

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «ЭлМетро Групп»

_____ А.В. Жестков

«____» _____ 2011 г.

Счетчики-расходомеры массовые Элметро-Фломак

Руководство по эксплуатации
3124.0000.00 РЭ1

Челябинск, 2011.

Содержание

1. Описание и работа	5
1.1 Назначение	5
1.2 Технические характеристики	6
1.3 Комплект поставки	16
1.4 Устройство и работа расходомера	17
1.5 Маркировка	24
1.6 Упаковка	26
1.7 Обеспечение взрывозащищенности	27
2. Использование по назначению	30
2.1 Общие указания	30
2.2 Подготовка расходомера к использованию	31
2.3 Описание функционирования	46
2.4 Способы конфигурирования	47
2.5 Лицевая панель модуля процессора	48
2.6 Дисплей и кнопки	48
2.6.1 Назначение кнопок в различных режимах	48
2.6.2 Главный экран	52
2.6.3 Меню сумматора	54
2.6.4 Главное меню	54
2.7 Инструкция по работе с главным меню	55
2.8 Сообщения	56
2.8.1 Классификация сообщений	56
2.8.2 Отображение	57
2.9 Связь по Modbus	58
2.9.1 Технология Modbus	58
2.9.2 Пакет данных Modbus	59
2.9.3 Коды функций Modbus	61
2.9.4 Задержка ответа	62
2.9.5 Адреса регистров	62
2.9.6 Представление данных	62
2.9.7 Исключения Modbus	63
2.9.8 Настройка линии связи	64
2.10 Сервисная программа	66
2.11 Выходы	67
2.11.1 Цифровые выходы	67
2.11.2 Токовый выход	75
2.12 Входы	77
2.13 Микропереключатели	78
2.14 Основные единицы измерения	78

2.15 Настройка измерения	79
2.15.1 Отсечка	79
2.15.2 Линейная коррекция	79
2.15.3 Настройка вычисления приведенной плотности	80
2.15.4 Демпфирование	81
2.16. Сумматоры	82
2.17 Настройка нуля	84
2.18 Включение прибора	85
2.19 Идентификационные данные	86
3. Техническое обслуживание	88
4. Поверка	89
5. Транспортирование и хранение	89
Приложение А – Структура условного обозначения	90
Приложение Б – Габаритные и присоединительные размеры расходомера	92
Приложение В – Подключение расходомера к внешним устройствам	95
Приложение Г – Перечень ошибок внутреннего ПО	97
Приложение Д – Рисунки средств взрывозащиты	105
Приложение Е – Кабели соединительные	111
Приложение Ж – Структура меню расходомера	113
Приложение И – Список измеряемых сред	135

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) распространяется на счетчики-расходомеры массовые Элметро-Фломак (далее по тексту – расходомеры) и предназначено для изучения их устройства, принципа действия и правил эксплуатации.

В руководстве по эксплуатации приведены основные технические характеристики, указания по применению, правила транспортирования, хранения и другие сведения, необходимые для правильной эксплуатации расходомеров. При эксплуатации расходомеров дополнительно руководствоваться паспортом «Счетчики-расходомеры массовые Элметро-Фломак» 3124.0000.00 ПС».

Конструкция расходомеров постоянно совершенствуется предприятием-изготовителем, поэтому могут быть незначительные отличия от приведенного в настоящем документе описания, не влияющие на работоспособность и технические характеристики расходомеров.

1. Описание и работа

1.1 Назначение

Расходомеры предназначены для измерения массового и объемного расхода, количества жидкостей, газов, их температуры и плотности и передачи полученной информации для технологических целей и учетно-расчетных операций.

Область применения расходомеров – системы автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности, а также системы коммерческого учета.

Расходомеры предназначены для работы во взрывоопасных и взрывобезопасных условиях.

Расходомеры, предназначенные для установки и работы во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок, имеют маркировку взрывозащиты согласно главе 7.3 ПУЭ, и другим нормативным документам, регламентирующим применение электрооборудования во взрывоопасных зонах.

Расходомеры Элметро-Фломак не предназначены для эксплуатации на объектах атомной энергетики.

Расходомеры передают информацию об измеряемой величине унифицированным токовым выходным сигналом, частотно-импульсным выходным сигналом и цифровыми сигналами по стандарту коммуникации RS-485, совместимыми с протоколом Modbus RTU, который может приниматься и обрабатываться любым приемным устройством, поддерживающим протокол Modbus RTU.

Цифровой выход может также использоваться для связи преобразователя с персональным компьютером через стандартный последовательный порт и дополнительный преобразователь RS-485↔RS232, при этом может выполняться настройка расходомера, перенастройка диапазонов измерений, установка и корректировка «нуля» и ряд других операций.

Вид климатического исполнения расходомера – УХЛ 3.1 по ГОСТ 15150, но для эксплуатации при температуре окружающего воздуха от минус 40 до плюс 60°C (в комплектации с ЖКИ – от минус 20°C до 55°C), относительной влажности до 95 %, без конденсации влаги.

Условное обозначение расходомера составляется по структурной схеме, указанной в приложении А.

1.2 Технические характеристики

1.2.1 Расходомеры соответствуют требованиям ТУ 4213-025-99278829-2011, ГОСТ Р 52931-2008, комплекту конструкторской документации 3124.0000.00 и 3115.000.00. Расходомеры взрывозащищенного исполнения с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» соответствуют также требованиям ГОСТ Р 52350.0, ГОСТ Р 52350.11, с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» – ГОСТ Р 52350.0, ГОСТ Р 52350.1. Комплект рабочей и сопроводительной документации на расходомеры взрывозащищенного исполнения согласован с испытательной организацией в соответствии с ГОСТ 12.2.021. Внесение изменений и дополнений в согласованную документацию, касающихся средств взрывозащиты, материалов и других требований, регламентированных ГОСТ Р 52350.11, ГОСТ Р 52350.1, ГОСТ Р 52350.0, проводятся по согласованию с испытательной организацией согласно правилам ПБ 03-538. Серийный выпуск взрывозащищенных расходомеров осуществляется на основании свидетельства о взрывозащищенности в соответствии с правилами ПБ 03-538.

1.2.2 Диаметр условного прохода (Ду) расходомеров выбирается из следующего ряда: 4,5, 6, 8; 10, 15, 25, 32, 50, 80, 100, 150 мм.

1.2.3 Диапазоны измерения и базовые значения допускаемой погрешности измерения массового расхода в зависимости от серии и модели датчика расходомера соответствуют приведенным в таблицах 1.1а (серия КИ) и 1.1б (серия ТИ).

Таблица 1.1а Диапазоны и погрешность измерения массового расхода жидкости (датчик серии КИ)

Код датчика	Диаметр условного прохода (Ду), мм	Номинальный расход*, т/ч	Базовое значение основной допускаемой относительной погрешности	Нестабильность нуля**, т/ч	
				Исполнение А	Исполнение Б
КИ-010	10	1,5	0,2%; 0,25%; 0,5% по цифровому и частотно-импульсному выходу	0,00017	0,00025
КИ-015	15	3		0,00027	0,0004
КИ-020	20	7		0,0006	0,0009
КИ-025	25	12		0,0009	0,0014
КИ-032	32	21		0,0014	0,0021
КИ-040	40	36		0,0025	0,0038
КИ-050	50	60		0,004	0,006
КИ-080	80	150		0,013	0,02
КИ-100	100	240		0,025	0,038
КИ-150	150	450		0,069	0,1

* Номинальный расход соответствует перепаду давления на расходомере, равному 100 кПа при измерении расхода воды при температуре воды 20°C.

** Предельное допустимое значение зависит от исполнения расходомера по нестабильности нуля.

Таблица 1.16 Диапазоны и точность измерения массового расхода жидкости (датчик серии ТИ)

Код датчика	Диаметр условного прохода (Ду), мм	Номинальный расход, т/ч	Базовое значение основной допускаемой относительной погрешности	Нестабильность нуля, т/ч	
				Исполнение А	Исполнение Б
ТИ-0045	4,5	0,25	0,2%; 0,25%; 0,5% по цифровому и частотно-импульсному выходу	0,00003	0,00005
ТИ-008	8	0,8		0,00006	0,00009
ТИ-015	15	3		0,00017	0,00025

Предел основной относительной погрешности измерения массового расхода равен базовому значению, если величина расхода $\geq (2 * \text{стабильность нуля} / \text{базовое значение погрешности})$. Если расход $\leq (2 * \text{стабильность нуля} / \text{базовое значение погрешности})$, то предел основной относительной погрешности измерений равен $(2 * \text{стабильность нуля} / \text{расход}) * 100\%$.

Например, для расходомера с базовым значением погрешности 0,2% и нестабильностью нуля 0,025 т/ч (номинальный расход 240 т/ч), предел основной относительной погрешности измерения массового расхода для жидкостей равен 0,2%, если величина расхода не меньше 25 т/ч. Если расход меньше 25 т/ч, то предел основной относительной погрешности измерений равен $(2 * 0,25 / \text{расход}) * 100\%$.

1.2.4 Диапазон измерения плотности – от 700 до 1300 кг/м³.

1.2.5 Предел допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерения плотности $\Delta \rho = \pm 2 \text{ кг/м}^3$.

1.2.6 Пределы измерения температуры – от минус 60 до плюс 350 °С.

1.2.7 Предел допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерения температуры процесса (ΔT) определяется формулой:

$$\Delta T = \pm (0,9 + 0,008 * t) \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1.1)$$

где t – температура измеряемой среды, °С.

1.2.8 Предел допускаемого значения основной относительной погрешности измерения объемного расхода:

$$\delta_V = \delta_M + (\Delta \rho / \rho) * 100\%. \quad (1.3)$$

1.2.9 Расходомер имеет следующие основные выходные сигналы:

- импульсный/частотный/статусный (оптопара, 30 В, 50 мА) – 1 канал;
- частотный/статусный (оптопара, 30 В, 50 мА) – 1 канал;
- статусный (оптопара, 30 В, 50 мА, статус, сигнализация) – 1 канал;
- токовый 4-20 мА (пассивный) – 1 канал;
- цифровой интерфейс RS-485 (Modbus RTU) – 1 канал;

1.2.10 Расходомер имеет следующие входные сигналы:

- дискретные универсальные – 2 канала.

1.2.11 В зависимости от заказа может присутствовать локальный операторский интерфейс, включающий ЖКИ и кнопки, служащий для индикации значения измеряемых параметров и конфигурирования расходомера.

1.2.12 Требования к аналоговому токовому сигналу

1.2.12.1. Токовый выходной сигнал должен конфигурироваться для преобразования массового расхода, объемного расхода, плотности либо температуры.

1.2.12.2. Токовый сигнал имеет нижнее и верхнее предельные значения, соответствующие минимальному и максимальному значениям измеряемого параметра, 4 и 20 мА соответственно, или наоборот, при инверсной настройке.

1.2.12.3. Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения параметра, преобразованного в токовый выходной сигнал равны погрешности измерения параметра $\pm 0,1\%$.

1.2.12.4. Дополнительная температурная погрешность – не более $\pm 0,03\%$ на 10°C температуры окружающей среды.

1.2.12.5. Диапазон рабочих напряжений внешнего источника питания от 12 до 30 В.

1.2.12.6. Цепь токового сигнала гальванически изолирована от остальных внутренних цепей электронного преобразователя.

1.2.12.7. Токи насыщения при выходе сигнала за пределы рабочего диапазона: $20,5 \pm 0,05$ мА и $3,8 \pm 0,05$ мА.

1.2.12.8. Ток индикации неисправности: не более 3,6 мА (нижний аларм), не менее 22,5 мА (верхний аларм)

1.2.13 Характеристики частотного, импульсного и статусного выходных сигналов:

1.2.13.1. Частотный (Ч) выходной сигнал может настраиваться для соответствия массовому расходу, объемному расходу, плотности, либо температуре.

1.2.13.2. Значения частоты, соответствующие нижнему (НПИ) и верхнему пределу (ВПИ) измеряемого параметра, могут конфигурироваться в диапазоне частот от 0 до 10000 Гц.

1.2.13.3. Насыщение по частоте при выходе Ч сигнала за пределы рабочего диапазона – 110% от ВПИ.

1.2.13.4. Импульсный выходной сигнал может настраиваться для соответствия массовому расходу или объемному расходу. Длительность импульса настраивается в пределах 0,040–100 мс. Максимальная частота (уровень насыщения) импульсного сигнала - 11000 Гц.

1.2.13.5. Уровень индикации неисправности (аларм) по частотному и импульсному сигналам – 0 Гц, 12500 Гц или настраиваемый пользователем.

1.2.13.6. Максимальное напряжение коммутации составляет 30 В. Максимальный коммутируемый ток 50 мА, при этом падение напряжения на выходе ЭП расходомера составляет не более 5 В.

1.2.13.7. Цепи сигналов гальванически изолированы от остальных внутренних цепей электронного преобразователя.

1.2.14 Требования к дискретным входам:

1.2.14.1. Тип сигнала – потенциальный любой полярности:

- уровень логического «нуля» – не более 5 В;
- уровень логической «единицы» – не менее 10 В.

1.2.14.2. Максимально допустимое напряжение любой полярности – не более 30 В.

1.2.14.3. Цепи сигналов гальванически изолированы от остальных внутренних цепей электронного преобразователя.

1.2.15 Требования к цифровому интерфейсу RS-485:

1.2.15.1. Скорость двоичной передачи составляет до 115200 бод (конфигурируется), с одним стоповым битом, с/без контроля четности (настраивается).

1.2.15.2. Протокол передачи соответствует Modbus RTU, команды и назначение регистров описаны в разделе «Связь по Modbus» (п. 2.9).

1.2.16 Характеристики локального операторского интерфейса (ЖКИ + клавиатура) – при наличии его в составе модуля процессора:

1.2.16.1. Расходомеры имеют локальный операторский интерфейс, включающий графический дисплей с подсветкой с жидкокристаллическим экраном 128х64 пиксел, с двумя емкостными кнопками управления и светодиодами состояния расходомера и статуса кнопок.

1.2.16.2. ЖКИ имеет возможность поворота на модуле на ± 90 градусов. Возможность поворота изображения на ЖКИ на 180° реализована программно.

1.2.16.3. На ЖКИ выводятся текущие значения массового, объемного расхода, суммарной массы и объема, плотности и температуры.

1.2.16.4. На ЖКИ выводится мнемоника технических единиц пользователя, в которых измеряется массовый, объемный расход, суммарная масса, объем, плотность и температура. Единицы измерения приведены в таблице 1.2.

1.2.16.5. Вывод информации на экран возможен на русском и английском языках. Язык интерфейса выбирается пользователем.

1.2.16.6. На ЖКИ выводятся диагностические сообщения, которые могут быть использованы при поиске неисправностей (см. п.2.8).

1.2.16.7. Клавиатура емкостного типа 2-х кнопочная функционирует в отсутствии конденсата на стекле в том же температурном диапазоне, что и ЖКИ.

Таблица 1.2 – Обозначения единиц измерения на ЖКИ

Единица измерения	Представление на дисплее ЖКИ		Описание единицы измерения
	Рус.	Eng.	
Массовый расход			
г/с	г/с	g/s	грамм в секунду
г/мин	г/мин	g/min	грамм в минуту
г/ч	г/ч	g/h	грамм в час
кг/с	кг/с	kg/s	килограмм в секунду
кг/мин	кг/мин	kg/min	килограмм в минуту
кг/ч	кг/ч	kg /h	килограмм в час

Продолжение таблицы 1.2

Единица измерения	Представление на дисплее ЖКИ		Описание единицы измерения
	Рус.	Eng.	
т/с	т/с	t /s	тонна в секунду
т/мин	т/мин	t/min	тонна в минуту
т/ч	т/ч	t /h	тонна в час
Объемный расход			
см ³ /с	см ³ /с	cm ³ /s	кубический сантиметр в секунду
см ³ /мин	см ³ /мин	cm ³ /min	кубический сантиметр в минуту
см ³ /ч	см ³ /ч	cm ³ /h	кубический сантиметр в час
л/с	л/с	l/s	литр в секунду
л/мин	л/мин	l/min	литр в минуту
л/ч	л/ч	l/h	литр в час
м ³ /с	м ³ /с	m ³ /s	кубический метр в секунду
м ³ /мин	м ³ /мин	m ³ /min	кубический метр в минуту
м ³ /ч	м ³ /ч	m ³ /h	кубический метр в час
Масса			
г	г	g	грамм
кг	кг	kg	килограмм
т	т	t	тонна
Объем			
см ³	см ³	cm ³	сантиметр кубический
л	л	l	литр
м ³	м ³	m ³	метр кубический
Плотность			
г/см ³	г/см ³	g/cm ³	грамм на сантиметр кубический
кг/л	кг/л	kg/l	килограмм на литр
кг/м ³	кг/м ³	kg/m ³	килограмм на метр кубический
Температура			
°С	°С	°C	градусы Цельсия
К	К	K	Кельвины
Приведенная плотность			
г/нсм ³	г/нсм ³	g/Ncm ³	грамм на нормализованный сантиметр кубический
кг/нл	кг/нл	kg/Nl	килограмм на нормализованный литр
кг/нм ³	кг/нм ³	kg/Nm ³	килограмм на нормализованный метр кубический

Продолжение таблицы 1.2

Единица измерения	Представление на дисплее ЖКИ		Описание единицы измерения
	Рус.	Eng.	
Приведенный объемный расход			
нсм ³ /с	нсм ³ /с	Ncm ³ /s	нормализованный кубический сантиметр в секунду
нсм ³ /мин	нсм ³ /мин	Ncm ³ /min	нормализованный кубический сантиметр в минуту
нсм ³ /ч	нсм ³ /ч	Ncm ³ /h	нормализованный кубический сантиметр в час
нм ³ /с	нм ³ /с	Nm ³ /s	нормализованный кубический метр в секунду
нм ³ /мин	нм ³ /мин	Nm ³ /min	нормализованный кубический метр в минуту
нм ³ /ч	нм ³ /ч	Nm ³ /h	нормализованный кубический метр в час
нл/с	нл/с	NI/s	нормализованный литр в секунду
нл/мин	нл/мин	NI/min	нормализованный литр в минуту
нл/ч	нл/ч	NI/h	нормализованный литр в час

1.2.17 Расходомеры являются устойчивыми к воздействию температуры окружающего воздуха в диапазоне от минус 40 до плюс 60 °С, ЭП с ЖКИ – от минус 20 °С до плюс 55 °С.

1.2.18 Расходомеры являются стойкими к воздействию повышенной влажности (95±3)% при температуре плюс 35°С и более низких температурах без конденсации влаги.

1.2.19 Расходомеры являются стойкими к воздействию атмосферного давления в диапазоне от 84,0 до 106,7 кПа согласно группе исполнения Р1 по ГОСТ Р 52931.

1.2.20 Расходомеры устойчивы к воздействию вибрации, соответствующей группе N3 по ГОСТ Р 52931.

1.2.21 Расходомеры являются устойчивыми к воздействию переменных магнитных полей сетевой частоты напряженностью до 40 А/м.

1.2.22 Расходомеры соответствуют по электромагнитной совместимости (ЭМС) требованиям ГОСТ Р 51522-99 к оборудованию класса А.

1.2.23 Расходомеры являются устойчивыми к параметрам измеряемых сред, список которых приведен в Приложении И.

1.2.23.1. Диапазон температур измеряемой среды:

от минус 60°С до плюс 125°С – код температурного исполнения датчика Н,

от минус 60°С до плюс 200°С – код температурного исполнения датчика С,

от минус 60°С до плюс 350°С – код температурного исполнения датчика В.

1.2.23.2. Диапазон температур измеряемой среды в зависимости от вида монтажа ЭП (таблица 1.3).

Таблица 1.3

Исполнение расходомера (монтаж датчика и ЭП)	Возможные коды температурного исполнения датчика
Интегральное	Н
Раздельное	Н / С / В
Выносное	Н
Раздельно-выносное	Н / С / В

1.2.24 Изменение выходного сигнала измерения расхода среды (оцениваемое по цифровому интерфейсу или частотно-импульсному сигналу), вызванное отклонением температуры измеряемой среды и окружающей среды, не превышает $\pm 0,025\%$ от номинального значения расхода (таблицы 1.1а, 1.1б) на каждые 10°C .

Примечание – Влияние температуры измеряемой среды определяется как максимальный сдвиг «нуля», вызванный отклонением температуры измеряемой среды от точки определения «нуля» расхода. Эффект влияния температуры может быть скорректирован процедурой установки «нуля» (п. 2.17) при текущей температуре измеряемой среды.

1.2.25 Изменение выходного сигнала измерения плотности среды (оцениваемое по цифровому интерфейсу или частотно-импульсному сигналу), вызванное отклонением температуры измеряемой среды и окружающей среды, не превышает значения основной абсолютной погрешности измерения плотности на каждые 10°C .

1.2.26 Давление измеряемой среды – не более 4 МПа, 7,5 МПа или 25 МПа в зависимости от исполнения.

1.2.26.1. Датчик расходомера является прочным и герметичным при давлениях измеряемой среды, указанных в п. 1.2.26.

1.2.26.2. Изменение выходного сигнала расхода, вызванное отклонением давления измеряемой среды, не превышает значений, указанных в таблице 1.4, в % от текущего значения расхода на каждые 100 кПа.

Таблица 1.4

Модели датчика	Изменение выходного сигнала, %
ТИ-0045/008/015	$\pm 0,015$
КИ-010/015/020/025	$\pm 0,015$
КИ -032/050/080/100/150	$\pm 0,02$

Примечание – изменение выходного сигнала, соответствующего нулевому расходу, может быть скорректировано в рабочих условиях установкой нуля (п. 2.17).

1.2.27 Габаритные, установочные и присоединительные размеры соответствуют размерам, приведенным в приложении Б.

1.2.28 Детали и сборочные единицы расходомеров изготавливаются из материалов, приведенных в таблице 1.5

Таблица 1.5 – Материалы деталей

Деталь или сборочная единица	Материал
Фитинги и трубки датчика, соприкасающиеся с измеряемой средой	316L или 12X18H10T
Корпус датчика	304L или 12X18H10T
Корпуса измерительного модуля, модуля процессора и клеммной коробки	Литой алюминий с содержанием магния менее 0.3%
Прокладки	Паронит ПОН или ПОН-А

1.2.29 Расходомеры работают при двух вариантах напряжения питания электронного преобразователя (ЭП): переменное частотой 50 ± 1 Гц, постоянное.

1.2.29.1. Встроенный блок питания ЭП обеспечивает автоматическое переключение вышеуказанных режимов питания.

1.2.29.2. Допустимые диапазоны напряжения питания, приведены в таблице 1.6

Таблица 1.6

Вариант источника питания	Напряжение электропитания расходомера, В	
	Нижний предел напряжения $U_{\min}$	Верхний предел напряжения $U_{\max}$
Переменное напряжение частотой 50 ± 1 Гц	80	264
Постоянное напряжение	20	140

1.2.30 Максимальная потребляемая мощность расходомеров не превышает 12 ВА.

1.2.31 Электрическая изоляция между электрическими цепями питания ЭП, с одной стороны, и корпусом, всеми другими входными и выходными цепями модуля процессора или электронного преобразователя в целом (при коде исполнения Р), с другой стороны, при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности 30-80% выдерживает напряжение переменного тока 1500 В (среднеквадратичное значение) частотой от 50 до 60 Гц в течение 1 мин.

1.2.32 Электрическая изоляция между независимыми электрическими цепями (кроме цепи питания) электронного преобразователя, а также между этими цепями и корпусом при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности 30-80% выдерживает напряжение переменного тока 500 В (среднеквадратичное значение) частотой от 50 до 60 Гц в течение 1 мин.

1.2.33 Электрическое сопротивление изоляции между независимыми электрическими цепями расходомеров, а также между этими цепями и корпусом не менее:

- 1) при нормальных климатических условиях – 40 МОм;
- 2) при верхнем значении температуры (плюс 60°C) – 10 МОм;
- 3) при повышенной влажности ($95 \pm 3\%$) – 5 МОм.

1.2.34 Расходомеры по защищенности от воздействия окружающей среды (пыли и воды) соответствуют по ГОСТ 14254 исполнению:

- IP67 (датчик);
- IP65 (электронный преобразователь).

1.2.35 Требования по надежности

Надежность в условиях и режимах эксплуатации, установленных в ТУ 4213-025-99278829-2011, характеризуется следующими значениями:

- средняя наработка на отказ – не менее 60000 ч;
- среднее время восстановления – не более 8 ч;
- средний срок службы – не менее 12 лет.

Примечание – отказом расходомеров считают несоответствие их требованиям п. 1.2.3.

1.2.36 Масса конструктивных частей расходомеров.

1.2.36.1. Масса датчиков не превышает значений, приведенных в таблице 1.7.

Таблица 1.7

Модель датчика	Масса датчика, не более, кг	
	с разъемом для кабеля	с клеммной коробкой
ТИ-0045	4	6
ТИ-008	5	7
ТИ-015	6	8
КИ-010	8	10
КИ-015	13	14
КИ-020	16	18
КИ-025	17	18
КИ-032	21	23
КИ-050	38	39
КИ-080	70	72
КИ-100	220	222
КИ-150	399	400

1.2.36.2. Масса измерительного модуля (ИМ) не должна превышать 1,5 кг.

1.2.36.3. Масса модуля процессора (МП) не должна превышать 4 кг

1.2.36.4. Для исполнения **И** совокупная масса конструктивно соединенных датчика, измерительного и процессорного модуля не должна превышать суммы масс модулей (п.п.1.2.35.2, 1.2.35.3) и датчика (таблица 1.7) по колонке «с разъемом для кабеля».

1.2.36.5. Для исполнения **Р** масса датчика не должна превышать значений указанных в таблице 1.8. Совокупная масса конструктивно соединенных ИМ и МП не должна превышать массы МП, указанной в п.1.2.35.3.

1.2.36.6. Для исполнения **В** совокупная масса конструктивно соединенных Д и ИМ не должна превышать массу датчика, указанную в таблице 1.7 в колонке «с клеммной коробкой». Масса МП не должна превышать значения, указанного в п. 1.2.35.3.

1.2.36.7. Для исполнения **РВ** масса датчика не должна превышать значений указанных в таблице 1.7. Масса ИМ не должна превышать значения указанного в п.1.2.35.2. Масса МП не должна превышать значения, указанного в п. 1.2.35.3.

1.2.37 Расходомеры в транспортной таре являются прочными к воздействию вибрации по группе F3 согласно ГОСТ Р 52931-2008.

1.2.38 Расходомеры в транспортной таре являются прочными к воздействию температуры в диапазоне от минус 50 (с ЖКИ – от минус 30°C) до плюс 70 °C.

1.2.39 Расходомеры в транспортной таре являются прочными к воздействию относительной влажности воздуха (95 ± 3) % при температуре плюс 35°C.

1.3 Комплект поставки

1.3.1 Комплект поставки расходомера соответствует приведенному в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Комплект поставки

Наименование	Количество
Расходомер	1
Паспорт 3124.0000.00 ПС	1
Руководство по эксплуатации 3124.0000.00 РЭ	1
Методика поверки 3124.0000.00 МП	1
Комплект монтажных частей	1 (по заказу)
ПО ПК конфигурирования расходомера, диск	1
Упаковка	1

1.3.2 По требованию заказчика в комплект поставки может входить комплект кабелей и кабельных вводов, поставляемых за отдельную плату.

1.4 Устройство и работа расходомера

1.4.1 Расходомер состоит из датчика и электронного преобразователя (ЭП).

1.4.2 ЭП состоит из измерительного модуля (ИМ) и модуля процессора (МП).

1.4.3 Датчик имеет клеммы или разъем для подключения к измерительному модулю.

1.4.4 Измерительный модуль имеет клеммы для подключения к датчику и модулю процессора.

1.4.5 В зависимости от исполнения части расходомера могут быть конструктивно объединены (исполнение И) или соединяться линиями связи (исполнения Р, В, РВ).

1.4.5.1 Интегральное исполнение (И).

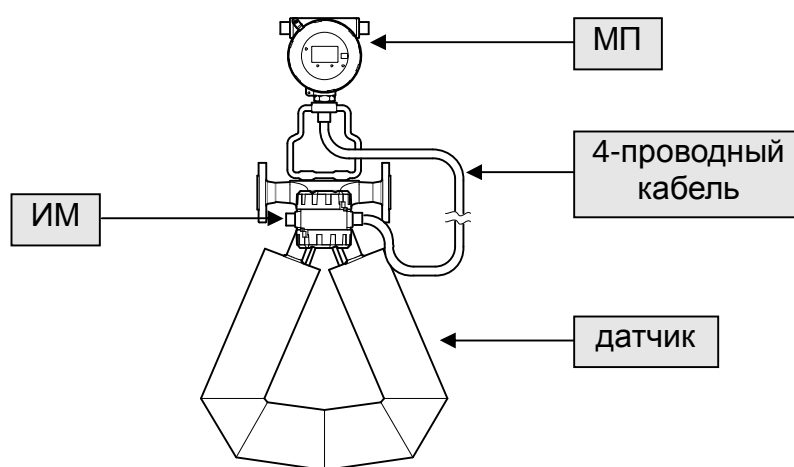


Рисунок 1.1 Интегральное исполнение

При интегральном исполнении ИМ и МП закреплены на корпусе датчика. Однако ИМ и МП соединяются кабелем, который может быть помещен в металлорукав для защиты от механических воздействий. Кабель поставляется в составе расходомера. При выпуске из производства кабель подключен к МП. Кабель подключается к ИМ на месте эксплуатации.

1.4.5.2 Раздельное исполнение (Р).

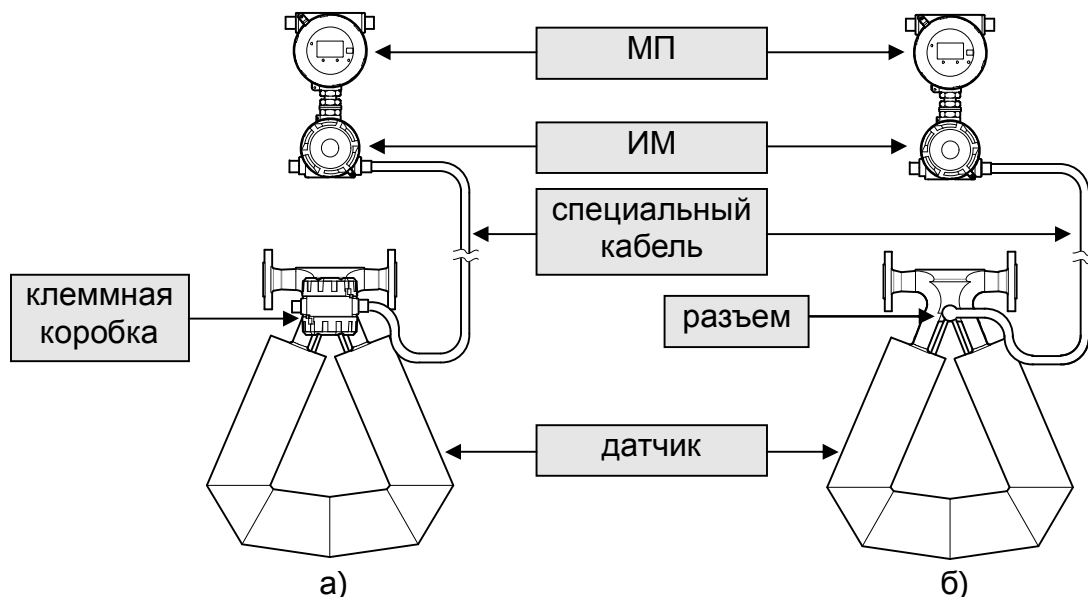


Рисунок 1.2 Раздельное исполнение

а) датчик оснащен клеммной колодкой; б) датчик оснащен разъемом

При раздельном исполнении ИМ и МП жестко соединены и размещаются отдельно от датчика. Датчик подключается к ИМ специальным кабелем, который поставляется в составе расходомера. Характеристики кабеля приведены в приложении Е. Максимальная длина кабеля 30 м. Кабель небронированный, может быть помещен в металлорукав.

В измерительном модуле кабель монтируется на клеммную колодку при установке расходомера на месте эксплуатации.

В зависимости от датчика кабель может подключаться к нему через разъем или клеммную колодку, расположенную в клеммной коробке, которая закреплена на корпусе датчика. Разъем монтируется на кабель при изготовлении расходомера.

1.4.5.3 Выносное исполнение (В).

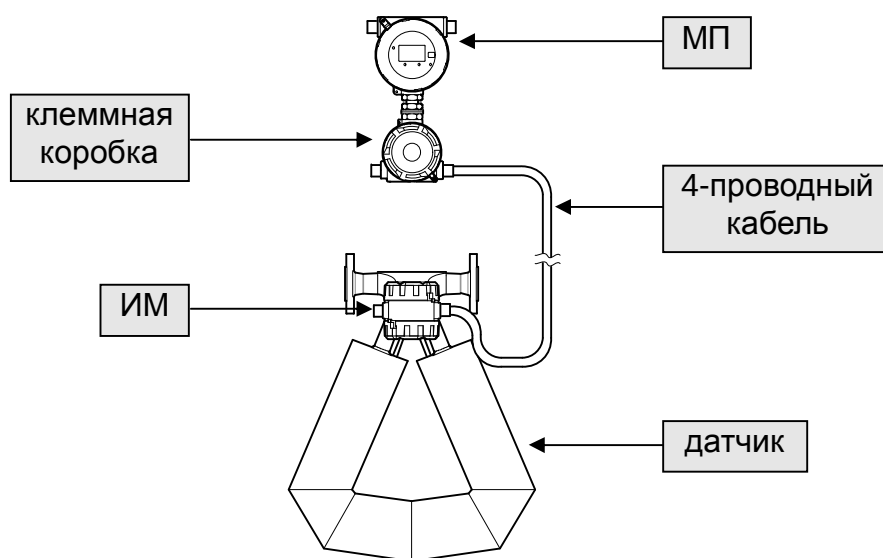


Рисунок 1.3 Выносное исполнение

При выносном исполнении ИМ закреплен на корпусе датчика. МП размещен отдельно и подключается к ИМ 4-проводным кабелем. Кабель может быть поставлен в составе расходомера. При самостоятельном выборе кабеля следует руководствоваться требованиями в приложении Е. Максимальная длина кабеля 100 м. Допускается применение бронированного кабеля.

Кабель монтируется в клеммные колодки как на стороне ИМ так и на стороне МП при установке расходомера.

1.4.5.4 Раздельно-выносное исполнение (РВ).

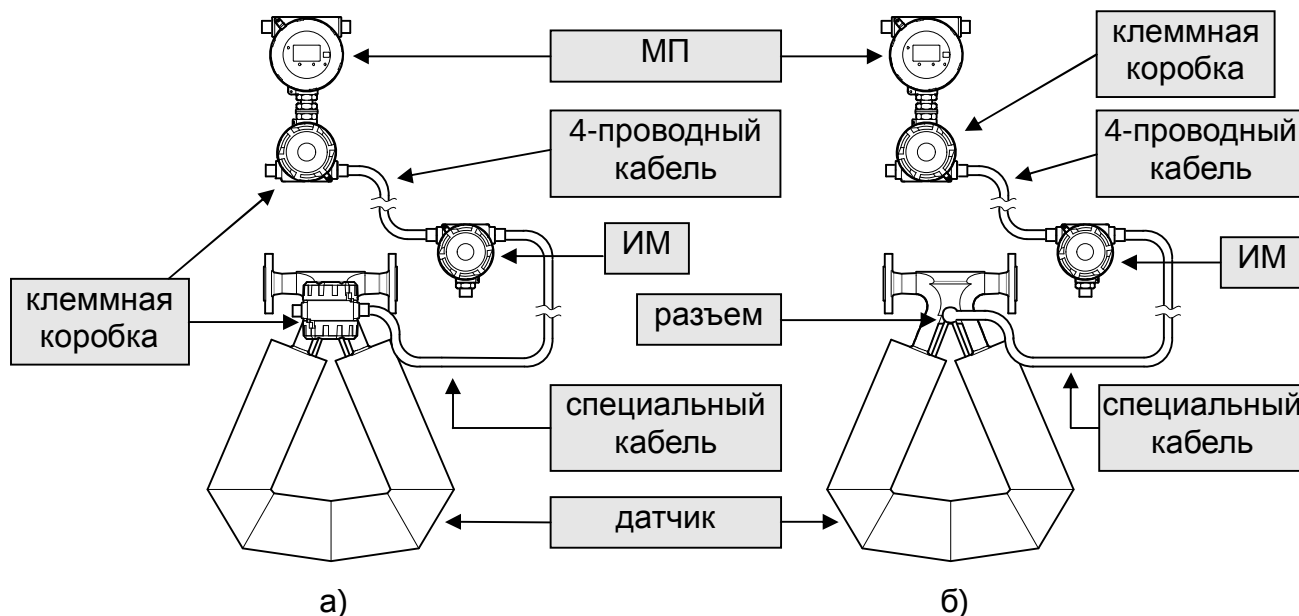


Рисунок 1.4 Раздельно-выносное исполнение

а) датчик оснащен клеммной колодкой; б) датчик оснащен разъемом.

При раздельно-выносном исполнении все части расходомера размещаются отдельно. ИМ подключается к Д специальным кабелем, который поставляется в составе расходомера. Характеристики кабеля приведены в приложении Е. Максимальная длина кабеля 30 м. Кабель может быть помещен в металлорукав.

В ИМ кабель монтируется на клеммную колодку при установке расходомера.

В зависимости от датчика кабель может подключаться к нему через разъем или клеммную колодку, расположенную в клеммной коробке, которая закреплена на корпусе датчика. Разъем монтируется на кабель при изготовлении расходомера.

МП размещен отдельно и подключается к ИМ 4-проводным кабелем, который может быть поставлен в составе расходомера. При самостоятельном выборе кабеля следует руководствоваться требованиями в приложении Е. Максимальная длина кабеля 100 м. Допускается применение бронированного кабеля. Кабель монтируется в клеммные колодки как на стороне ИМ так и на стороне МП.

1.4.5.5 Назначение исполнений

Исполнение **И** является наиболее компактным конструктивом расходомера, но не позволяет работать с высокотемпературными средами (см. табл. 1.3).

Исполнение **Р** позволяет измерять расход высокотемпературных сред, так как ЭП отнесен от датчика. Максимальное расстояние ЭП-Д составляет 30 м.

Исполнение **В** позволяет отнести МП с ЖКИ и кнопками в более удобное для настройки и контроля место (на расстояние до 100 м от датчика). Однако имеется

ограничение по температуре измеряемой среды (см. табл.1.3), так как электроника ИМ остается на датчике.

Исполнение **РВ** позволяет работать с высокотемпературными средами и одновременно установить МП с ЖКИ и кнопками в более удобное для настройки и контроля место (на расстояние до 100 м от датчика).

1.4.6 Для обеспечения питания и подключения внешних устройств в модуле процессора имеются клеммы (рисунок В.1 Приложение В).

1.4.7 В зависимости от комплектации в корпусе модуля процессора может быть установлен ЖКИ и сенсорные кнопки.

1.4.8 На корпусе модуля процессора, измерительного модуля и клеммных коробок имеется клемма с винтом для заземления.

1.4.9 Измерение расхода.

Расходомерная труба внутри корпуса датчика колеблется с собственной частотой (рисунок 1.5). Труба приводится в движение электромагнитной катушкой, расположенной в центре изгиба трубы (катушка возбуждения). Колебания трубы подобны колебаниям камертона и имеют амплитуду менее 1 мм и частоту в диапазоне 80 – 120 Гц.

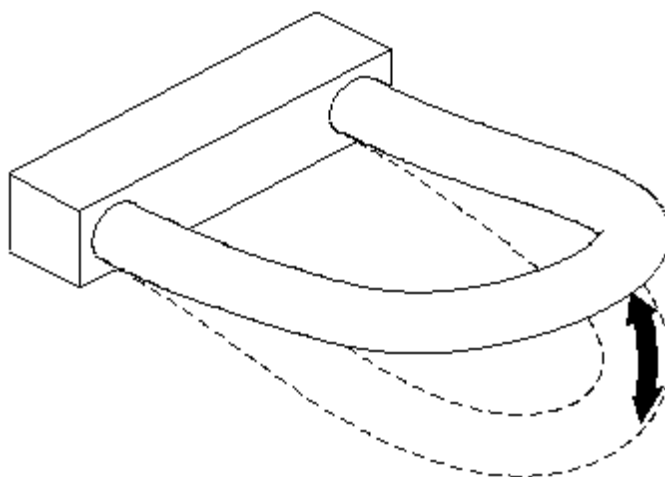


Рисунок 1.5 – Колебания трубы датчика

Измеряемой среде, проходящей через трубу, придается вертикальная составляющая движения вибрирующей трубы. При движении трубы вверх во время первой половины цикла колебания (рисунок 1.6) жидкость, втекающая в трубу, создает сопротивление движению вверх, давя на трубу вниз. Поглотив вертикальный импульс при движении вокруг изгиба трубы, жидкость, вытекающая из трубы, сопротивляется уменьшению вертикальной составляющей движения, толкая трубу вверх (рисунок 1.6). Это приводит к закручиванию трубы (рисунок 1.7). Когда труба движется вниз во время второй половины цикла колебания, она закручивается в противоположную сторону. Это закручивание называется эффектом Кориолиса.

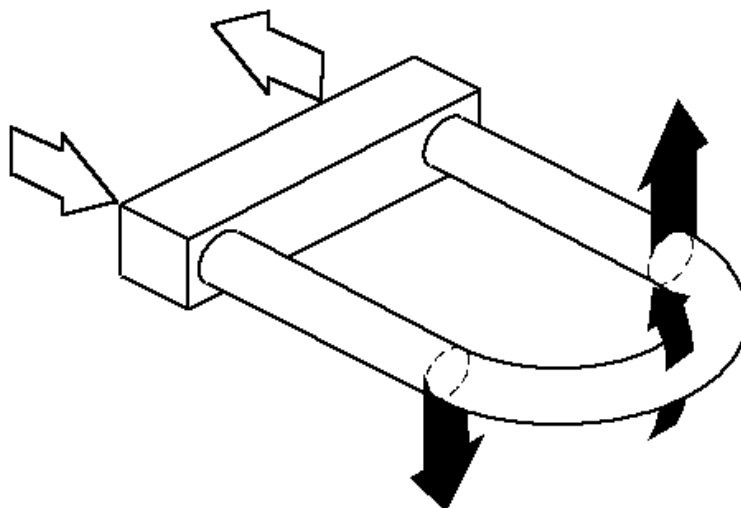


Рисунок 1.6 – Силы, действующие на трубу при движении вверх

Исходя из второго закона Ньютона, угол закручивания трубы датчика прямо пропорционален количеству жидкости, проходящей через трубу в единицу времени. Электромагнитные катушки-детекторы, расположенные с каждой стороны трубы, снимают сигнал, соответствующий колебаниям трубы. Массовый расход определяется путем измерения временной задержки между сигналами детекторов. При отсутствии потока закручивания трубы не происходит, и между сигналами детекторов нет временной разности.

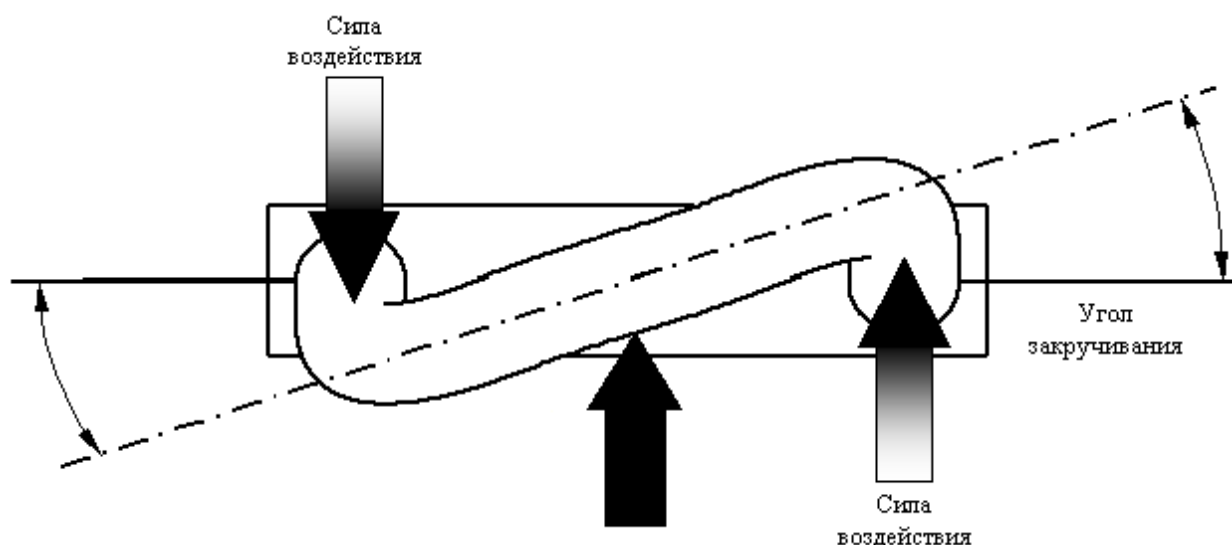


Рисунок 1.7 – Труба датчика и пара сил, приводящая ее к закручиванию

При наличии потока труба закручивается, при этом возникает разность по времени в поступлении двух сигналов по скорости. Эта разница во времени прямо пропорциональна массовому расходу.

Для измерения температуры протекающей среды, а также для вычисления приведенной плотности и приведенного объемного расхода внутри корпуса расходомера к трубке прикреплен датчик температуры (ТСП).

1.4.10 Выбор типоразмера расходомера.

Одним из важнейших условий штатной работы расходомера и получения достоверных результатов измерений расхода измеряемой среды является выбор оптимального типоразмера расходомера, основными критериями которого служат:

– соответствие исходных данных, приведенных в технических требованиях по

установке расходомера, реальным технологическим параметрам (диапазон реальных расходов, перепад давления в магистрали);

- диаметр условного прохода (Ду) трубопровода магистрали;
- оценка дополнительных гидравлических потерь;
- наличие в магистрали элементов автоматики и регулирования.

При анализе технических требований на установку расходомера необходимо располагать сведениями о реальных параметрах измеряемой среды в трубопроводе и рассматривать их в комплексе, учитывая тепловую нагрузку на объект и температурный график (для систем теплоснабжения), количество водоразборных устройств (для систем горячего и холодного водоснабжения) и режимы потребления.

Ду трубопровода зачастую значительно больше Ду монтируемого расходомера, поскольку реальные расходы, как правило, меньше расчетных величин, а динамический диапазон расходомера достаточно велик для проведения измерений в широкой области расходов. Поэтому нельзя отождествлять диаметр условного прохода трубопровода с диаметром условного прохода расходомера.

При разных Ду трубопровода и расходомера для установки последнего в магистраль могут быть использованы конические переходники. Центральный угол конуса не должен превышать 30 градусов. При этом обеспечиваются минимальные потери давления в трубопроводе.

При оценке дополнительных гидравлических потерь, обусловленных установкой расходомера, важными показателями являются значения располагаемого напора и перепада давления в трубопроводе. Меньшее сопротивление имеет расходомер, диаметр условного прохода которого ближе к диаметру условного прохода трубопровода, но при соблюдении рекомендаций на установку преобразователя и обеспечении высокого качества монтажных работ разница гидравлических потерь смежных по типоразмеру расходомеров весьма невелика.

Выбирая расходомер, необходимо также учитывать наличие в системе элементов автоматики и регулирования, поскольку при регулировании может возникнуть такой режим, когда расход энергоносителя может оказаться в области минимального расхода (или ниже его) для выбранного типоразмера расходомера.

Таким образом, принимая во внимание вышеизложенное и учитывая погрешность измерений (таблицы 1.1а и 1.1б), необходимо стремиться, чтобы реальный расход контролируемой жидкости находился во второй трети диапазона расхода для выбранного типоразмера расходомера.

1.4.11 Выбор варианта исполнения.

После выбора допустимого Ду (п.1.4.11), следует пользоваться таблицей 1.9 определить список доступных датчиков для данного Ду и список доступных исполнений для этих датчиков. Далее пользуясь информацией п.1.4.5 и технологическими параметрами процесса следует выбрать из списка наиболее подходящее исполнение.

1) Раздельно-выносное – РВ.

Измерительный модуль размещается отдельно от датчика – это позволяет измерять расход среды с температурой выше 125 °С. Измерительный модуль может быть отнесен от датчика на расстояние до 30м. ИМ соединяется с датчиком небронированным кабелем. Также кабель может быть уложен в металлорукав.

Модуль процессора размещается отдельно от измерительного модуля. Максимальная длина кабеля составляет 100м. Это позволяет разместить МП во взрывобезопасной зоне. Также модуль процессора можно разместить в удобном для обслужи-

вания месте, например в диспетчерской. Допустимо использовать бронированный кабель.

Таблица 1.9 Варианты исполнения расходомера в соответствии с Ду.

Ду, мм	Модель датчика	Тип соединения, Р – разъем, КК – клеммная колодка	Допустимые исполнения			
			РВ	Р	В	И
4,5	ТИ-0045	Р	+	+	–	–
8	ТИ-008	Р	+	+	–	–
10	КИ-010	Р	+	+	–	–
15	ТИ-015	Р	+	+	–	–
	КИ-015	КК	+	+	+	+
20	КИ-020	КК	+	+	+	+
25	КИ-025	КК	+	+	+	+
32	КИ-032	КК	+	+	+	+
40	КИ-040	КК	+	+	+	+
50	КИ-050	КК	+	+	+	+
80	КИ-080	КК	+	+	+	+

2) Раздельное – Р.

Измерительный модуль размещается отдельно от датчика – это позволяет измерять расход среды с температурой выше 125°C. Модуль процессора и измерительный модуль конструктивно объединены. Электронный преобразователь соединяется с датчиком линией связи длиной до 30м. ИМ соединяется с датчиком небронированным кабелем. Также кабель может быть уложен в металлорукав.

3) Выносное – В.

Измерительный модуль крепится на датчике. Модуль процессора соединен с измерительным модулем линией связи длиной до 100м (кабель может быть бронированным). Это позволяет разместить МП во взрывобезопасной зоне. Также модуль процессора можно разместить в удобном для обслуживания месте, например в диспетчерской.

ВНИМАНИЕ: При измерении потока среды с температурой ниже минус 40°C или выше 80°C, температура корпуса измерительного модуля не должна опускаться ниже минус 40°C и подниматься выше 80°C.

4) Интегральное – И.

Измерительный модуль и модуль процессора крепятся на датчике. Если нет необходимости в раздельном размещении, такая конструкция позволяет избежать прокладки линий связи между частями расходомера и организации крепления для ИМ и МП. Также такое исполнение имеет минимальную цену при прочих равных условиях.

ВНИМАНИЕ: При измерении потока среды с температурой ниже минус 40°C или выше 80°C, температура корпуса измерительного модуля не должна опускаться ниже минус 40°C и подниматься выше 80°C.

1.5 Маркировка

1.5.1 Маркировка расходомера производится на табличках, прикрепленных к корпусу датчика и электронного преобразователя, по ГОСТ 12971.

1.5.2 Маркировка датчика содержит следующую информацию:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- знак утверждения типа средства измерений;
- модель датчика;
- дата выпуска и заводской номер датчика;
- технические характеристики:
 - типоразмер («Ду»);
 - номинальный расход («Расход»);
 - максимальное допустимое давление среды («Рmax»);
 - базовое значение основной допускаемой относительной погрешности («Кл. точности»);
 - температурный диапазон окружающей среды («Та»);
 - обозначение климатического исполнения («С4»);
- маркировка взрывозащиты;

1.5.3 На корпусе датчика стрелкой указано нормальное направление потока.

1.5.4 Маркировка модуля процессора содержит следующую информацию:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- знак утверждения типа средства измерений;
- исполнение МП, наличие индикатора;
- дата выпуска и заводской номер МП;
- технические характеристики:
 - выходные сигналы;
 - напряжение питания (Uпит);
 - обозначение климатического исполнения («С4»);
 - степень защиты по ГОСТ 14254 («IP65»);
- маркировка взрывозащиты;
- диапазон температуры окружающей среды вида: $-40^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq +60^{\circ}\text{C}$;
- предупредительную надпись «НЕ ОТКРЫВАТЬ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ ВО ВЗРЫВООПАСНОЙ ЗОНЕ»

1.5.5 Маркировка ИМ содержит следующую информацию:

- исполнение ИМ;
- дата выпуска и заводской номер датчика;
- маркировка взрывозащиты;

- диапазон температуры окружающей среды вида: $-40^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq +60^{\circ}\text{C}$;
- предупредительную надпись «НЕ ОТКРЫВАТЬ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ ВО ВЗРЫВООПАСНОЙ ЗОНЕ»

1.5.6 При раздельном исполнении расходомера (Р), когда МП и ИМ выполнены в одном корпусе, маркировка электронного преобразователя выполняется на табличке, прикрепленной к корпусу ЭП. Маркировка содержит все те же сведения, что и для МП. Маркировка взрывозащиты соответствует виду взрывозащиты ИМ, т.к. выходными цепями ЭП являются выходные цепи ИМ.

1.5.7 Знак Х в маркировке взрывозащиты означает, что при эксплуатации изделия необходимо соблюдать следующие особые условия:

1) Подсоединение внешних электрических цепей электронного преобразователя должно осуществляться через кабельные вводы, имеющие разрешение Госгортехнадзора России и свидетельство о взрывозащищенности на электрооборудование с видом защиты «d» для взрывоопасной газовой смеси категорий IIB по ГОСТ 52350.0;

2) Неиспользованные отверстия должны закрываться сертифицированными заглушками;

3) Монтаж электронного преобразователя проводить только при отключенном электропитании всех цепей. После отключения питающего напряжения запрещается открывать крышку оболочки электронного преобразователя в течение 30 мин;

4) Прокладка кабеля во взрывоопасной зоне должна проводиться по ГОСТР 52350.14 с соблюдением требований гл. 7.3 ПУЭ. При подключении кабеля к контактными зажимам необходимо обеспечить надежное соединение и уплотнение кабельного ввода, исключающее возможность короткого замыкания жил кабеля;

1.5.7 Шрифты и знаки, применяемые для маркировки, должны соответствовать требованиям ГОСТ 26.020 и конструкторской документации.

1.5.8 На каждую потребительскую тару (картонную коробку) должна быть наклеена этикетка, содержащая следующую информацию:

- товарный знак или наименование предприятия-изготовителя;
- наименование и модель расходомера;
- год выпуска;
- штамп ОТК;

1.5.9 Транспортная маркировка соответствует ГОСТ 14192, требованиям поставки и содержит:

- основные, дополнительные и информационные надписи;
- манипуляционные знаки, означающие "Хрупкое – осторожно!", "Верх", "Беречь от влаги".

1.5.10 Маркировка транспортной тары производится окраской по трафарету или другими способами в соответствии с ГОСТ 14192 и чертежами завода-изготовителя расходомера.

1.6 Упаковка

1.6.1 Консервация и упаковка должны производиться по конструкторской документации в соответствии с ГОСТ 9.014 (вариант защиты В0).

1.6.2 Допускается упаковка монтажных частей расходомера в отдельный ящик.

1.6.3 В каждый ящик должен быть вложен упаковочный лист, содержащий следующие сведения:

- наименование и условное обозначение поставляемого расходомера;
- дату упаковки;
- подпись и штамп ответственного за упаковку и штамп технического контроля предприятия-изготовителя.

1.6.4 В первый ящик партии отправляемой продукции должна быть вложена сопроводительная документация с указанием в ней наименования и количества отправляемой продукции и номеров ящиков.

1.7 Обеспечение взрывозащищенности

1.7.1 Обеспечение взрывозащиты датчиков.

1.7.1.1. Датчики имеют взрывозащиту вида «искробезопасная электрическая цепь уровня «ia» по ГОСТ Р 52350.11. Взрывозащита обеспечивается выполнением их конструкции в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52350.0. Маркировка взрывозащиты датчика определяется его температурным исполнением:

- исполнение Н – «0ExialIB T4 X»;
- исполнение С – «0ExialIB T3 X»;
- исполнение В – «0ExialIB T1 X».

1.7.1.2. Датчик расходомера обеспечивает взрывобезопасность при работе в смеси газов и паров с воздухом категории IIA, IIB, группа зависит от маркировки взрывозащиты датчика (T1, T3, T4).

1.7.1.3. Вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» достигается за счет ограничения выходных параметров электрических цепей ЭП (ИМ), применения силовых электромагнитных катушек возбуждения с высоким внутренним сопротивлением, выбора индуктивности измерительных катушек, а также применения терморезисторов с малыми реактивными параметрами (таблица 1.10).

1.7.1.4. Входные электрические параметры цепей катушек возбуждения указаны в таблице 1.10а, измерительных катушек и термопреобразователей сопротивления указаны в таблице 1.10б

Таблица 1.10а

Модель датчика	L_i не более, мГн	C_i не более, нФ	Максимальное входное напряжение (U_i), В	Максимальный входной ток (I_i), А	Максимальная входная мощность (P_i), Вт
ТИ-0045	4	2	17,4	0,18	0,5
ТИ-008	4	2			
ТИ-015	4	2			
КИ-010	3,2	2			
КИ-015	3,2	2			
КИ-020	3,0	2			
КИ-025	2,5	2			
КИ-032	5,0	2			
КИ-050	8,2	2			
КИ-080	8,2	2			
КИ-100	10,2	2			
КИ-150	10,0	2			

Таблица 1.106

Цепь	L_i не более, мГн	C_i не более, нФ	Максималь- ное входное напряжение (U_i), В	Максималь- ный входной ток (I_i), А	Максималь- ная входная мощность (P_i), Вт
Измерительная катушка	10,0	1	35	0,1	0,06
Термопреобразователь сопротивления	0,01	1	35	0,1	0,25

1.7.2 Обеспечение взрывозащиты электронного преобразователя (ЭП).

1.7.2.1. ЭП расходомера состоит из двух частей:

- Измерительный модуль (ИМ);
- Модуль процессора (МП).

1.7.2.2. ИМ имеет следующие виды взрывозащиты: «взрывонепроницаемая оболочка» по ГОСТ Р 52350.1, выходная «искробезопасная электрическая цепь уровня «ia» по ГОСТ Р 52350.11. Взрывозащита обеспечивается выполнением конструкции модуля в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52350.0. Измерительный модуль имеет следующую маркировку взрывозащиты:

1Exd[ia]IIBT6 X.

1.7.2.3. МП имеет следующий вид взрывозащиты: «взрывонепроницаемая оболочка» по ГОСТ Р 52350.1. Взрывозащита обеспечивается выполнением конструкции модуля в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52350.0. Модуль процессора имеет следующую маркировку взрывозащиты:

1ExdIIBT6 X.

1.7.2.4. ЭП расходомера обеспечивает взрывобезопасность при работе в смеси газов и паров с воздухом категории IIA, IIB группы T6.

1.7.2.5. Вид взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» ЭП достигается за счет конструкции преобразователя, параметры взрывонепроницаемых соединений которого соответствуют требованиям ГОСТ Р 52350.1. Взрывонепроницаемая оболочка преобразователя выдерживает давление взрыва и исключает его передачу в окружающую взрывоопасную среду.

1.7.2.6. Средства обеспечения взрывозащиты вида «взрывонепроницаемая оболочка» зависят от исполнения расходомера (части ЭП могут быть выполнены в одном корпусе или в отдельных корпусах).

1.7.2.6.1. При выполнении частей ЭП в одном корпусе (исполнение расходомера Р) взрывозащита обеспечивается средствами, представленными на листе 1 рисунка Д.1 (приложение Д).

1.7.2.6.2. При выполнении частей ЭП в отдельных корпусах взрывозащита обеспечивается следующими средствами.

1.7.2.6.2.1. Для ИМ, размещенного отдельно (исполнение расходомера РВ), взрывозащита обеспечивается средствами, представленными на листе 2 рисунка Д.1 (приложение Д).

1.7.2.6.2.2. Для ИМ, размещенного на датчике (исполнения расходомера И, В), взрывозащита обеспечивается средствами, представленными на листе 3 рисунка Д.1 (приложение Д).

1.7.2.6.2.3. Для МП взрывозащита обеспечивается средствами, представленными на листе 1 рисунка Д.1 (приложение Д).

1.7.2.7. Вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» ИМ расходомера обеспечивается следующими средствами:

- за счет ограничения выходных параметров электрических цепей ИМ;
- электрическая нагрузка элементов схем преобразователя не превышает 2/3 их паспортных значений, а максимальная температура нагрева в нормальном и аварийном режимах работы устройства не превышает температуры, допустимой для электрооборудования температурного класса Т6;
- электрические зазоры, пути утечки и прочность изоляции между элементами искробезопасной цепи и корпусом преобразователя соответствуют требованиям ГОСТ Р 52350.11;
- примененные конструктивные материалы соответствуют требованиям фрикционной искробезопасности и статическому электричеству по ГОСТ Р 52350.0;
- электронные компоненты схемы ИМ и токопроводящие дорожки плат покрыты изоляционным лаком, внешнее подключение выполнено через герметичный разъем, все токопроводящие элементы заключены в оболочку со степенью защиты IP 65.

1.7.2.8. Измерительный модуль расходомеров взрывозащищенного исполнения Ех имеет электрические параметры искробезопасной цепи уровня ia, приведенные в таблице 1.11.

Таблица 1.11

	L_O , мГн	C_O , мкФ	Максимальное выходное напряжение (U_O), В	Максимальный выходной ток (I_O), мА	Максимальная выходная мощность (P_O), Вт
Катушка возбуждения	10,3	2,1	17,3	117	0,5
Катушка измерительная	1000	0,39	34,6	4,5	0,04
Термопреобразователь сопротивления	1000	0,39	34,6	5,5	0,05

1.7.2.9. На корпусах датчика и ЭП имеются таблички с указанием установленной маркировки взрывозащиты и необходимых технических параметров в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52350.11.

2. Использование по назначению

2.1 Общие указания

2.1.1 При получении ящика с расходомером проверить сохранность тары. В случае ее повреждения следует составить акт.

2.1.2 Проверить комплектность в соответствии с паспортом на расходомер.

2.1.3 В паспорте расходомера указать дату ввода в эксплуатацию, номер акта и дату его утверждения руководством предприятия-потребителя.

2.1.4 В паспорт расходомера рекомендуется включать данные, касающиеся эксплуатации расходомера: записи по обслуживанию с указанием имевших место неисправностей и их причин; данные периодического контроля основных технических характеристик при эксплуатации; данные о поверке, данные об измеряемой среде и т.п.

Предприятие-изготовитель заинтересованно в получении технической информации о работе расходомера и возникших неполадках с целью устранения их в дальнейшем.

Все пожелания по усовершенствованию конструкции расходомера следует направлять в адрес предприятия-изготовителя.

2.2 Подготовка расходомера к использованию

2.2.1 Меры безопасности

2.2.1.1. При монтаже, эксплуатации, техническом обслуживании и демонтаже расходомера необходимо строго соблюдать общие правила безопасности, учитывающие специфику конкретного вида работ.

2.2.1.2. Все операции по хранению, транспортированию, поверке и вводу в эксплуатации расходомера необходимо выполнять с соблюдением требований по защите от статического электричества.

2.2.1.3. К монтажу (демонтажу), эксплуатации, техническому обслуживанию расходомера должны допускаться лица, изучившие настоящее руководство по эксплуатации расходомера и прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электротехническими установками.

2.2.1.4. Запрещается эксплуатация расходомера при снятых крышках, а также при отсутствии заземления корпуса.

2.2.1.5. Заземление корпуса расходомера должно производиться подсоединением шины «**Земля**» к болту крепления на трубопровод.

2.2.1.6. Замена, присоединение и отсоединение расходомера от магистралей, подводящих измеряемую среду, должны производиться при полном отсутствии давления в магистральных и отключенном напряжении питания.

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

- открывать крышки корпуса при включенном питании цепей;
- использовать неисправные электроприборы, электроинструменты, а также их применение без подключения к шине защитного заземления.

2.2.1.8. При проведении монтажных работ опасными факторами являются:

- напряжение питания переменного тока с действующим значением 220 В и выше, частотой 50 Гц (при расположении внешнего источника питания преобразователя в непосредственной близости от места установки);
- избыточное давление в трубопроводе;
- повышенная температура контролируемой среды.

2.2.1.9. Перед проведением работ необходимо убедиться с помощью измерительных приборов, что на трубопроводе отсутствует опасное для жизни напряжение постоянного или переменного тока.

2.2.2 Особые условия эксплуатации

Знак X в маркировке взрывозащиты означает, что при эксплуатации изделия необходимо соблюдать следующие особые условия:

1) Подсоединение внешних электрических цепей преобразователей должно осуществляться через кабельные вводы, имеющие разрешение Госгортехнадзора России и свидетельство о взрывозащищенности на электрооборудование с видом защиты «d» и «e» для взрывоопасной газовой смеси категорий IIB, IIC по ГОСТ 52350.0;

2) Неиспользованные отверстия должны закрываться сертифицированными заглушками;

3) Монтаж преобразователей проводить только при отключенном электропитании всех цепей. После отключения питающего напряжения запрещается открывать крышку оболочки преобразователей в течение 30 мин;

4) Прокладка кабеля во взрывоопасной зоне должна проводиться с соблюдением требований гл. 7.3 ПУЭ и ГОСТ Р 52350.13. При подключении кабеля к контактными зажимам необходимо обеспечить надежное соединение и уплотнение кабельного ввода, исключающее возможность короткого замыкания жил кабеля;

2.2.3 Установка расходомера

Установка расходомера включает следующие шаги:

1) Установка датчика

a) Размещение – определение правильного размещения датчика с учетом окружающей среды, опасных зон, доступности трубопроводных соединений и клапанов;

- для датчика с интегрированным ИМ (исполнения В, И);
- для датчика с разъемом или клеммной коробкой (исполнения РВ, Р);

b) Ориентация – определение требуемой ориентации датчика в магистрали.

c) Монтаж – установка датчика в трубопровод.

d) Подключение кабеля (исполнения РВ, Р);

- для датчика с разъемом (исполнения РВ, Р);
- для датчика с клеммной коробкой (исполнения РВ, Р);

2) Установка измерительного модуля (исполнения РВ, Р, В);

a) Размещение (исполнение РВ);

b) Монтаж (исполнение РВ);

c) Подключение кабелей (исполнения РВ, Р, В);

- подключение кабеля от датчика (исполнения РВ, Р);
- подключение кабеля от модуля процессора (исполнения РВ, В);

3) Установка модуля процессора;

a) Размещение (исполнения РВ, Р, В);

b) Монтаж (исполнения РВ, Р, В);

c) Подключение кабелей

- подключение кабеля от измерительного модуля (исполнения РВ, В);
- подключение кабелей внешних устройств.

d) Поворот ЖКИ (при наличии ЖКИ).

4) Установка нуля.

Пункты, для которых не указан список исполнений, действительны для всех исполнений.

2.2.4 Размещение датчика.

1) Датчик должен быть размещен в таком месте трубопровода, которое удовлетворяет следующим условиям:

- перед началом работ должна быть возможность остановки течения измеряемой среды через прибор (во время процедуры установки нуля поток должен полностью отсутствовать и трубы расходомера должны быть полностью заполнены измеряемой средой);
- во время измерения расхода трубы расходомера должны быть постоянно заполнены измеряемой средой;

2) Расходомер не требует прямых участков трубопровода;

2.2.4.1 Для датчиков с разъемом или клеммной коробкой (исполнения РВ, Р).

1) Датчик должен быть размещен в зоне, соответствующей его степени взрывозащиты;

2) Располагать датчик следует так, чтобы обеспечить свободный доступ к отверстию для подключения кабельных вводов или разъему, а также для своевременного обнаружения и устранения неисправностей.

2.2.4.2 Для датчиков с интегрированными модулями ЭП (исполнения В, И).

1) Датчик должен быть размещен в зоне, соответствующей степени взрывозащиты модулей ЭП;

2) Располагать датчик следует так, чтобы обеспечить свободный доступ к отверстию для подключения кабельных вводов на измерительном модуле (исполнение В) или модуле процессора (исполнение И).

3) Для исполнения И датчик следует располагать так, чтобы исключить механическое воздействие на соединительный кабель между ИМ и МП.

2.2.5 Ориентация датчика.

На датчике имеется стрелка направления потока, указывающая на нормальный поток в прямом направлении. Датчик должен быть установлен таким образом, чтобы стрелка указывала на нормальное направления потока среды в трубопроводе.

2.2.6 Монтаж датчика на трубопровод (рисунки 2.1, 2.2).

При установке расходомера должны быть минимизированы:

- скручивающие напряжения, прикладываемые к соединениям;
- изгибающая нагрузка на соединения;
- несоосность ответных частей трубопровода.

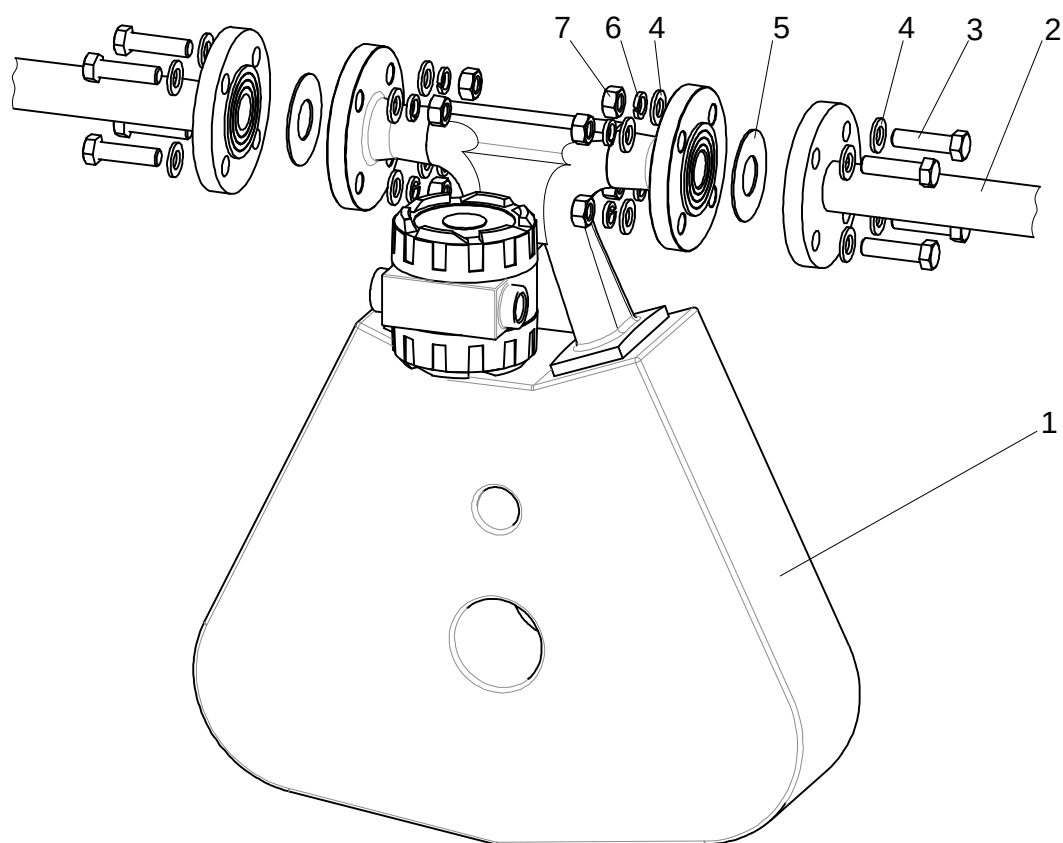


Рисунок 2.1 – Монтаж датчика с фланцевым присоединением

1 – датчик; 2 – трубопровод; 3 – болт; 4 – шайба; 5 – уплотнительная прокладка;
6 – пружинная шайба; 7 – гайка

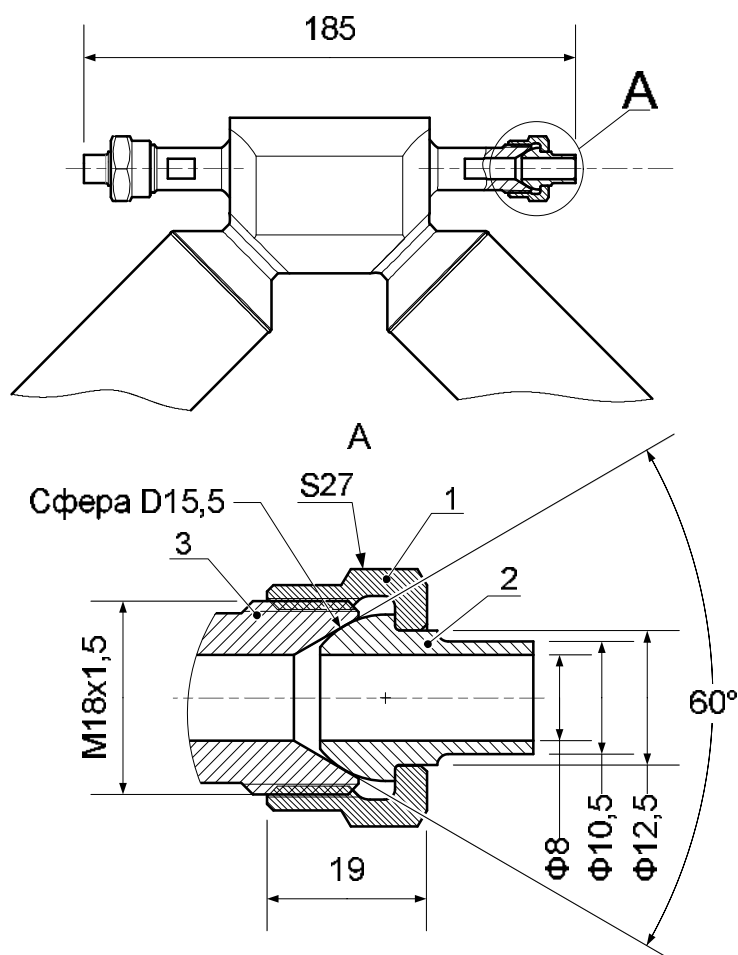


Рисунок 2.2 – Монтаж датчика ТИ-0045 с резьбовым присоединением
 1 – Гайка накидная 10 ГОСТ 16046-70; 2 – Ниппель приварной 10 16042-70;
 3 – Штуцер приварной 10 ГОСТ 16045-70

Запрещается использовать расходомер для крепления трубопровода, так как это может повредить датчик или привести к ошибкам измерения.

2.2.7 Подключение кабеля от датчика к измерительному модулю (исполнения РВ, Р);

Для соединения датчика с измерительным модулем используется специальный 9-жильный кабель. При заказе кабеля в составе расходомера потребитель должен указать необходимую длину кабеля (максимум 30 м).

2.2.7.1 Для датчика с разъемом (исполнения РВ, Р);

Розетка разъема монтируется на кабель при изготовлении расходомера. Для подключения кабеля к датчику присоединить розетку к вилке разъема, расположенной на датчике (рисунок 2.3) и затянуть гайку до упора.

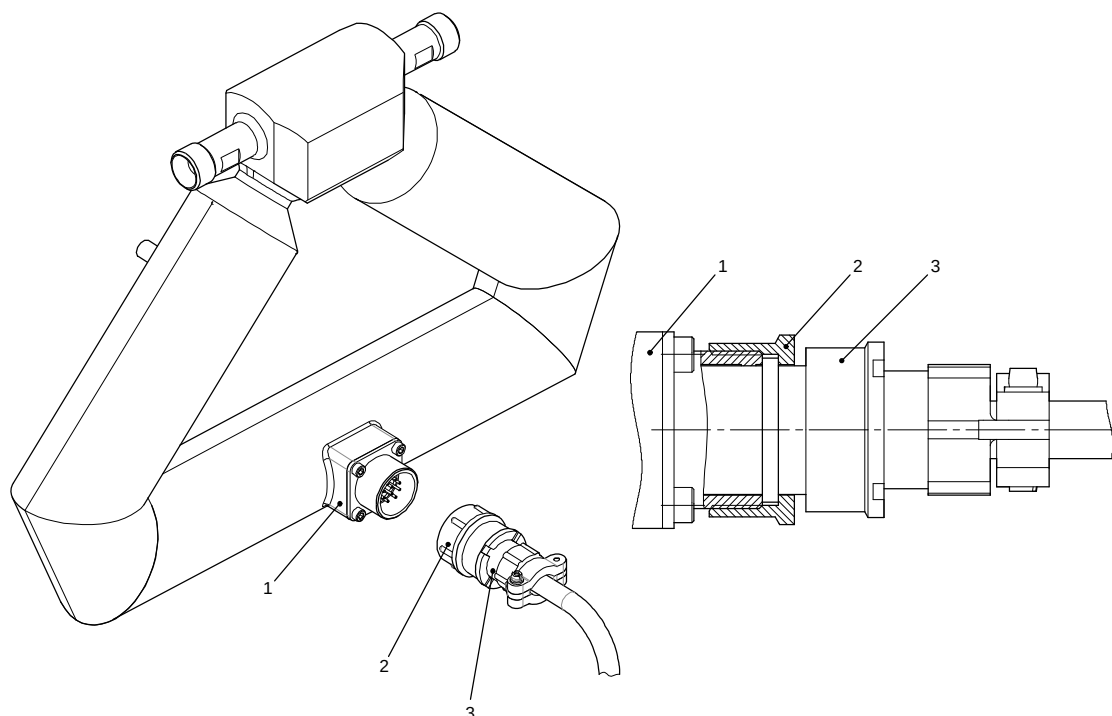


Рисунок 2.3 – Подключение специального кабеля к датчику,
1 – вилка; 2 – гайка; 3 – розетка.

2.2.7.2 Для датчика с клеммной коробкой (исполнения РВ, Р).

1) Открутите винт стопора крышки и снимите стопор (в соответствии с рисунком 2.4);

2) Открутите и снимите крышку с корпуса клеммной коробки;

3) Пропустите конец кабеля через кабельный ввод внутрь клеммной коробки;

4) Подготовьте кабель к подключению, срезав оболочку и зачистив концы проводов; рекомендации по подготовке кабеля к монтажу приведены в приложении Е;

ВНИМАНИЕ: НЕ ДОПУСКАЕТСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЭКРАНА КАБЕЛЯ С КОРПУСОМ КЛЕММНОЙ КОРОБКИ.

5) Зажмите девять проводов кабеля в клеммные колодки в соответствии с цветами изоляции (рисунок 2.5¹);

6) Необходимо следить, чтобы экран не контактировал с корпусом клеммной коробки или с одной из клемм;

7) Затяните гайку кабельного ввода для уплотнения кабеля;

8) Если кабель помещен в кабелепровод, присоедините провод заземления кабелепровода к клемме заземления на корпусе клеммной коробки (рисунок 2.4).

9) Поставьте на место крышку клеммной коробки и заверните до сжатия уплотнительного кольца;

10) Установите стопор крышки и закрутите винт стопора.

1 Внешний вид клеммной колодки может отличаться для некоторых моделей датчиков. В этих случаях следует ориентироваться по соответствующим подписям клемм, размещенным на датчике.

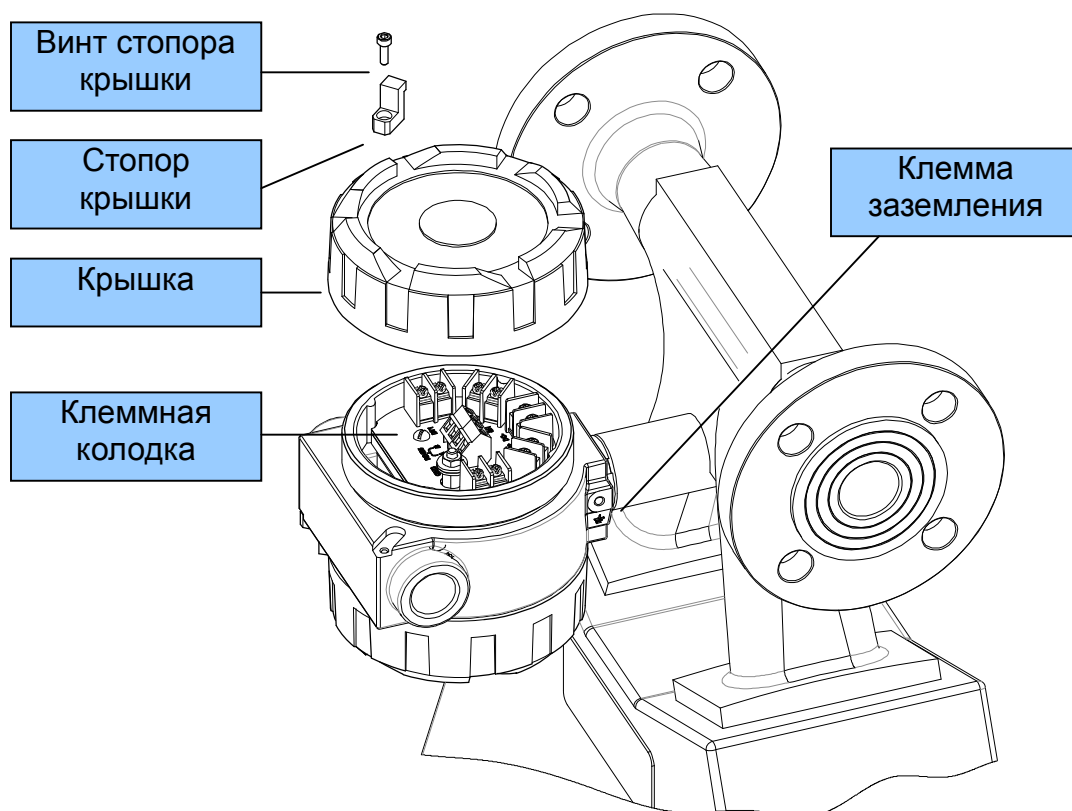


Рисунок 2.4 – Корпус измерительного модуля (исполнения И, В) или клеммной коробки (исполнения Р, РВ), размещенный на датчике.

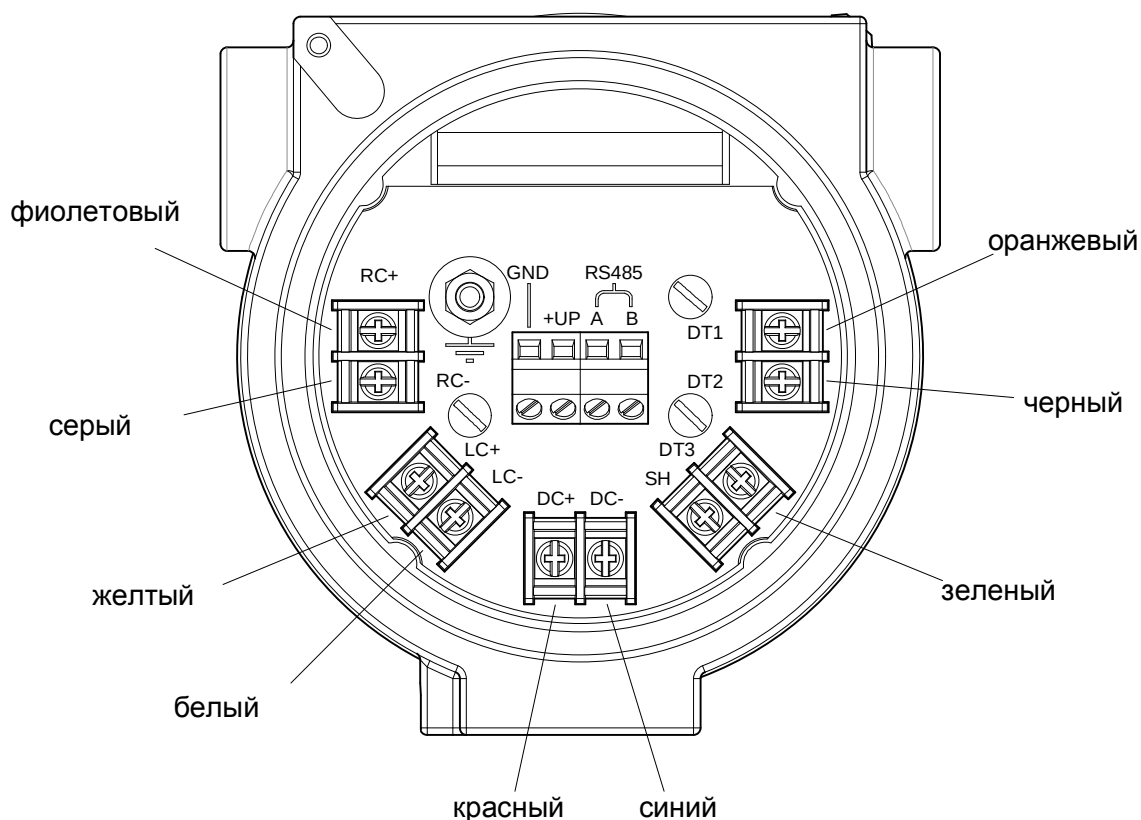


Рисунок 2.5 – Клеммная колодка для подключения специального кабеля.

Примечание – в колодке может отсутствовать часть клемм в зависимости от исполнения расходомера.

2.2.8 Размещение измерительного модуля (исполнение РВ).

При выборе места установки следует учитывать требования к окружающей среде, длине кабелей, легкости доступа для обслуживания и классификацию опасных зон.

Требования к окружающей среде. Измерительный модуль должен устанавливаться в тех местах, где температура окружающей среды находится в диапазоне от минус 40 до плюс 60 °С.

2.2.9 Монтаж измерительного модуля (исполнение РВ).

Варианты крепления показаны на рисунке 2.6. Вы можете установить модуль в любом положении, кроме того, при котором отверстия для подключения кабелепроводов направлены вверх.

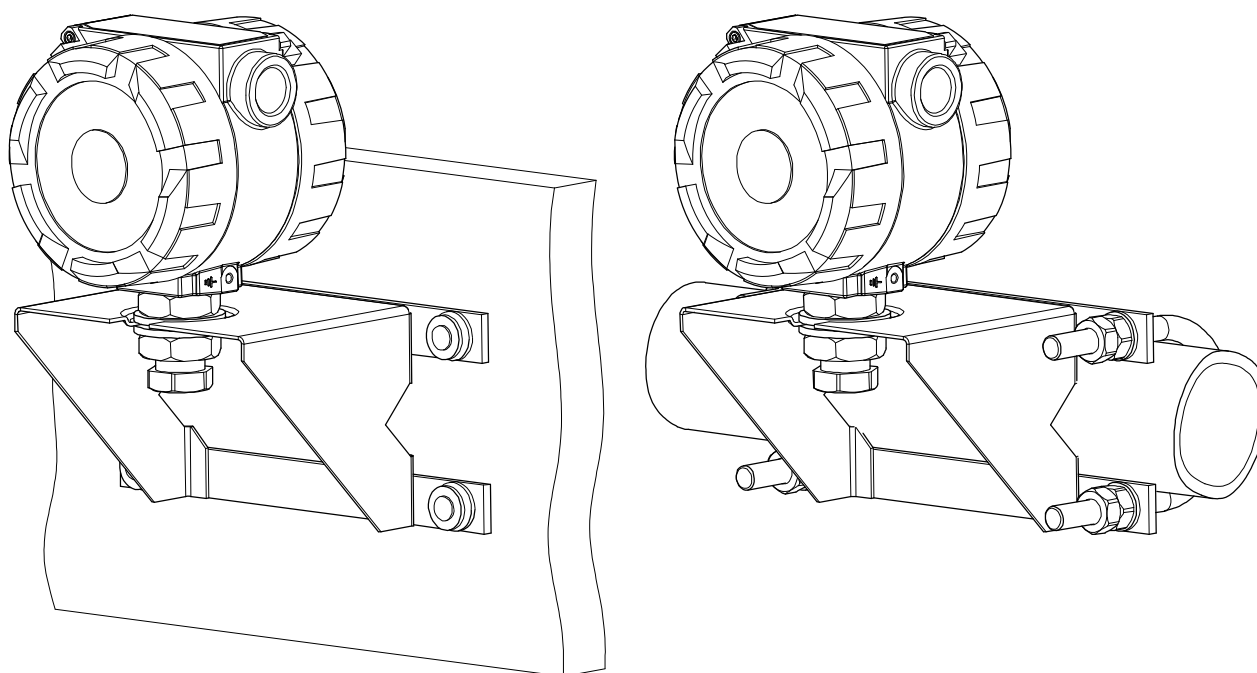


Рисунок 2.6 – Варианты крепления измерительного модуля.

2.2.10 Подключение кабеля от датчика (исполнения Р, В, РВ).

- 1) Открутите винт стопора крышки и снимите стопор (рисунок 2.7 для исполнения Р, рисунок 2.4 для исполнения В, рисунок 2.8 для исполнения РВ);
- 2) Открутите и снимите крышку с корпуса измерительного модуля.

Подключение кабеля от датчика (исполнения Р, РВ).

- 3) Пропустите конец кабеля от датчика через кабельный ввод внутрь корпуса измерительного модуля;

- 4) Подготовьте кабель к подключению, срезав оболочку и зачистив концы проводов;

- 5) Зажмите девять проводов кабеля в клеммные колодки в соответствии с цветами изоляции (рисунок 2.5).

- 5) Подсоедините экранировку кабеля к клемме SH (рисунок 2.5);

6) Затяните гайку кабельного ввода для уплотнения кабеля;

7) Если кабель помещен в металлический кабелепровод, присоедините провод заземления кабелепровода к клемме заземления на корпусе ИМ (рисунок 2.7 для исполнения Р, рисунок 2.8 для исполнения РВ).

Подключение кабеля от модуля процессора (исполнения В, РВ).

7) Пропустите конец кабеля через свободный кабельный ввод внутрь корпуса измерительного модуля;

8) Подготовьте кабель к подключению, срезав оболочку и зачистив концы проводов;

9) Зажмите четыре провода кабеля в клеммные колодки так, чтобы одна витая пара была подключена к клеммам «RS485 A, B», вторая витая пара должна быть подключена к клеммам «+UP» и «GND» (рисунок 2.5);

10) Подсоедините экранировку кабеля к винту заземления внутри корпуса ИМ (рисунок 2.5);

11) Затяните гайку кабельного ввода для уплотнения кабеля;

12) Если кабель помещен в металлический кабелепровод, присоедините провод заземления кабелепровода к клемме заземления на корпусе ИМ (для исполнения РВ – рисунок 2.8, для исполнения В – рисунок 2.4).

Установка крышки (исполнения Р, В, РВ).

13) Поставьте на место крышку измерительного модуля и заверните до сжатия уплотнительного кольца (рисунок 2.7 для исполнения Р, рисунок 2.4 для исполнения В, рисунок 2.8 для исполнения РВ);

14) Установите стопор крышки и заверните винт стопора.

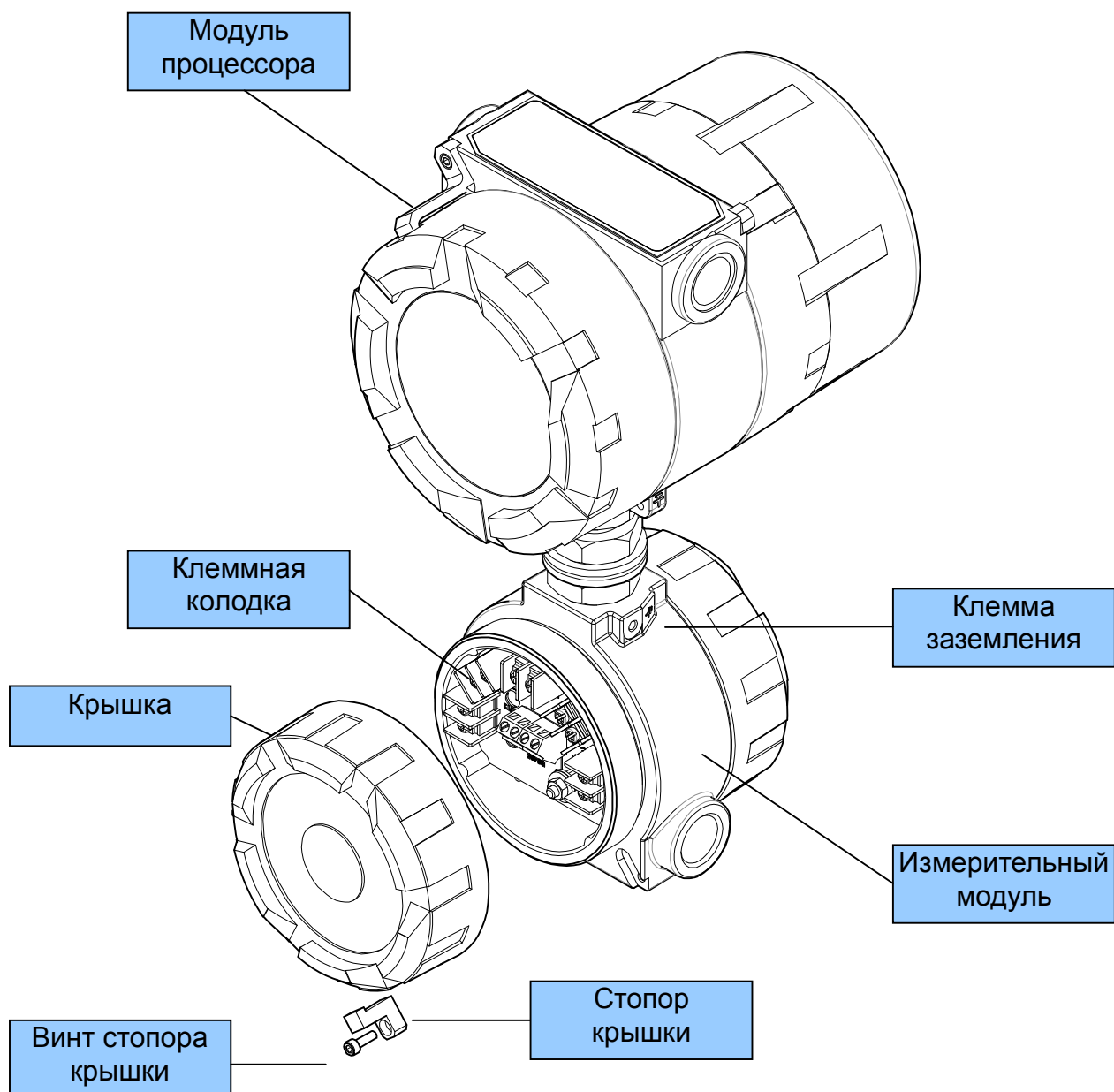


Рисунок 2.7 – Корпус измерительного модуля (исполнение Р) или корпус клеммной коробки (исполнения В, РВ) в едином конструктиве с модулем процессора .

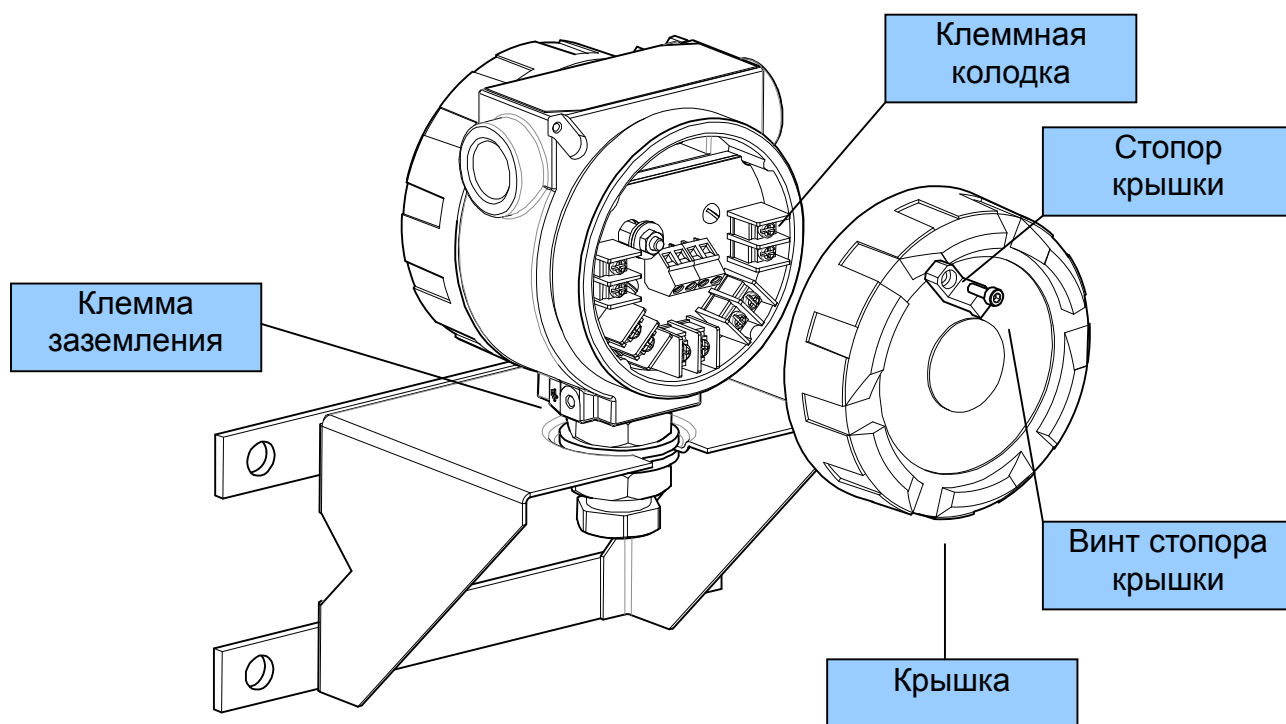


Рисунок 2.8 – Корпус измерительного модуля (исполнение РВ).

2.2.12 Размещение модуля процессора (исполнения РВ, Р, В).

При выборе места установки следует учитывать требования к окружающей среде, длине кабелей, легкости доступа для обслуживания, хороший обзор ЖКИ, легкость доступа к кнопкам и классификацию опасных зон.

Требования к окружающей среде. Модуль процессора должен устанавливаться в тех местах, где температура окружающей среды находится в диапазоне от минус 40 до плюс 60 °С.

2.2.13 Монтаж модуля процессора (исполнения РВ, Р, В).

Варианты крепления показаны на рисунке 2.9. Допустимо устанавливать модуль в любом положении, кроме того, при котором отверстия для подключения кабелей направлены вверх.

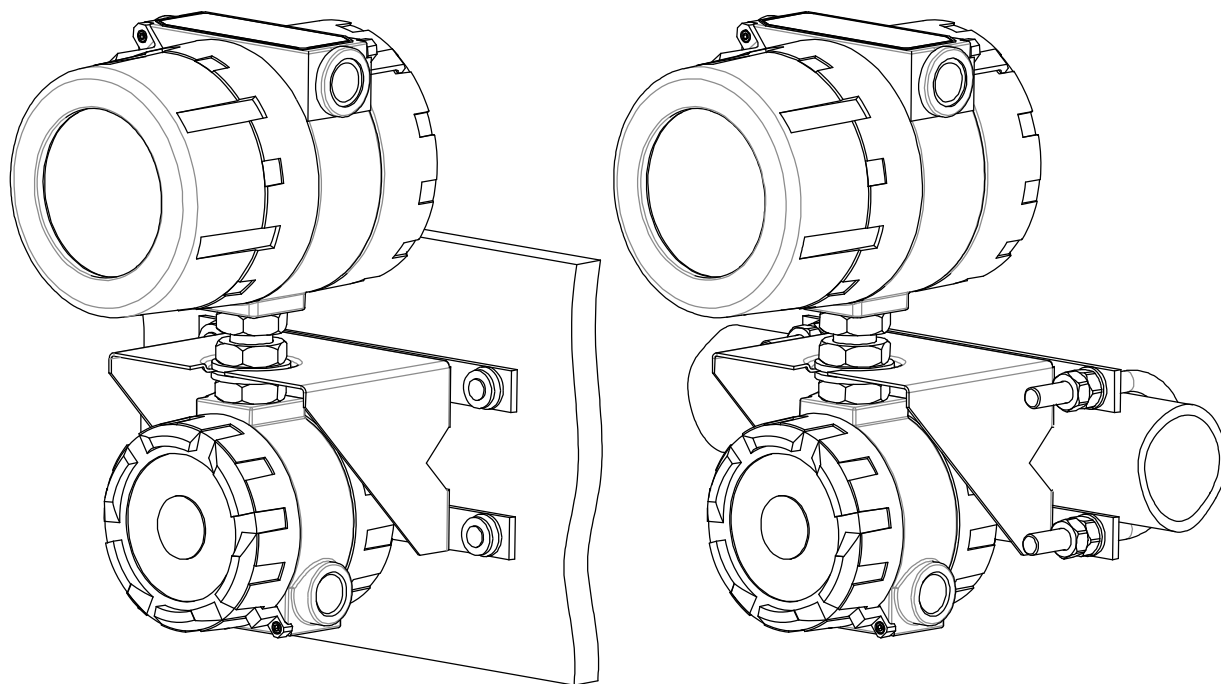


Рисунок 2.9 – Варианты крепления ЭП расходомера.

2.2.14 Подключение кабелей от измерительного модуля (исполнения РВ, В).

- 1) Открутите винт стопора крышки и снимите стопор (в соответствии с рисунком 2.7);
- 2) Отверните и снимите крышку с корпуса клеммной коробки, соединенной с модулем процессора;
- 3) Пропустите конец кабеля через кабельный ввод внутрь клеммной коробки;
- 4) Подготовьте кабель к подключению, срезав оболочку и зачистив концы проводов;
- 5) Зажмите четыре провода кабеля в клеммные колодки в соответствии со схемой монтажа, выбранной в п.2.2.10 (рисунок 2.5);
- 6) Если для подключения используется экранированный кабель, подсоедините экранировку к винту заземления внутри корпуса клеммной коробки (рисунок 2.5);
- 7) Затяните гайку кабельного ввода для уплотнения кабеля;
- 8) Если кабель помещен в металлический кабелепровод, присоедините провод заземления кабелепровода к клемме заземления на корпусе клеммной коробки (рисунок 2.7).
- 9) Поставьте на место крышку клеммной коробки и заверните до сжатия уплотнительного кольца;
- 10) Установите стопор крышки и закрутите винт стопора.

2.2.15 Подключение кабелей от внешних устройств.

- 1) Открутите винт стопора крышки и снимите стопор (в соответствии с рисунком 2.10);

- 2) Снимите крышку с корпуса модуля процессора;
- 3) Пропустите концы кабелей через кабельные вводы внутрь корпуса МП. Через каждый кабельный ввод может проходить только один кабель;
- 4) Подготовьте кабели к подключению, срезав оболочку и зачистив концы проводов;
- 5) Подключите кабели внешних устройств в соответствии со схемой подключения (рисунок В.2 в приложении В). Расположение клемм указано на рисунке В.1 в приложении В.
- 6) Если для подключения используются экранированные кабели, подсоедините экранировки к винтам заземления внутри корпуса модуля процессора (рисунок В.1 в приложении В);
- 7) Затяните гайки кабельных вводов для уплотнения кабелей;
- 8) Если кабели помещены в металлические кабелепроводы, присоедините провода заземления кабелепроводов к клемме заземления на корпусе модуля процессора (рисунок 2.10).
- 9) Поставьте на место крышку корпуса модуля процессора и заверните до сжатия уплотнительного кольца;
- 10) Установите стопор крышки и закрутите винт стопора.

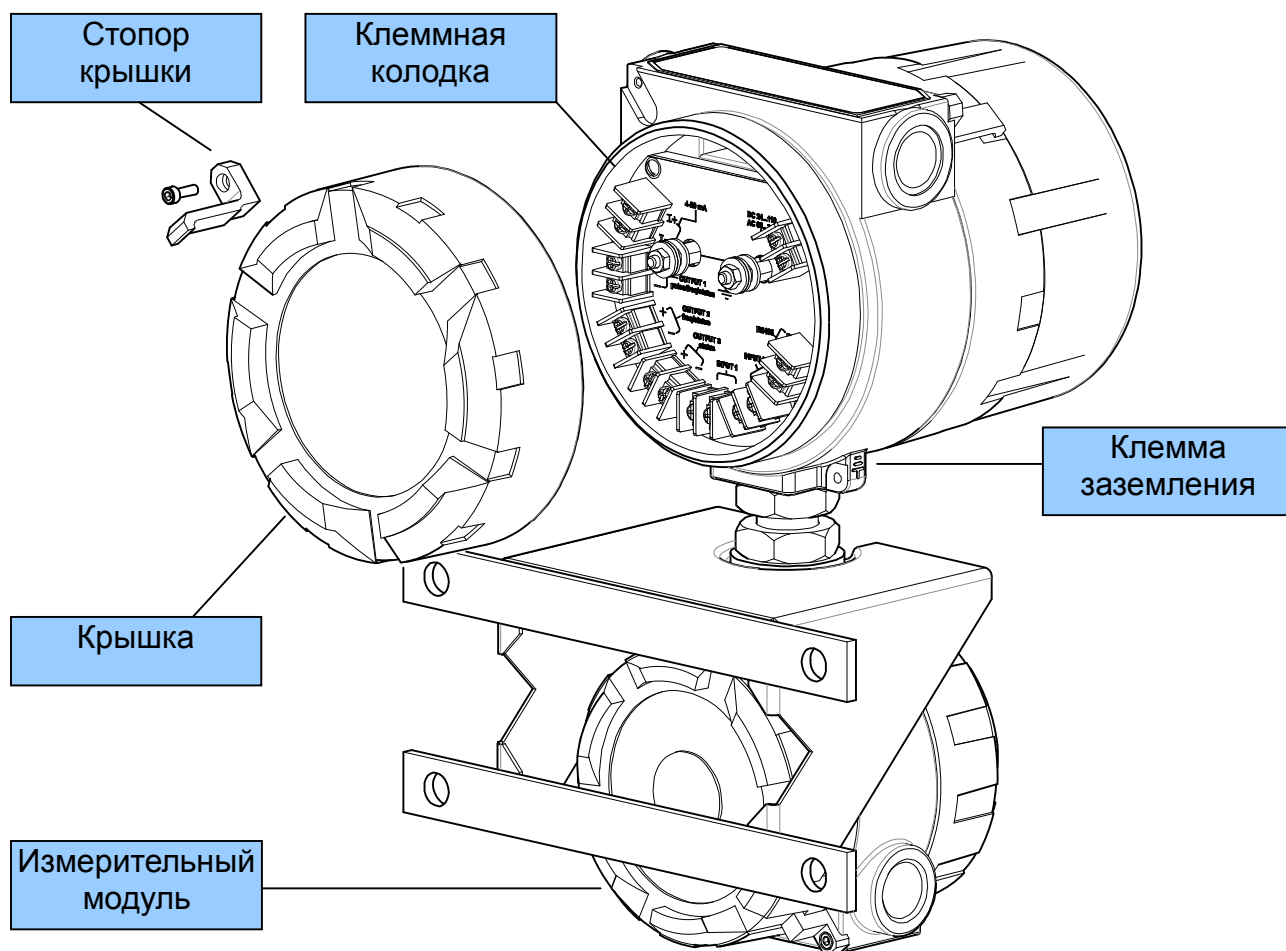


Рисунок 2.10 – Корпус модуля процессора.

2.2.16 Поворот ЖКИ.

ЖКИ на преобразователе можно поворачивать на $\pm 90^\circ$. Также существует программная возможность поворота изображения на дисплее на 180° .

ВНИМАНИЕ! Снятие крышки ЖКИ при включенном питании во взрывоопасной атмосфере может привести к взрыву. Запрещается снимать крышку ЖКИ во взрывоопасной атмосфере при включенном питании любой из цепей, подключенных к расходомеру.

ВНИМАНИЕ! Применение сухой ткани для очистки крышки ЖКИ может привести к возникновению разряда статического электричества, что во взрывоопасной атмосфере может вызвать взрыв. Во взрывоопасной атмосфере для очистки ЖКИ разрешается использовать только влажную ткань.

Для поворота ЖКИ выполните следующие процедуры:

- 1) Снимите стопор крышки, вывернув удерживающий винт (рисунок 2.11);
- 2) Отверните крышку ЖКИ для снятия ее с основного корпуса;
- 3) Ослабьте винты ЖКИ, придерживая на месте модуль;
- 4) Поверните модуль ЖКИ в требуемое положение;
- 5) Затяните винты ЖКИ;
- 6) Поместите крышку ЖКИ на основной корпус и заверните ее до полного уплотнения.
- 7) Установите стопор крышки, вставив и затянув винт.

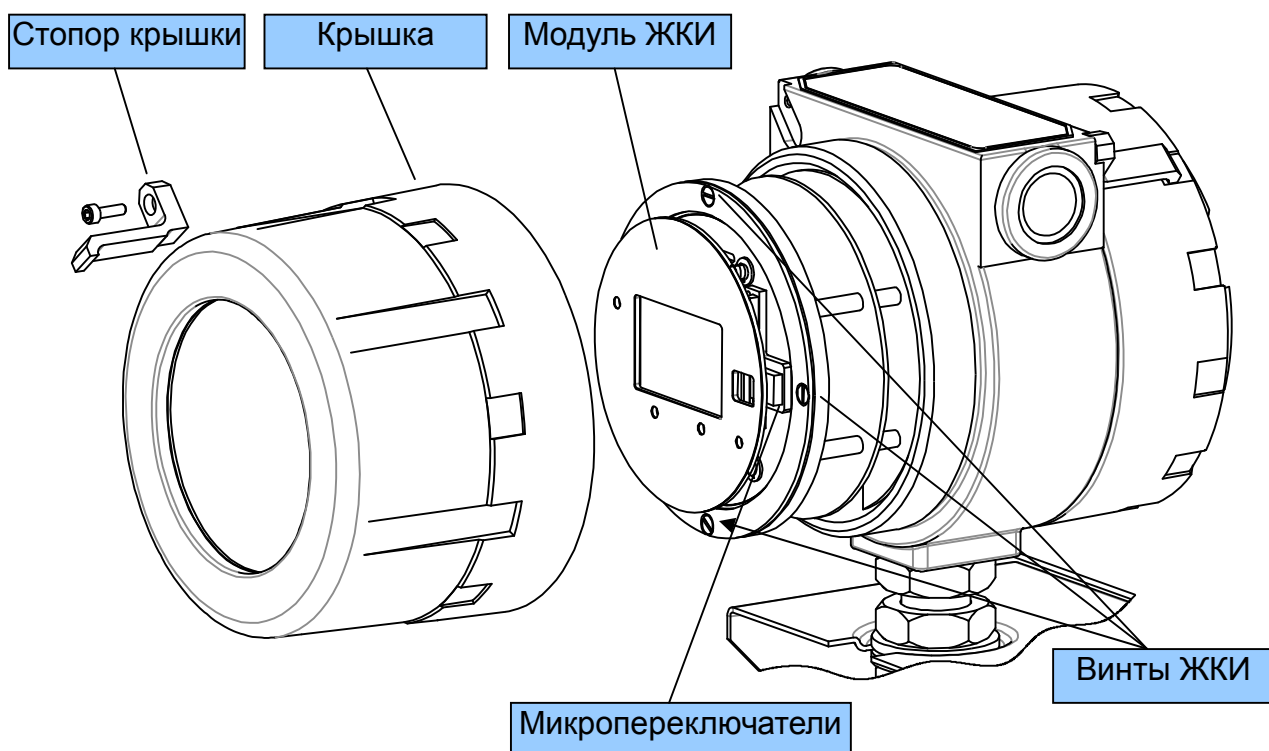


Рисунок 2.11 – Компоненты ЖКИ.

2.2.15 По окончании установки расходомера необходимо выполнить установку нуля измерения расхода. Во время этой процедуры (п. 2.17) поток должен быть полностью остановлен, а трубы расходомера должны быть полностью заполнены измеряемой жидкостью. Для остановки потока рекомендуется использовать запорный клапан, расположенный за прибором ниже по течению.

2.3 Описание функционирования

Расходомер состоит из следующих частей:

1. Датчик

Измерительный участок — представляет из себя трубопровод специальной формы с катушкой возбуждения, электромагнитными датчиками и термопреобразователем. Преобразует характеристики проходящего через него потока жидкости или газа (процесса) в электрические сигналы.

2. Измерительный модуль

Выполнен в отдельном корпусе. Преобразует электрические сигналы, поступающие от датчика в первичные данные о потоке;

3. Модуль процессора

Функции модуля процессора перечислены ниже.

4. Линия связи между измерительным модулем и модулем процессора;

Кабель, предназначенный для передачи данных по стандарту RS-485, содержит две витых пары, используется в конструктивных исполнениях В, РВ.

5. Линия связи измерительного модуля с датчиком.

Специальный девятипроводный кабель, используется в конструктивных исполнениях Р и РВ.

Функции модуля процессора:

1. Обработка первичных данных от измерительного модуля. Результатом обработки являются следующие параметры потока:

- Массовый расход;
- Объемный расход —

объемный расход в текущих условиях;

- Плотность —

плотность в текущих условиях;

- Приведенный объемный расход —

объемный расход приведенный к нормальным условиям;

- Приведенная плотность —

плотность приведенная к нормальным условиям;

- Температура процесса.

2. Корректировка результатов измерения в соответствии с калибровками;

3. Накопление значений измеряемых параметров в сумматорах;

4. Управление выходами (4 выхода) в соответствии с их настройками;

5. Обработка управляющих воздействий на входы в соответствии с настройками входов;

6. Хранение в энергонезависимой памяти настроек и показаний сумматоров;

7. Индикация режима работы расходомера с помощью индикаторов на лицевой панели; вывод информации об измеряемых величинах и ошибках в работе на встроенный дисплей;

8. Предоставление возможности настраивать параметры работы через меню с использованием дисплея и кнопок на лицевой панели;
9. Обеспечение обмена данными с ПК по протоколу Modbus через интерфейс RS-485.

Параметры работы

Все данные, которые влияют на работу расходомера или представляют результаты измерений и которые доступны пользователю называются параметрами. Значения параметров могут быть прочитаны и отредактированы (некоторые параметры доступны только для чтения) с помощью экранного меню и по протоколу Modbus. Описание параметров представлено в документе «Сведения для автоматизации». В дальнейшем термин «параметр» отдельно будет использоваться для обозначения одного из этих параметров.

2.4 Способы конфигурирования

Предусмотрены следующие возможности для настройки и управления работой расходомера:

1. Дисплей и кнопки, расположенные на лицевой панели модуля процессора

Дисплей позволяет просматривать результаты измерений и расчетов, информацию о состоянии расходомера и процесса измерения, информацию об ошибках. Также с помощью кнопок можно настраивать параметры работ расходомера;

2. Сервисное ПО

В комплекте с расходомером поставляется сервисная программа, которая позволяет получать данные о процессе измерения, конфигурировать расходомер и управлять его работой по протоколу Modbus через интерфейс RS-485;

3. Микрпереключатели

С помощью микрпереключателей можно заблокировать работу с кнопками и заблокировать изменение данных по протоколу Modbus. Подробнее о микрпереключателях см. п. 2.13.

2.5 Лицевая панель модуля процессора

На лицевой панели расположены элементы управления и контроля работы расходомера.

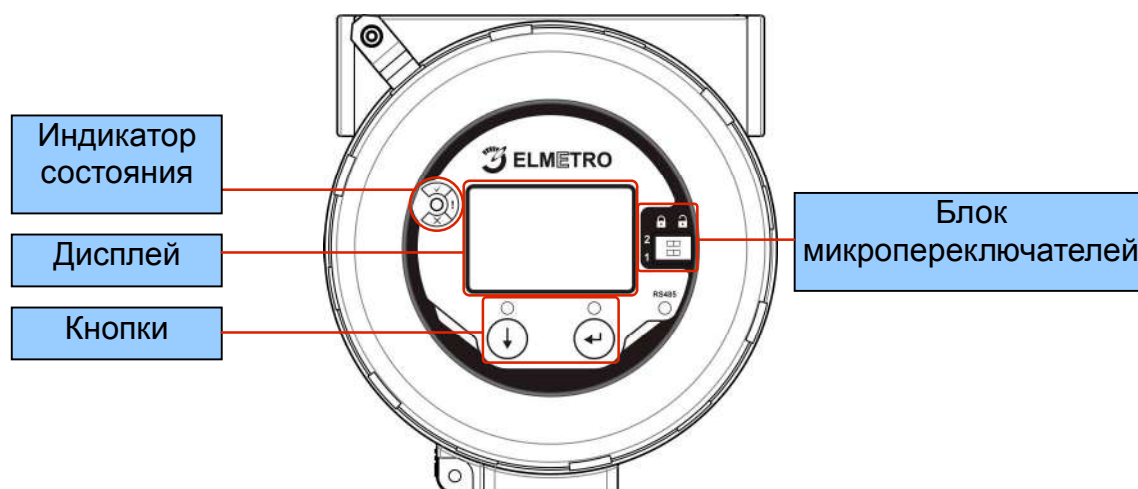


Рис.2.13 Лицевая панель модуля процессора.

2.6 Дисплей и кнопки

Дисплей позволяет просматривать результаты измерений и расчетов, информацию о состоянии расходомера и процесса измерения, информацию об ошибках. Дисплей также служит для отображения меню, с помощью кнопок можно настраивать параметры работы расходомера.

Дисплей функционально разделен на три части: Поле 1, Поле 2 и статусная строка (рисунок 2.16). Поля 1 и 2 предназначены для отображения текущих значений измеряемых параметров. Эти поля могут быть настроены. В статусной строке выводится информация о состоянии расходомера и процесса измерения.

Также на передней панели находятся кнопки для навигации по основному меню и меню сумматоров.

2.6.1 Назначение кнопок в различных режимах

Кнопки служат для входа в основное меню и в меню сумматора, выхода из меню, навигации по этим меню и редактирования значений параметров. Нажатие на кнопку сопровождается зажиганием светодиода, расположенного над кнопкой.



Внимание:

Сенсорные кнопки чувствительны к чистоте стекла на лицевой панели. В процессе эксплуатации стекло может покрываться росой, инеем и т.д. Для обеспечения работы кнопок в текущих условиях регулярно производится процедура адаптации кнопок. Процедура запускается каждые 30 секунд в периоды времени когда пользователь не нажимает кнопки. В момент адаптации индикатор состояния однократно мигает. Если пользователь нажимает кнопку в момент адаптации, клавиатура может оказаться временно неработоспособной. Это выражается в несоответствии нажатия и индикации нажатия. Чтобы восстановить работу кнопок необходимо в течение 30 секунд не нажимать на кнопки.

Функции кнопок в различных режимах:

1. Вход в основное меню

Для входа в меню в режиме главного экрана нажмите и удерживайте две кнопки $\downarrow + \leftarrow$ в течение 2 секунд, затем отпустите кнопки и однократно нажмите кнопку $\downarrow$;

2. Вход в меню сумматора

Для входа в меню в режиме главного экрана нажмите и удерживайте две кнопки $\downarrow + \leftarrow$ в течение 2 секунд, затем отпустите кнопки и однократно нажмите кнопку $\leftarrow$;

3. Выход из меню

Процедура аналогичная входу в основное меню. Находясь в меню, нажмите и удерживайте две кнопки $\downarrow + \leftarrow$ в течение 2 секунд, затем отпустите кнопки и однократно нажмите кнопку $\downarrow$;

4. Навигация по меню

При навигации по меню кнопка $\downarrow$ используется для перехода к следующему элементу в списке, кнопка $\leftarrow$ служит для входа в соответствующий пункт меню. Для возврата на предыдущий уровень меню, установите маркер на пункт «Назад» и нажмите кнопку $\leftarrow$;

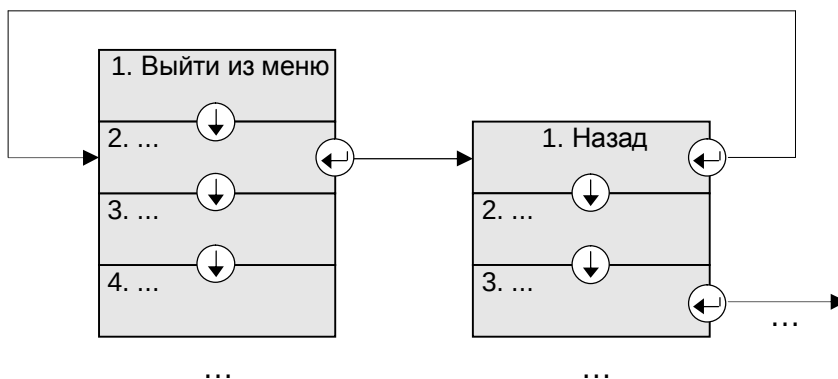


Рис.2.14 Принцип навигации по меню

5. Редактирование значения параметра

Значение параметра может быть задано двумя способами: выбор из списка возможных значений или ввод числового значения.

При выборе значения из списка логика работы такая же как при навигации по меню. Чтобы отказаться от изменения текущего значения параметра, выберите пункт «Назад».

При вводе числового значения объектами редактирования являются цифры в десятичных разрядах числа и десятичный разделитель (точка). Объект редактирования может находиться в выбранном состоянии и в не выбранном. В выбранном состоянии объект подсвечивается мигающим маркером.

Когда объект редактирования не выбран, кнопка  служит для циклического перебора объектов, а также кнопок¹ «Выход» и «Записать». Когда в качестве объекта редактирования выбран десятичный разряд, кнопка  служит для приращения значения до 9 и далее в 0; когда в качестве объекта редактирования выбран десятичный разделитель кнопка  служит для перемещения точки.

Когда объект редактирования не выбран, кнопка  служит для выбора объекта. Когда объект редактирования выбран, кнопка  служит для подтверждения изменения значения в десятичном разряде или положения точки. Далее объект переводится в не выбранное состояние.

Если маркер находится на кнопке «Выход», нажатие на кнопку  отменяет все изменения и происходит возврат в меню.

Если маркер находится на кнопке «Записать», нажатие на кнопку  сохраняет значение параметра в памяти². Далее происходит возврат в меню.

1 Здесь и далее термин «кнопка» будет применяться как к физическим кнопкам на передней панели модуля процессора так и к элементам ввода на дисплее с соответствующей функциональностью.

2 Значение записывается в ОЗУ, а для некоторых параметров также сохраняется в ПЗУ.

Пример редактирования значения:

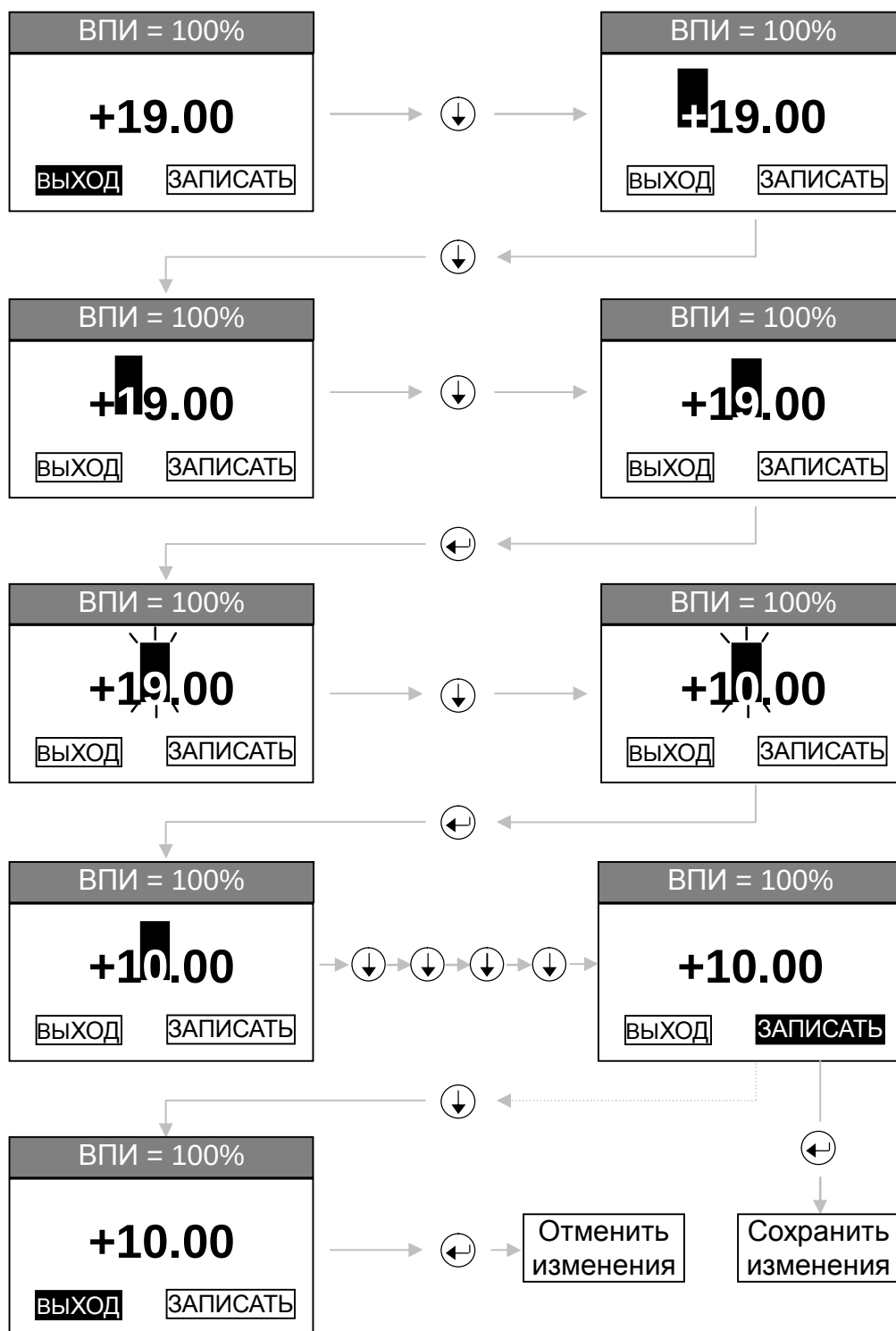


Рис.2.15 Редактирование значения параметра

Заметка:

Далее в тексте символ «→» означает нажатие на кнопку , т.е. переход во вложенное меню, название пунктов меню заключается в квадратные скобки «[]». Первым пунктом всех путей в меню является пункт главного меню.

2.6.2 Главный экран

Главный экран является основным режимом индикации на дисплее. В этом режиме экран разделен на три части: Поле 1, Поле 2 и статусная строка.

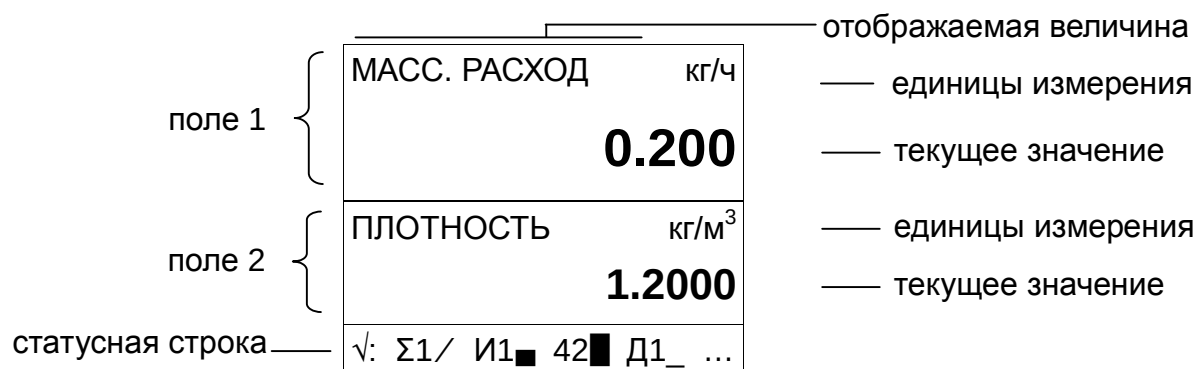


Рис.2.16 Главный экран

Поле 1 и Поле 2

В каждом поле отображаются текущие значения и единицы измерения одного или двух измеряемых параметров. Если настроено отображение двух параметров, переключение между ними происходит с интервалом 10 секунд.

Пользователь может выбрать *величину* для отображения в поле, *единицы измерения* и количество знаков после запятой (*формат*). Это можно сделать:

- с помощью экранного меню: «Обслуживание → Настройка ЖКИ»;
- с помощью сервисной программы: «Настройка ЖКИ».

В случае отображения процентных полей («Масс. расх. в %», «Об. расход в %», «Пр. об. расх. в %»), необходимо также указать значение величины, которое будет принято за 100%.

і Для настройки используются параметры:

Поле 1

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4.Обслуживание] → [3.Настройка ЖКИ] → [3.Поле 1] →			
<i>величина</i>	«2. Назн.:»	выбор параметра для отображения	F1_Assign
<i>формат</i>	«3. Формат:»	формат вывода числа	F1_Format
<i>единицы измерения</i>	«4. Единицы:»	единицы измерения для параметра F1_V100	F1_Unit
	«5. ВПИ=100%:»	значение, которое принимается за 100% для относительных величин	F1_V100

Допускается в Поле 1 отображать два параметра попеременно с интервалом 10 секунд. Для этого необходимо настроить Мультипликатор поля 1. Настройка аналогичная настройке Поля 1, расположена в меню «Настройка ЖКИ» под пунктом «4.Мультипл. поля 1», используются параметры F1Mix_Assign, F1Mix_Format, и т.д. Настройка Поля 2 расположена под пунктом «5.Поле 2» меню «Настройка ЖКИ», Мультипликатора поля 2 под пунктом «6.Мультипл. поля 2».

Статусная строка

В статусной строке выводится информация о состоянии расходомера и процессе измерения.

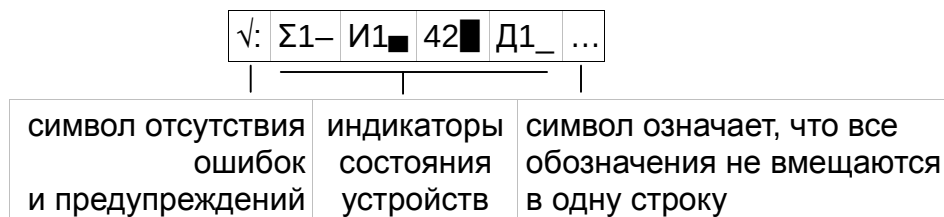


Рис.2.17 Пример статусной строки при отсутствии ошибок и предупреждений

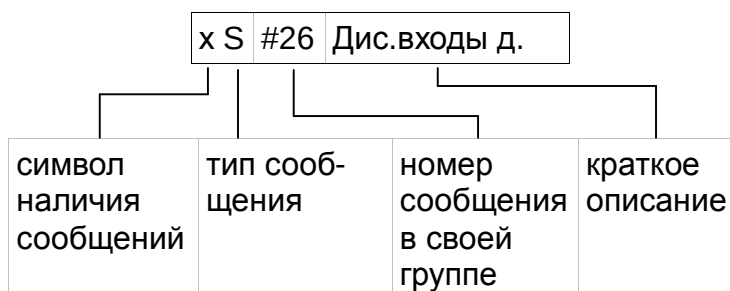


Рис.2.18 Пример статусной строки при наличии ошибок или предупреждений

В крайней левой позиции расположен индикатор состояния расходомера. Возможны три варианта индикатора:

- «√» – нормальное состояние, ошибки и предупреждения отсутствуют;
- «!» – есть предупреждения, ошибки отсутствуют;
- «x» – есть ошибки, возможно, есть предупреждения.

Остальная часть строки различается для двух режимов:

1. При отсутствии сообщений об ошибках и предупреждений выводится информация о состоянии устройств. Сообщение состоит из обозначения устройства и индикатора состояния. Устройства выводятся в следующем порядке:

№	Обозначение	Устройство	Индикатор
1	Σ1	Сумматор 1	«пропеллер», вращается, когда сумматор включен и активен, стоит на месте, когда сумматор включен и остановлен
2	Σ2	Сумматор 2	----- «» -----
3	И1	Выход1 – импульсный режим	вертикальный барограф, высота пропорциональна частоте на выходе
	Ч1	Выход1 – частотный режим	вертикальный барограф, высота пропорциональна частоте на выходе
	С1	Выход1 – статусный режим	«_» – соответствует логическому нулю, «■» – логической единице
4	Ч2	Выход2 – частотный режим	вертикальный барограф, высота пропорциональна частоте на выходе

№	Обозначение	Устройство	Индикатор
	C2	Выход2 – статусный режим	«_» – соответствует логическому нулю, «■» – логической единице
5	C3	Выход3	«_» – соответствует логическому нулю, «■» – логической единице
6	42	Токовый выход	вертикальный барограф, высота пропорциональна току на выходе
7	Д1	Дискретный вход 1	«_» – соответствует логическому нулю, «■» – логической единице
8	Д2	Дискретный вход 2	«_» – соответствует логическому нулю, «■» – логической единице

Если для входа, выхода или сумматора в качестве назначения указано «Не используется», информация о нем не выводится. Если информация обо всех устройствах не помещается в одну строку, в конце первой строки ставится «...» и через 8 секунд отображается вторая строка, в начале которой стоит «...». Через 8 секунд снова отображается первая строка и т.д.;

2. При наличии ошибок или предупреждений, в статусной строке отображается по одному сообщению в порядке уменьшения значимости. Подробную информацию о сообщениях см. в п.2.17.

Находясь на главном экране, пользователь может попасть в главное меню и меню сумматора, пользуясь кнопками. Порядок действий приведен в п.2.6.1 настоящего Руководства.

2.6.3 Меню сумматора

С помощью меню пользователь управляет работой одного из двух сумматоров. Выбор сумматора определяется параметром Rapid_Total_Menu (описание параметров смотри в документе «Сведения для автоматизации»). С помощью меню осуществляются следующие действия:

1. Стоп

Запрещает обновление значения сумматора в процессе измерения;

2. Сброс

Записывает в сумматор ноль;

3. Старт

Разрешает обновление значения сумматора в процессе измерения.

2.6.4 Главное меню

С помощью главного меню пользователь может изменить основную часть параметров работы расходомера, выполнить калибровку нуля и калибровку токового выхода. Инструкцию по работе с меню смотри в п.2.7. Описание параметров доступных через меню приведено в документе «Сведения для автоматизации».

2.7 Инструкция по работе с главным меню

Ё Заметка:

- Инструкцию по работе с клавиатурой смотри в п.2.6.1 данного руководства;
- Описание структуры меню смотри в Приложении Ж.

Главное меню имеет древовидную структуру. Структура состоит из внутренних и конечных узлов. Каждому узлу соответствует пункт меню. Конечные узлы представляют параметры (см. описание параметров). Конечные узлы бывают двух видов: для индикации значения параметра и для редактирования значения. Если конечный узел предназначен для индикации значения, при установке маркера на соответствующий пункт меню, он выделяется рамкой, если конечный узел предназначен для редактирования параметра, пункт меню выделяется инверсным полем, также как пункты, соответствующие внутренним узлам. Значения в пунктах меню, предназначенных для индикации обновляются автоматически с интервалом 0,5 секунды.

М. расх.: 2.001	4. Обнулить показания	2. Ед. мас.р.: кг/ч
Только для индикации	Только для редактирования	Для индикации и редактирования

Рис.2.19 Выделение пунктов меню в зависимости от выполняемой функции.

Чтобы изменить значение некоторого параметра, необходимо найти соответствующий конечный узел в структуре дерева и мысленно составить к нему путь через внутренние узлы. Для входа в меню надо нажать одновременно кнопки  +  и удерживать в течение 2 секунд, затем отпустить кнопки и однократно нажать кнопку . Далее, осуществляя навигацию по меню, необходимо выбрать конечный узел для редактирования соответствующего параметра. В зависимости от типа параметра будет предложено выбрать значение из списка возможных или отредактировать числовое значение. Новое значение можно сохранить или отменить изменения. Далее можно выйти из меню на Главный экран или продолжить навигацию по меню. Выход из меню осуществляется аналогично входу: надо нажать одновременно кнопки  +  и удерживать в течение 2 секунд, затем отпустить кнопки и однократно нажать кнопку . Также можно выбрать пункт «1. Выйти из меню» на первом уровне главного меню.

Ё Заметка:

- Изменение некоторых параметров может влиять на структуру меню в соответствии с выбранным значением;
- Расходомер продолжает выполнять все свои функции (п.2.3 данного руководства) в процессе редактирования меню.

**Внимание:**

Вход в главное меню может быть заблокирован с помощью микропереключателя. Если микропереключатель 2 находится в положении «ON», вход в меню будет заблокирован, на дисплее высветится сообщение «Вход в меню запрещен! Аппаратная защита». Для разрешения входа в меню, переведите микропереключатель 2 в положение «OFF».

2.8 Сообщения

**Заметка:**

- Инструкцию по работе с клавиатурой смотри в п.2.5.1 данного руководства;
- Описание структуры меню смотри в Приложении Ж.

2.8.1 Классификация сообщений

Сообщения классифицируются по двум признакам: по происхождению и по степени важности.

По происхождению сообщения подразделяются на два вида:

1. Системные сообщения — это сообщения связанные с функционированием программного и аппаратного обеспечения расходомера;
2. Сообщения процесса — это сообщения связанные с параметрами измеряемого процесса.

По важности сообщения подразделяются на два вида:

1. Ошибки — это сообщения о событиях, которые привели к тому, что расходомер не может представлять достоверное значение одной или нескольких измеряемых величин.
2. Предупреждения — это сообщения, которые говорят о том, что некоторые параметры работы расходомера не соответствуют типовому применению (например режим симуляции);

В соответствии с этим:

1. «Системные ошибки» — это события, которые связаны с функционированием программно-аппаратного комплекса, и наступление которых, приводит к невозможности определять и передавать правильные значения основных измеряемых параметров (массовый расход, объемный расход и т.д.);

2. «Ошибки процесса» — это события, которые связаны с самим процессом (или условиями при которых он осуществляется) и не связаны с неисправностями измерительного обеспечения массового расходомера;

3. «Системные предупреждения» - это события, которые частично вносят изменения в процесс измерения и передачи основных измерительных параметров, но являются устранимыми. Эти события связаны именно с самим программно-аппаратным измерительным комплексом, и устранить их возможно с помощью изменения параметров;

4. «Предупреждения процесса» – это не катастрофические события, связанные с процессом (или условиями процесса).

Полный классифицированный перечень сообщений с описанием каждого сообщения представлен в Приложении Г.

ë **Заметка:** в ряде случаев «системная ошибка» может быть следствием особых условий работы расходомера (в момент включения питания, при ударных воздействиях на расходомер и т.д.).

2.8.2 Отображение

Сообщения отображаются на дисплее в главном экране (п.2.6.2 рис.2.16) и с помощью статусного светодиода (рис.2.13). В статусной строке отображается по одному сообщению. Порядок следования сообщений определяется:

1. Группой, в соответствии с классификацией (п.2.6.2);
2. Внутри одной группы сообщения выводятся в порядке возрастания номера сообщения (Приложение Г).

Сообщение отображается в статусной строке до тех пор, пока не будет устранена причина, вызвавшая сообщение.

Порядок следования групп при выводе сообщений:

1. Ошибки системы;
2. Ошибки процесса;
3. Предупреждения системы;
4. Предупреждения процесса.

Наличие ошибок сигнализируется зажиганием статусного светодиода красным цветом. Наличие только предупреждений – желтым.

Формат сообщения в статусной строке

Примеры сообщений: «× S #XX Связь с ИП», «! Р #XX Велик.мас.р»

класс важности ————— краткое описание
 происхождение номер в группе

Класс важности:

«x» – Ошибка;
«!» – Предупреждение.

Происхождение:

«S» – системное сообщение;
«P» – сообщение процесса.

Номер в группе служит для поиска сообщения в перечне (Приложение Г).

Краткое описание соответствует наименованию сообщения в Приложении Г.

Весь список активных сообщений можно считать по протоколу Modbus. Для этого необходимо прочитать параметры CommonNotice, Notice1, Notice2,..., Notice8. Параметр CommonNotice содержит информацию об общем количестве сообщений и их типах. Если количество сообщений больше нуля, то параметры Notice1.. Notice8 содержат информацию о сообщениях.

Формат параметра CommonNotice:

бит	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
назн.	–	–	–	–	–	–	–	–	СО	СП	ОП	ПП	Н	Н	Н	Н

Бит0..бит3 – общее количество сообщений об ошибках (до 8);

Бит4..бит7 – флаги наличия сообщений определенного типа:

- ПП – предупреждение процесса,
 - ОП – ошибка процесса,
 - СП – системное предупреждение,
 - СО – системная ошибка
- могут быть установлены в любом сочетании.

Бит8..бит15 – не используются.

Формат параметров Notice1.. Notice8:

бит	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
назн.	СО	СП	ОП	ПП	–	–	–	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н

Бит0..бит7 – индекс сообщения в таблице заголовочного файла, на 1 меньше, чем номер сообщения в своей группе в перечне сообщений в Приложении Г;

Бит8..бит11 – не используются;

Бит12..бит15 – флаг типа сообщения, всегда установлен один из четырех.

2.9 Связь по Modbus**2.9.1 Технология Modbus**

Modbus — коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер». Широко применяется в промышленности для организации связи между электронными устройствами. Может использовать для передачи данных последовательные линии связи RS-485, RS-422, RS-232, а также сети TCP/IP (Modbus TCP). В расходомере Элметро-Фломак используется линия связи RS-485.

Все устройства в сети Modbus разделяются на два типа:

- Ведущие устройства (клиенты)

Ведущие устройства (например ПК, сканер) инициируют передачу данных по линии связи;

- Ведомые устройства (серверы)

Ведомые устройства (такие как этот расходомер) не могут самостоятельно начинать транзакцию. Они передают данные запрашиваемые главным устройством, или производят запрашиваемые действия.

ё

Заметка:

Обычно в сети Modbus есть только одно ведущее устройство и несколько ведомых:

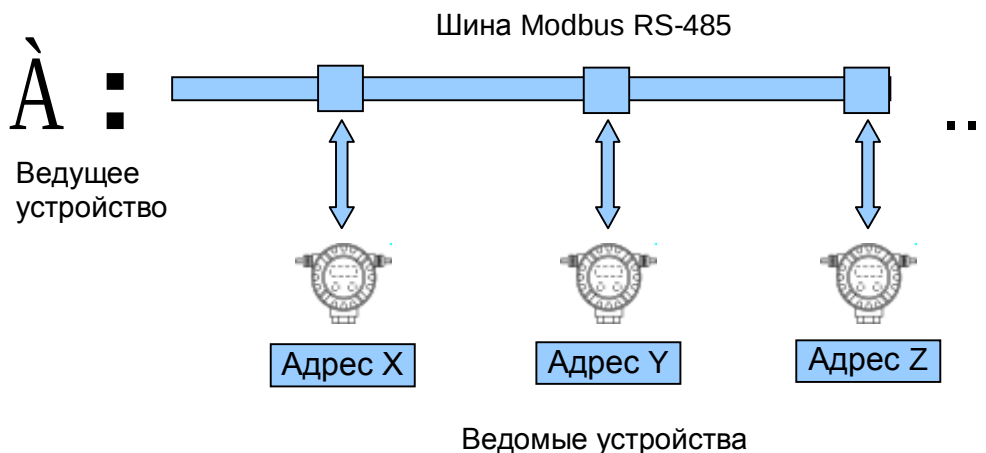


Рис.2.20 Схема сети Modbus RS-485

Ведущее устройство может обращаться к ведомым двумя способами:

- Запрос

Ведущее устройство отправляет пакет только одному подчиненному устройству и ожидает ответа от него. Для этого в пакете указывается индивидуальный адрес ведомого устройства в сети Modbus;

- Широковещательное сообщение

Используя адрес 0 (широковещательный адрес), ведущее устройство отправляет сообщение всем ведомым устройствам в сети. Ведомые устройства выполняют команду, но не отправляют ответ ведущему. Широковещательные запросы разрешены только для команд записи.

2.9.2 Пакет данных Modbus

Ведущее устройство инициирует обмен данными, посылая запрос ведомым. После получения запроса ведомое устройство, которому адресован запрос (в случае широковещательного запроса — все ведомые устройства), выполняет необходимые действия, и в том случае, если это не широковещательный запрос, ведомое устройство отправляет ответ.

Данные между ведущим и ведомым устройствами передаются пакетами. Пакет запроса от ведущего устройства содержит следующие поля:

Адрес ведомого устройства	Код функции	Данные	Контрольная сумма
1 байт	1 байт	N байт	2 байта

- Адрес ведомого устройства

Доступные адреса ведомых устройств от 1 до 247.

Адрес 0 используется для широковещательного запроса всем ведомым устройствам;

- Код функции

Код функции определяет одну из операций чтения, записи или управления, которая должна быть выполнена ведомым устройством.

Список доступных для Расходомера кодов функций смотри в п.2.7.3 данного руководства;

- Данные

Набор данных зависит от кода функции и может включать:

- Начальный адрес регистра
- Количество регистров
- Данные для чтения / записи
- Длина данных
- и др.;

- Контрольная сумма (CRC16)

Контрольная сумма вычисляется от остальной части пакета и служит для контроля целостности данных на приемной стороне.

Если запрос выполнен успешно, ответный пакет содержит такой же набор полей как и запрос, содержимое полей «Адрес ведомого устройства» и «Код функции» повторяет запрос, содержимое поля «Данные» зависит от кода функции. Если во время обработки запроса произошла ошибка, код функции содержит в старшем бите единицу, а поле данных состоит из одного байта — кода исключения Modbus. Список кодов исключения Modbus смотри в п.2.9.7 данного руководства. Любой пакет защищается контрольной суммой.

Ведущее устройство может послать другой запрос только после получения ответа от ведомого устройства или по истечении таймаута (таймаут ответа или таймаут обработки широковещательного запроса). Длительность таймаута определяется на ведущем устройстве и зависит от времени ответа ведомого устройства.

Ё **Заметка:**

Таймаут¹ ответа Расходомера составляет 100 мс. Таймаут обработки широковещательного запроса также 100 мс.

1 Таймаут — максимальная задержка

2.9.3 Коды функций Modbus

Код функции определяет одну из операций чтения, записи или управления, которая должна быть выполнена ведомым устройством. Данный расходомер поддерживает следующие функции Modbus:

Код функции	Имя в соответствии со спецификацией Modbus	Описание
0x03	READ HOLDING REGISTERS	Читает один или больше регистров ведомого устройства. Одной командой можно запрашивать от 1 до 125 последовательных регистров. <i>Применение:</i> чтение текущего значения измеряемых величин и пр.
0x06	WRITE SINGLE REGISTER	Служит для записи значения одного регистра. <i>Применение:</i> запись значений параметров, имеющих целый тип
0x10	WRITE MULTIPLE REGISTERS	Записывает новые данные в регистры ведомого устройства. С помощью одного запроса может быть записано от одного до 120 регистров. <i>Применение:</i> запись значений параметров с плавающей запятой, запись нескольких параметров

Также в Расходомере реализованы специальные функции:

Код функции	Имя	Описание
0xAC	COMMAND TO MB	Функция используется для обмена данными с измерительным модулем.
0xAF	RESET MB	Функция используется для программного сброса измерительного модуля.

Специальные функции применяются в сервисной программе Расходомера и не должны использоваться вне сервисной программы.



Заметка:

Широковещательные запросы могут использоваться только с кодами функций 0x06 и 0x10.

**Внимание:**

При использовании функций 0x06 и 0x10 для записи параметров, которые хранятся в энергонезависимой памяти, происходит запись новых значений в ПЗУ Расходомера. Количество операций записи каждого параметра в ПЗУ технически ограничено одним миллионом. При дальнейших попытках записи может произойти потеря данных и нарушение работы Расходомера. Поэтому необходимо внимательно настраивать работу по протоколу Modbus, чтобы избежать непрерывной циклической записи параметров, хранящихся в ПЗУ.

2.9.4 Задержка ответа

Максимальное время между окончанием отправки запроса ведущим устройством и началом отправки ответа Расходомером составляет 100 мс. Типичное время ответа находится в интервале от 5 до 20 мс. максимальное время необходимое на обработку команды при широковежательном запросе составляет 100 мс.

Если запрос содержал команду записи данных, которые хранятся в ПЗУ, то расходомер отвечает только после того, как выполнил запись данных в ПЗУ и проверку правильности записи. Если при записи данных в ПЗУ возникла ошибка, будет отправлен ответ, содержащий исключение 5.

2.9.5 Адреса регистров

Все данные в памяти Расходомера, которые доступны пользователю через протокол Modbus или экранное меню называются параметрами. Описание параметров смотри в документе «Сведения для автоматизации». Каждому параметру соответствует адрес регистра Modbus, указанный в таблице 1 указанного документа.

Адрес регистра → Тип данных → Только чтение →	<table border="1"> <tr> <td> Volume_Flow MODBUS register: 0x02 Data type: Float Access: Read </td><td data-bbox="778 1252 1458 1469"> Объемный расход. Объемный расход определяется из измеренного массового расхода и измеренного значения плотности среды. </td></tr> </table>	Volume_Flow MODBUS register: 0x02 Data type: Float Access: Read	Объемный расход. Объемный расход определяется из измеренного массового расхода и измеренного значения плотности среды.
Volume_Flow MODBUS register: 0x02 Data type: Float Access: Read	Объемный расход. Объемный расход определяется из измеренного массового расхода и измеренного значения плотности среды.		

Рис.2.21 Пример описания параметра из документа «Сведения для автоматизации»

2.9.6 Представление данных

Все параметры имеют один из следующих типов:

- **Целочисленный**

Длина данных два байта (один регистр)

Регистр N	
Байт 1	Байт 0
старший байт (MSB)	младший байт (LSB)

- **Вещественный** (с плавающей запятой, в соответствии со стандартом IEEE 754)

Длина данных четыре байта (два регистра)

Регистр N+1		Регистр N	
Байт 3	Байт 2	Байт 1	Байт 0
ЗЭЭЭЭЭЭЭ	ЭМММММММ	ММММММММ	ММММММММ

где М — мантисса,

Э — экспонента,

З — знак.

Тип данных параметра указан в описании параметров, смотри рис.2.12

Порядок следования байт в пакете

Для целочисленных параметров:

Первый байт	Второй байт
Регистр N	
Байт 1	Байт 0
старший байт (MSB)	младший байт (LSB)

Для вещественных параметров

Первый байт	Второй байт	Третий байт	Четвертый байт
Регистр N		Регистр N+1	
Байт 1	Байт 0	Байт 3	Байт 2
ММММММММ	ММММММММ	ЗЭЭЭЭЭЭЭ	ЭМММММММ

2.9.7 Исключения Modbus

Одна из четырех ситуаций может иметь место при запросе ведущего к ведомому:

- Если ведомое устройство приняло запрос без коммуникационных ошибок и может нормально распознать запрос, оно **возвращает нормальный ответ**;
- Если ведомое устройство не приняло запрос, **ответ не возвращается**. Ведущее устройство ожидает ответа на запрос в течение определенного таймаута;
- Если ведомый принял запрос, но обнаружил коммуникационную ошибку (паритет, ошибка контрольной суммы), то **ответ не возвращается**. Ведущий ожидает ответа на запрос в течение определенного таймаута;
- Если ведомый принял запрос без коммуникационной ошибки, но не может выполнить затребованную функцию (например чтение несуществующих регистров), ведомый **возвращает сообщение об ошибке** и ее причинах.

Сообщение об ошибке состоит из следующих частей:

Адрес ведомого устройства	Код функции 0x80	Номер исключения	Контрольная сумма
1 байт	1 байт	1 байт	2 байта

| — означает операцию поразрядного «или».

Номер исключения показывает причину, по которой отправлено сообщение об ошибке.

Следующие стандартные исключения поддерживаются Расходомером:

Номер исключения	Название	Описание
1	ILLEGAL FUNCTION	Принятый код функции не может быть обработан ведомым устройством
2	ILLEGAL DATA ADDRESS	Адрес данных, указанный в запросе недоступен данному ведомому
3	ILLEGAL DATA VALUE	Величина, содержащаяся в поле данных запроса является недопустимой величиной для ведомого
4	SLAVE DEVICE FAILURE	Номер регистра, указанный в запросе не используется в ведомом устройстве

Также в Расходомере используются специальные исключения:

Номер исключения	Название	Описание
5	WRITE PROTECT	Запись невозможна, т.к. расходомер находится в режиме защиты от записи
9	ERROR READING SIGNALS	Ошибка при чтении исходных сигналов

2.9.8 Настройка линии связи

Связь по протоколу Modbus с расходомером осуществляется по линии связи стандарта RS-485. Стандарт EIA/TIA-485 предусматривает использование двух типов кабеля (А и Б) для организации линии связи. При работе с расходомером рекомендуется использовать кабель типа А.

Рекомендуемые характеристики кабеля:

Параметр	Значение
Импеданс	от 135 до 165 Ом при измерении на частоте от 3 до 20 МГц
Ёмкость	не более 30 пФ/м
Сечение	не менее 0,34 мм ²
Тип кабеля	витая пара
Сопротивление петли	не более 110 Ом/км
Затухание сигнала	не более 9 дБ по всей длине кабеля
Экранирование	медное плетение или плетение и экран из фольги

Обратите внимание на следующие замечания:

- При использовании кабеля типа А, при максимальной скорости передачи данных 115200 бит/с, максимальная длина линии связи (сегмента) составляет 1200 м;
- К одному сегменту сети может быть подключено не более 32 пользователей (ведущих и ведомых);
- К каждому сегменту с обоих концов должны быть подключены терминаторы (резистор номиналом 120 Ом);
- Длина сети или количество пользователей могут быть увеличены с применением повторителей.

Обмен информацией настраивается через экранное меню («Базовые функции → MODBUS RS-485») или по протоколу Modbus (в сервисной программе «Базовые функции → Modbus RS-485»). Доступными параметрами являются:

- Адрес в сети Modbus

Адрес указывается в каждом информационном пакете для идентификации ведомого устройства. Диапазон значений: от 1 до 247;

- Скорость передачи данных, кбит/с

Доступен ряд скоростей: 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600, 115200;

- Чётность

Каждое информационное слово может быть снабжено битом чётности для обнаружения ошибок передачи данных. Доступные режимы: нет контроля, нечет, чёт.

ё Заметка:

При изменении параметров связи удаленно по протоколу Modbus, ответ на запрос расходомер отправляет в старом формате. Следующий запрос расходомер ожидает в новом формате.

і Для настройки используются параметры:

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [5. Базовые функции] → [7.MODBUS RS485] →			
адрес	«2. Адрес:»	Адрес расходомера в сети Modbus	DevAddr
скорость	«3. Скорость:»	Скорость передачи данных, индекс из ряда	BaudRate
чётность	«4. Четность:»	Включение/выключение контроля четности	Parity

2.10 Сервисная программа

Расходомер поставляется в комплекте с сервисной программой для ПК. Сервисная программа позволяет выполнять следующие действия:

- Считывать конфигурацию (содержит значения всех параметров) из расходомера и сохранять её в файл;
- Записывать конфигурацию из файла в расходомер;
- Производить настройку расходомера посредством изменения всех параметров. Параметры сгруппированы по назначению в соответствии с экранным меню;
- Просматривать текущие значения измеряемых величин; во время работы сервисной программы текущие значения сохраняются в файл ГГГГ_ММ_ДД.txt в подкаталоге «IndicatorLogs»;
- Просматривать информацию о текущих ошибках расходомера;
- Производить калибровку токового выхода с помощью специального мастера; также позволяет возвращать калибровочные коэффициенты к заводским значениям.

Во время работы сервисная программа ведет протокол событий, который записывается в файл ГГГГ_ММ_ДД.txt в подкаталоге «Logs». События включают в себя:

- Изменение состояния подключения к расходомеру;
- Ошибки связи при обмене данными с расходомером;
- Результат (успех/ошибка) операций записи новых значений параметров;
- и др.

Интерфейс программы может быть представлен на разных языках; переключение языков осуществляется через меню «Language».

За более подробными сведениями обращайтесь к «Инструкции по работе с сервисной программой расходомера Элметро-Фломак».

2.11 Выходы

Расходомер оснащен тремя цифровыми выходами и одним токовым. Каждый выход может быть выключен или включен. Выключить выход можно задав в качестве *назначения* «Не используется». Если указано другое назначение, то выход включен и может работать в нормальном режиме или в режиме симуляции. В режиме симуляции выход постоянно отображает заданное значение. Если не включен *режим симуляции*, выход работает в нормальном режиме, т.е. отображает назначенный параметр. Если выход работает в нормальном режиме при возникновении состояния аварии расходомера, значение на выходе определяется параметром *аварийный режим*:

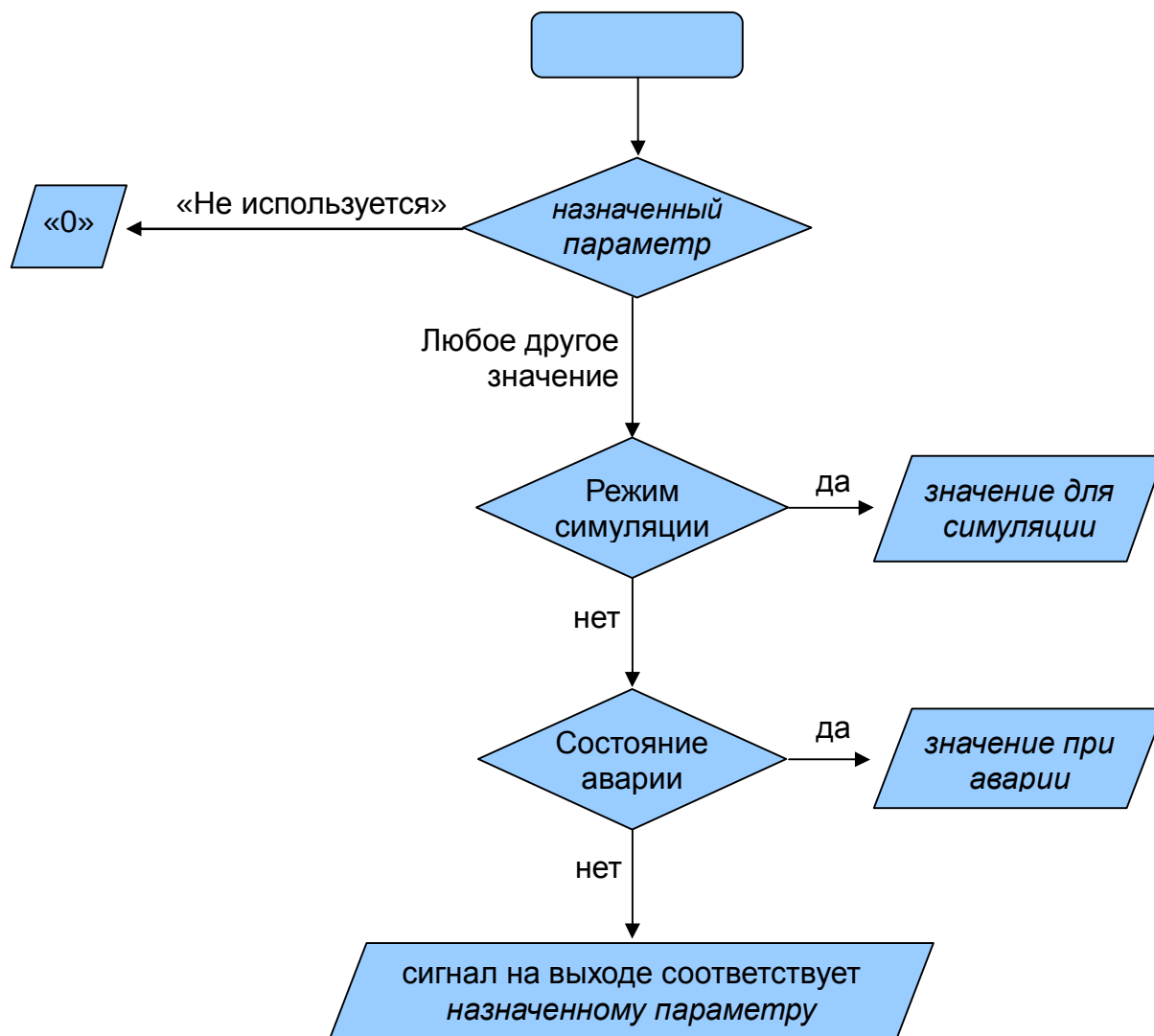


Рис.2.22 Алгоритм формирования значения на выходе

2.11.1 Цифровые выходы

Для цифровых выходов доступны следующие *режимы работы*:

- Импульсный;
- Частотный;
- Статусный.

Цифровые выходы имеют пассивный тип и в каждый момент времени могут находиться в одном из двух состояний:

- Проводящее, в дальнейшем по тексту обозначается «1»;
- Непроводящее, в дальнейшем по тексту обозначается «0».

Допустимые режимы работы выходов:

	Импульсный	Частотный	Статусный
Выход 1	+	+	+
Выход 2		+	+
Выход 3			+

Режим работы выхода определяется параметрами PFS1_Mode, FS2_Mode для первого и второго выходов соответственно.

i Для настройки используются параметры:

Выход 1

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание] → [5.Сигнальные выходы] → [2.Имп./Част./Стат. 1] →			
<i>режимы работы</i>	«2. Тип:»	Тип выхода (имп., част., статус.)	PFS1_Mode

Выход 2

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание] → [5.Сигнальные выходы] → [3.Частотный/Стат. 2] →			
<i>режимы работы</i>	«2. Тип:»	Тип выхода (част., статус.)	FS2_Mode

Импульсный режим

В этом режиме работы число импульсов на выходе за некоторый отрезок времени пропорционально изменению значения *назначенного параметра* за это время. Коэффициент пропорциональности называется *ценой импульса*.

$$N = \frac{\Delta V}{k}, \quad (2.1)$$

где N — количество импульсов,

k — цена импульса,

ΔV — изменение значения связанного параметра.

Цену импульса следует выбирать таким образом, чтобы максимальная возможная частота импульсов на выходе при максимальном расходе ($1 / N$) не превышала 10 кГц и соответствовала возможностям вторичной аппаратуры.

При расчете параметров импульсного выхода за *максимальный расход* следует принимать двойной номинальный расход для данного расходомера (п.1.2.3), чтобы обеспечить правильную работу импульсного выхода, когда расход превышает номинальное значение. Ширину импульса следует выбирать менее половины периода следования импульсов при максимально возможной частоте.

В этом режиме выход может использоваться для отображения следующих величин:

- Массовый расход (нарастающим итогом – интегрированный);
- Объемный расход (нарастающим итогом – интегрированный);
- Приведенный объемный расход (нарастающим итогом – интегрированный);

1 Для настройки используются параметры:

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[2.Имп./Част./Стат. 1]→[3.Конфигурирование]→			
<i>связанный параметр</i>	«2. Назначение:»	Назначенный параметр	PFSp_Assign
	«3. Единицы:»	Единицы измерения цены импульса	IndexUnitMass, IndexUnitVolume или UnitCorrVolume – зависит от PFSp_Assign
<i>цена импульса</i>	«4. Цена имп.:»	Изменение назначенного параметра, соответствующее одному импульсу	PFSp_PulseValue
<i>длительность «1»</i>	«5. Ширина, мс:»	Длительность «1» в миллисекундах	PFSp_PulseWidth
<i>режим</i>	«6. Режим:»	Используемые значения — положительные, отрицательные, все значения – по модулю или в компенсационном режиме	PFSp_Mode
<i>аварийный режим</i>	«7. При аварии:»	Сигнал на выходе при аварии	PFSp_FailsafeMode
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[2.Имп./Част./Стат. 1]→ [4.Симуляция]→			
<i>режим симуляции</i>	«2. Симуляция:»	Режим симуляции – «Выкл.»/«Непрерывно»*/«Счетчик»	PFSp_SimMode
	«3. Уставка:»	В режиме «Счетчик» – количество импульсов, которые будут сформированы на выходе	PFSp_SimFreq

* В режиме «Непрерывно» на выходе формируется меандр с периодом равным двойной *длительности «1»*.

В зависимости от *режима* выход отображает следующие значения связанного параметра:

- только положительные;
- только отрицательные;
- все значения, взятые по модулю;
- все значения в компенсационном режиме.

Компенсационный *режим* может использоваться тогда, когда необходимо импульсным сигналом отображать поток в условиях кратковременно возникающего противотока. В компенсационном *режиме* отрицательные компоненты накапливаются и компенсируются в дальнейшем положительными компонентами потока. Если отрицательные компоненты накапливаются непрерывно более 60 секунд, выводится предупреждение «! Р #13 Вых1:буфер п».



Внимание:

Несоответствие текущего расхода и параметров PFSp_PulseValue и PFSp_PulseWidth, может привести к установке следующих предупреждений:

«! P #11 Вых1:Запазд.» и «! P #12 Вых1:Зап>буф».

Предупреждение P#11 указывает на то что, процесс выдачи импульсов запаздывает более чем на 0,5 секунды, причем выдача импульсов в данный момент идет предельно плотным потоком с периодом равным $2 \cdot \text{PFSp_PulseWidth}$ [мс].

Предупреждение P#12 (устанавливается всегда после предупреждения P#11) указывает на то что, процесс выдачи импульсов уже запаздывает более чем на 2 секунды – невыпущенные импульсы накапливаются во внутреннем сумматоре.

Например: превышение *максимального расхода* на 10% в течение 20 секунд приведет к установке двух предупреждений (при превышении на 50% – через 4 секунды).

Частотный режим

В этом режиме частота сигнала на выходе в каждый момент времени пропорциональна текущему значению *связанного параметра*.

$$f = f_{\min} + k \cdot V, \quad (2.2)$$

$$k = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}}, \quad (2.3)$$

где f – частота выходного сигнала,

$f_{\max}$ – *максимальная частота* выходного сигнала,

$f_{\min}$ – *минимальная частота* выходного сигнала,

V – текущее значение связанного параметра,

$V_{\max}$ – *максимальное значение* связанного параметра,

$V_{\min}$ – *минимальное значение* связанного параметра.

Минимальную частоту ($f_{\min}$) и коэффициент передачи (k) следует выбирать таким образом, чтобы максимальная возможная частота на выходе ($f_{\max}$) не превышала 10 кГц.

В этом режиме выход может использоваться для отображения величин:

- Массовый расход;
- Объемный расход;
- Плотность;
- Температура;
- Приведенный объемный расход;
- Приведенная плотность.

Ё Заметка:

Импульсный и частотный режимы похожи. Разница в следующем:

- частотный сигнал представляет из себя меандр – длительности «1» и «0» равны друг другу и половине периода¹; в импульсном сигнале *длительность* «1» задается параметром PFSp_PulseWidth, длительность «0» зависит от количества импульсов;
- в импульсном режиме число импульсов за некоторый промежуток времени строго соответствует накопленному за это время значению связанного параметра, а в частотном режиме текущему значению параметра соответствует частота.

і Для настройки используются параметры:

Выход 1

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[2.Имп./Част./Стат. 1]→[3.Конфигурирование]→			
<i>связанный параметр</i>	«2. Назначение:»	Назначенный параметр	PFSf_Assign
<i>максимальная частота</i>	«3. Макс.,Гц:»	Максимальная частота, Гц	PFSf_MaxFreq
<i>минимальная частота</i>	«4. Мин.,Гц:»	Минимальная частота, Гц	PFSf_MinFreq
	«5. Единицы:»	Единицы измерения мин. и макс. значений параметра	PFSf_Unit
<i>максимальное значение</i>	«6. ВПИ:»	Макс. значение параметра	PFSf_MaxValue
<i>минимальное значение</i>	«7. НПИ:»	Мин. значение параметра	PFSf_MinValue
	«8. Режим:»	«Стандартный» – все значения от НПИ до ВПИ; «По модулю» – значение берется по модулю, а потом отображается в соответствии с формулой (2.3)	PFSf_Mode
<i>аварийный режим</i>	«9. При аварии:»	Сигнал на выходе при аварии	PFSf_FailsafeMode
	«10. Спец.,Гц:»	Частота на выходе при выборе «Специального сигнала» в качестве сигнала при аварии	PFSf_FailValue
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[2.Имп./Част./Стат. 1]→ [4.Симуляция]→			
<i>режим симуляции</i>	«2. Симуляция:»	Включение симуляции (вкл/выкл)	PFSf_SimMode
	«3. Уставка,Гц:»	Значение для симуляции, Гц	PFSf_SimFreq

¹ На предельных частотах форма импульсов отличается от меандра из-за схемотехники с гальванической развязкой. Рекомендуется проверять счетную аппаратуру в режиме симуляции частоты на выходе.

Выход 2

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[3.Частотный/Стат. 2]→[3.Конфигурирование]→			
<i>связанный параметр</i>	«2. Назначение:»	Назначенный параметр	FSf_Assign
<i>максимальная частота</i>	«3. Макс.,Гц:»	Максимальная частота, Гц	FSf_MaxFreq
<i>минимальная частота</i>	«4. Мин.,Гц:»	Минимальная частота, Гц	FSf_MinFreq
	«5. Единицы:»	Единицы измерения мин. и макс. значений параметра	FSf_Unit
<i>максимальное значение</i>	«6. ВПИ:»	Макс. значение параметра	FSf_MaxValue
<i>минимальное значение</i>	«7. НПИ:»	Мин. значение параметра	FSf_MinValue
	«8. Режим:»	Используемые значения — положительные или по модулю	FSf_Mode
<i>аварийный режим</i>	«9. При аварии:»	Сигнал на выходе при аварии	FSf_FailsafeMode
	«10. Спец.,Гц:»	Частота на выходе при выборе «Специального сигнала» в качестве сигнала при аварии	FSf_FailValue
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[3.Частотный/Стат. 2]→ [4.Симуляция]			
<i>режим симуляции</i>	«2. Симуляция:»	Включение симуляции (вкл/выкл)	FSf_SimMode
	«3. Уставка,Гц:»	Значение для симуляции, Гц	FSf_SimFreq

Статусный режим

В этом режиме состояние выхода показывает соответствие значения связанной величины некоторому условию.

Варианты *назначения*, не требующие задания условия:

- Всегда включен – при включенном питании всегда установлен уровень «1»;
- Авария – находится в состоянии «1», устанавливается в «0» при наличии сообщений об аварии;
- Предупреждение – находится в состоянии «1», устанавливается в «0» при наличии предупреждений;
- Авария или предупреждение – находится в состоянии «1», устанавливается в «0» при наличии сообщений об аварии или предупреждений;
- Направление потока – устанавливается в «1» при протекании потока в направлении, указанном стрелкой на корпусе датчика;

Варианты *назначения*, для которых требуется задать пороговые значения (релейный режим):

- Массовый расход;
- Объемный расход;
- Приведенный объемный расход;
- Плотность;

- Приведенная плотность;
- Температура;
- Сумматор 1;
- Сумматор 2.

В качестве пороговых значений определяются два параметра: OnValue (*порог включения*) и OffValue (*порог выключения*). Состояние выхода определяется пороговыми значениями и измеренной величиной (Value) по следующей схеме:

а) OffValue < OnValue:

- 1) Value > OnValue, на выходе устанавливается «1»;
- 2) Value < OffValue, на выходе устанавливается «0»;

б) OffValue > OnValue:

- 1) Value < OnValue, на выходе устанавливается «1»;
- 2) Value > OffValue, на выходе устанавливается «0»;

При необходимости можно задать *задержку установки «1»* и *задержку установки «0»*.

ё Заметка:

Если *порог включения* не равен *порогу выключения*, между этими значениями образуется гистерезис. Гистерезис используется для устранения частых переключений при движении величины в близких к пороговым значениям.

Не следует задавать одинаковые значения для порога включения и порога выключения, так как это может привести к неоднозначности в работе выхода.

і Для настройки используются параметры:

Выход 1

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[2.Имп./Част./Стат. 1]→[3.Конфигурирование]→			
<i>назначение</i>	«2. Назначение:»	Назначенный параметр	PFSS_Assign
	«3. Единицы:»	Единица измерения пороговых значений	PFSS_Unit
<i>порог включения</i>	«4. Вкл. при:»	Порог включения	PFSS_OnValue
<i>порог выключения</i>	«5. Выкл. при:»	Порог выключения	PFSS_OffValue
<i>задержка установки «1»</i>	«6. Зад. вкл.,с:»	Задержка включения, с	PFSS_OnDelay
<i>задержка установки «0»</i>	«7. Зад. выкл,с:»	Задержка выключения, с	PFSS_OffDelay
<i>режим</i>	«8. Режим:»	Используемые значения — положительные или по модулю	PFSS_Mode
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[2.Имп./Част./Стат. 1]→ [4.Симуляция]→			
<i>режим симуляции</i>	«2. Симуляция:»	Включение симуляции (вкл/выкл)	PFSS_SimMode
	«3. Установить:»	Значение для симуляции (1 / 0)	PFSS_SimVal

Выход 2

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[3.Частотный/Стат. 2]→[3.Конфигурирование]→			
<i>назначение</i>	«2. Назначение:»	Назначенный параметр	FSs_Assign
	«3. Единицы:»	Единица измерения пороговых значений	FSs_Unit
<i>порог включения</i>	«4. Вкл. при:»	Порог включения	FSs_OnValue
<i>порог выключения</i>	«5. Выкл. при:»	Порог выключения	FSs_OffValue
<i>задержка установки «1»</i>	«6. Зад. вкл.,с:»	Задержка включения, с	FSs_OnDelay
<i>задержка установки «0»</i>	«7. Зад. выкл,с:»	Задержка выключения, с	FSs_OffDelay
<i>режим</i>	«8. Режим:»	Используемые значения — положительные или по модулю	FSs_Mode
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[3.Частотный/Стат. 2]→ [4.Симуляция]→			
<i>режим симуляции</i>	«2. Симуляция:»	Включение симуляции (вкл/выкл)	FSs_SimMode
	«3. Установить:»	Значение для симуляции (1 / 0)	FSs_SimVal

Выход 3

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[4.Статусный выход 3]→[3.Конфигурирование]→			
<i>назначение</i>	«2. Назначение:»	Назначенный параметр	DOs_Assign
	«3. Единицы:»	Единица измерения пороговых значений	DOs_Unit
<i>порог включения</i>	«4. Вкл. при:»	Порог включения	DOs_OnValue
<i>порог выключения</i>	«5. Выкл. при:»	Порог выключения	DOs_OffValue
<i>задержка установки «1»</i>	«6. Зад. вкл.,с:»	Задержка включения, с	DOs_OnDelay
<i>задержка установки «0»</i>	«7. Зад. выкл,с:»	Задержка выключения, с	DOs_OffDelay
<i>режим</i>	«8. Режим:»	Используемые значения — положительные или по модулю	DOs_Mode
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[4.Статусный выход 3]→ [4.Симуляция]			
<i>режим симуляции</i>	«2. Симуляция:»	Включение симуляции (вкл/выкл)	DOs_SimMode
	«3. Установить:»	Значение для симуляции (1 / 0)	DOs_SimValue

2.11.2 Токовый выход

Величина тока на выходе в каждый момент времени пропорциональна текущему значению *связанного параметра*.

$$I = I_{\min} + k \cdot V, \quad (2.4)$$

$$k = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}}, \quad (2.5)$$

где I – текущая величина тока на выходе,

$I_{\min}$ – минимальная величина тока на выходе, равна 4 мА,

$I_{\max}$ – максимальная величина тока на выходе, равна 20 мА,

V – текущее значение связанного параметра,

$V_{\min}$ – минимальное значение связанного параметра,

$V_{\max}$ – максимальное значение связанного параметра.

В расходомере используется токовый выход пассивного типа, т.е. подключение измерительного устройства к токовому выходу должно быть выполнено по схеме:

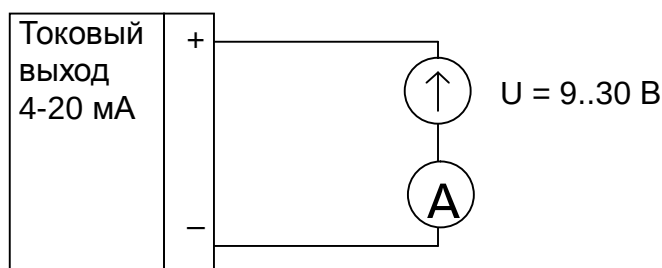


Рис.2.23 Подключение измерителя тока к токовому выходу

Напряжение на клеммах токового выхода расходомера должно быть в диапазоне от 9 до 30 В при протекании в цепи тока от 3,5 до 22,6 мА.

Диапазон значений тока на выходе в соответствии со спецификацией NAMUR от 3,8 мА до 20,5 мА. Это позволяет отличать отображение значения, соответствующего минимальному или максимальному значениям связанного параметра от режима насыщения по току.

Авария сигнализируется одним из уровней:

- низкий уровень 3,5 мА;
- высокий уровень 22,6 мА.

Уровень при аварии задается параметром CUR_Failsafe_Mode.

В стандартном режиме значения связанной величины отображаются без изменений. В режиме «по модулю» значения берутся по модулю. Компенсационный режим может использоваться тогда, когда необходимо токовым сигналом отображать поток в условиях кратковременно возникающего противотока. В импульсном режиме отрицательные компоненты накапливаются и компенсируются в дальнейшем положительными компонентами потока. Если отрицательные компоненты накапливаются непрерывно более 60 секунд, выводится предупреждение «! Р #41 Ток:буфер п.».

**Внимание:**

Если связанный параметр принимает такое значение, что соответствующая величина тока выходит за диапазон допустимых значений (3,8..20,5 мА), устанавливается предупреждение процесса «! Р #42 Огран. т.вых» (описание сообщения в Приложении Г).

i**Для настройки используются параметры:**

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[5.Токовый 4-20 мА]→			
<i>вернуть заводские коэффициенты</i>	«6. Заводские настр.»	Восстановить заводские коэффициенты калибровки выхода	CUR_Restore_Coefficient
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[5.Токовый 4-20 мА]→[3.Конфигурирование]→			
<i>связанный параметр</i>	«2. Назн.:»	Назначенный параметр	CUR_Assign
	«3. Единицы:»	Единицы измерения мин. и макс. значений параметра	CUR_Unit
<i>максимальное значение</i>	«4. 20мА,ВПИ:»	Макс. значение параметра, соответствует току 20 мА	CUR_Value_20mA
<i>минимальное значение</i>	«5. 4мА, НПИ:»	Мин. значение параметра, соответствует току 4 мА	CUR_Value_4mA
<i>режим</i>	«6. Режим:»	Преобразования входных значений: нет, взять по модулю или импульсный режим	CUR_Measuring_Mode
<i>уровень при аварии</i>	«7. При аварии:»	Сигнал на выходе при аварии	CUR_Failsafe_Mode
меню: [4. Обслуживание]→[5.Сигнальные выходы]→[5.Токовый 4-20 мА]→ [4.Тест петли]→			
<i>режим симуляции</i>	«2. Симуляция:»	Включение симуляции (вкл/выкл)	CUR_Simulation_Mode
	«3. Уставка,мА:»	Значение для симуляции, мА	CUR_Current

При необходимости пользователь может выполнить калибровку токового выхода. Это можно сделать с помощью экранного меню или сервисной программы. Перед началом калибровки необходимо подключить к токовому выходу эталонный измеритель тока.

Калибровка с помощью экранного меню

1. Войти в главное меню;
2. Перейти к пункту «Обслуживание» → «Сигнальные выходы» → «Токовый 4-20 мА» → «Калибровка петли» → «Настроить 4 мА»;
3. Нажать кнопку .
4. Выбрать пункт «Эталон,мА» и записать текущее показание измерителя тока;
5. Выбрать пункт «Настроить 20 мА» и нажать кнопку .
6. Выбрать пункт «Эталон,мА» и записать текущее показание измерителя тока;
7. Выбрать пункт «Откалибровать» и нажать кнопку .

Калибровка с помощью сервисной программы

1. В древовидном списке в левой части главного окна выбрать пункт «Сигнальные выходы» → «Токовый»;
2. В правой панели в группе «Калибровка» нажать кнопку «Мастер калибровки...»;
3. Следовать указаниям «мастера».

Пользователь всегда может *вернуть заводские коэффициенты* калибровки токового выхода. Для этого параметр CUR_Restore_Coefficient необходимо установить в единицу. Это можно сделать с помощью экранного меню или сервисной программы.

С помощью экранного меню

1. Войти в главное меню;
2. Перейти к пункту «Обслуживание» → «Сигнальные выходы» → «Токовый 4-20 мА» → «Заводские настройки»;
3. Нажать кнопку .

С помощью сервисной программы

1. В древовидном списке в левой части главного окна выбрать пункт «Сигнальные выходы» → «Токовый»;
2. В правой панели в группе «Калибровка» нажать кнопку «Восстановить».

2.12 Входы

Расходомер оснащен двумя дискретными входами. Входы идентичны по функциям. Каждый из входов может быть выключен или настроен на одно из *действий*:

- сброс сумматора 1;
- сброс сумматора 2;
- общий сброс сумматоров;
- запуск настройки нуля.

Пока на входе установлен уровень логического нуля или логической единицы, не выполняется никаких действий. Выбранное действие выполняется при переходе сигнала из нуля в единицу максимальная задержка между установлением напряжения на входе и регистрацией изменения состояния входа составляет 50 мс.

Минимальная длительность единицы должна составлять 50 мс.

і Для настройки используются параметры:

Вход 1

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание] → [6. Дискретные входы] → [2. Вход 1] →			
<i>действие</i>	«2. Назн.:»	Назначенное действие	DI1_Assign

Вход 2

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание] → [6. Дискретные входы] → [3. Вход 2] →			
<i>действие</i>	«2. Назн.:»	Назначенное действие	DI2_Assign

2.13 Микропереключатели

Микропереключатели (МП) расположены на лицевой панели модуля процессора под стеклом и обеспечивают защиту от нежелательного изменения настройки расходомера. Попытка доступа к МП приводит к нарушению заводской пломбы.

МП 1

Блокирует изменение настройки через локальный интерфейс или по протоколу Modbus. Если переключатель находится в положении «ON», запись запрещена. При попытке записи ведущее устройство получит извещение об ошибке 5 «Устройство защищено от записи». На дисплее сообщение об ошибке не отображается.

МП 2

Блокирует вход в главное меню и в меню сумматоров. Если переключатель находится в положении «ON», вход в меню запрещен. При попытке входа в меню на дисплее высветится сообщение «Вход в меню запрещен! Аппаратная защита». Для разрешения входа в меню, переведите микропереключатель 2 в положение «OFF».

2.14 Основные единицы измерения

Среди параметров расходомера имеется группа, которая называется «Основные единицы измерения». Эти параметры имеют два назначения:

- Вывод на индикатор результатов измерения (массовый расход, объемный расход и т.д.) происходит в этих единицах;
- При смене назначенного параметра для выходов, отсечки и т.д. (везде, где требуется указание единиц измерения) по-умолчанию используются единицы измерения, выбранные основными.

і Для настройки используются параметры:

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание] → [2. Главные переменные] →			
	«2. Ед.мас.р»	Единицы массового расхода	Unit_Mass_Flow
	«3. Ед.об.р»	Единицы объемного	Unit_Volume_Flow
	«4. Ед.плот.»	Единицы плотности	Unit_Density
	«5. Ед.темп»	Единицы температуры	Unit_Temperature
	«6. Ед.пр.п.»	Единицы плотности, приведенной к НУ	Unit_Reference_Density
	«7. Ед.п.о.»	Единицы объемного расхода, приведенного к нормальным условиям (НУ)	Unit_Corrected_Volume_Flow

2.15 Настройка измерения

В ходе работы расходомер с помощью датчика регистрирует свойства потока среды и преобразует их в числовые значения. Процесс вычисления конфигурируется.

2.15.1 Отсечка

С помощью отсечки пользователь может задать минимальное допустимое значения одного из *параметров* потока (защита от ошибочного учета расхода при гидравлических ударных и нежелательных кратковременных флуктуаций потока):

- массовый расход;
- объемный расход;
- объемный расход, приведенный к нормальным условиям.

Механизм отсечки работает, если значение *уровня* отсечки больше нуля.

Если назначенный *параметр* взятый по модулю принимает значение меньше заданного *уровня*, значение параметра принимается равным нулю на время, не меньшее длительности *шок-таймера*. В дальнейшем расход считается равным нулю до тех пор, пока не превысит 150% от *уровня* отсечки.

i Для настройки используются параметры:

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [5. Базовые функции] → [2.Отсечка] →			
<i>параметр</i>	«2. Назн.:»	Назначенный параметр	AssLowFlow_CutOff
	«3. Единицы:»	Единицы измерения порогового уровня	AssLowFlow_Unit
<i>уровень</i>	«4. Уровень:»	Пороговый уровень	ValLowFlow_CutOff
<i>шок-таймер</i>	«5. Шок-таймер,с:»	Защита от кратковременных выбросов	TimeShock

2.15.2 Линейная коррекция

Прямой функцией расходомера является измерение параметров потока среды, проходящей через датчик. Часть параметров измеряется непосредственно, другая часть получается расчетным путем. Непосредственно измеряются:

- Массовый расход;
- Объемный расход;
- Плотность;
- Температура.

Хотя эти параметры измеряются напрямую, чтобы обеспечить возможность калибровки, на них может быть наложена линейная коррекция. Линейная коррекция обеспечивается парой коэффициентов для каждого параметра:

$$V_K = V_E \cdot k + c, \quad (2.6)$$

где V_K – значение параметра после коррекции,

V_E – исходное значение параметра,

k – коэффициент наклона для данного параметра,

c – коэффициент смещения для данного параметра.

i Для настройки используются параметры:

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [5. Базовые функции] → [6. Линейная коррекция] →			
	«2. Мас.р. К:»	Коэффициент наклона массового расхода	MFactorMassFlow
	«3. X0, кг/ч:»	Смещение массового расхода	MOffsetMassFlow
	«4. Об. р. К:»	Коэффициент наклона объемного расхода	MFactorVolumeFlow
	«5. X0, м³/ч:»	Смещение объемного расхода	MOffsetVolumeFlow
	«6. Плотн. К:»	Коэффициент наклона плотности	MFactorDensity
	«7. X0, г/л:»	Смещение плотности	MOffsetDensity
	«8. Темп. К:»	Коэффициент наклона температуры	MFactorTemperature
	«9. X0, °C:»	Смещение температуры	MOffsetTemperature



Внимание:

Изменение параметров линейной коррекции напрямую влияет на метрологические характеристики расходомера. Заводские значения для параметров наклона «1», для параметров смещения «0».

Любое изменение параметров линейной коррекции должно отражаться в паспорте на расходомер.

2.15.3 Настройка вычисления приведенной плотности

Задача учета расхода требует единую базу для исчисления количества вещества в различных условиях: на напорной станции, в узле учета, на принимающей стороне и т.д. В качестве единой базы могут быть выбраны либо масса вещества, либо объем при определенных одинаковых условиях. Массовый расход является первичным параметром для расходомера, то есть измеряется непосредственно, в то время как объемный расход при заданных условиях требует вычисления приведенной плотности, т.е. плотности при заданных условиях. Тогда объем в этих условиях:

$$V_{3y} = \frac{m}{\rho_{3y}}, \quad (2.7)$$

где m – масса вещества,

ρ_{3y} – плотность, приведенная к заданным условиям.

Плотность вещества зависит от его свойств и температуры. Поэтому понятие «приведенная плотность» подразумевает «плотность вещества, приведенная к за-

данной температуре». Для расчета приведенной плотности необходимо задать коэффициенты, определяющие свойства вещества и температуру, для которой определяется значение плотности.

Значение приведенной плотности может быть *получено* двумя способами:

- Фиксированное значение

Пользователь задает *постоянное значение* приведенной плотности;

- Расчетное значение

Пользователь задает коэффициенты A , B , t_0 для расчета приведенной плотности по формуле:

$$r_{3y} = r \cdot (1 + A \cdot \Delta t + B \cdot \Delta t^2), \quad (2.8)$$

$$\Delta t = t - t_0, \quad (2.9)$$

где ρ_{3y} – плотность, приведенная к заданным условиям,

ρ – текущее измеренное значение плотности (плотность в текущих условиях),

t – измеренная температура жидкости,

t_0 – температура для заданных условий,

A – линейный коэффициент коррекции,

B – квадратичный коэффициент коррекции.

i Для настройки используются параметры:

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [5. Базовые функции] → [3.Привед. плотность] →			
<i>способ получения</i>	«2. Тип:»	Фиксированное или расчетное значение	ModeRefDensity
меню: [5. Базовые функции] → [3.Привед. плотность] → [3.Параметры ...] →			
	«2. Ед. пр.п.:»	Единицы измерения фиксированного значения	FixUnitRefDensity
<i>постоянное значение</i>	«3. Значение:»	Фиксированное значение	FixedRefDensity
t_0	«2. $t_0, ^\circ\text{C}$:»	Температура, к которой приводится плотность	RefTemperature
A	«3. A :»	Линейный коэффициент для расчета	Alfa
B	«4. B :»	Квадратичный коэффициент для расчета	Betta

2.15.4 Демпфирование

Функция используется для демпфирования измеряемого значения расхода (массового, объемного, приведенного объемного). Позволяет уменьшать разброс значений. Время реакции расходомера при этом увеличивается с увеличением *времени демпфирования*. Демпфирование влияет на все функции и выходы расходомера, включая процедуру обнуления.

Демпфирование реализовано как фильтр с бесконечной импульсной характеристикой. Параметр *время демпфирования* показывает время, за которое реакция на выходе фильтра достигает 90% воздействия на входе.

і Для настройки используются параметры:

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [5. Базовые функции] → [5. Системные парам.] →			
время демпфирования	«2. Демпфир.,с:»	При ступенчатом изменении расхода – время, за которое результирующее значение расхода достигает 90% измеренного значения	FlowDamping

2.16. Сумматоры

В расходомере есть два сумматора. Сумматор накапливает значение *связанного* с ним *параметра*. В качестве параметра могут быть заданы:

- Массовый расход;
- Объемный расход;
- Приведенный объемный расход

В любой момент времени сумматор можно перевести в одно из двух *состояний*:

- «Активный»;
- «Остановлен».

В любой момент можно *обнулить* значение сумматора одним из способов:

- С помощью экранного меню или сервисной программы;
- Положительным фронтом на одном из входов, если в настройке входа в качестве назначения указано «Сброс сумматора» или «Общий сброс сумматоров».

Если значение сумматора не превышает 10^7 (10000000), то значение сумматора хранится в параметре Sum1 (Sum1). Если значение сумматора превышает 10^7 , то значение сумматора определяется по формуле:

$$\Sigma = \text{SumOverflowX} * 10^7 + \text{SumX}, \quad (2.10)$$

где «X» – 1 или 2, определяется выбором сумматора.

При возникновении аварии поведение обоих сумматоров определяется параметром SumFailsafeMode. Возможны следующие варианты:

- Остановить суммирование

Значения сумматоров не обновляется, сумматоры сохраняют последнее значение перед аварией;

- Последнее верное

Значения сумматоров обновляются значениями связанных параметров, предшествующими возникновению аварии;

- Игнорировать ошибку

Значения сумматоров обновляются текущим значением связанных параметров, вне зависимости являются ли они достоверными.

ё Заметка:

Внутреннее суммирование ведется в параметре *dSumX* с удвоенной точностью (формат double). Для отображения результата параметр разделяется на 2 подпараметра:

$$\text{SumOverflowX} = d\text{SumX} * 10^{-7}, \quad (2.11)$$

$$\text{SumX} = d\text{SumX} - \text{SumOverflowX} * 10^7, \quad (2.12)$$

где «X» – 1 или 2, определяется выбором сумматора.

ё Заметка:

Для минимизации ошибок округления показаний сумматора, следует выбирать единицы измерения таким образом, чтобы SumOverflowX было минимальным в течение всего периода накопления.

і Для настройки используются параметры:

Оба сумматора

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание] → [4.Сумматоры] →			
	«4.При ошибке:»	Поведение обоих сумматоров при возникновении аварии	SumFailsafeMode

Сумматор 1

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание] → [4.Сумматоры] → [2.Сумматор 1] →			
<i>состояние</i>	«3.Состояние:»	Активен/остановлен	SumState1
<i>обнуление</i>	«4.Обнулить показания»	Запишите 1, чтобы обнулить сумматор	SumReset1
меню: [4. Обслуживание] → [4.Сумматоры] → [2.Сумматор 1] → [2.Конфигурирование]			
<i>связанный параметр</i>	«2. Назн.:»	Параметр, значения которого накапливаются в сумматоре	SumAssign1
	«3. Режим:»	Определяет значения связанной величины, которые обновляют сумматор: все значения, только положительные или только отрицательные	SumMode1
	«4. Единицы:»	Единицы измерения, используемые при индикации значения сумматора	SumUnit1

Сумматор 2

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [4. Обслуживание] → [4.Сумматоры] → [3.Сумматор 2]			
<i>состояние</i>	«3.Состояние:»	Активен/остановлен	SumState2
<i>обнуление</i>	«4.Обнулить показания»	Запишите 1, чтобы обнулить сумматор	SumReset2
меню: [4. Обслуживание] → [4.Сумматоры] → [3.Сумматор 2] → [2.Конфигурирование]			
<i>связанный параметр</i>	«2. Назн.:»	Параметр, значения которого накапливаются в сумматоре	SumAssign2
	«3. Режим:»	Определяет значения связанной величины, которые обновляют сумматор: все значения, только положительные или только отрицательные	SumMode2
	«4. Единицы:»	Единицы измерения, используемые при индикации значения сумматора	SumUnit2

Ё **Заметка:**

Изменение параметров сумматора не влияет на текущее значение SumX, SumOverflowX. Для корректного изменения настроек рекомендуется следующий порядок действий:

- 1) Остановить сумматор, если он запущен;
- 2) Задать настройки, например: назначение сумматора, единицы измерения, режим работы;
- 3) Обнулить сумматор;
- 4) Запустить сумматор.

2.17 Настройка нуля

В некоторых случаях при отсутствии потока через датчик, измеренное значение расхода может отличаться от нуля на величину, превышающую необходимую стабильность нуля. В таких случаях необходимо выполнить настройку нуля.

Как правило настройка нуля применяется в следующих случаях:

- Требуется повышенная точность при малых расходах;
- Экстремальные условия измерения – высокая температура или вязкость.

Необходимые условия для настройки

1. Датчик должен быть полностью заполнен средой, которую предполагается измерять;
2. Среда не должна содержать включений: жидкость – пузырьков газа, газ – капель конденсата;
3. Если настройка нуля производится с целью измерения расхода при высокой температуре, среда должна иметь эту температуру;
4. Фланцы датчика необходимо заглушить или перекрыть задвижки по течению выше и ниже датчика (скорость должна быть строго равна нулю).

Процесс настройки нуля заключается в измерении текущего расхода в течение трёх секунд и записи среднего значения расхода в коэффициент коррекции. После настройки нуля текущий расход определяется по формуле:

$$Q = Q_{II} - C, \quad (2.13)$$

где Q – скорректированное значение расхода,

Q_{II} – измеренное значение расхода,

C – коэффициент коррекции (среднее измеренное значение расхода).

Запустить процесс обнуления можно одним из способов:

- С помощью экранного меню: «Базовые функции → Настройка»; для параметра «Настройка нуля» выбрать значение «Да»;
- С помощью сервисной программы, «Базовые функции → Настройка нуля», для параметра «Настройка 0» выбрать значение «Обнулять»;
- Положительным фронтом на одном из входов, если в настройке входа в качестве назначения указано «Настройка нуля».

i Для настройки используются параметры:

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [5. Базовые функции] → [4.Настройка] →			
	«2. Настройка нуля»	При записи 1 запускается процесс настройки нуля	ZeroPointAdjust

2.18 Включение прибора

При включении прибора на дисплее отображается информация, связанная с процессом инициализации расходомера:

Поле 1	Поле 2	Описание
BOOT DEVICE	START MEASURE MODULE	Включение питания, начало процесса загрузки. Запуск измерительного модуля.
BOOT DEVICE	TRIM DIGITAL FILTER	Измерительный модуль запущен, с ним установлена связь. Настройка цифрового фильтра.
RESTART DEVICE	START MEASURE MODULE	Перезапуск устройства (при поданном питании), начало процесса загрузки.
RESTART DEVICE	TRIM DIGITAL FILTER	Измерительный модуль запущен, с ним установлена связь. Настройка цифрового фильтра.

По окончании процесса инициализации на дисплее появляется изображение, соответствующее п. 2.5.2 (Главный экран).

Если в процессе инициализации не удалось установить связь между модулем процессора и измерительным модулем, то вместо измеряемых значений в поле 1 отображается надпись «SYSTEM ERROR!», в поле 2 «RESET MEAS. DEVICE», а в статусной строке «x S #01 Связь с ИП».

№	Возможные причины	Способы устранения
1	нарушена целостность линии связи между модулем процессора и измерительным модулем	1) устранить повреждение линии связи 2) заменить линию связи
2	выход из строя измерительного модуля	заменить измерительный модуль

ё Заметка:

При включении питания проводится набор диагностических операций, во время которых могут кратковременно появляться сообщения об ошибках (предупреждения) – это нормальный процесс запуска расходомера.

В зависимости от модели расходомера после включения питания требуется некоторое время для выхода расходомера на рабочий режим (от нескольких секунд до десятков секунд для датчиков с большим Ду).

Ё Заметка:

Для получения полной информации о текущем состоянии расходомера войдите в окно «Диагностика» («ГЛАВНОЕ МЕНЮ → Диагностика»). Диагностические сообщения (ошибки, предупреждения) располагаются в порядке понижения важности (Приложение Г). При наличии ошибки воспользуйтесь рекомендациями по устранению причины ошибки (Приложение Г).

2.19 Идентификационные данные

Идентификационные данные используются как для идентификации конкретного экземпляра расходомера (серийные номера) так и для установления идентичности текущего внутреннего программного обеспечения (ПО) расходомера с программным обеспечением, использованным при сертификации и поверке (версии ПО, контрольные суммы).

Программное обеспечение используется как в ИМ так и в МП, поэтому каждый модуль предоставляет собственную идентификационную информацию.

С помощью локального операторского интерфейса и по протоколу Modbus пользователю доступны следующие идентификационные данные:

- 1) Расходомера в целом
 - Серийный номер расходомера;
- 2) Измерительного модуля
 - Серийный номер ИМ;
 - Версия ПО ИМ;
 - Контрольная сумма ПО ИМ;
- 3) Модуля процессора
 - Серийный номер МП;
 - Версия ПО МП;
 - Дата изменения ПО МП;
 - Контрольная сумма ПО МП.

і Для идентификации используются параметры:

Название по тексту	Меню	Краткое описание	Параметр
меню: [3. Информация]			
	«Номер:»	Серийный номер расходомера	SerialNumberDevice
меню: [3. Информация]→[3.Измерит. модуль]			
	«Номер:»	Серийный номер ИМ	Bf_MainIdCode
	«Версия:»	Версия ПО ИМ	Bf_HardRev Bf_Modification Bf_SoftRev
	«Контр.сумма:»	Контрольная сумма ПО ИМ	Bf_Checksum
меню: [3. Информация]→[4.Модуль процессора]			
	«Номер:»	Серийный номер МП	PFSp_Mode
	«Версия:»	Версия ПО МП	PFSp_FailsafeMode
	«Ревизия ПО:»	Дата изменения ПО МП	PFSp_SimMode
	«Контр.сумма:»	Контрольная сумма ПО МП	PFSp_SimFreq

Ё Заметка:

- Инструкцию по работе с клавиатурой смотри в п.2.6.1 данного руководства;
- Описание структуры меню смотри в Приложении Ж.

3. Техническое обслуживание

3.1 Сданный в эксплуатацию расходомер не требует специального обслуживания, кроме периодического осмотра с целью проверки:

- соблюдения условий эксплуатации;
- наличия напряжения электрического питания и соответствия его параметров требованиям настоящего руководства;
- видимости маркировочных табличек;
- отсутствия внешних повреждений.

3.2 Периодичность осмотра зависит от условий эксплуатации и определяется предприятием, ведущим техническое обслуживание узла учета, по согласованию с эксплуатирующей организацией.

3.3 Особое внимание необходимо уделять контролю технологических параметров, в частности, давления жидкости в трубопроводе, и не допускать режимов эксплуатации, способствующих возникновению кавитации, т.е. образованию в жидкости полостей, заполненных газом, паром или их смесью. Кавитационные пузырьки образуются при таких условиях, когда давление жидкости становится ниже некоторого критического значения $P_{кр}$ (в реальной жидкости $P_{кр}$ приблизительно равно давлению насыщенных паров этой жидкости при данной температуре).

3.4 Несоблюдение условий эксплуатации может привести к отказу преобразователя или превышению допустимого значения погрешности измерений.

4. Поверка

4.1 Периодическая поверка проводится в соответствии с документом 3124.0000.00 ПМ.

4.2 Межповерочный интервал – 4 года.

5. Транспортирование и хранение

5.1 Условия транспортирования расходомеров в упаковке предприятия-изготовителя соответствуют условиям хранения 5 по ГОСТ 15150, но при температуре от минус 40 до плюс 70°C.

5.2 Расходомер в упаковке предприятия-изготовителя транспортируется всеми видами закрытого транспорта, в том числе и воздушным транспортом в отапливаемых герметизированных отсеках, в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на данном виде транспорта.

5.3 При транспортировании расходомеров железнодорожным транспортом вид отправки – мелкая или малотоннажная.

5.4 Допускается транспортирование расходомеров в контейнерах.

5.5 Во время погрузочно-разгрузочных работ и транспортирования ящики не должны подвергаться резким ударам и воздействию атмосферных осадков.

5.6 Способ укладки ящиков с расходомерами на транспортирующее средство должен исключать их перемещение.

5.7 Срок пребывания расходомеров в соответствующих условиях транспортирования – не более 3 месяцев.

5.8 В зимнее время ящики с расходомерами распаковываются в отапливаемом помещении не менее чем через 12 ч после внесения их в помещение.

5.9 Расходомеры могут храниться как в транспортной таре с укладкой в штабеля до 3 ящиков по высоте, так и без упаковки - на стеллажах.

5.10 Условия хранения расходомеров в транспортной таре – 3 по ГОСТ 15150.

5.11 Условия хранения расходомеров без упаковки – 1 по ГОСТ 15150.

5.12 Воздух помещения, в котором хранятся расходомеры, не должен содержать коррозионно-активных веществ.

Приложение А – Структура условного обозначения

Расходомер состоит из датчика (Д), измерительного модуля (ИМ) и модуля процессора (МП). Датчик преобразует параметры процесса в электрические сигналы, которые поступают в ИМ. ИМ производит преобразование электрических сигналов в данные, которые поступают в МП. МП обрабатывает данные и выдает результат на выходы.

Код заказа составляется в следующем порядке:

Общая часть – Д – ИМ – МП – Аксессуары

Элметро-Фломак-Ех-РВ-КИ-025-Ф25-С-0.2-А-4.0МПа-КВ2-30м-ИМ-КВ2-100м-МП-ЖКИ-КВ2-КМЧ1

Общая часть

Д

ИМ

МП

Общая часть:

Элметро-Фломак-Ех-РВ

1 2 3

1 – Тип расходомера: Фломак – массовый кориолисовый;

2 – Сертификация: Ех – взрывозащищенное, если не указано – общепромышленное;

3 – Исполнение: Р, В, РВ, И.

Часть Д:

КИ-025-Ф25-С-0.2-А-4.0МПа-КВ2-30м

4 5 6 7 8 9 10 11 12

4 – Модель датчика: КИ, ТИ;

5 – Условный диаметр (мм): 4,5 / 6 / 10 / 15 / 20 / 25 / 32 / 40 / 50 / 80 / 100 / 150

6 – присоединение к процессу: ФН – фланцевое (N – Ду в мм)

РГН – резьбовое с накидной гайкой (N – Ду в мм)

7 – Диапазон температур измеряемой среды:

Н – от минус 60 до плюс 125 °С

С – от минус 60 до плюс 200 °С

В – от минус 60 до плюс 350 °С

8 – Класс точности по расходу(%):
0,2
0,25
0,5

9 – Исполнение по нестабильности нуля: А или Б

10 – Максимальное давление измеряемой среды: 4,0 МПа, 7,5 МПа или 25 МПа;

Для исполнений, где Д подключается к ИМ с помощью кабеля (Р, РВ):

11 – 1) Для датчиков оснащенных клеммной коробкой: тип кабельного ввода для подключения к ИМ (таблица А.1);

2) Для датчиков оснащенных разъемом: тип разъема для кабеля для подключения к ИМ (таблица А.2).

12 – Длина кабеля для подключения к ИМ.

Часть ИМ:

ИМ-КВ2-100м

13 14 15

13 – Наличие измерительного модуля

14 – Для исполнений, где ИМ подключается к МП с помощью кабеля (В, И, РВ): тип кабельного ввода для подключения к МП (таблица А.1).

15 – Длина кабеля для подключения к МП

Часть МП:

МП-ЖКИ-КВ2

16	17	18

16 – Наличие модуля процессора

17 – Наличие ЖКИ с клавиатурой управления

18 – Тип кабельных вводов для подключения к внешним устройствам (таблица А.1).

Аксессуары:

КМЧ1

19

19 – Наличие и тип комплекта монтажных частей (таблица А.3).

Таблица А.1. Типы кабельных вводов

Обозначение в коде заказа	Характеристики кабельного ввода
КВ0	Кабельный ввод общепромышленного исполнения
КВ1	Кабельный ввод для кабеля без брони и металлорукава
КВ2	Кабельный ввод для кабеля с броней или металлорукавом

Кабельные вводы для измерительного и процессорного модулей электронного преобразователя имеют присоединительную резьбу М20х1.5 – для диаметра кабеля от 8,5 до 10 мм.

Таблица А.2. Типы разъемов

Обозначение в коде заказа	Характеристики разъема
Рм1	Разъем для кабеля без брони и металлорукава
Рм2	Разъем для кабеля с броней или металлорукавом

Таблица А.3. Типы комплектов монтажных частей

Обозначение в коде заказа	Описание
КМЧ1	Включает ответные фланцы и прокладки
КМЧ2	Включает накидные гайки и ниппели
КМЧ3	Согласовывается с заказчиком

Примеры кодов заказа для разных исполнений:

Элметро-Фломак-Ех-И-КИ-025-Ф25-С-0.2-А-4.0МПа-ИМ-КВ2-МП-ЖКИ-КВ2

Общая часть	Д	ИМ	МП

Элметро-Фломак-Ех-Р-КИ-025-Ф25-С-0.2-Б-4.0МПа-Рм2-30м-ИМ-МП-ЖКИ-КВ2-КМЧ1

Общая часть	Д	ИМ	МП

Элметро-Фломак-Ех-В-КИ-025-Ф25-С-0.2-Б-4.0МПа-ИМ-КВ2-100м-МП-ЖКИ-КВ1-КМЧ2

Общая часть	Д	ИМ	МП

Элметро-Фломак-Ех-РВ-КИ-025-Ф25-С-0.2-А-4.0МПа-КВ2-30м-ИМ-КВ1-100м-МП-ЖКИ-КВ2

Общая часть	Д	ИМ	МП

Приложение Б – Габаритные и присоединительные размеры расходомера

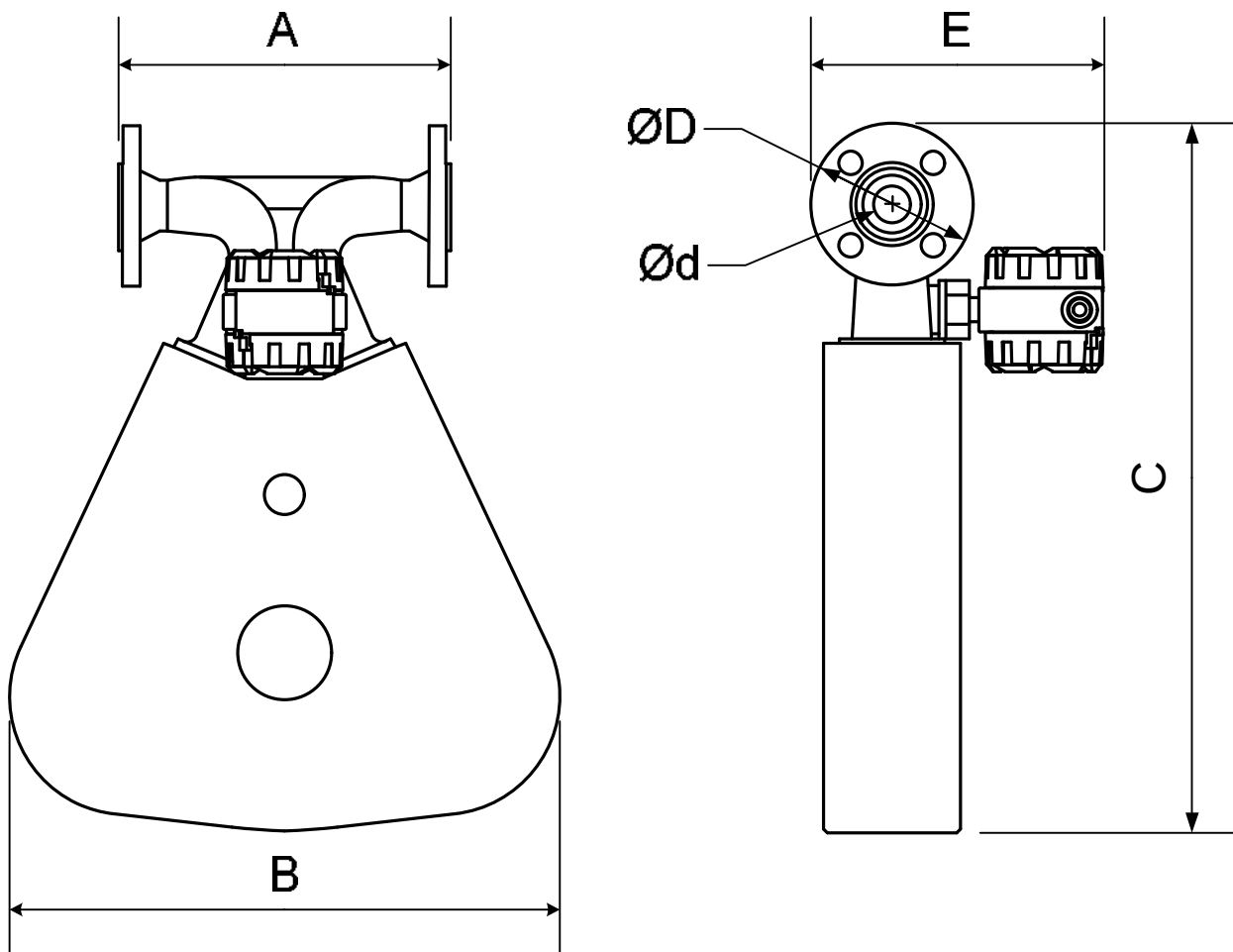


Рисунок Б.1– Датчик расходомера серии КИ с измерительным модулем или клеммной коробкой.

Таблица Б.1 – Габариты и присоединительные размеры датчиков расхода серии КИ.

Модель	d(Ду), мм	A	B	C	D	E	Масса датчика, кг
Фломак-КИ-010	10	210	338	315	90	255	10
Фломак-КИ-015	15	240	400	360	95	258	14
Фломак-КИ-020	20	248	430	503	105	263	18
Фломак-КИ-025	25	264	450	608	115	278	18
Фломак-КИ-032	32	304	480	685	140	290	23
Фломак-КИ-050	50	436	586	828	165	363	39
Фломак-КИ-080	80	556	670	1080	200	390	72
Фломак-КИ-100	100	810	930	1178	235	408	222
Фломак-КИ-150	150	1100	1200	1650	300	440	400

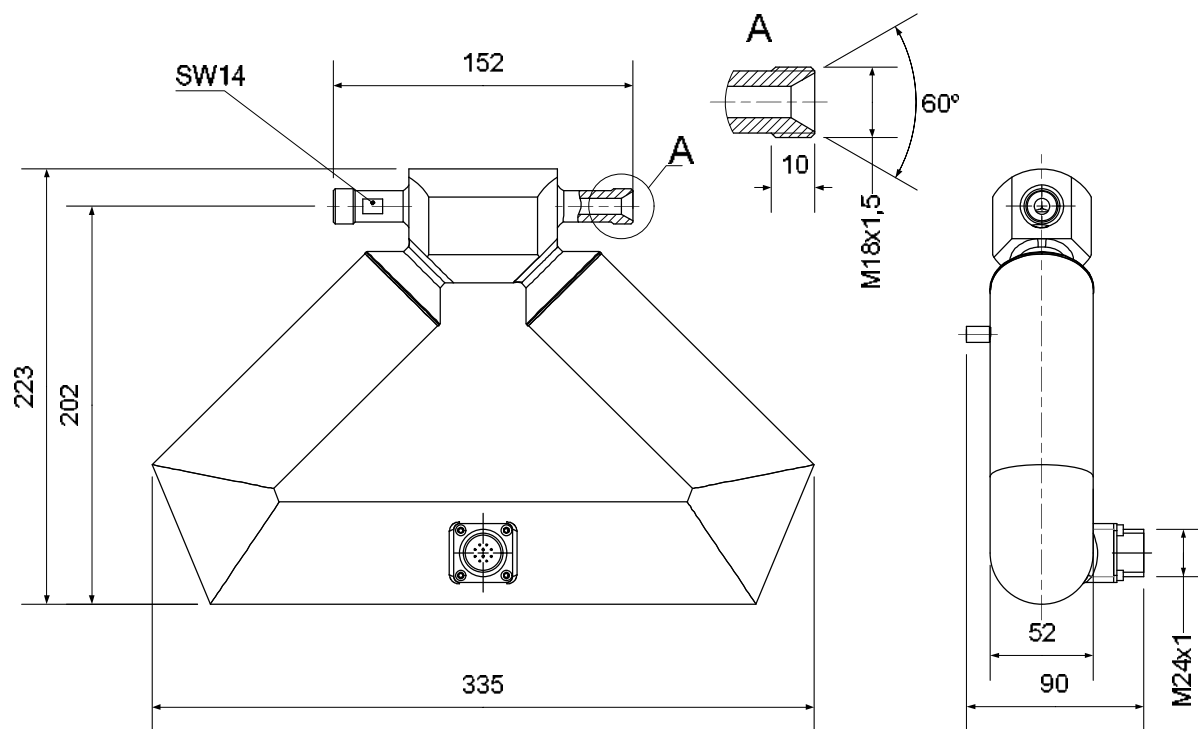


Рисунок Б.2 – Датчик ТИ-0045.

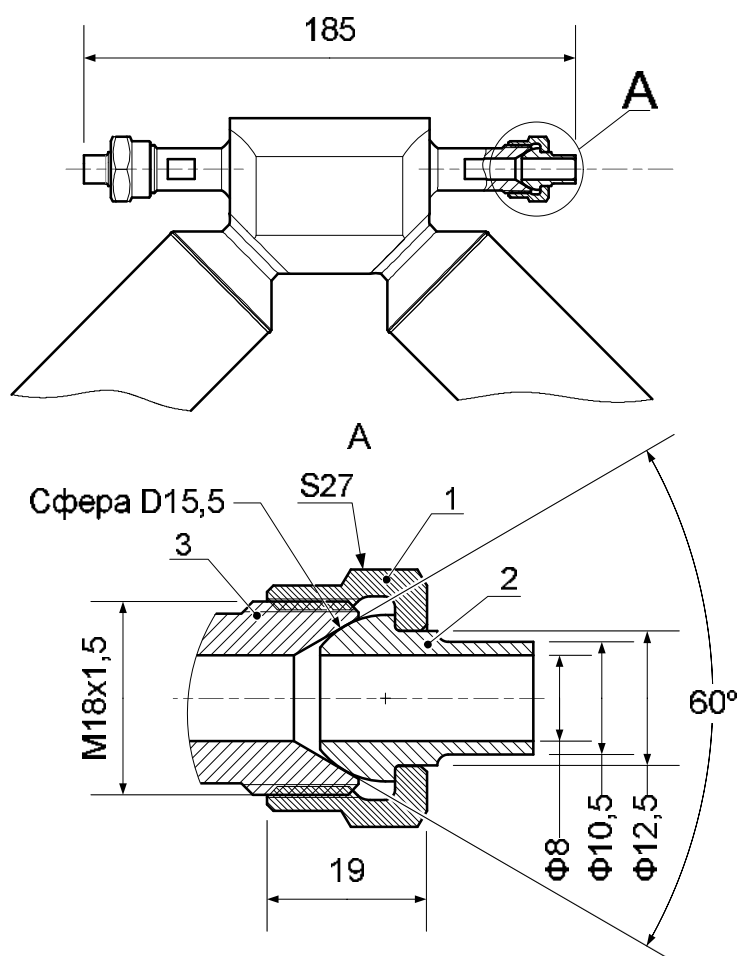


Рисунок Б.3 – Ответная часть для датчика ТИ-0045.

1 – Гайка накидная 10 ГОСТ 16046-70; 2 – Ниппель приварной 10 16042-70;
3 – Штуцер приварной 10 ГОСТ 16045-70

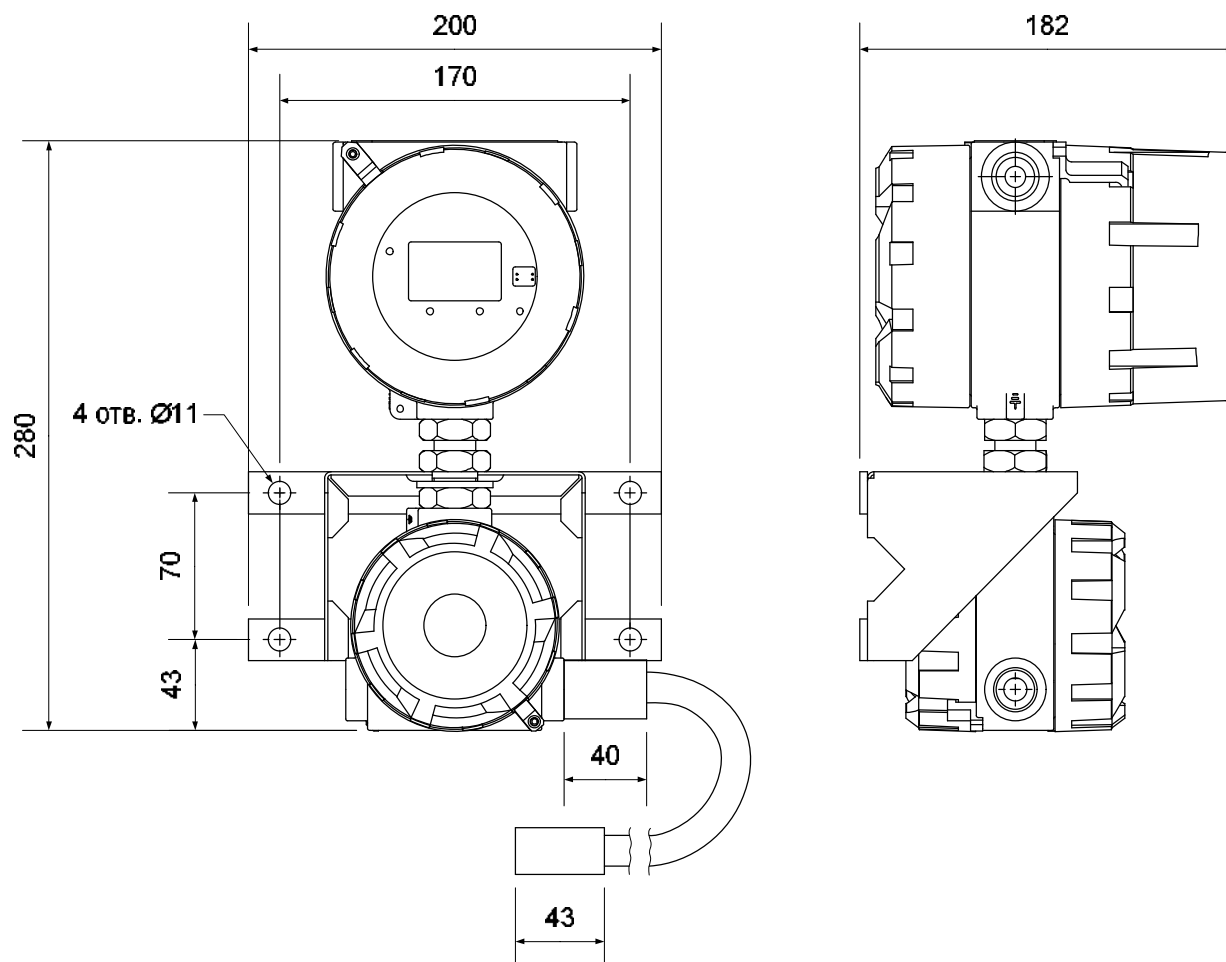


Рисунок Б.4 – Электронный преобразователь (исполнение Р),
модуль процессора (исполнения РВ, В).

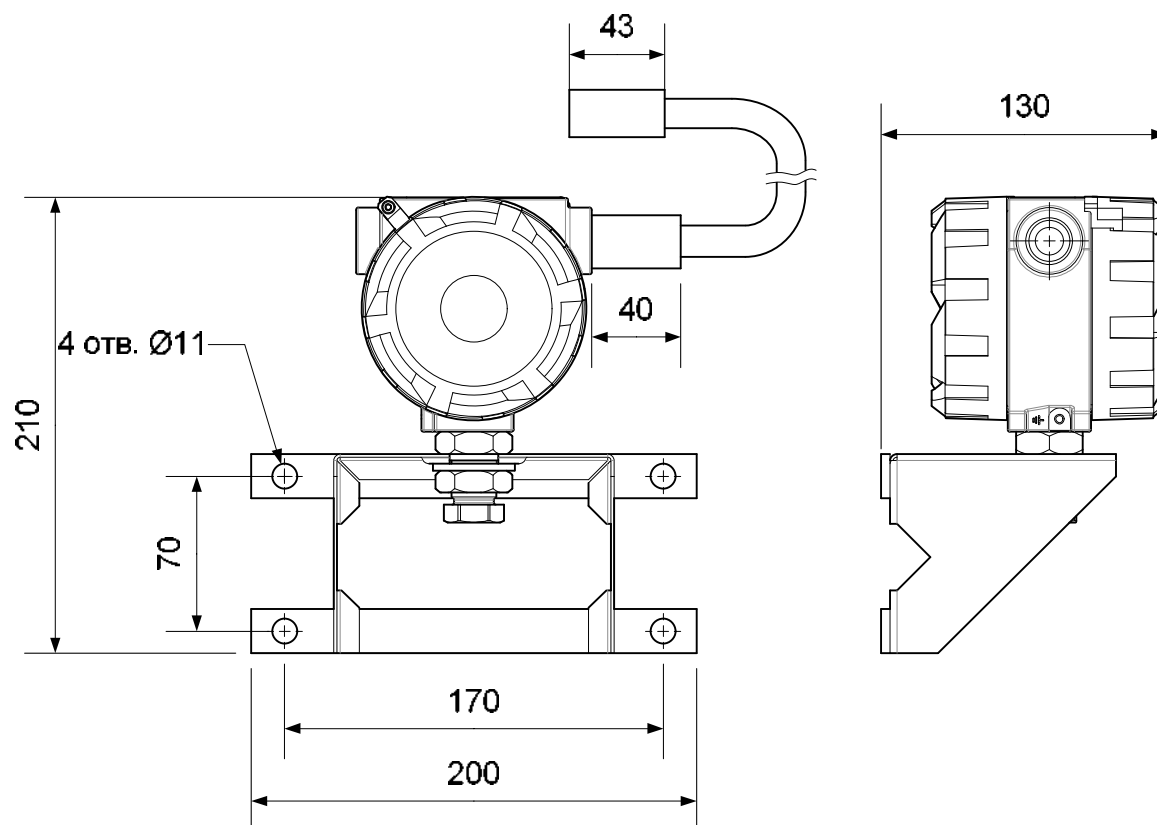


Рисунок Б.5 – Измерительный модуль, исполнение РВ.

Приложение В – Подключение расходомера к внешним устройствам

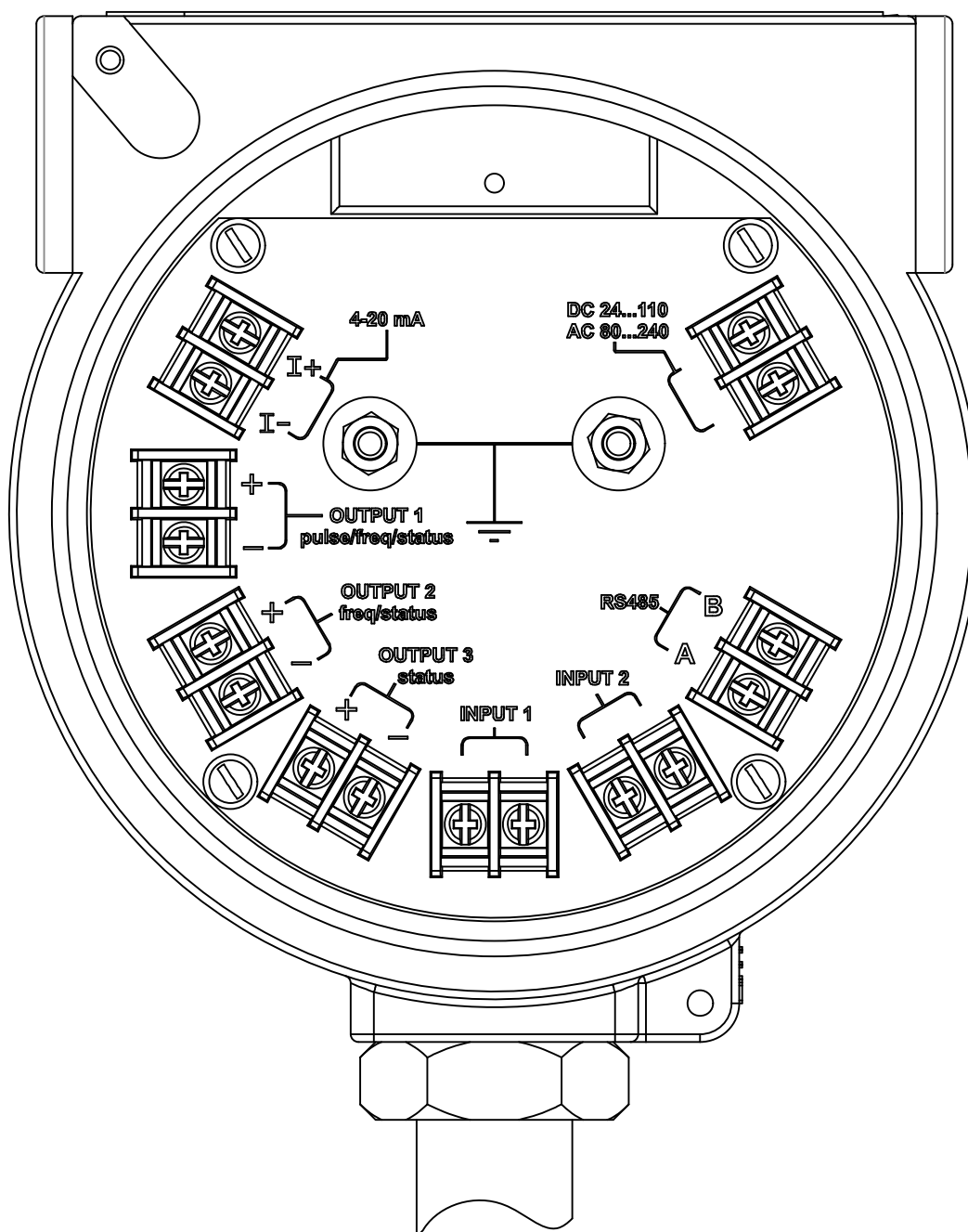


Рисунок В.1 – Размещение присоединительных клемм в модуле процессора.

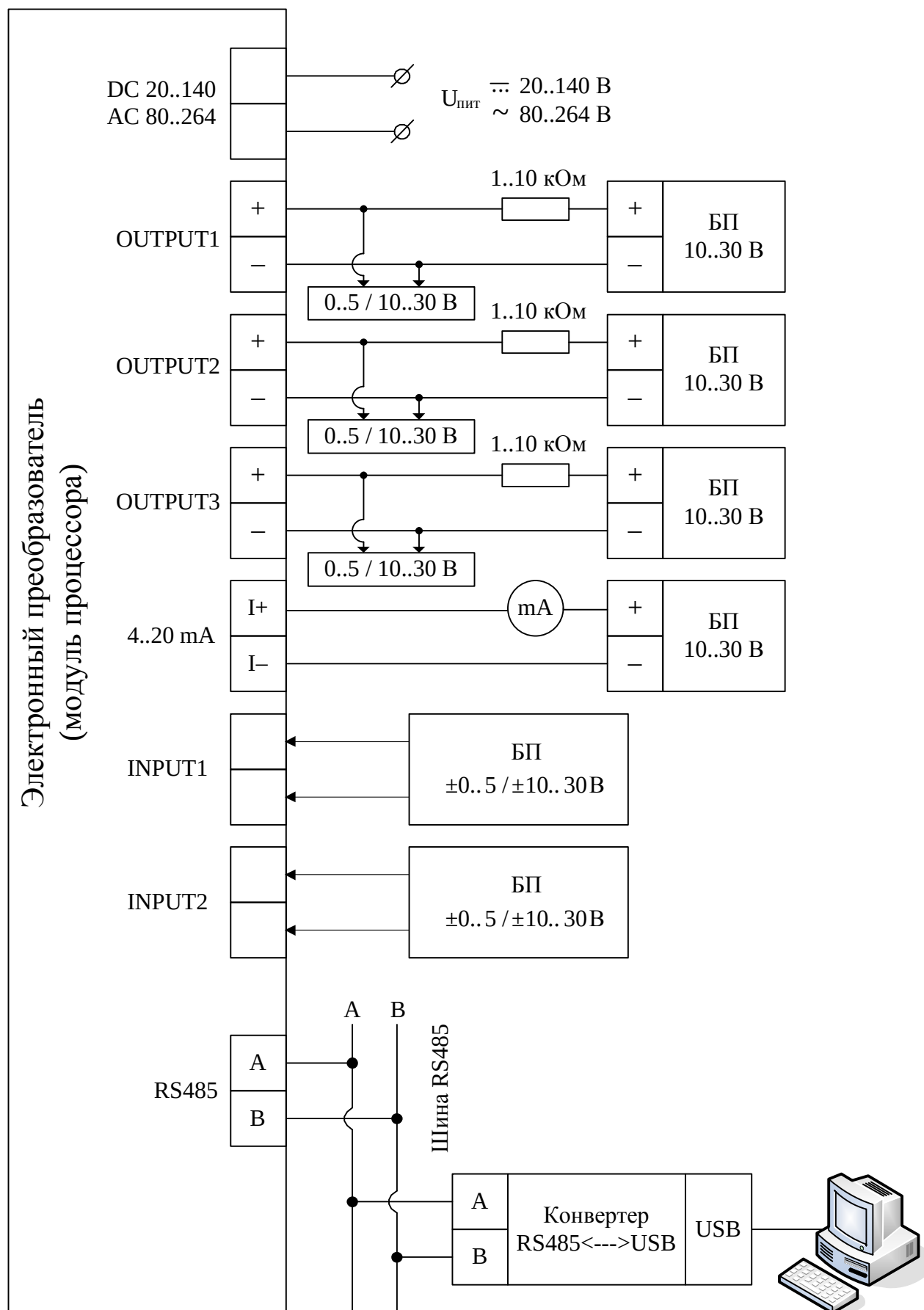


Рисунок В.2 – Схема подключения расходомера к внешним устройствам.

Приложение Г – Перечень ошибок внутреннего ПО

Системные ошибки

«х S #01 Связь с ИП»

Модулю процессора не удается установить соединение с измерительным модулем.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	нарушена целостность линии связи между процессорным и измерительным модулями	1) устранить повреждение линии связи 2) заменить линию связи
2	выход датчика на рабочий режим при включении питания (кратковременно)	дождаться выхода датчика на рабочий режим
3	выход из строя измерительного модуля	заменить измерительный модуль

«х S #02 ПЗУ ИП»

Ошибка при чтении данных из энергонезависимой памяти измерительного модуля.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	выход из строя измерительного модуля	заменить измерительный модуль

«х S #03 Разбег част.»

Нарушена форма сигнала от датчика.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	не подключен (неправильно подключен) датчик	подключить датчик
2	значительное ухудшение характеристик потока среды в датчике (неоднородности, пузыри)	устранить недостатки потока
3	отложение грязи в трубопроводе датчика	очистить трубопровод датчика
4	чрезмерные вибрации или удары по датчику	устранить внешнее воздействие на датчик
5	выход из строя датчика	заменить датчик

«х S #04 Ошибка ИП»

Внутренняя ошибка измерительного модуля.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	сбой в работе в следствие электростатической помехи	сбросить питание расходомера
2	выход из строя измерительного модуля	заменить измерительный модуль

«х S #05 Цифр. фильтр»

Ошибка при инициализации цифрового фильтра.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	Перечень причин ошибки «Разбег част.»	Способы устранения по ошибке «Разбег част.»
2	выход из строя измерительного модуля	заменить измерительный модуль

Группа ошибок «DMA...» включает следующие сообщения:**«х S #06 DMA 1 ИП»**

Обнаружена ошибка в работе процессора измерительного модуля.

«х S #07 DMA 2 ИП»

Обнаружена ошибка в работе процессора измерительного модуля.

«х S #08 DMA 3 ИП»

Обнаружена ошибка в работе процессора измерительного модуля.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	сбой в работе в следствие электростатической помехи	сбросить питание расходомера
2	выход из строя процессора измерительного модуля	заменить измерительный модуль

Группа ошибок «АЦП ИМ DRDY...» включает следующие сообщения:**«х S #09 АЦП ИМ DRDY1»**

Обнаружена ошибка в работе АЦП измерительного модуля.

«х S #10 АЦП ИМ DRDY2»

Обнаружена ошибка в работе АЦП измерительного модуля.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	сбой в работе в следствие электростатической помехи	сбросить питание расходомера
2	выход из строя АЦП на измерительном модуле	заменить измерительный модуль

Группа ошибок «АЦП ИМ код ...» включает следующие сообщения:**«х S #11 АЦП ИМ код Т»**

Зафиксирован несоответствующий уровень сигнала на измерительном терморезисторе.

«х S #12 АЦП ИМ код R»

Зафиксирован несоответствующий уровень сигнала на эталонном резисторе.

«х S #13 АЦП ИМ код U»

Зафиксирован несоответствующий уровень сигнала при измерении сопротивления провода.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	не подключен (неправильно подключен) датчик	подключить датчик
2	выход из строя АЦП на измерительном модуле	заменить измерительный модуль
3	выход из строя датчика	заменить датчик

Группа ошибок «АЦП ИМ ...» включает следующие сообщения:

«х S #14 АЦП tTs»

Зафиксирован несоответствующий уровень температуры на плате измерительного модуля.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	измерительный модуль перегрет или переохлажден	обеспечить нормальные температурные условия для работы измерительного модуля
2	выход из строя АЦП на измерительном модуле	заменить измерительный модуль

«х S #15 АЦП aVm»

Зафиксирован несоответствующий уровень сигнала возбуждения на датчике.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	не подключен (неправильно подключен) датчик	подключить датчик
2	значительное ухудшение характеристик потока среды в датчике (неоднородности, пузыри)	устранить недостатки потока
3	отложение грязи в трубопроводе датчика	очистить трубопровод датчика
4	чрезмерные вибрации или удары по датчику	устранить внешнее воздействие на датчик
5	выход из строя АЦП на измерительном модуле	заменить измерительный модуль
6	выход из строя датчика	заменить датчик

«х S #16 АЦП diag»

Зафиксирован несоответствующий уровень контрольного сигнала от датчика.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	не подключен (неправильно подключен) датчик	подключить датчик
2	выход из строя АЦП на измерительном модуле	заменить измерительный модуль
3	выход из строя датчика	заменить датчик

Группа ошибок «ИМ: ампл. ...» включает следующие сообщения:

«х S #17 ИМ: ампл. X»

Зафиксирован несоответствующий уровень амплитуды сигнала с датчика.

«х S #18 ИМ: ампл. Y»

Зафиксирован несоответствующий уровень амплитуды сигнала с датчика.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	не подключен (неправильно подключен) датчик	подключить датчик
2	значительное ухудшение характеристик потока среды в датчике (неоднородности, пузыри)	устранить недостатки потока
3	отложение грязи в трубопроводе датчика	очистить трубопровод датчика
4	чрезмерные вибрации или удары по датчику	устранить внешнее воздействие на датчик
5	выход из строя электронных компонентов на измерительном модуле	заменить измерительный модуль
6	выход из строя датчика	заменить датчик

Группа ошибок «Ошибки в параметрах» включает следующие сообщения:

«х S #30 Сенсор данн.»

Ошибка в параметрах датчика.

«х S #31 Технол. дан.»

Ошибка в технологических параметрах датчика.

«х S #32 Измер. данн.»

Ошибка в измеряемых параметрах.

«х S #33 Системные д.»

Ошибка в системных параметрах.

«х S #34 Калибров. д.»

Ошибка в параметрах линейной коррекции.

«х S #35 ЖКИ данные»

Ошибка в параметрах настройки ЖКИ.

«х S #36 Сумматор. д.»

Ошибка в настройках параметров сумматоров.

«х S #37 Выход 1 д.»

Ошибка в настройках Выхода 1.

«х S #38 Выход 2 д.»

Ошибка в настройках Выхода 2.

«х S #39 Выход 3 д.»

Ошибка в настройках Выхода 3.

«х S #40 Ток.выход д.»

Ошибка в настройках Токового выхода.

«х S #41 Дис.входы д.»

Ошибка в настройках дискретных входов.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	сбой при записи значений параметров в ПЗУ	с помощью экранного меню или сервисной программы CorService повторно задать значение параметров соответствующей группы
2	выход из строя электронных компонентов модуля процессора	заменить модуль процессора

«х S #50 Термод. ЦАП»

Значение температуры ЦАП, работающего в модуле процессора выходит за диапазон допустимых температур.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	перегрев ЦАП из-за слишком высокой температуры окружающей среды внутри модуля процессора	поместить модуль процессора в подходящие условия
2	выход из строя ЦАП	заменить модуль процессора

«х S #61 Сум1: $\Sigma > \text{Макс}$ »

Значение параметра SumOverflow1 превысило максимально значение для данного параметра ($|\text{SumOverflow1}| \geq 16777215$). Т.о. общая величина сумматора больше, чем $\approx 1,6 \cdot 10^{14}$.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	неправильно настроены единицы измерения для сумматора 1	правильно настроить единицы измерения
2	единицы настроены правильно и сумматор накопил максимальное значение	сбросить сумматор

«х S #62 Сум2: $\Sigma > \text{Макс}$ »

Аналогично ошибке «Сум1: $\Sigma > \text{Макс}$ » только для второго сумматора.

Системные предупреждения**«! S #01 Запуск ИП»**

№	Возможные причины	Способы устранения
1	от измерительного модуля не могут быть получены первичные данные, так как он был перезагружен и находится на стадии инициализации	дождаться окончания загрузки измерительного модуля

Группа предупреждений «Режим симуляции» включает следующие сообщения:**«! S #02 Фикс.выход 1»**

Универсальный выход 1 не отображает значение назначенной ему величины, т.к. выход работает в режиме симуляции

«! S #03 Фикс.выход 2»

Универсальный выход 2 не отображает значение назначенной ему величины, т.к. выход работает в режиме симуляции

«! S #04 Фикс.выход 3»

Состояние статусного выхода 3 не соответствует значению назначенной ему величины, т.к. выход работает в режиме симуляции.

«! S #05 Фикс.ток.вых»

Токовый выход не отображает значение назначенной ему величины, т.к. находится в режиме симуляции.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	выход работает в режиме симуляции	выключить режим симуляции, с помощью экранного меню или ПО CorService

«! S #10 Error CdcId»

Неисправность емкостных кнопок. Влияет только на работу с кнопками.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	превышение параметров окружающей среды по электромагнитной совместимости (электростатические разряды и прочее)	выключить и повторно включить питание
2	выход из строя модуля ЖКИ	заменить модуль ЖКИ

«! S #11 Error CdcInt»

Нарушения в работе емкостных кнопок. При сохранении функционирования кнопок допускается дальнейшая эксплуатация.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	превышение параметров окружающей среды по электромагнитной совместимости (электростатические разряды и прочее)	выключить и повторно включить питание
2	выход из строя элемента модуля ЖКИ	плановая замена модуля ЖКИ

Ошибки процесса**«х Р #01 Диап.темпер.»**

Измеренное значение температуры выходит за диапазон допустимых значений.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	нарушена целостность линии связи между измерительным модулем и датчиком	восстановить линию связи
2	выход из строя измерительного модуля	заменить измерительный модуль

«х Р #02 Низк.ур.пит.»

Уровень напряжения питания недостаточный для правильной работы расходомера.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	снижение напряжения питания	восстановить необходимое напряжение питания расходомера
2	выход из строя детектора уровня напряжения питания	заменить модуль процессора

Предупреждения процесса**«! Р #01 Велик мас.р.»**

Значение массового расхода превышает допустимое значение, указанное в параметрах датчика.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	массовый расход превышает допустимое значение для датчика	уменьшить массовый расход
2	неправильно настроено предельное значение массового расхода для датчика	изменить настройку датчика

Группа предупреждений «Настройка импульсного выхода» содержит следующие сообщения:

«! Р #11 Вых1:Запазд.»

Процесс выдачи импульсов запаздывает более чем на 0,5 секунды, причем выдача импульсов в данный момент идет предельно плотным потоком с периодом равным $2 * PFSp_PulseWidth$ [мс].

№	Возможные причины	Способы устранения
1	неправильная настройка импульсного выхода	уменьшить ширину импульса или увеличить цену импульса

«! Р #12 Вых1:Зап>буф»

Устанавливается всегда после предупреждения Р#11, указывает на то что, процесс выдачи импульсов уже запаздывает более чем на 2 секунды – невыпущенные импульсы накапливаются во внутреннем сумматоре.

№	Возможные причины	Способы устранения
---	-------------------	--------------------

1	неправильная настройка импульсного выхода	уменьшить ширину импульса или увеличить цену импульса
---	---	---

Группа предупреждений «Работа выходов в импульсном режиме» содержит следующие сообщения:

«! Р #13 Вых1:буфер п»

Импульсный выход работает в компенсационном режиме. Отображаемая величина непрерывно имеет отрицательные значения более 60 секунд, вследствие чего отрицательные значения связанной величины не могут быть скомпенсированы за счет уменьшения положительных при формировании выходного сигнала.

«! Р #41 Ток:буфер п.»

Смысл предупреждения аналогичен «! Р #13», только для токового выхода.

№	Возможные причины	Способы устранения
1	отображаемая величина может принимать отрицательные значения в течение более 60 секунд	сменить режим работы импульсного выхода на отображение только положительных, только отрицательных значений

«! Р #42 Огран. т.вых»

Расчетное значение тока для токового выхода выходит за пределы диапазона допустимых значений (от 3,8 мА до 20,5 мА).

№	Возможные причины	Способы устранения
1	неправильная настройка токового выхода	в настройке токового выхода параметры ВПИ и НПИ привести в соответствие диапазону измеряемой величины

Приложение Д – Рисунки средств взрывозащиты

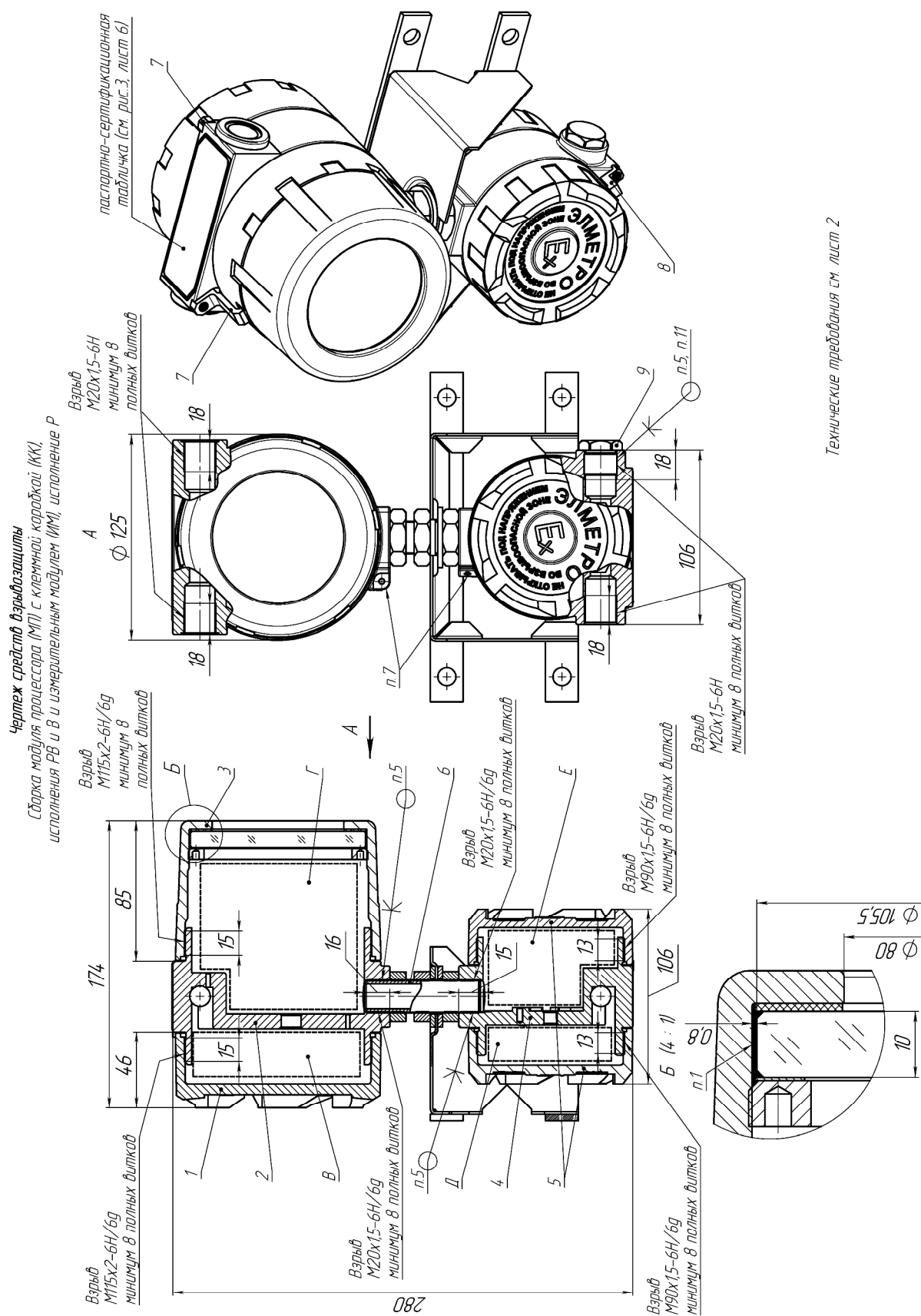


Рисунок Д.1 (лист 1 из 6).

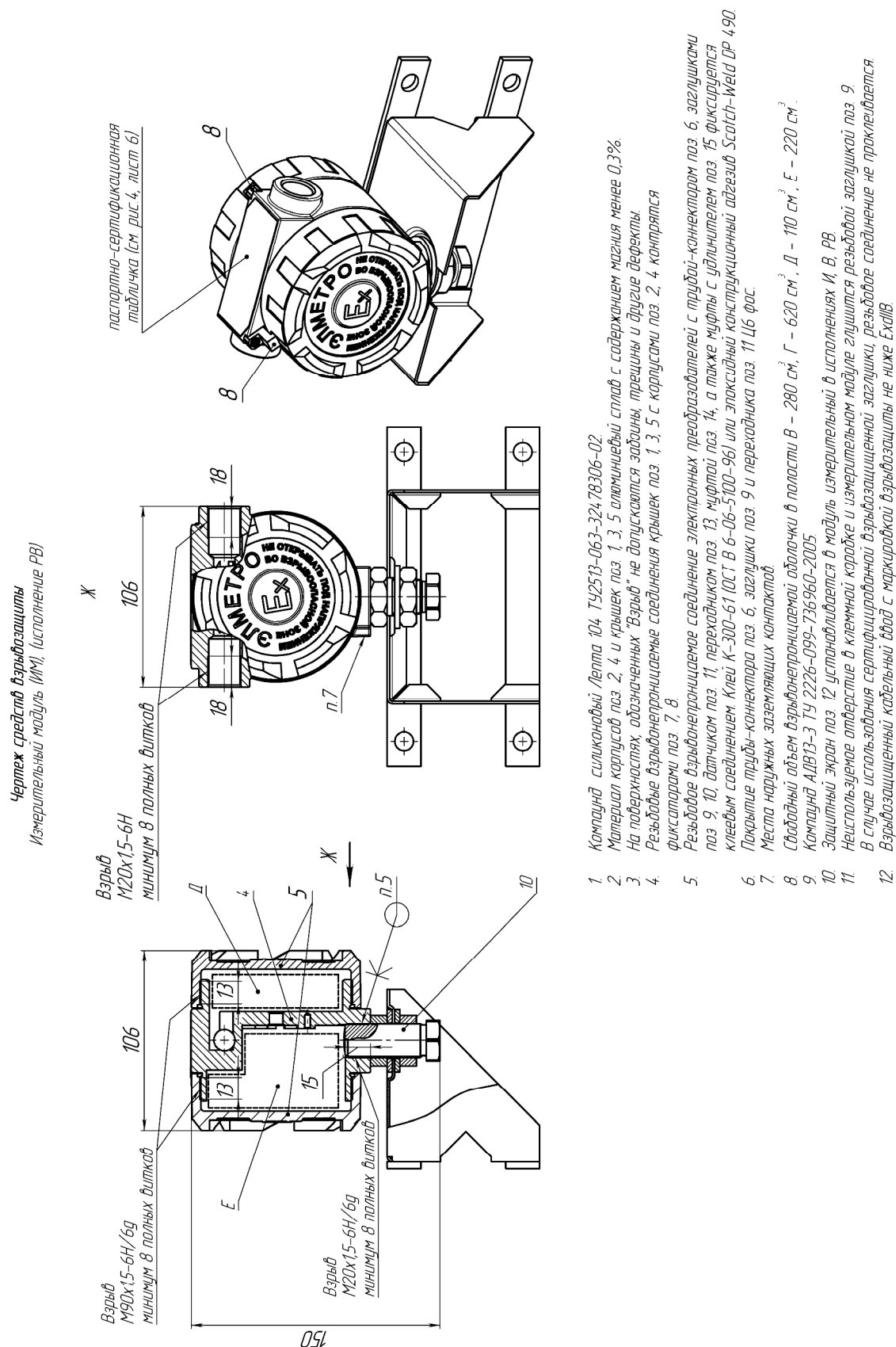


Рисунок Д.1 (лист 2 из 6).

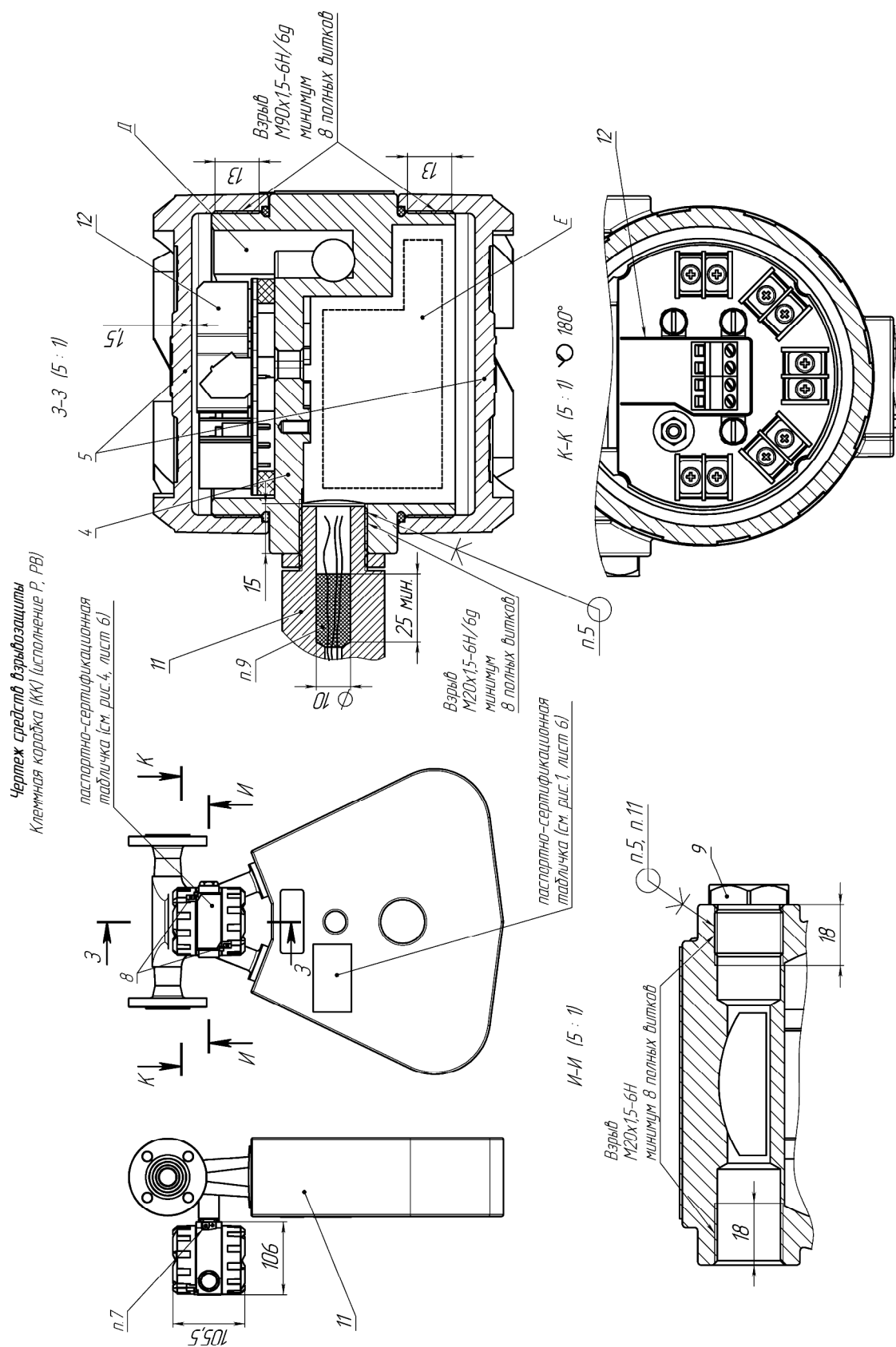


Рисунок Д.1 (лист 3 из 6).

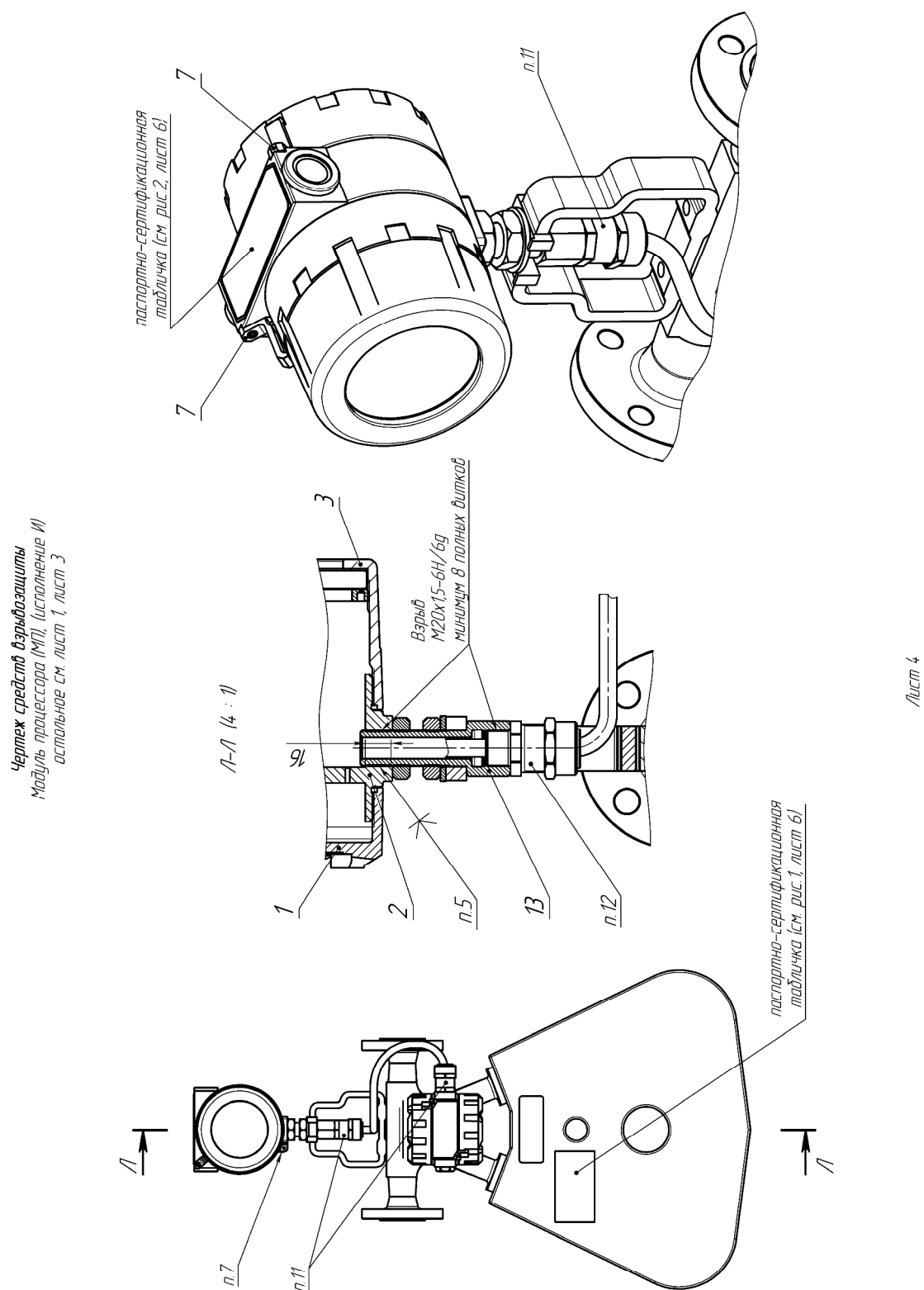
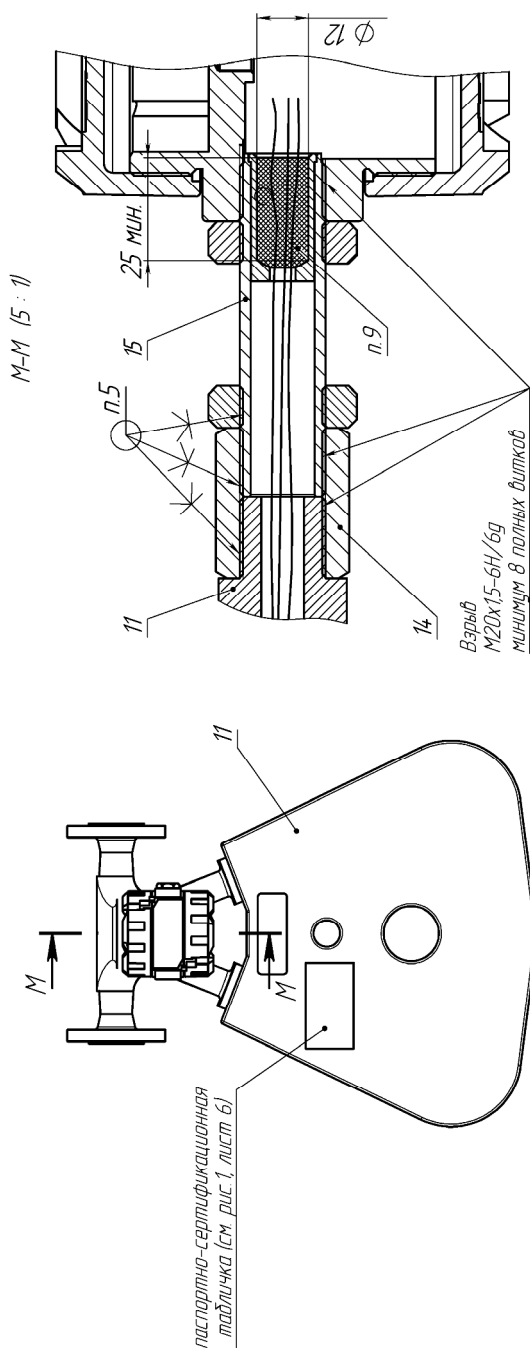


Рисунок Д.1 (лист 4 из 6).

Чертеж средств взрывозащиты
Клеммная коробка (КК) (исполнения Р и РВ), измерительный модуль (ИМ), (исполнения И, В)
остальное см. лист 3



Лист 5

Рисунок Д.1 (лист 5 из 6).

Чертеж средств взрывозащиты
Паспортно-сертификационные таблички

				Датчик расходомера массового			
ЭЛМЕТРО-Фломак-Ех-							
ОС ВСИ "ВНИИФТРИ" РОСС RU.ГБ06.В00957 2011 г.							
$-40^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq +60^{\circ}\text{C}$		C4	0ExiaII BT ☐ X		IP67		
Ду		мм	Зав. №				
Расход		т/ч	Дата вып.				
P _{max}		МПа					
Кл. точности							
ООО "ЭлМетро Групп"				Сделано в России			
http://elmetro.ru							

				Электронный преобразователь расходомера массового			
ЭЛМЕТРО-Фломак-Ех-							
ОС ВСИ "ВНИИФТРИ" РОСС RU.ГБ06.В00957 2011 г.							
1ExdII BT6X		C4	IP65		Дата вып.		
°C ≤ T _a ≤ °C				Зав. №			
Упит.: ~20-140 В, ~80-264 В							
Выходы: 4-20 мА, 0-10000 Гц, RS485							
Сделано в России							

				Модуль процессора расходомера массового			
ЭЛМЕТРО-Фломак-Ех-							
ОС ВСИ "ВНИИФТРИ" РОСС RU.ГБ06.В00957 2011 г.							
1ExdII BT6X		C4	IP65		Дата вып.		
°C ≤ T _a ≤ °C				Зав. №			
Упит.: ~20-140 В, ~80-264 В							
Выходы: 4-20 мА, 0-10000 Гц, RS485							
Сделано в России							

				Измерительный модуль расходомера массового			
ЭЛМЕТРО-Фломак-Ех-							
ОС ВСИ "ВНИИФТРИ" РОСС RU.ГБ06.В00957 2011 г.							
1ExdII BT6X		C4	IP65		Дата вып.		
$-40^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq +60^{\circ}\text{C}$				Зав. №			
Сделано в России							

Лист 6

Рисунок К.1 (лист 6 из 6)..

Приложение Е – Кабели соединительные

Кабель для соединения датчика с измерительным модулем.

Кабель для подключения датчика поставляется с расходомером.

Подготовка кабеля к монтажу: зачистить внешнюю изоляцию ~ 120 мм, экраны отделить от проводов, оставить только проволочные жилы, скрутить вместе и отрезать, оставив ~ 20 мм. Припаять к экранам провод сечением не менее 0,5 мм², длину подравнять по остальным проводникам. Цвет экранного провода должен отличаться от других проводов. Место соединения защитить подходящей термоусадочной трубкой. Место разделки кабеля защитить термоусадочной трубкой Ø 12÷14 мм длиной 40÷50 мм. Категорически не допускается замыкание экрана кабеля на корпус. Зачистить провода на длину 6÷8 мм, облудить, либо напрессовать специальные наконечники. При монтаже взрывонепроницаемого кабельного ввода уплотнительное кольцо должно охватывать только оболочку кабеля. Подключить проводники к клеммным зажимам, согласно таблице Е.1.

Таблица Е.1

Цвет	Клемма	Цепь	Примечание
Оранжевый	DT1	ТСП 1	Схема подключения - трех-проводная
Черный	DT2	ТСП 2	
Зеленый	DT3	ТСП 3	
Экран	SH	Экран	Общий
Синий	DC–	«–» Катушки возбуждения	Общий
Красный	DC+	«+» Катушки возбуждения	Сигнал возбуждения
Белый	LC–	Катушка 1	Дифференциальный сигнал катушки-детектора 1
Желтый	LC+	Катушка 1	
Серый	RC–	Катушка 2	Дифференциальный сигнал катушки-детектора 2
Фиолетовый	RC+	Катушка 2	

Кабель для соединения измерительного модуля с модулем процессора.

К кабелю предъявляются следующие требования:

1. Кабель должен быть предназначен для использования в сетях передачи данных стандарта RS-485 и содержать одну витую пару для передачи цифрового сигнала и одну или несколько витых пар для передачи напряжения питания¹. Кабель может быть комбинированным, тогда он должен содержать одну витую пару в части, которая предназначена для передачи данных по стандарту RS-485 и два провода для передачи напряжения питания.

2. Волновое сопротивление кабеля в части, предназначенной для передачи данных должно составлять 120±12 Ом на частоте выше 50 кГц.

3. Требования к ёмкости и индуктивности кабеля приведены в п.1.7.2.9;

1 Оба провода витой пары могут быть соединены и подключены к одной клемме питания для снижения сопротивления линии питания.

4. Полное сопротивление кабеля по линиям питания должно быть не более 2,5 Ом на одну линию (не более 5 Ом по паре линий «GND», «+U_n»).

5. Форма поперечного сечения кабеля должна быть близкой к круглой, чтобы обеспечить герметичность кабельного ввода.

6. Длина кабеля должна быть не более 100 м.

Пример подходящего кабеля: КИПвЭВ 2х2х0,78 ТУ16.К99-008-2001.