

# ПРИЛОЖЕНИЕ III ModBus

2022







## 1 ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>2 2 КОНФИГУРАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЯ FGM-160 .....</b>	<b>3</b>
2 1. Характеристики интерфейса Modbus .....	16
2 1.1. Интерфейс Modbus системы управления (DCS) .....	21
2 1.2. Регистры Modbus .....	23
2 1.2.1. Базовые адреса регистров .....	23
2 1.2.2. Адреса регистров в расходомере .....	24
2 1.2.3. Карта регистров порта системы управления .....	25
2 1.2.4. Кодирование данных для значений регистров .....	33
2 1.2.5. Представление числа .....	36
2 1.2.6. Реакции на исключительные ситуации .....	40
2 1.2.7. Физический уровень .....	42
2 1.2.8. Визуальная диагностика .....	46
2 1.2.9. Схема подключения интерфейса Modbus в FGM 160 .....	47



## 2 2 КОНФИГУРАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЯ FGM-160

В этом разделе описано управление полевым компьютером FGM 160. FGM 160 представляет собой устанавливаемую на объекте автономную ультразвуковую систему измерения расхода газа. Для ее использования не требуется устройство для обмена данными в безопасной зоне. При этом для постоянного мониторинга данных и состояния счетчика рекомендуется использовать программный пакет UFM Manager. Эта программа постоянно выводит данные процесса и состояния в удобном формате и поддерживает удаленный доступ к системе FGM 160 с любой удаленной системы с установленным соответствующим программным обеспечением для дистанционного управления.

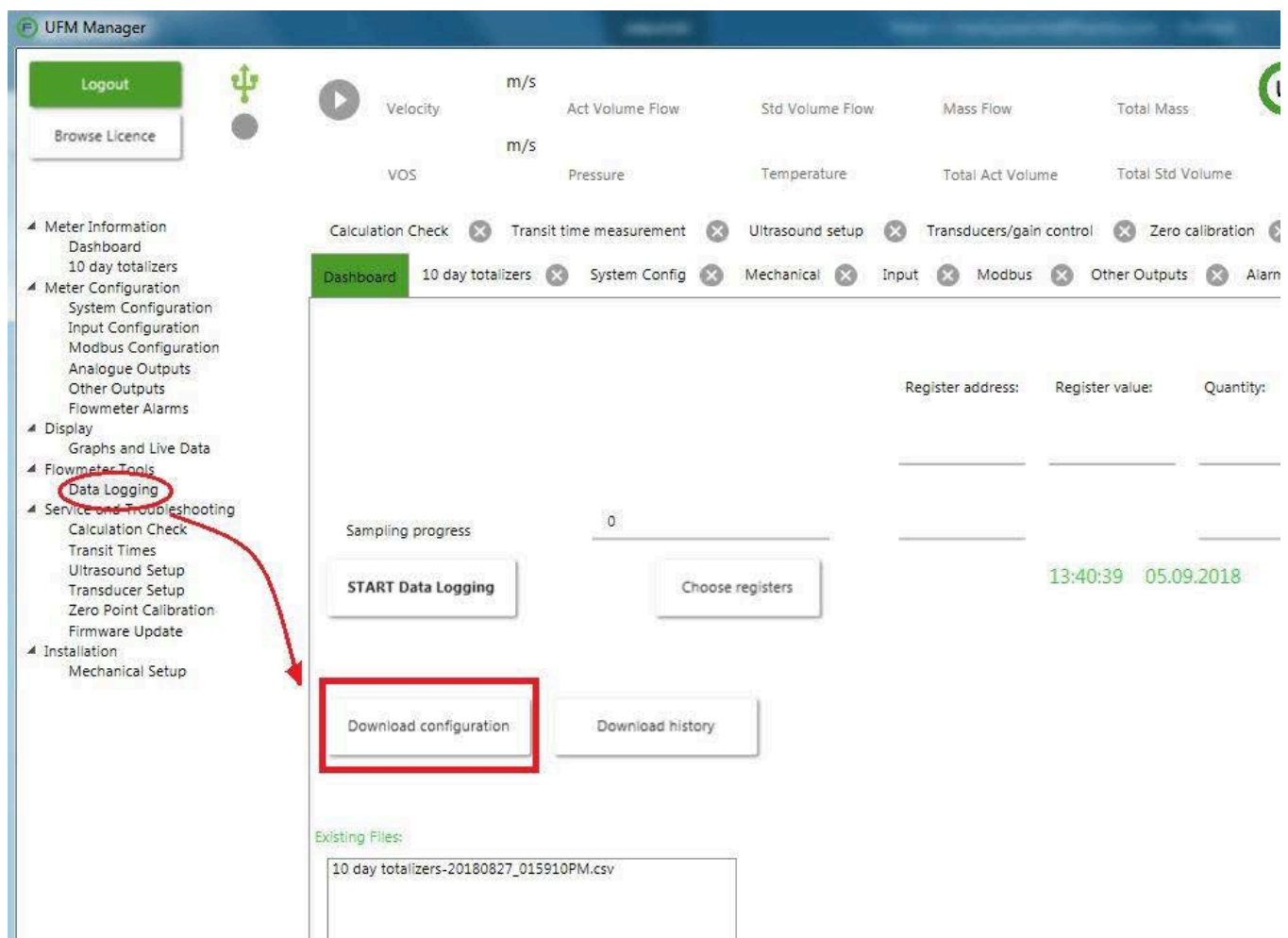
### Последовательность включения питания

В разделе с описанием последовательности включения питания указано, как обращаться с системой FGM 160 для обеспечения ее нормальной работы. Последовательность включения питания следующая.

1. Подключите все кабели питания, входных и выходных сигналов и обмена данными согласно спецификации проекта и всем применимым процедурам и инструкциям.
2. Убедитесь, что кабель питания подключен к подходящему источнику (либо непосредственно к источнику 24 В пост. тока, либо к преобразователю 110 – 240 В пер. тока/24 В пост. тока).
3. Включите питание FGM 160. У полевого компьютера FGM 160 нет выключателя питания. Питание включается с помощью внешнего выключателя или его аналога, предпочтительно расположенного в безопасной зоне.
4. При пуске FGM 160 выполняет последовательность загрузки и инициализации, а затем переходит в стандартный режим работы (измерения).
5. Когда FGM 160 переходит в стандартный режим работы (измерения) счетчик (в зависимости от конфигурации системы) определяет время перемещения, извлекает данные температуры и давления, рассчитывает объемный и массовый расход и либо активно выводит набор заданных параметров через аналоговые выходы 4 – 20 мА, либо формирует набор данных процесса для передачи через интерфейсы PCU HART или Modbus.

### Конфигурация полевого компьютера

Систему FGM 160 можно настроить с помощью ПО UFM Manager. При производстве в полевой компьютер вводится конфигурация по умолчанию. При установке и вводе счетчика в эксплуатацию сервисные инженеры или партнеры компании Fluenta меняют конфигурацию системы. Ее можно в любой момент изменить с помощью программного обеспечения UFM Manager. Все параметры конфигурации системы хранятся в постоянной памяти и не стираются в случае отключения питания. В приложении II описан ввод или изменение системной конфигурации согласно списку параметров от клиента.



### Скачивание системной конфигурации с помощью UFM Manager

Файл параметров конфигурации системы можно скачать из FGM 160 с помощью ПО UFM Manager, нажав кнопку Download configuration (Скачать конфигурацию) на вкладке Data Logging (Регистрация данных). Конфигурацию системы можно скопировать в буфер обмена и вставить в документ или сохранить непосредственно в файл.

Полный листинг файла конфигурации системы см. в приложении I. Некоторые параметры конфигурации системы можно посмотреть и в реестрах PCU Modbus. При этом параметры, доступ к которым разрешен только уполномоченному персоналу, не открываются через этот канал связи. Полный список доступных через интерфейс PCU Modbus параметров конфигурации см. в спецификациях интерфейса.

### Функции локального дисплея

Система FGM 160 оборудована локальным ЖК-дисплеем, установленным спереди и видимым через защитное стекло Ex-d. На дисплее отображаются заданные параметры процесса от FGM 160. Кроме того, на передней панели находятся 4 СИД, показывающие следующие состояния.

- Питание



Этот СИД горит зеленым, когда питание системы включено.

- **Состояние**

Этот СИД загорается в следующих случаях.

**ЗЕЛЕНЫЙ**, если нет активных аварийных сигналов (система исправна).

- **Обмен данными**

Этот СИД загорается в следующих случаях.

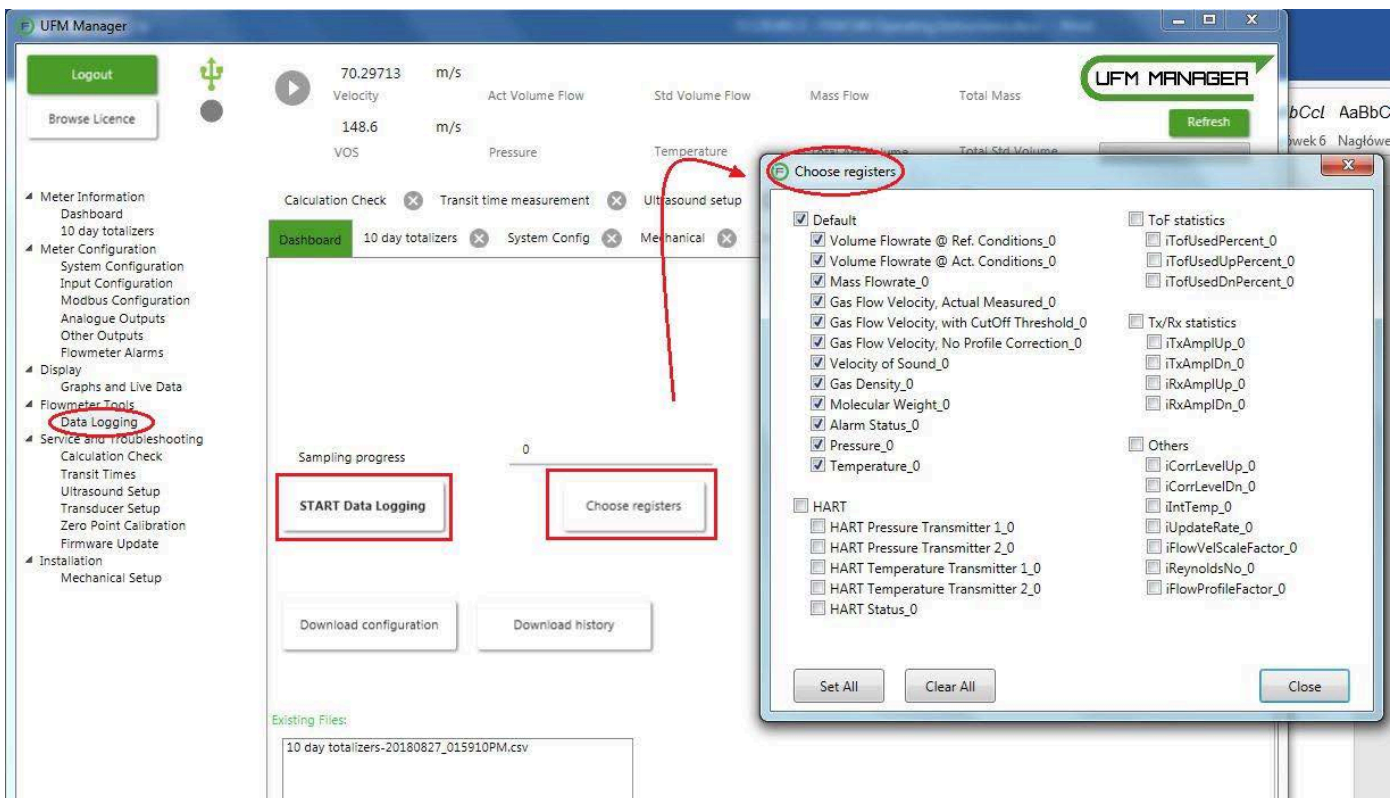
**ЗЕЛЕНЫЙ** — при получении или отправке кадра Modbus.

- **Измерение**

СИД мигает **ЗЕЛЕНЫМ** с регулярным интервалом, когда выполняется последовательность ультразвукового измерения

## Поиск ошибок с помощью UFM Manager

С помощью UFM Manager для FGM 160 можно регистрировать данные для анализа и оценки тенденций.



Нажатию кнопки **START Data Logging** (ЗАПУСК регистрации данных) на вкладке **Data Logging** (Регистрация данных) можно внести в файл данных любые параметры или большинство из них. Имя файла данных генерируется автоматически с учетом текущей даты и времени. Чтобы выбрать реестры для журнала данных, нажмите кнопку **Choose registers** (Выбрать реестры).



## Вставка настроек из списка параметров из сертификата в коробке системы

The screenshot shows the UFM Manager software interface. At the top, there are several data points: Velocity (70.29713 m/s), VOS (148.6 m/s), and various flow and mass measurements. Below this is a navigation menu with options like Calculation Check, Transit time measurement, Ultrasound setup, etc. The main area displays system configuration parameters and a list of active alarms.

Parameter	Value
Serial Number	2006-0065
User logged in	omega (Super)
Company	FLUENTA AS
Installation	Sandbrekkeveien 85
Tag Number	01-FLUENTA-100
Description	12" HP
Pipe Int. Dia. [m]	0.25
Theo. trans. dist. [m]	

Active Alarms:

- Measurement Alarm
- Flow velocity Alarm
- VOS Alarm
- Density Alarm
- Temperature Alarm
- Pressure Alarm
- Gas Composition Alarm

A red box highlights the configuration parameters: Company, Installation, Tag Number, and Description. A callout box points to this area with the following text:

Смена имени системы  
Компания  
Место установки  
Идентификационный номер  
Описание

The screenshot displays the UFM Manager software interface. On the left is a navigation menu with categories like Meter Information, Meter Configuration, Display, Flowmeter Tools, and Service and Troubleshooting. The 'Modbus Configuration' option is circled in red. The main area shows a 'Dashboard' tab with various configuration options for Modbus, including 'Enable Modbus', 'Modbus mode', 'Baud rate', 'Parity', 'Register base address', 'Register size in request', 'Byte ordering', 'Register spacing', 'Data/stop bits (auto)', 'Termination', 'TX enable delay [ms]', and 'DCS port slave address'. A red box highlights these settings, and a red callout box on the right contains the text: 'Изменение настроек MODBUS согласно спецификации проекта'.

Parameter	Value
Enable Modbus	<input type="checkbox"/>
Modbus mode	RTU
Baud rate	
Parity	no parity
Register base address	
Register size in request	32 bit
Byte ordering	DCBA
Register spacing	1
Data/stop bits (auto)	7
Termination	<input type="checkbox"/>
TX enable delay [ms]	
DCS port slave address	224



UFM Manager

Logout | Browse Licence | UFM MANAGER | Refresh

Velocity | Act Volume Flow | Std Volume Flow | Mass Flow | Total Mass

VOS | Pressure | Temperature | Total Act Volume | Total Std Volume

Dashboard | 10 day totalizers | **Mechanical** | Input | Modbus | Data Logging | Zero calibration | Firmware Update

Pipe internal diameter [m]	0.25
Ultrasonic path angle [deg]	ERROR
Theoretical transducer distance [m]	0.3535536
Measured transducer distance [m]	0.38

Meter Information  
 Dashboard  
 10 day totalizers  
 Meter Configuration  
 System Configuration  
 Input Configuration  
 Modbus Configuration  
 Analogue Outputs  
 Other Outputs  
 Flowmeter Alarms  
 Display  
 Graphs and Live Data  
 Flowmeter Tools  
 Data Logging  
 Service and Troubleshooting  
 Calculation Check  
 Transit Times  
 Ultrasound Setup  
 Transducer Setup  
 Zero Point Calibration  
 Firmware Update  
 Installation  
**Mechanical Setup**

**Изменение значений и настроек согласно спецификации проекта**

UFM Manager

Logout | Browse Licence

UFM MANAGER | Refresh

- Velocity
- Act Volume Flow
- Std Volume Flow
- Mass Flow
- Total Mass
- VOS
- Pressure
- Temperature
- Total Act Volume
- Total Std Volume
- Analog Out
- Other Outputs
- Data Logging
- Zero calibration
- Firmware Update
- Dashboard
- 10 day totalizers
- System Config
- Mechanical
- Input
- Modbus

Serial Number: 2006-0065

Instrument Time: \_\_\_\_\_

24h Accumulation reset time: \_\_\_\_\_

PC Time: \_\_\_\_\_

Synchronize time with PC:

Calculation parameters:

Flow velocity threshold [m/s]: \_\_\_\_\_

STD Temperature [C]: \_\_\_\_\_

STD Pressure [barA]: \_\_\_\_\_

Viscosity: \_\_\_\_\_

Upload configuration file:

Velocity unit setup: m/s

Volume unit setup: m<sup>3</sup>

Volume flow unit setup: m<sup>3</sup>/h

Mass unit setup: kg

Mass flow unit setup: kg/h

Pressure unit setup: BarA

Temperature unit setup: ° Celsius

Изменение единиц измерения согласно спецификации проекта

UFM Manager

Logout | Browse Licence

Velocity | Act Volume Flow | Std Volume Flow | Mass Flow | Total Mass

VOS | Pressure | Temperature | Total Act Volume | Total Std Volume

Dashboard | 10 day totalizers | System Config | Mechanical | Input | Modbus

Analog Out | Other Outputs | Data Logging | Zero calibration | Firmware Update

Meter Information  
 Dashboard  
 10 day totalizers  
 Meter Configuration  
 System Configuration  
 Input Configuration  
 Modbus Configuration  
 Analog Outputs  
 Other Outputs  
 Flowmeter Alarms  
 Display  
 Graphs and Live Data  
 Flowmeter Tools  
 Data Logging  
 Service and Troubleshooting  
 Calculation Check  
 Transit Times  
 Ultrasound Setup  
 Transducer Setup  
 Zero Point Calibration  
 Firmware Update  
 Installation  
 Mechanical Setup

Pulse/Freq1 mode: Pulse | variable: Test val | polarity: Active H  
 Pulse/Freq2 mode: Pulse | variable: Standar | polarity: Active H  
 Frequency scale: | Frequency offset: | Range scale: | Range offset: | Test value:  
 Pulse/Freq1 setup: 1 | 0 | 1 | 0 |  
 Pulse/Freq2 setup: 1 | 0 | 1 | 0 |  
 Enable Pulse/Frequency: Output 1:  Output 2:   
 Enable HART:  Poll adr: 1  
 HART variables: Gas Flow | Volume | Temper: | Pressure

UFM MANAGER Refresh

Изменение значений и настроек согласно спецификации проекта

UFM Manager

Logout | Browse Licence | UFM MANAGER | Refresh

Velocity | Act Volume Flow | Std Volume Flow | Mass Flow | Total Mass

VOS | Pressure | Temperature | Total Act Volume | Total Std Volume

Dashboard | 10 day totalizers | System Config | Mechanical | Input | Modbus

Analog Out | Other Outputs | Data Logging | Zero calibration | Firmware Update

- Meter Information
  - Dashboard
  - 10 day totalizers
- Meter Configuration
  - System Configuration
  - Input Configuration
  - Modbus Configuration
  - Analog Outputs**
  - Other Outputs
  - Flowmeter Alarms
- Display
  - Graphs and Live Data
- Flowmeter Tools
  - Data Logging
- Service and Troubleshooting
  - Calculation Check
  - Transit Times
  - Ultrasound Setup
  - Transducer Setup
  - Zero Point Calibration
  - Firmware Update
- Installation
  - Mechanical Setup

CL1 variable:	Test Value	Test value:	0	<input type="checkbox"/>
CL2 variable:	Test Value	Test value:	0	<input type="checkbox"/>
CL3 variable:	Test Value	Test value:	0	<input type="checkbox"/>
CL4 variable:	Test Value	Test value:	0	<input type="checkbox"/>
CL5 variable:	Test Value	Test value:	0	<input type="checkbox"/>
CL6 variable:	Test Value	Test value:	0	<input type="checkbox"/>

	Scale:	Offset:	4 mA	20 mA
CL1 setup:	1.004217	-0.086359	4	20
CL2 setup:	1.001377	-0.043958	4	20
CL3 setup:	1.005378	-0.067555	4	20
CL4 setup:	1.00065	-0.121477	4	20
CL5 setup:	1.007252	-0.112609	4	20

Изменение значений и настроек согласно спецификации проекта

Reading Data | Packets: 99 | Failed packets: 45 | Communication quality: 45% | ID: TestVersion | Expires: 18/10/2018 09:24:07 | Version 1.1A-1

UFM Manager

Logout | Browse Licence | UFM MANAGER | Refresh

Velocity | Act Volume Flow | Std Volume Flow | Mass Flow | Total Mass

VOS | Pressure | Temperature | Total Act Volume | Total Std Volume

Dashboard | 10 day totalizers | System Config | Mechanical | Input | Modbus

Analog Out | Other Outputs | Alarms | Data Logging | Zero calibration | Firmware Update

	Minimum	Maximum	Maximum change
Sound velocity [m/s]	200	500	70
Flow velocity [m/s]	0	100	70
Temperature [K]	268.15	348.15	
Pressure [barA]	0.5	3	

Изменение значений согласно спецификации проекта

- Meter Information
  - Dashboard
  - 10 day totalizers
- Meter Configuration
  - System Configuration
  - Input Configuration
  - Modbus Configuration
  - Analogue Outputs
  - Other Outputs
  - Flowmeter Alarms
- Display
  - Graphs and Live Data
- Flowmeter Tools
  - Data Logging
- Service and Troubleshooting
  - Calculation Check
  - Transit Times
  - Ultrasound Setup
  - Transducer Setup
  - Zero Point Calibration
  - Firmware Update
- Installation
  - Mechanical Setup

UFM Manager

Logout | Browse Licence

Velocity | Act Volume Flow | Std Volume Flow | Mass Flow | Total Mass

VOS | Pressure | Temperature | Total Act Volume | Total Std Volume

Dashboard | 10 day totalizers | System Config | Mechanical | Input | Modbus | Analog Out | Other Outputs

Alarms | Data Logging | **Ultrasound setup** | Transducers/gain control | Zero calibration | Firmware Update

Chirp signal settings: | Signal averaging: | Features:

Center frequency [kHz] \_\_\_\_\_ | Raw data | 1 | Averaging | None

Band width [kHz] \_\_\_\_\_ | Process data | 1

Burst width [us] \_\_\_\_\_ | Transit times (ToF) | 1

Amplitude [V] \_\_\_\_\_ | Minimum ping rate [ms] | 20

Sweep direction | Decreases | Chirp sample rate [ns] | 1000

Chirp pattern | Velocity | CW sample rate [ns] | 500

Chirp configuration | Automa | Chirp preprocessing | None

CW signal settings

Frequency [kHz] \_\_\_\_\_ | No of periods used for phase detection | 10

Burst width [us] \_\_\_\_\_ | Update rate (readout) | 0.55705

Amplitude [V] \_\_\_\_\_

Изменение значений согласно сертификату калибровки датчика



UFM Manager

Logout  
Browse Licence

UFB

Velocity Act Volume Flow Std Volume Flow Mass Flow Total Mass  
VOS Pressure Temperature Total Act Volume Total Std Volume

UFM MANAGER  
Refresh

Dashboard 10 day totalizers System Config Mechanical Input Modbus Analog Out Other Outputs  
Alarms Data Logging Ultrasound setup Transducers/gain control Zero calibration Firmware Update

Upload DSP	Version: 0.07	Refresh
Upload IO	Version: Error	Refresh
Upload PT	Version: 0.257	Refresh

Block 0

Проверка наличия  
наиболее новой версии  
микропрограммного  
обеспечения

- Meter Information
  - Dashboard
  - 10 day totalizers
- Meter Configuration
  - System Configuration
  - Input Configuration
  - Modbus Configuration
  - Analogue Outputs
  - Other Outputs
  - Flowmeter Alarms
- Display
  - Graphs and Live Data
- Flowmeter Tools
  - Data Logging
- Service and Troubleshooting
  - Calculation Check
  - Transit Times
  - Ultrasound Setup
  - Transducer Setup
  - Zero Point Calibration
  - Firmware Update**
- Installation
  - Mechanical Setup

UFM Manager

Logout | Browse Licence

Velocity | Act Volume Flow | Std Volume Flow | Mass Flow | Total Mass

VOS | Pressure | Temperature | Total Act Volume | Total Std Volume

Dashboard | 10 day totalizers | System Config | Mechanical | Input | Modbus | Analog Out | Other Outputs

Alarms | Data Logging | Ultrasound setup | **Transducers/gain control** | Zero calibration | Firmware Update

Gain control:  
Manual GC

Manual gain settings

CW upstream	800
CW downstream	1300
Chirp upstream	1300
Chirp downstream	1300

Automatic gain settings

No of samples outside allowance range	0
Maximum chirp sample value	0
Low limit for correlation top level	0

Ultrasonic transducers

Serial numbers:

Upstream transducer	_____
Downstream transducer	_____

Transit time delays

Chirp delay upstream [ns]	_____
Chirp delay downstream [ns]	_____
CW delay upstream [ns]	_____
CW delay downstream [ns]	_____

Изменение серийного номера преобразователя на верный. Введите, например, 182.18 в оба поля (буквы U и D появятся автоматически).

Изменение задержек по времени перемещения согласно сертификату калибровки датчика.



## 2 1. Характеристики интерфейса Modbus

### Описание аппаратного обеспечения

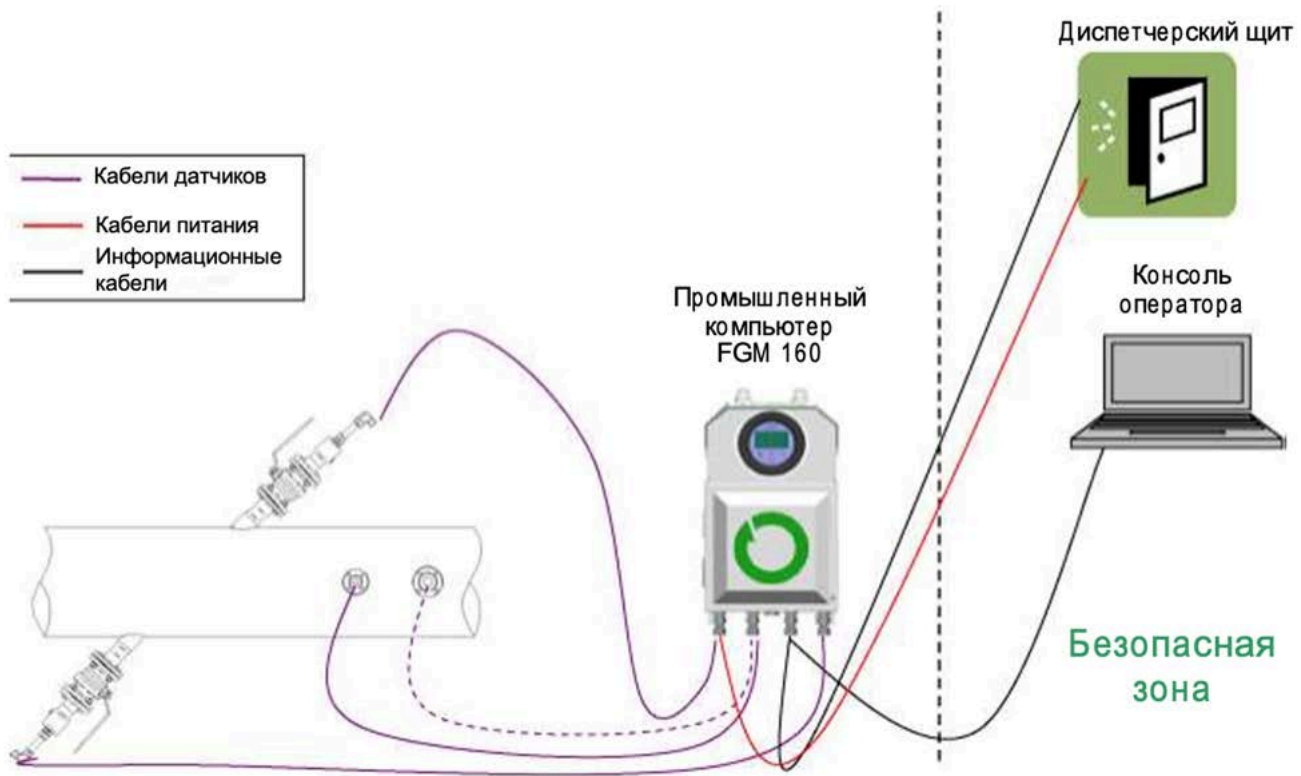
Промышленный компьютер FGM 160, представленный на рисунке 64, разработан как распределенная система. Промышленный компьютер FGM 160 состоит из пяти или шести модулей: модуля цифровой обработки сигналов (DSP – Digital Signal Processing), модуля внешнего аналогового интерфейса (AFE – Analog Front End), модуля давления и температуры (P&T), модуля ввода/вывода (I/O), модуля искрозащитного барьера (IS Barrier), модуля защиты от перенапряжений и локального дисплея. Распределенная система дает ряд преимуществ. Эта конструкция будет обладать большей гибкостью при дальнейших расширениях и модификациях, так как общую нагрузку на систему по обработке информации можно разделить между несколькими модулями. Таким образом, снижается риск перегрузки одного блока ЦПУ.



Промышленный компьютер FGM-160

Промышленный компьютер FGM 160 сертифицирован для работы в зоне повышенной опасности.

Для получения подробной информации по установке и эксплуатации в зоне повышенной опасности, пожалуйста, обратитесь к главе 5, раздел 5.3 «Рекомендации по установке в зоне повышенной опасности» и к документу компании Fluenta № 75.120.200 («FGM 160 – Сертификаты для работы в зоне повышенной опасности»).



Рисун

**65 - Подключение факельного расходомера FGM 160 с промышленным компьютером, ультразвуковыми измерительными преобразователями, датчиками давления и температуры, а также подключение к оборудованию, находящемуся в безопасной зоне.**

### **Электрические соединения**

Для получения подробной информации по электрическим соединениям, пожалуйста, обратитесь к главе 5, раздел 5.2 «Инструкции по установке и подключению».

### **Источник питания**

Для промышленного компьютера FGM 160 требуется источник питания постоянного тока на 24 В (номинальное значение). Если источник питания постоянного тока на 24 В отсутствует, компания Fluenta может предложить поставку дополнительного преобразователя переменного тока в постоянный ток 110-230/24 В.

Для получения подробной информации об оборудовании и номинальных параметрах оборудования, пожалуйста, обратитесь к главе 5, раздел 5.3 «Рекомендации по установке в зоне повышенной опасности».

### **Входные сигналы**

#### **Ультразвуковые измерительные преобразователи**

Ультразвуковые измерительные преобразователи факельного расходомера FGM 160 подключают к промышленному компьютеру FGM 160 посредством прилагаемых сигнальных кабелей заводского изготовления



### Датчики давления и температуры

Факельный расходомер FGM 160 можно настроить на прием токовых сигналов 4-20 мА от аналоговых датчиков или от датчиков, совместимых с протоколом HART. Датчики давления и температуры можно не использовать, если система настроена на получение данных о давлении и температуре от распределенной системы управления (по каналу связи Modbus).

### Выходные сигналы

#### Связь Modbus (RS-485)

Факельный расходомер FGM 160 имеет два отдельных порта связи Modbus.

Один из них предназначен для связи с распределенной системой управления (DCS). А второй порт представляет собой служебный порт для настройки и мониторинга системы FGM 160. Выход распределенной системы управления блокируются при использовании в факельном расходомере FGM 160 конфигурации Foundation Fieldbus.

#### Выход Foundation Fieldbus

По требованию заказчика заранее можно задать не более 4 параметров. Список параметров, доступных для заказчика, можно найти в документе компании Fluenta AS № 72.120.305 (все параметры, открытые для доступа через последовательный интерфейс Modbus, доступны с использованием выхода Foundation Fieldbus).

#### Выходы по типу токового контура

До 6 выходов по типу токового контура доступны для вывода значений выбранных параметров, при этом 3 аналоговых выхода настроены по умолчанию. Выходные каналы по типу токового контура на 4-20 мА можно настроить как активные или как пассивные выходы. Выходы на 4-20 мА заменяют на выходы Foundation Fieldbus (FF) при использовании в факельном расходомере FGM 160 конфигурации Foundation Fieldbus.

#### Выход HART

Один из выходов по типу токового контура также можно настроить для вывода данных по протоколу HART. См. главу 6, раздел 6.3 для получения подробной информации о технических характеристиках выходного интерфейса HART.

#### Импульсный/частотный выходной сигнал

Факельный расходомер FGM 160 также можно настроить для формирования импульсного или частотного выходного сигнала. Импульсный выход будет выдавать суммарное приращение (например, для объема или массы), тогда как частотный выход будет выдавать параметр процесса (например, объемный расход, массовый расход и т. д.)

### Электронные модули в факельном расходомере FGM 160

#### Модуль цифровой обработки сигналов (DSP)

Модуль цифровой обработки сигналов, как следует из его названия, представляет собой технологический модуль в рассматриваемой системе. Модуль цифровой обработки сигналов генерирует ультразвуковые измерительные сигналы и контролирует последовательности



измерений. Он собирает данные из других регистров модулей и выполняет вычисления расхода на основе этих данных. Все рассчитанные параметры хранятся в определенных регистрах. Все эти регистры доступны с консоли управления и обслуживания через служебный порт Modbus модуля ввода/вывода. Выбор этих регистров также доступен для распределительной системы управления (через порт DCS модуля ввода/вывода).

### ***Модуль внешнего аналогового интерфейса (AFE)***

Модуль внешнего аналогового интерфейса представляет собой интерфейс между модулем цифровой обработки сигналов и ультразвуковыми измерительными преобразователями, работающими через блок искрозащитного барьера. В модуле внешнего аналогового интерфейса (AFE) измерительные сигналы мультиплексируются и переключаются между направлениями вверх и вниз по потоку.

### ***Модуль давления и температуры (P&T)***

Модуль давления и температуры собирает информацию о давлении и температуре от внешних датчиков через токовые контуры на 4-20 мА или через интерфейс HART. Все данные о давлении и температуре хранятся в заранее установленных регистрах, доступных для модуля цифровой обработки сигналов. Таким образом, блок цифровой обработки сигналов может извлекать параметры из блока давления и температуры за минимальное время.

### ***Модуль ввода/вывода (I/O)***

Модуль ввода/вывода представляет собой интерфейс между факельным расходомером FGM 160, расположенным в зоне повышенной опасности, и оборудованием, расположенным в безопасной зоне. В модуле ввода/вывода напряжение питания 24 В (номинальное) постоянного тока преобразуется в рабочие напряжения, требуемые для других модулей. Кроме того, все сигналы и информация, поступающие от распределенной системы управления и консоли управления и обслуживания, а также передаваемые в них, обрабатываются этим блоком.

### ***Модуль искрозащитного барьера (IS Barrier)***

Модуль искрозащитного барьера обеспечивает искробезопасность при эксплуатации ультразвуковых датчиков, установленных в зоне повышенной опасности. Кроме того, модуль искрозащитного барьера содержит защитные барьеры для датчиков температуры и давления. Таким образом, датчики температуры и давления с сертификацией «Ex i» можно непосредственно подключать к факельному расходомеру FGM 160. Для получения информации о технических характеристиках барьеров для датчиков температуры и давления, пожалуйста, обратитесь к главе 5, раздел 5.3 «Рекомендации по установке в зоне повышенной опасности».

### ***Модуль защиты от перенапряжений***

Модуль защиты от перенапряжений защищает силовой вход и выходные сигнальные шины от внешних импульсных помех, бросков напряжения и перенапряжений.

### ***Модуль локального дисплея***

Модуль локального дисплея (LD) – это передний блок, видимый через защитное стекло класса Ex-d. На локальном дисплее можно просмотреть набор заранее определенных



параметров процесса измерения. Кроме того, четыре светодиода отображают состояние питания, сигнализации, измерения и связи.

**Функция несбрасываемого счетчика**

Функция несбрасываемого счетчика будет обеспечивать запись и сохранение суммарного объема и массы. Суммарные значения доступны через интерфейс Modbus распределенной системы управления или через консоль управления и обслуживания.



## 2 1.1. Интерфейс Modbus системы управления (DCS)

### Общая информация

Параметры в факельном расходомере FGM 160 доступны через последовательный интерфейс с использованием протокола Modbus. Для одной операции чтения или записи могут быть доступны все или только выбранный диапазон параметров из массива, 62 параметра в режиме RTU и 30 параметров в режиме ASCII (из-за ограничений памяти в факельном расходомере FGM 160). Некоторые регистры содержат параметры только для чтения, тогда как другие содержат параметры для чтения и записи. Все регистры в факельном расходомере FGM 160 32-разрядные. Значения регистров представляются в виде 32-разрядных значений с плавающей запятой в формате IEEE 754.

Факельный расходомер FGM 160 можно настроить для работы в режиме Modbus RTU или в режиме Modbus ASCII. В режиме Modbus RTU каждый 8-битный байт сообщения содержит два 4-битных шестнадцатеричных символа. В режиме Modbus ASCII каждый 8-битный байт сообщения передается как два символа ASCII.

Реализовано выполнение следующих кодов функций: **3, 16 и 8.**

Код функции	Описание
<b>3</b>	Чтение нескольких регистров, 32-битный формат с плавающей запятой, одинарная точность (стандарт IEEE 754).
<b>16</b>	Запись в несколько регистров, 32-битный формат с плавающей запятой, одинарная точность (стандарт IEEE 754).
<b>8</b>	Петлевой контроль. Реализован только код вспомогательной функции 0 (возврат данных запроса). Регистры, доступ к которым осуществляется с помощью кодов функций 3 и 16, являются 32-разрядными регистрами с плавающей запятой, а не 16-разрядными целочисленными регистрами, как определено в стандарте Modbus.
<b>ПРИМЕЧАНИЕ:</b>	

Адрес ведомого устройства Modbus факельного расходомера FGM 160 настраивается в диапазоне 1-247 (1-F7 в шестнадцатеричной системе):

По умолчанию адрес ведомого устройства Modbus для систем 1 и 2: **224 (E0** в шестнадцатеричной системе).

Широковещательный адрес (адрес ведомого устройства 0) **не** поддерживается.

Конфигурация последовательного порта интерфейса RS 422/RS 485 распределенной системы управления:

Параметр	Настройки по умолчанию	Дополнительные настройки
Режим	RTU	ASCII
Скорость передачи данных в бодах	19200	2400, 4800, 9600, 38400, 57600
Контроль четности	Четность	Без контроля четности, нечетность
Количество битов данных	8	7 (в режиме ASCII должно данных использоваться 7 битов данных)
Количество стоповых битов	1	2 (при отсутствии контроля четности)



требуется 2 стоповых бита)

### Единицы измерения параметров процесса

Единицы измерения параметров, заданные по умолчанию, а также дополнительные единицы измерения приведены ниже

Параметр	Единицы измерения по умолчанию	Дополнительные единицы измерения
Давление	бар, абс.	кПа, абс. кг/см <sup>2</sup> абс.
Температура	°С	°F
Скорость потока / скорость звука	м/с	фут/с
Объемный расход при стандартных условиях	см <sup>3</sup> /ч	млн. куб. футов в день
Объемный расход при фактических условиях	м <sup>3</sup> /ч	млн. куб. футов в день при стандартных условиях
Суммарный объем при стандартных условия	см <sup>3</sup>	млн. кубических футов при стандартных условиях
Суммарный объем при фактических условиях	м <sup>3</sup>	млн. кубических футов
Массовый расход	кг/ч	фунт/ч
Суммарная масса	кг	фунт
Плотность газа	кг/м <sup>3</sup>	---



## 2 1.2. Регистры Modbus

### 2 1.2.1. Базовые адреса регистров

Базовые адреса регистров Modbus факельного расходомера FGM 160 приведены ниже. Они настраиваются индивидуально в диапазоне от 0 до 65333. Однако смещение между последующими базовыми адресами регистров должно составлять по меньшей мере 200, если система 1 и система 2 настроены с одним и тем же адресом ведомого устройства Modbus.

Регистр Modbus.	Базовый адрес по умолчанию
Регистр распределенной системы управления, система 1	<b>1000</b>
Регистр распределенной системы управления, система 2	<b>2000</b>

Базовые адреса регистров Modbus можно считать из регистров с постоянными адресами регистров **65534** и **65535**:

Регистр Modbus.	Базовый адрес по умолчанию
Регистр распределенной системы управления, система 1	<b>65534</b>
Регистр распределенной системы управления, система 2	<b>65535</b>



## 2 1.2.2. Адреса регистров в расходомере

В соответствии с документом «Справочное руководство по протоколу Modbus компании Modicon» (PI-MBUS-300, версия J), см. [3], адреса регистров для временного хранения информации начинаются с 40001. Доступ к регистрам для временного хранения информации осуществляется по коду функции 3 (чтение) или по коду функции 16 (запись) с использованием интерфейса Modbus факельного расходомера FGM 160.

Однако адрес регистра для временного хранения информации – это не то же самое, что адрес регистра в поле адреса данных из сообщения Modbus.

Связь между этими адресами состоит в следующем:

«Адрес регистра в сообщении Modbus» = «Адрес регистра для временного хранения информации» - **40001**.

### Примеры:

- В поле адреса сообщения Modbus к регистру для временного хранения информации **40001** обращаются как к регистру **0000**. (В поле кода функции всегда указывают операцию с регистром для временного хранения информации. Следовательно, ссылка «4XXXX» является неявной.)

- В поле адреса сообщения Modbus к регистру для временного хранения информации **40108** обращаются как к регистру **107**.

Карта регистров, приведенная ниже, ссылается на адреса регистров из поля адреса данных сообщения Modbus (а не на адреса регистров для временного хранения информации).

Также обратите внимание, что адреса регистров, указанные в карте регистров, приведенной ниже, представляют собой адреса со смещением относительно базовых адресов регистров Modbus.

### Примеры:

- Базовый адрес регистра Modbus для системы **1 = 1000** и интервал регистра = **1** (настройка по умолчанию):

Регистр «Объемный расход при стандартных условиях» для системы **1** можно найти по адресу **1008 (1000 + 8)**. Он представляет собой адрес регистра в поле адреса данных из сообщения Modbus, при этом соответствующий адрес регистра для временного хранения информации будет **41009**.

- Базовый адрес регистра Modbus для системы **2 = 2000** и интервал регистра = **1** (настройка по умолчанию):

Регистр «Объемный расход при стандартных условиях» для системы **2** можно найти по адресу **2008 (2000 + 8)**. Соответствующий адрес регистра для временного хранения информации будет **42009**.

- Базовый адрес регистра Modbus для системы **1 = 1000** и интервал регистра = **2**:

Регистр «Объемный расход при стандартных условиях» для системы **1** можно найти по адресу **1016 (1000 + 16)**. Он представляет собой адрес регистра в поле адреса данных из сообщения Modbus, при этом соответствующий адрес регистра для временного хранения информации будет **41017**.



### 2 1.2.3. Карта регистров порта системы управления

Адреса регистров в карте регистров, приведенной ниже, представляют собой адреса со смещением относительно базовых адресов регистров Modbus.

В конфигурации, заданной по умолчанию, эти адреса настроены следующим образом:

- 1000** для регистров распределенной системы управления системы 1 и
- 2000** для регистров распределенной системы управления системы 2.

Столбцы адресов «RS=1» и «RS=2»:

- RS=1:** действителен для настройки «Интервал регистра = 1» (настройка по умолчанию).
- RS=2:** действителен для настройки «Интервал регистра = 2».

Идентификационный номер системы

Адрес		Параметр	Чтение/ запись	Единицы измерения	Минимум	Максимум
RS=1:	RS=2:					
0	0	Старшее слово идентификатора (год производства)	Чтение	---	2002	2099
1	2	Младшее слово идентификатора (серийный номер)	Чтение	---	0	---

Регистры меток времени данных и первичных измерений

Адрес		Параметр	Чтение/ запись	Единицы измерения	Минимум	Максимум
RS=1:	RS=2:					
2	4	Метка времени данных-год	Чтение	---	2002	2091
3	6	Метка времени данных-месяц	Чтение	---	1	12
4	8	Метка времени данных-день	Чтение	---	1	31
5	10	Метка времени данных-час	Чтение	---	1	24
6	12	Метка времени данных-минута	Чтение	---	0	59
7	14	Метка времени данных-секунда	Чтение	---	0	59
8	16	Объемный расход при стандартных условиях	Чтение	см <sup>3</sup> /ч	---	---
9	18	Объемный расход при фактических условиях	Чтение	м <sup>3</sup> /ч	---	---
10	20	Массовый расход	Чтение	кг/ч	---	---
11	22	Скорость потока газа	Чтение	м/с	---	---
12	24	Скорость потока газа / уставка	Чтение	м/с	---	---
13	26	Скорость потока газа, не скомпенсированная	Чтение	м/с	---	---



### Регистры вторичных измерений

Адрес		Параметр	Чтение/ запись	Единицы измерения	Минимум	Максимум
RS=1:	RS=2:					
20	40	Скорость звука	Чтение	м/с	---	---
21	42	Плотность газа	Чтение	кг/м <sup>3</sup>	---	---
22	44	Молекулярный вес	Чтение	г	---	---
23	46	Аварийное состояние*)	Чтение	---	0	---
24	48	Плотность газа при стандартных условиях	Чтение	кг/см <sup>3</sup>	---	---
25	50	Используемая модель газа	Чтение	---	0	2
26	52	доля N <sub>2</sub> (азота)	Чтение	%	0	100
30	60	Давление **)	Чтение	бар, абс.	---	---
31	62	Температура **)	Чтение	°С	---	---
32	64	Давление, датчик HART 1	Чтение	бар, абс.	---	---
33	66	Давление, датчик HART 2	Чтение	бар, абс.	---	---
34	68	Температура, датчик HART 1	Чтение	°С	---	---
35	70	Температура, датчик HART 2	Чтение	°С		
36	72	Состояние датчика HART ***)	Чтение	---	0	6666

\*) Слово аварийного состояния (закодированное 16-битное слово):

Чтобы интерпретировать биты аварийного состояния, сначала целую часть значения регистра следует преобразовать в двоичный формат.

- Бит 0: Ошибка в измерении
- Бит 1: Аварийный сигнал скорости потока
- Бит 2: Аварийный сигнал скорости звука
- Бит 3: Аварийный сигнал плотности
- Бит 4: Аварийный сигнал давления
- Бит 5: Аварийный сигнал температуры
- Бит 0 является самым младшим битом.

\*\*) Давление и температура:

Регистры давления и температуры обычно доступны только для чтения, однако факельный расходомер FGM 160 можно настроить на прием данных о давлении и температуре, поступающих от распределенной системы управления, с использованием этих регистров.

\*\*\*): Слово состояния датчика HART (закодированное в виде 4 цифр, ABCD):

- A** Состояние 1 датчика давления в текущей системе
- B** Состояние 2 датчика давления в текущей системе
- C** Состояние 1 датчика температуры в текущей системе
- D** Состояние 2 датчика температуры в текущей системе



**Код состояния датчика HART:**

Код	Описание
0	Датчик не обнаружен при инициализации.
1	Исправное состояние.
2	Тайм-аут, датчик не отвечает.
3	Неправильный код в ответе датчика.
4	Ошибка контрольной суммы в ответе датчика.
5	Неправильный формат данных в ответе датчика.
6	Недопустимое число, NaN (не число).

**Пример:**

Код состояния = **1620**:

A = 1 : 1 датчик давления, исправное состояние.

B = 6 : 2 датчик давления, недопустимое число NaN (не число).

C = 2 : Тайм-аут 1 датчика температуры, датчик не отвечает.

D = 0 : 2 датчик температуры не обнаружен при инициализации.

**Регистры суммарных значений**

Адрес		Параметр	Чтение/ запись	Единицы измерения	Минимум	Максимум
RS=1:	RS=2:					
40	80	Суммарный объем при стандартных условиях	Чтение	см <sup>3</sup>	0	1000000
41	82	Суммарный объем при фактических условиях	Чтение	м <sup>3</sup>	0	1000000
42	84	Суммарная масса	Чтение	кг	0	1000000
43	86	Суммарный объем при стандартных условиях Подсчет излишнего количества	Чтение	1000000	0	1000000
44	88	Суммарный объем при фактических условиях Подсчет излишнего количества	Чтение	1000000	0	1000000
45	90	Подсчет излишнего количества для суммарной массы	Чтение	1000000	0	1000000

**Регистры суммарных значений за 24 часа**

Адрес		Параметр	Чтение/ запись	Единицы измерения	Минимум	Максимум
RS=1:	RS=2:					
50	100	Суммарный объем за 24 часа при стандартных условиях	Чтение	см <sup>3</sup>	0	---
51	102	Суммарный объем за 24 часа при фактических условиях	Чтение	м <sup>3</sup>	0	---
52	104	Суммарная масса за 24 часа	Чтение	кг	0	---



53	106	Время начала суммирования за последние 24 часа	Чтение	ЧЧ.ММ.СС	0,0000	23,5900
----	-----	--	--------	----------	--------	---------

Адрес		Параметр	Чтение/ запись	Единицы измерения	Минимум	Максимум
RS=1:	RS=2:					
54	108	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-1) при стандартных условиях	Чтение	см <sup>3</sup>	0	---
55	110	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-1) при фактических условиях	Чтение	м <sup>3</sup>	0	---
56	112	Суммарная масса за 24 часа (последний замер-1)	Чтение	кг	0	---
57	114	Время начала суммирования за 24 часа (последний замер-1)	Чтение	ЧЧ.ММ.СС	0,0000	23,5900
58	116	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-2) при стандартных условиях	Чтение	см <sup>3</sup>	0	---
59	118	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-2) при фактических условиях	Чтение	м <sup>3</sup>	0	---
60	120	Суммарная масса за 24 часа (последний замер-2)	Чтение	кг	0	---
61	122	Время начала суммирования за 24 часа (последний замер-2)	Чтение	ЧЧ.ММ.СС	0,0000	23,5900
62	124	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-3) при стандартных условиях	Чтение	см <sup>3</sup>	0	---
63	126	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-3) при фактических условиях	Чтение	м <sup>3</sup>	0	---
64	128	Суммарная масса за 24 часа (последний замер-3)	Чтение	кг	0	---
65	130	Время начала суммирования за 24 часа (последний замер-3)	Чтение	ЧЧ.ММ.СС	0,0000	23,5900
66	132	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-4) при стандартных условиях	Чтение	см <sup>3</sup>	0	---
67	134	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-4) при фактических условиях	Чтение	м <sup>3</sup>	0	---
68	136	Суммарная масса за 24 часа (последний замер-4)	Чтение	кг	0	---
69	138	Время начала суммирования за 24 часа (последний замер-4)	Чтение	ЧЧ.ММ.СС	0,0000	23,5900
70	140	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-5) при стандартных условиях	Чтение	см <sup>3</sup>	0	---
71	142	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-5) при фактических условиях	Чтение	м <sup>3</sup>	0	---

72	144	Суммарная масса за 24 часа (последний замер-5)	Чтение	кг	0	---
73	146	Время начала суммирования за 24 часа (последний замер-5)	Чтение	ЧЧ.ММ.СС	0,0000	23,5900
74	148	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-6) при стандартных условиях	Чтение	см <sup>3</sup>	0	---
75	150	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-6) при фактических условиях	Чтение	м <sup>3</sup>	0	---
76	152	Суммарная масса за 24 часа (последний замер-6)	Чтение	кг	0	---
77	154	Время начала суммирования за 24 часа (последний замер-6)	Чтение	ЧЧ.ММ.СС	0,0000	23,5900
78	156	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-7) при стандартных условиях	Чтение	см <sup>3</sup>	0	---
79	158	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-7) при фактических условиях	Чтение	м <sup>3</sup>	0	---
80	160	Суммарная масса за 24 часа (последний замер-7)	Чтение	кг	0	---
81	162	Время начала суммирования за 24 часа (последний замер-7)	Чтение	ЧЧ.ММ.СС	0,0000	23,5900
82	164	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-8) при стандартных условиях	Чтение	см <sup>3</sup>	0	---
83	166	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-8) при фактических условиях	Чтение	м <sup>3</sup>	0	---
84	168	Суммарная масса за 24 часа (последний замер-8)	Чтение	кг	0	---
85	170	Время начала суммирования за 24 часа (последний замер-8)	Чтение	ЧЧ.ММ.СС	0,0000	23,5900
86	172	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-9) при стандартных условиях	Чтение	см <sup>3</sup>	0	---
87	174	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-9) при фактических условиях	Чтение	м <sup>3</sup>	0	---
88	176	Суммарная масса за 24 часа (последний замер-9)	Чтение	кг	0	---
89	178	Время начала суммирования за 24 часа (последний замер-9)	Чтение	ЧЧ.ММ.СС	0,0000	23,5900
90	180	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-10) при стандартных условиях	Чтение	см <sup>3</sup>	0	---
91	182	Суммарный объем за 24 часа (последний замер-10) при фактических условиях	Чтение	м <sup>3</sup>	0	---



92	184	Суммарная масса за 24 часа (последний замер-10)	Чтение	кг	0	---
93	186	Время начала суммирования за 24 часа (последний замер-10)	Чтение	ЧЧ.ММ.СС	0,0000	23,5900

#### Регистры единиц измерения параметров

Адрес		Параметр	Чтение/ запись	Единицы измерения		
RS=1:	RS=2:					
100	200	Единицы измерения скорости (потока газа и звука)	Чтение	1 (м/с)	2 (фут/с)	
101	202	Единицы измерения объема	Чтение	1(м <sup>3</sup> )		
102	204	Единицы измерения объемного расхода	Чтение	1 (м <sup>3</sup> /ч)		
103	206	Единицы измерения массы	Чтение	1 (кг)		
104	208	Единицы измерения массового расхода	Чтение	1 (кг/ч)		
105	210	Единицы измерения давления	Чтение	1 (бар, абс.)	2 (кПа, абс.)	4 (кг/см <sup>2</sup> , абс.)
106	212	Единицы измерения температуры	Чтение	1 (°C)	1 (°F)	

Сокращения:

MMCF (Million Cubic Feet):

млн. кубических футов

MMCFD (Million Cubic Feet per Day):

млн. кубических футов в день

#### Регистры внутренних параметров системы

AS 1	AS 2	Параметр	Чтение/ запись	Единицы измерения	Минимум	Максимум
110	220	Среднее время прохождения, вверх по потоку	Чтение	нс	0	---
111	222	Среднее время прохождения, вниз по потоку	Чтение	нс	0	---
112	224	Разница среднего времени прохождения	Чтение	нс	0	---
113	226	Потраченное время прохождения в %	Чтение	%	0	100
114	228	Потраченное время прохождения в %, вверх по потоку	Чтение	%	0	100
115	230	Потраченное время прохождения в %, вниз по потоку	Чтение	%	0	00
116	232	Амплитуда передаваемого сигнала вверх по потоку	Чтение	В	0	20
117	234	Амплитуда передаваемого сигнала вниз по потоку	Чтение	В	0	20



118	236	Амплитуда принимаемого сигнала вверх по потоку	Чтение	В	0	20
119	238	Амплитуда принимаемого сигнала вниз по потоку	Чтение	В	0	20
120	240	Максимальный уровень корреляционной огибающей вверх по потоку	Чтение	---	0	20
121	242	Максимальный уровень корреляционной огибающей вниз по потоку	Чтение	---	0	20
122	244	Используемая форма импульса с ЛЧМ	Чтение	---	0	3
123	246	Температура измерительного преобразователя, вверх по потоку	Чтение			
124	248	Температура измерительного преобразователя, вниз по потоку	Чтение			
125	250	Внутренняя температура, электроника факельного расходомера	Чтение			
126	252	Максимальная температура измерительного преобразователя, вверх по потоку	Чтение			
127	254	Минимальная температура измерительного преобразователя, вверх по потоку	Чтение			
128	256	Максимальная температура измерительного преобразователя, вниз по потоку	Чтение			
129	258	Максимальная температура измерительного преобразователя, вниз по потоку	Чтение			
130	260	Максимальная внутренняя температура, электроника факельного расходомера FGM 160	Чтение			
131	262	Минимальная внутренняя температура, электроника факельного расходомера FGM 160	Чтение			

#### Регистры параметров состава газа

AS 1	AS 2	Параметр	Чтение/запись	Единицы измерения	Минимум	Максимум
140	280	Молекулярная масса % - C1	Чтение/запись	%	0	100
141	282	Молекулярная масса % - C2	Чтение/запись	%	0	100
142	284	Молекулярная масса % - C3	Чтение/запись	%	0	100
143	286	Молекулярная масса % - C4	Чтение/запись	%	0	100
144	288	Молекулярная масса % - C5	Чтение/запись	%	0	100
145	290	Молекулярная масса % - C6+	Чтение/запись	%	0	100





146	292	Молекулярная масса % - N2	Чтение/запись	%	0	100
147	294	Молекулярная масса % - CO2	Чтение/запись	%	0	100

**Регистры часов реального времени**

AS 1	AS 2	Параметр	Чтение/запись	Единицы измерения	Минимум	Максимум
150	300	Год на часах реального времени	Чтение/запись	год	2002	2091
151	302	Месяц на часах реального времени	Чтение/запись	месяц	1	12
152	304	День на часах реального времени	Чтение/запись	день	1	31
153	306	Час на часах реального времени	Чтение/запись	час	0	23
154	308	Минуты на часах реального времени	Чтение/запись	минута	0	59
155	310	Секунды на часах реального времени	Чтение/запись	секунда	0	59

**ПРИМЕЧАНИЕ:**

Не все параметры регистров, перечисленные в разделах, могут быть доступны. Несмотря на это, они перечислены, для того чтобы иметь возможность сформировать карту регистров для последующего считывания этих параметров.



## 2 1.2.4. Кодирование данных для значений регистров

Все регистры в факельном расходомере FGM 160 32-разрядные. Значения регистров представляются в виде 32-разрядных значений с плавающей запятой в формате IEEE 754 (с одинарной точностью). Это не соответствует первоначальному стандарту на протокол Modbus [1], в котором описаны только 16-разрядные целочисленные регистры. Для получения доступа к значениям одного из регистров Modbus факельного расходомера FGM 160, можно использовать один из следующих способов:

### **- Доступ к одному из 32-разрядных регистров: (по умолчанию)**

Чтобы использовать этот способ, факельный расходомер FGM 160 должен быть настроен следующим образом: «Register Size (Размер регистра)» = 32 бита. Это означает, что поле «No. of Registers (Количество регистров)» в запросе от ведущего устройства Modbus, интерпретируется как количество 32-разрядных регистров. Этот способ может быть известен как «**Вариант Дэниела**».

### **- Доступ к двум последовательным 16-разрядным регистрам: (дополнительно)**

Чтобы использовать этот способ, факельный расходомер FGM 160 должен быть настроен следующим образом: «Register Size (Размер регистра)» = 16 бит. Это означает, что поле «No. of Registers (Количество регистров)» в запросе от ведущего устройства Modbus, интерпретируется как количество 16-разрядных регистров. Этот способ может быть известен как «**Вариант компании Modicon**». Для этого также может потребоваться настроить факельный расходомер FGM 160 следующим образом: «Register spacing (Интервал регистра) = 2», если используется данный вариант.

### **Примеры:**

1) «Register Size (Размер регистра)» = 32 бита. Считать два (32-разрядных) регистра, начиная с адреса 12 (000С в шестнадцатеричной системе):

запрос:

Только Modbus ASCII	Адрес ведомого устройства	Код функции	Начальный регистр данных (старший байт)	Начальный регистр данных (младший байт)	Кол-во регистров (старший байт)	Кол-во регистров (младший байт)	Контрольная сумма	Только Modbus ASCII
	E0	03	00	0C	00	02	XX	<возврат каретки> <подача строки>

ответ:



2) «Register Size (Размер регистра)» = 16 бит. Считать один (32-разрядный) регистр по адресу 12 (000С в шестнадцатеричной системе):

запрос:

Только Modbus ASCII	Адрес ведомого устройства	Код функции	Начальный регистр данных (старший байт)	Начальный регистр данных (младший байт)	Кол-во регистров (старший байт)	Кол-во регистров (младший байт)	Контрольная сумма	Только Modbus ASCII
	E0	03	00	0С	00	02	XX	<возврат каретки> <подача строки>

ответ:

Только Modbus ASCII	Адрес ведомого устройства	Код функции	Кол-во байтов	Данные 1 (старший байт)	Данные 1	Данные 1	Кол-во регистров (младший байт)	Контрольная сумма	Только Modbus ASCII
	E0	03	04	42	F7	66	02	XX	<возврат каретки> <подача строки>

**Порядок следования байтов для значений регистров факельного расходомера FGM 160**

В то время как порядок следования байтов для 16-разрядных целочисленных значений регистров четко установлен в стандарте на протокол Modbus [1], описание порядка следования байтов для 32-разрядных значений с плавающей запятой отсутствует.

Для адресов и 16-разрядных данных стандарт на протокол Modbus [1] регламентирует использование обратного порядка следования байтов. Это означает, что при передаче численной величины, размер которой больше одного байта, старший байт передается первым.

Поскольку стандартных рекомендаций относительно порядка следования байтов при передаче 32-разрядных значений с плавающей запятой не дается, факельный расходомер FGM 160 можно настроить на работу с различным порядком следования байтов. Факельный расходомер FGM 160 можно настроить на следующие виды порядка следования байтов:

- DCBA (Сначала самый старший байт, затем самый младший байт, настройка по умолчанию.)
- ABCD (Самый младший байт, затем самый старший байт)
- CDAB (Сначала самое старшее слово, затем самое младшее слово)
- BADC (Сначала самое младшее слово, затем самое старшее слово)



На предыдущей странице показаны примеры с порядком следования байтов DCBA (где сначала идет старший байт), что является настройкой факельного расходомера FGM 160, заданной по умолчанию.

#### **Порядок следования битов для каждого символа или байта**

Порядок следования битов для каждого символа или байта всегда принимается в соответствии со стандартом на протокол Modbus, см. [1].

Стандарт на протокол Modbus [1] устанавливает следующий порядок:

«Каждый символ или байт отправляется в следующем порядке (слева направо): младший бит .....старший бит».

#### **Поле «Byte Count (Количество байтов)»**

Поле «Byte Count (Количество байтов)» в сообщении Modbus указывает, сколько 8-разрядных элементов данных передается в разделе данных сообщения.

В режиме RTU это значение совпадает с фактическим количеством байтов в разделе данных сообщения.

В режиме ASCII это значение составляет половину от фактического количества символов ASCII или байтов в разделе данных сообщения.

#### **Адресное пространство регистра**

По умолчанию адреса последовательных регистров в факельном расходомере FGM 160 располагаются один за другим (см. раздел 4.3 «Карта регистров Modbus факельного расходомера FGM 160 для порта распределенной системы управления»). По умолчанию настройка факельного расходомера FGM 160 следующая: «Register spacing (Интервал регистра)» = 1 (**RS=1**, см. таблицы).

Этого достаточно, если распределенная система управления обрабатывает регистры Modbus факельного расходомера FGM 160 как 32-разрядные регистры (вариант Дэниела, «Register Size (Размер регистра)» = 32 бита).

Но если распределенная система управления обрабатывает регистры Modbus факельного расходомера FGM 160 как 16-разрядные регистры («Register Size (Размер регистра)» = 16 бит, вариант Modicon), это может привести к внутренней проблеме, связанной с перекрытием регистров в памяти распределенной системы управления. Причина этого заключается в том, что каждый 32-разрядный регистр в факельном расходомере FGM 160 будет считан распределенной системой как два последовательных 16-разрядных регистра, и поэтому они займут в два раза больше адресов внутри распределенной системы управления по сравнению с их количеством в карте регистров факельного расходомера FGM 160.

Один из способов решения этой проблемы состоит в настройке факельного расходомера FGM 160 таким образом, чтобы все адреса регистров Modbus разбивались на два. Это можно сделать путем следующей настройки FGM 160: «Register spacing (Интервал регистра)» = 2 (**RS=2**, см. таблицы).



Если интервал регистра задан равным 2, корректные адреса Modbus можно получить из столбца «RS = 2» карты с адресами регистров.

## 2 1.2.5. Представление числа

Формат с плавающей запятой и одинарной точностью

Все значения регистров Modbus в факельном расходомере FGM 160 представлены как 32-разрядные значения с плавающей точкой в соответствии с форматом IEEE 754.

SEEEEEEE EMMMMMMM MMMMMMMM MMMMMMMM

**S** = знаковый разряд; (0 = положительный, 1 = отрицательный.)  
**EEEEEEEE** = двоичный порядок + 127 десятичный формат  
 = разряды мантииссы. Неявная запятая в двоичном числе находится перед первым разрядом М, так что фактическое значение мантииссы меньше 1,0.

**MMMM.....M**

Значение 0,0 представляется путем задания всех разрядов нулевыми.

Значение числа, представленного в двоичной форме, определяется следующим образом:

$$((-1)^S) * (2^{(EEEEEEEE - 127)}) * (1,0 + \text{мантиисса})$$

Примеры:

$$\text{Значение } 20,0 = (2)^* (1,0 + 0,25)$$

Двоичное представление дает:

01000001 10100000 00000000 00000000      двоичное

или

41 A0 00 00      десятичное

-----

### ПРИМЕРЫ:

Код функции 3, чтение регистров

(настройка по умолчанию: «Register size (Размер регистра)» = 32-разрядный, порядок следования байтов = DCBA) Пример: считать два (32-разрядных) регистра, начиная с адреса 1010 (03F2 в шестнадцатеричной системе):



Запрос:

Только Modbus ASCII	Адрес ведомого устройства	Код функции	Начальный регистр данных (старший байт)	Начальный регистр данных (младший байт)	Количество регистров (старший байт)	Количество регистров (младший байт)	Контрольная сумма	Только Modbus ASCII
	E0	03	03	F2	00	02	XX	<возврат каретки> <подача строки>

Ответ:

Только Modbus ASCII	Адрес ведомого устройства	Код функции	Кол-во байтов	Данные1 (старший байт)	Данные1	Данные1	Данные1 (младший байт)	Данные2 (старший байт)	Данные2	Данные2	Данные2 (младший байт)	Контрольная сумма	Только Modbus ASCII
	E0	03	08	00	00	00	00	41	20	00	00	XX	<возврат каретки> <подача строки>

Интерпретация ответа: Адрес регистра 1010 (03F2 в шестнадцатеричной системе) = 0,0  
 Адрес регистра 1011 (03F3 в шестнадцатеричной системе) = 10,0  
 (представление в формате IEEE 754 числа 10,0: 41200000 в шестнадцатеричной системе)

Код функции 16, запись в регистры

(настройка по умолчанию: «Register size (Размер регистра)» = 32-разрядный, порядок следования байтов = DCBA)

**Примеры:** Задать значение регистров по адресу 1031 (0407 в шестнадцатеричной системе) равным 10,0: (представление в формате IEEE 754 числа 10,0: 41200000 в шестнадцатеричной системе)



Запрос:

Только Modbus ASCII	Адрес ведомого устройства	Код функции	Начальный регистр (старший байт)	Начальный регистр (младший байт)	Количество регистров (старший байт)	Количество регистров (младший байт)	Количество байтов	Данные (старший байт)	Данные	Данные	Данные (младший байт)	Контрольная сумма	Только Modbus ASCII
	E0	10	04	07	00	01	04	41	20	00	00	XX	<возврат каретки> <подача строки>

Ответ:

Только Modbus ASCII	Адрес ведомого устройства	Код функции	Начальный регистр (старший байт)	Начальный регистр (младший байт)	Количество регистров (старший байт)	Количество регистров (младший байт)	Контрольная сумма	Только Modbus ASCII
	E0	10	04	07	00	01	XX	<возврат каретки> <подача строки>

**Код Функции 8, диагностика**

**Вспомогательная функция 0 (возврат данных запроса)**

Обратите внимание, что в факельном расходомере FGM 160 реализована только вспомогательная функция 0.

**Примеры:** Петлевой контроль (вспомогательная функция 0)

Запрос:

Только Modbus ASCII	Адрес ведомого устройства	Код функции	Код вспомогательной функции (старший байт)	Код вспомогательной функции (младший байт)	Контрольные данные (старший байт)	Контрольные данные (младший байт)	Контрольная сумма	Только Modbus ASCII
	E0	08	00	00	00	AA	XX	<возврат каретки> <подача строки>



Ответ:

Только Modbus ASCII	Адрес ведомого устройства	Код функции	Код вспомогательной функции (старший байт)	Код вспомогательной функции (младший байт)	Контрольные данные (старший байт)	Контрольные данные (младший байт)	Контрольная сумма	Только Modbus ASCII
	Е0	08	00	00	00	АА	ХХ	<возврат каретки> <подача строки>





## 2 1.2.6. Реакции на исключительные ситуации

В факельном расходомере FGM 160 реализованы различные реакции на исключения. Некоторые из этих исключений не возникают при нормальной эксплуатации, однако коды ошибок могут быть полезны на стадии разработки при тестировании нового программного обеспечения. В ответных сообщениях на исключения ведомое устройство Modbus (FGM 160) задает значение старшего бита для кода функции равным 1. Это делает значение кода функции в ответе на исключение ровно на 80 (в шестнадцатеричной системе) больше того значения, которое должно использоваться в стандартном ответе.

Если факельный расходомер FGM 160 принимает запрос, но обнаруживает ошибку связи (во время проверки четности, контроля продольной избыточности или контроля с использованием циклического избыточного кода и т. д.), ответ не возвращается. Тогда распределенная система управления в итоге будет обрабатывать режим тайм-аута.

### Стандартные коды исключений Modbus

КОД	НАЗВАНИЕ	ОПИСАНИЕ
1	НЕДОПУСТИМАЯ ФУНКЦИЯ	Код недопустимой функции для ведомого устройства.
2	НЕДОПУСТИМЫЙ АДРЕС ДАННЫХ	Адрес данных является недопустимым для данного ведомого устройства. Если говорить более конкретно, комбинация начального адреса и количества регистров является неправильной. Значение, указанное в поле данных запроса, является *). недопустимым для данного ведомого устройства. Рассмотрим более конкретно.
3	НЕДОПУСТИМОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДАННЫХ	Код функции 3: в качестве количества регистров в запросе указано недопустимое значение. Код функции 8: значение в поле данных запроса является недопустимым. Код функции 16: в качестве количества регистров в запросе указано недопустимое значение, или значение в поле «Byte count (Количество байтов)» не соответствует значению в поле «No. of registers (Количество регистров)».

\*) : В частности, это не означает, что элемент данных, представленный для хранения в регистре, имеет значение, выходящее за ожидаемые пределы (допустимый диапазон значений) прикладной программы, поскольку протокол Modbus не учитывает смысл каждого определенного значения любого конкретного регистра.

### Код исключения, заданный компанией Fluenta

КОД	НАЗВАНИЕ	ОПИСАНИЕ
1	НЕДОПУСТИМАЯ ЗНАЧЕНИЕ РЕГИСТРА	Значение, представленное для хранения в регистре, выходит за ожидаемые пределы (допустимый диапазон значений) для факельного расходомера FGM 160.

**Примеры:** Недопустимый адрес данных в запросе (адрес 15000 (3A98 в шестнадцатеричной системе))



Запрос:

Только Modbus ASCII	Адрес ведомого устройства	Код функции	Начальный регистр данных (старший байт)	Начальный регистр данных (младший байт)	Кол-во регистров (старший байт)	Кол-во регистров (младший байт)	Контрольная сумма	Только Modbus ASCII
	E0	03	3A	98	00	02	XX	<возврат каретки> <подача строки>

Ответ:

Только Modbus ASCII	Адрес ведомого устройства	Код функции	Код исключения	Контрольная сумма	Только Modbus ASCII
	E0	83	02	XX	<возврат каретки> <подача строки>



## 2 1.2.7. Физический уровень

Электрический интерфейс Modbus в факельном расходомере FGM 160 соответствует стандарту EIA/TIA-485 (также известному как стандарт RS485). Этот стандарт позволяет использовать двухточечные и многоточечные системы с двухпроводной или четырехпроводной конфигурацией.

Максимальное расстояние передачи сигнала 1200 метров

### **Узел ведущего устройства (распределенной системы управления), совместимый с RS422**

Электрические характеристики для интерфейса RS485 указываются такие, которые также отвечают требованиям RS422.

Это позволяет использовать совместимые с интерфейсом RS485 драйверы/приемники в большинстве приложений, совместимых с интерфейсом RS422, однако обратное не обязательно является допустимым

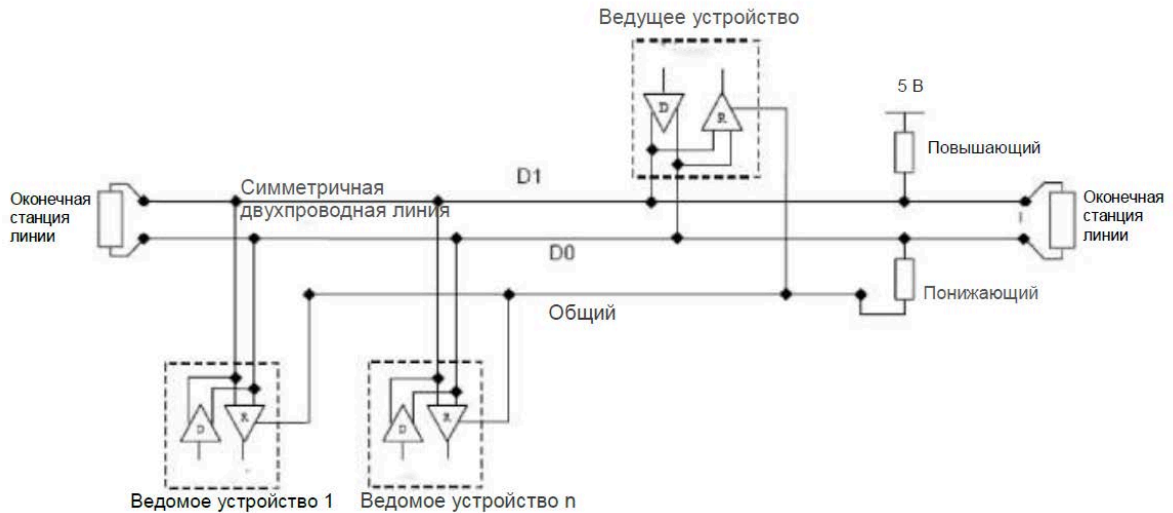
Поскольку интерфейс RS422 требует выделенной пары проводников для каждого сигнала, а именно передающую пару и приемную пару, эта совместимость применима только в четырехпроводной конфигурации. В четырехпроводных системах часто используется ведущее устройство с интерфейсом RS422 (драйвер всегда включен) и ведомые устройства с интерфейсом RS485, чтобы уменьшить сложность системы.

В четырехпроводной конфигурации факельный расходомер FGM 160 допускает обмен данными с ведущим устройством, работающим через интерфейс RS422 (распределенная система управления).

### **Двухпроводная конфигурация (конфигурация, заданная по умолчанию)**

В двухпроводной конфигурации для передачи и приема сигналов используется одна и та же пара проводов, чтобы организовать полудуплексную связь. В действительности, все устройства двухпроводной шины также должны быть объединены третьим проводником, который называют общим проводом.

Чтобы избежать конфликтов на линии связи, передавать сигнал по линии в любой момент времени разрешается только одному драйверу



**Общая двухпроводная топология**

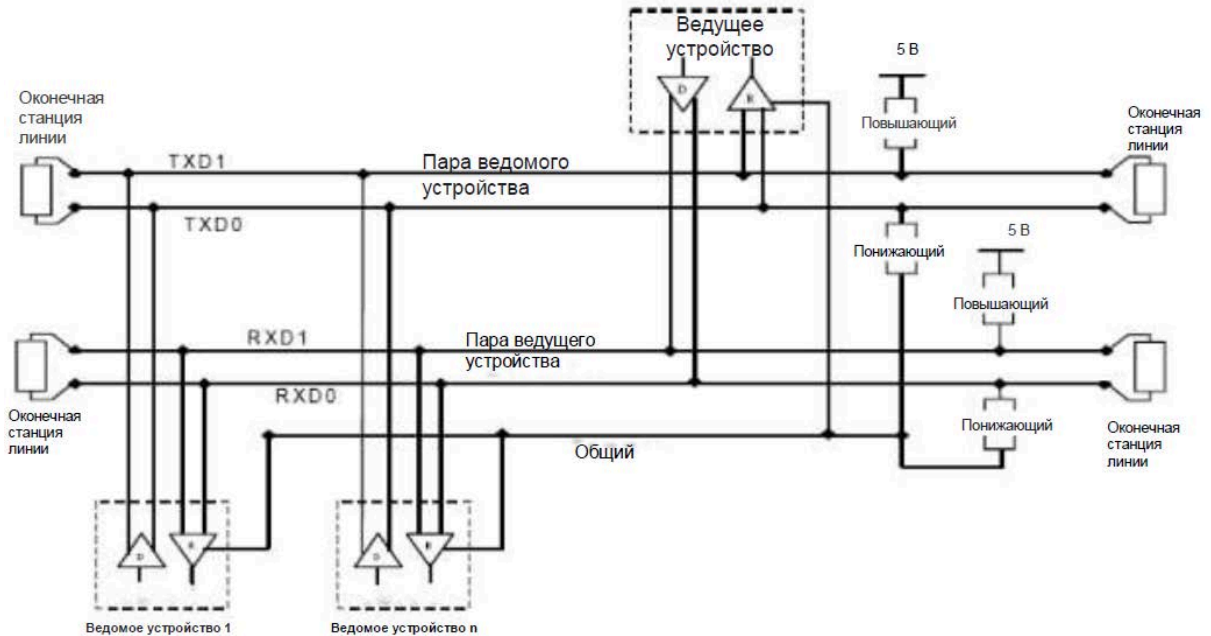
**Описание двухпроводной схемы Modbus:**

Сигнал на зажимах ведущего устройства(DCS)		Имя EIA/TIA- 485	Сигнал на клеммах ведомого устройстваFGM 160	Описание
Название	Тип			
A(-)	Выход/выход	A	DCS-T- / DCS-R-	Инvertированный сигнал ( $V_A > V_B$ «0»)
B(+)	Выход/выход	B	DCS-T+ / DCS-R+	Неинvertированный сигнал ( $V_A < V_B$ «1»)
Общий	Общий	Сигнальная земля (GND)	DCS-GND	Общий проводник

**Четырехпроводная конфигурация**

В четырехпроводной конфигурации для передачи и приема сигналов используются отдельные пары проводов, чтобы обеспечить возможность организации дуплексной связи. В действительности, все устройства четырехпроводной шины также должны быть объединены пятым проводником, который называют общим проводником.

Чтобы избежать конфликтов на линии связи в многоточечных системах, передавать сигнал по линии в любой момент времени разрешается только одному драйверу. Многоточечная система – это система, содержащая более одного драйвера ведомого устройства (т. е. система с одним ведущим устройством и двумя или более ведомыми устройствами).



Общая четырехпроводная топология

Описание четырехпроводной схемы Modbus

Сигнал на зажимах ведущего устройства(DCS)		Имя EIA/TIA- 485	Сигнал на клеммах ведомого устройстваFGM 160	Описание
Название	Тип			
T-A(-)	Выход	A	DCS-R-	Инвертированный сигнал (VA>VB>> «0»)
T-B(+)	Выход	B	DCS-R+	Неинвертированный сигнал (VA<VB>> «1»)
R-A(-)		A'	DCS-T-	Инвертированный сигнал (VA>VB>> «0»)
R-B(+)		B'	DCS-T+	Неинвертированный сигнал (VA<VB>> «1»)
Общий	Общий	Сигнальная земля (GND)	DCS-GND	Общий проводник

Четырехпроводные кабели должны пересекать две пары шин между ведущим устройством (DCS) и ведомым устройством (FGM 160). Это означает, что передающие линии (Tx) отведущего устройства должны быть подключены к приемным клеммам (Rx) ведомого устройства (FGM 160) и наоборот.

Технические характеристики кабеля

Линейный кабель последовательного интерфейса Modbus должен быть экранирован. На одном конце каждого кабеля его экран должен быть подключен к защитному заземлению.



В двухпроводной системе необходимо использовать симметричную двухпроводную линию и третий проводник в качестве общего (сигнальная земля).

В альтернативной четырехпроводной системе необходимо использовать две симметричные двухпроводные линии и третий проводник в качестве общего (сигнальная земля).

**Калибр проводов:**

Калибр провода должен быть выбран достаточно большим, чтобы позволить подобрать необходимое сочетание скорости передачи данных и длины кабеля. AWG24 (0,22 мм<sup>2</sup>) обычно достаточно.

**Характеристическое сопротивление:**

Значение выше 100 Ом может быть предпочтительным, особенно для скорости передачи данных 19200 бод и выше. Рекомендуемое характеристическое сопротивление: 120 Ом.

**Шунтирующая емкость (пФ/фут):**

Одним из факторов, ограничивающих общую длину кабеля, является емкостная нагрузка. Для систем с большой длиной кабеля целесообразно использовать кабели с низкой емкостью (<16пФ/фут).

**Длина кабеля:**

Длина непрерывного кабеля для связи по протоколу Modbus должна ограничиваться. Максимальная длина зависит от скорости передачи данных, кабеля (калибра, емкости или характеристического сопротивления), количества нагрузок последовательной цепочки и конфигурации сети (2-проводной или 4-проводной). Для максимальной скорости передачи данных 9600 бод и калибра AWG26 (или более) максимальная длина составляет приблизительно 1000 метров. (AWG26 = приблизительно 0,14 мм<sup>2</sup>)

**Заземление:**

Общий провод (сигнальная земля) должен быть подключен непосредственно к защитному заземлению, предпочтительно только к одной точке шины. Как правило, эта точка расположена вблизи ведущего устройства (распределенной системы управления).

**Оконечная станция линии:**

Для оконечной станции линии может потребоваться более высокие скорости передачи данных и большие расстояния.

Если необходимо использовать оконечные станции линии, согласующие резисторы следует разместить только на концах линии(й) связи.

Величина сопротивления согласующих резисторов должна соответствовать характеристическому сопротивлению линии связи. Обычно эта величина составляет: 120 Ом (не должна быть < 90 Ом).

**Поляризация линии:**

Для FGM 160 не требуются никакие резисторы для поляризации линии (повышающие/понижающие резисторы). Приемник RS485 (приемник Modbus распределенной системы



управления) в факельном расходомере FGM 160 имеет отказоустойчивую схему, которая обеспечивает высокий логический уровень выходного сигнала приемника, когда входы приемника разомкнуты или закорочены. Это означает, что на выходе приемника будет сигнал высокого логического уровня (пассивного уровня), если все передатчики на линии передачи отключены (имеют высокое сопротивление).

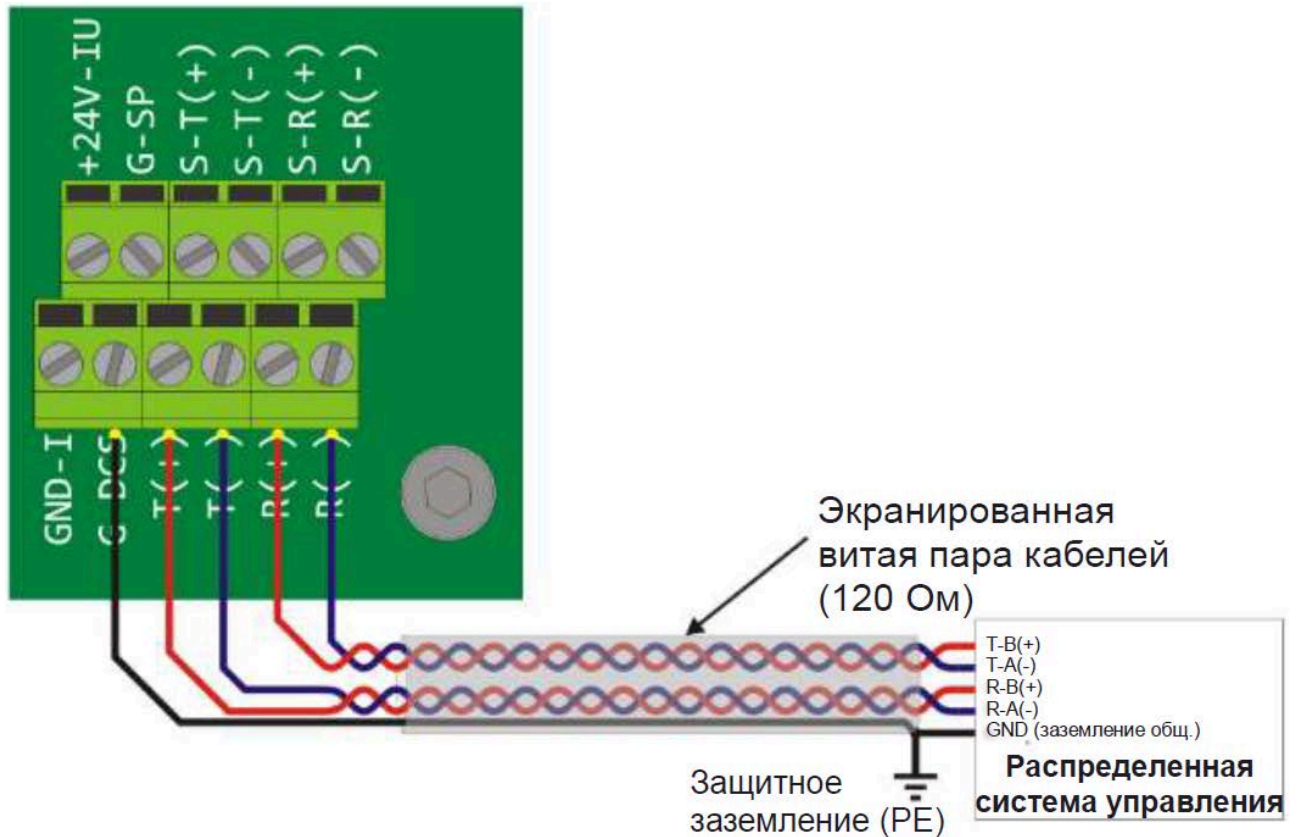
### 2 1.2.8. Визуальная диагностика

Если факельный расходомер FGM 160 оснащен дисплеем (дополнительно), состояние связи Modbus можно контролировать с помощью одного из светодиодов, расположенных ниже области отображения (светодиод связи). Другой светодиод отображает состояние электропитания, подводимого к факельному расходомеру FGM 160 (светодиод электропитания).

Индикация (цвет)	Состояние	Описание
Светодиод связи (зеленый)	Связь	Загорается во время приема или отправки пакета
Светодиод связи (красный)	Ошибка	Вспышка: нарушение связи Modbus.
Светодиод электропитания (зеленый)	Состояние	Загорается, когда питание устройства включено.

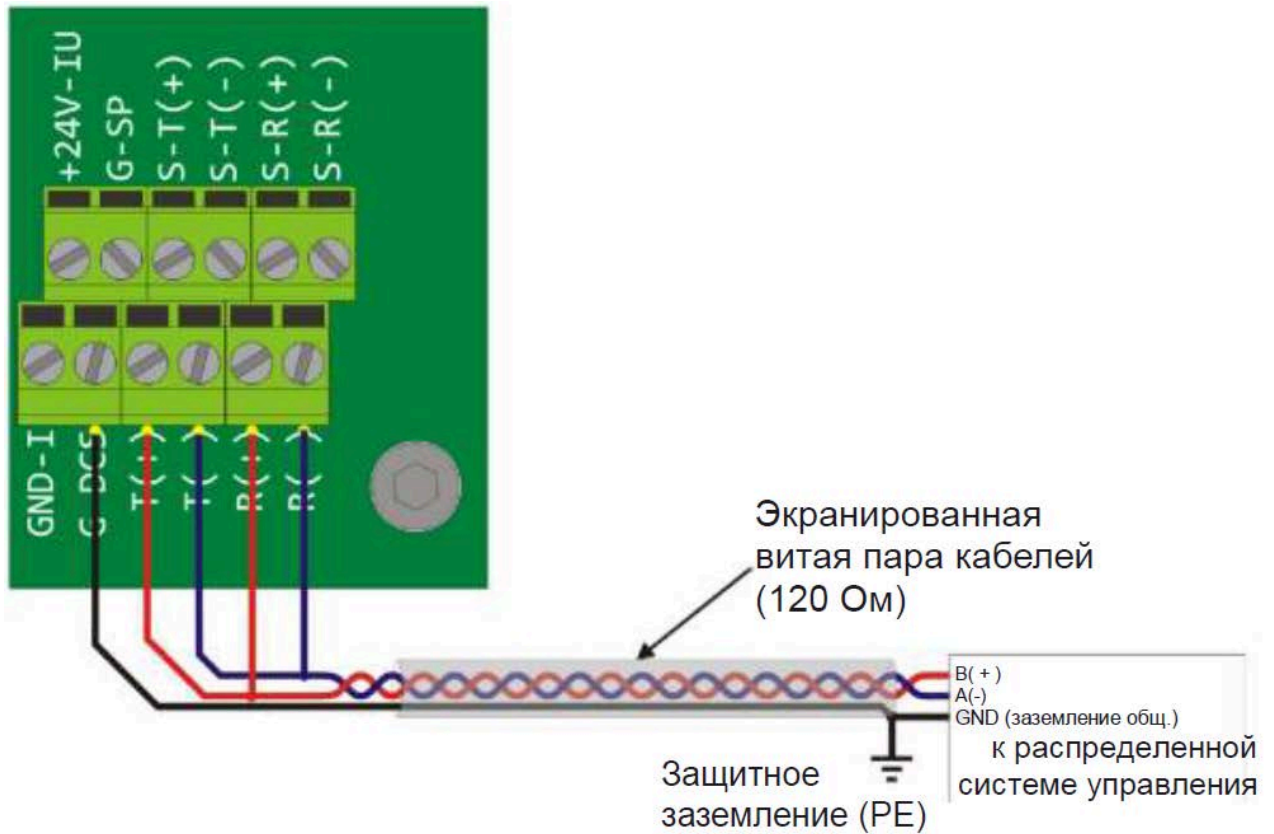
## 2 1.2.9. Схема подключения интерфейса Modbus в FGM 160

Для подключения RS485 / RS422 Modbus в факельном расходомере FGM 160 используются резьбовые клеммы



4-проводный интерфейс RS 485 между факельным расходомером FGM 160 и распределенной системой управления (DCS)

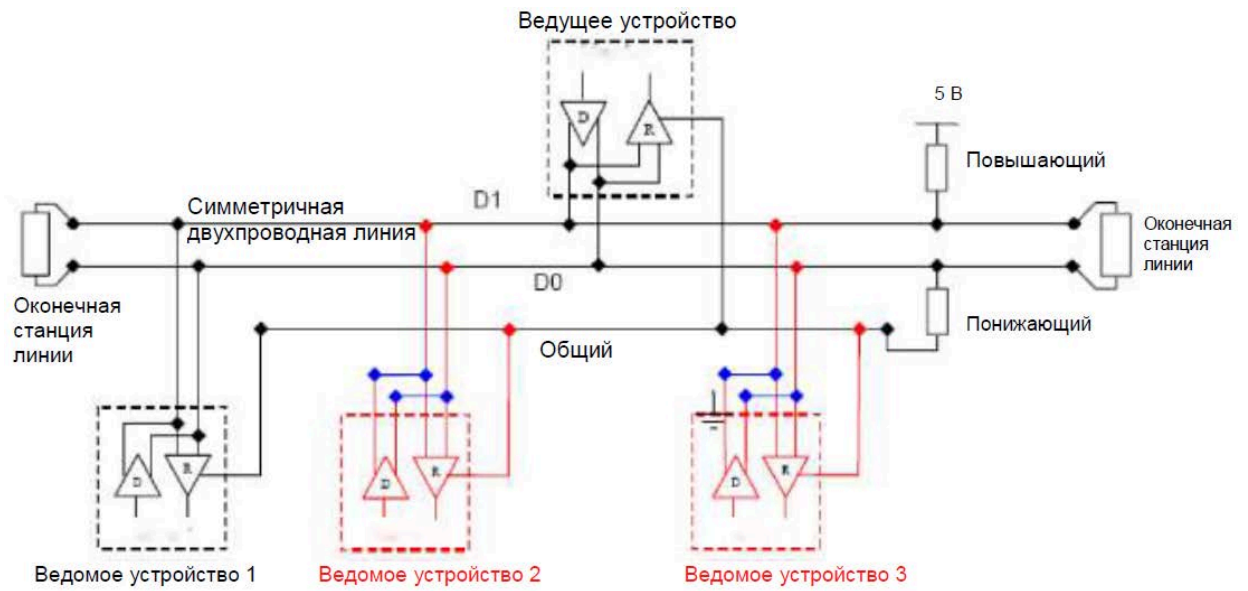




**2-проводный интерфейс RS 485 между факельным расходомером FGM 160 и распределенной системой управления (DCS)**

Для того чтобы подключить факельный расходомер FGM 160 к двухпроводному физическому интерфейсу, необходимо выполнить следующие манипуляции:

- Клемма «DCS - R-» и клемма «DCS - T-» должны быть соединены с помощью провода.
- Клемма «DCS - R+» и клемма «DCS - T+» должны быть соединены с помощью провода.



**Подключение устройств с 4-проводным интерфейсом к 2-проводной кабельной СИСТЕМЕ**