	Modbus. Проверка на четность в сети RS485
7	Режим измерения частоты на тестовом входе
9	Состояние экрана (0 -нормальный/ 1- перевернутый)
10	Modbus. Порядок следования байт.
11	Сигнализация низким током. Событие "Амплитуда несущей ниже отсечки"
12	Сигнализация низким током. Событие "Глубина модуляции ниже отсечки"
13	Сигнализация низким током. Событие "Ошибка записи в FLASH память"
14	Сигнализация низким током. Событие "Обрыв датчика температуры"
15	Сигнализация низким током. Событие "Расход вне метрологического диапазона"
16	Сигнализация высоким током. Событие "Амплитуда несущей ниже отсечки"
17	Сигнализация высоким током. Событие "Глубина модуляции ниже отсечки"
18	Сигнализация высоким током. Событие "Ошибка записи в FLASH память"
19	Сигнализация высоким током. Событие "Обрыв датчика температуры"
20	Сигнализация высоким током. Событие "Расход вне метрологического диапазона"
254	Версия электроники
255	Текущий уровень доступа

Таблица В.29 Идентификаторы действий

<i>ID параметра</i>	<i>Описание</i>
0	Резерв
1	Сброс счетчиков
2	Запуск измерения емкости излучателя и сенсора
3	Сохранение текущих настроек во флэш в качестве заводских
4	Установка сохраненных настроек из флэш
5	Очистка FLASH памяти
6	Очистка FLASH памяти с сохранением настроек и счетчиков

[www.emis-kip.ru](http://www.emis-kip.ru)

**АО «ЭМИС»**  
454112, Российская Федерация,  
г. Челябинск,  
Комсомольский проспект, д. 29  
стр. 7

**Служба продаж**  
+7 (351) 729-99-12  
(многоканальный),  
+7 (351) 729-99-16  
[sales@emis-kip.ru](mailto:sales@emis-kip.ru)

**Служба технической  
поддержки и сервиса**  
+7 (351) 729-99-12  
доб. 741, 744, 756, 763.  
[support@emis-kip.ru](mailto:support@emis-kip.ru)