

## МАССОВЫЕ КОРИОЛИСОВЫЕ СЧЕТЧИКИ-РАСХОДОМЕРЫ ЭЛМЕТРО-ФЛОМАК

- Обеспечивают прямое измерение массового расхода, плотности и температуры, вычисление объемного расхода.
- Встроенная функция сумматора.
- Измеряемая среда – жидкости, в т.ч. высоко-вязкие, эмульсии.
- Рабочее давление – 4 МПа.
- Диаметр условного прохода – от 4,5 до 100 мм.
- Пределы основной погрешности измерения массового расхода – 0,2 %, 0,25%, 0,5%.
- Взрывозащищенное исполнение.
- Выходные сигналы – частотно-импульсные, токовый 4-20 мА, RS-485 (Modbus RTU).
- Универсальное питание: 20...140VDC, 80...264VAC.
- Внесен в Госреестр СИ.



Счетчики-расходомеры (далее расходомеры) предназначены для измерения массового и объемного расхода, количества жидкостей, 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. Основные отрасли для применения: нефте- и газодобывающая, химическая, пищевая. Типовые применения:

- измерение расхода ингредиентов в системах дозирования;
- контроль процессов слива/налива в емкости;
- контроль расхода жидких компонентов в технологических процессах.

### Основные преимущества:

- высокая точность;
- отсутствие требований к прямым участкам до и после расходомера;
- высокая надежность и длительный срок службы в силу отсутствия движущихся частей.

## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ КОРИОЛИСОВЫХ РАСХОДОМЕРОВ И ПЛОТНОМЕРОВ

Кориолисовый расходомер состоит из датчика расхода и электронного преобразователя. Датчик преобразует расход и плотность среды, а также температуру сенсорных трубок в электрические сигналы. Электронный преобразователь конвертирует полученную от датчика информацию в цифровой сигнал и в стандартные выходные сигналы.

### Измерение расхода

Поток жидкости в датчике проходит через пару симметричных изогнутых измерительных трубок, колеблющихся с определенной частотой. Форма колебаний одной из этих трубок показана на рисунке 1. Трубка приводится в движение электромагнитной катушкой, расположенной в центре изгиба трубки. Колебания трубки подобны колебаниям камертона и имеют амплитуду менее 1 мм и частоту в диапазоне 80 – 100 Гц.

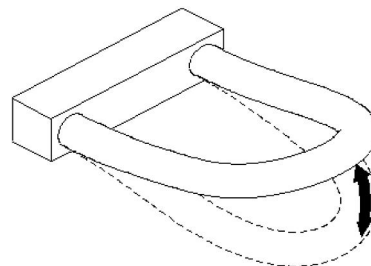


Рис. 1. Колебания трубки датчика

Измеряемой среде, проходящей через трубку, придается вертикальная составляющая движения вибрирующей трубки. При движении вверх во время первой половины цикла колебания (рисунок 2) жидкость, втекающая в трубку, создает сопротивление движению вверх, давя на трубку вниз. Поглотив

вертикальный импульс при движении вокруг изгиба трубки, жидкость, вытекающая из трубки, сопротивляется уменьшению вертикальной составляющей движения, толкая трубку вверх (рисунок 3). Это приводит к закручиванию трубки (рисунок 1.7). Когда трубка движется вниз во время второй половины цикла колебания, она закручивается в противоположную сторону. Это закручивание называется эффектом Кориолиса.

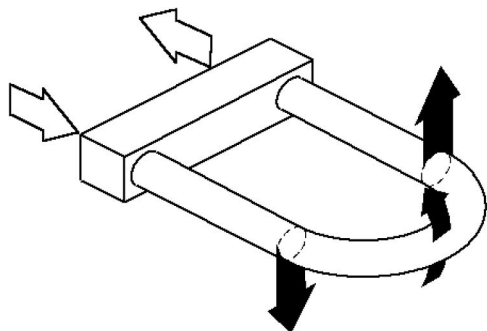


Рис. 2. Силы, действующие на трубку при движении вверх

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

потока закручивания трубки не происходит, и между сигналами детекторов нет временной разности.

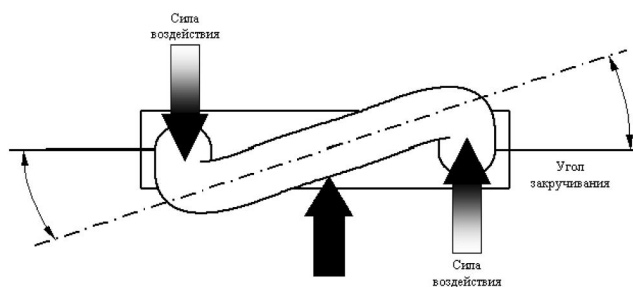


Рис. 3. Трубка датчика и пара сил, приводящая ее к закручиванию

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.

### Измерение плотности

Собственная частота колебаний сенсорных трубок зависит от их геометрии, материала, конструкции и массы. Масса состоит из двух частей: массы самих трубок и массы измеряемой среды в трубках. Для конкретного типоразмера сенсора масса трубок постоянна. Поскольку масса измеряемой среды в трубках равна произведению плотности среды и внутреннего объема, а объем трубок является также постоянным для конкретного типоразмера, то частота колебаний трубок может быть привязана к плотности среды и определена путем измерения периода колебаний.

## УСТРОЙСТВО И КОНСТРУКЦИЯ РАСХОДОМЕРА

### Общее устройство

Расходомер состоит из 3 основных блоков:

- 1) датчик;
- 2) измерительный модуль (ИМ);
- 3) модуль процессора (МП).

Модули ИМ и МП вместе образуют электронный преобразователь (ЭП)

С датчика на ИМ поступают следующие сигналы:

- два частотных сигнала частотой  $80 \div 100$  Гц сдвинутые по фазе относительно друг друга. Разница фаз, приведенная ко временной задержке одного сигнала относительно другого, и является информативным сигналом для ИМ.
- частотный сигнал  $f$ , частота которого зависит от измеряемой плотности.

Сигнал от температурного сенсора – платинового чувствительного элемента (Pt100  $W=1,385$ ). Сенсор имеет надежный тепловой контакт с трубкой, поэтому выходной сигнал сенсора практически соответствует температуре измеряемой среды.

Измерительный модуль (ИМ) выполняет преобразование сигналов, поступивших от датчика в цифровую форму, удобную для дальнейшей обработки в МП.

Модуль процессора (МП) выполняет функции формирования и преобразования сигналов от ИМ в окончательные сигналы расходомера:

- импульсные;
- частотные;
- токовые;
- цифровые;
- HART.

МП производит так же визуализацию полученных результатов измерения на дисплее и выработку дополнительной служебно-функциональной информации.

### Конструкция датчиков

Внешний вид датчиков и габаритные размеры приведены в приложении 1.

По габаритным размерам и исполнению внешнего защитного кожуха измерительных трубок датчика расходомера имеет 2 исполнения:

- трубное – шифр ТИ;
- каркасное – шифр КИ.

Расходомеры, в зависимости от температуры измеряемой датчиком среды, имеют исполнения:

- Н от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ ;
- С от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+200^{\circ}\text{C}$ .

**Таблица 1.** Исполнения расходомера в зависимости от температуры измеряемой среды

Конструктивное исполнение	Н	С
	-60° ÷ +125°С	-60° ÷ +200°С
И	+	-
Р	+	+
В	+	-
РВ	+	+

Знак "+" означает что такое исполнение есть, а знак "-" означает отсутствие такого исполнения.

### Электронный преобразователь (ЭП)

Электронный преобразователь – это совокупность ИМ и МП, каждый из которых выполнен в своем корпусе, (рисунок 8,9).

Наличие или отсутствие ЖКИ влияет на рабочую температуру в которой может эксплуатироваться весь расходомер, но благодаря тому что обе части ЭП могут монтироваться отдельно от датчика и друг от друга, можно выбрать вариант исполнения расходомера, наименее критичный к условиям окружающей среды.

### Конструктивные исполнения расходомера.

Расходомер по конструктивному расположению своих основных блоков имеет исполнения:

- интегральное И, когда датчик Д, модули ИМ и МП объединены в одну конструкцию (рис. 4).

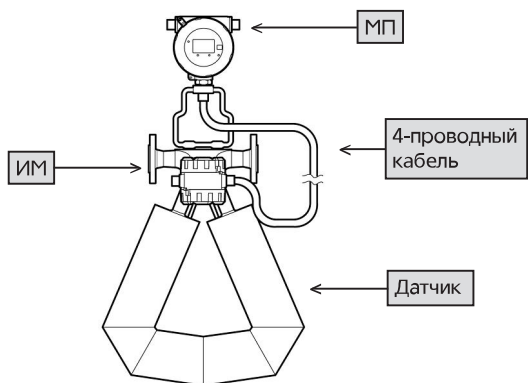


Рис. 4. Интегральное исполнение

- отдельные исполнения (Р, В, РВ), когда основные блоки расходомера разнесены друг от друга в различных комбинациях.

При отдельном исполнении (обозначение - Р), ИМ и МП жестко соединены между собой и размещаются отдельно от датчика (рис. 5).

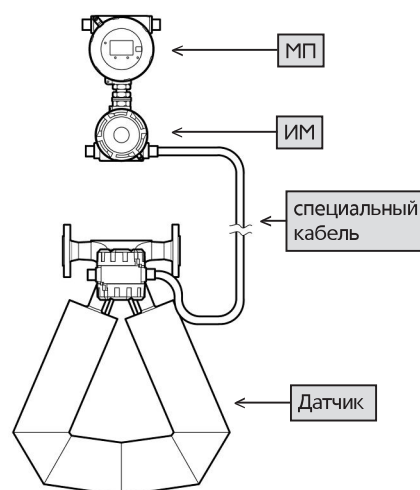


Рис. 5. Раздельное исполнение

При выносном исполнении (В) ИМ закреплен на корпусе датчика. МП размещается отдельно (рис. 6).

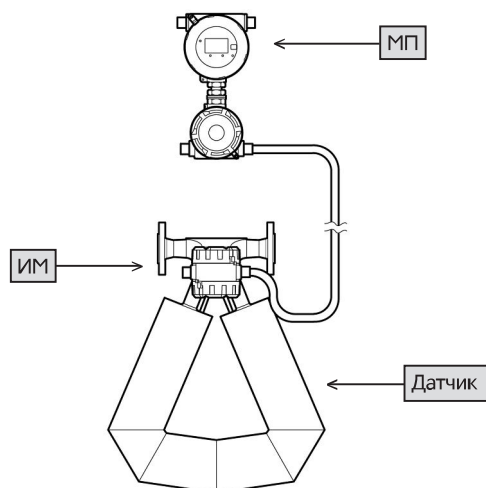


Рис. 6. Выносное исполнение

При раздельно-выносном исполнении (РВ) все блоки расходомера размещены отдельно друг от друга (рис. 7).

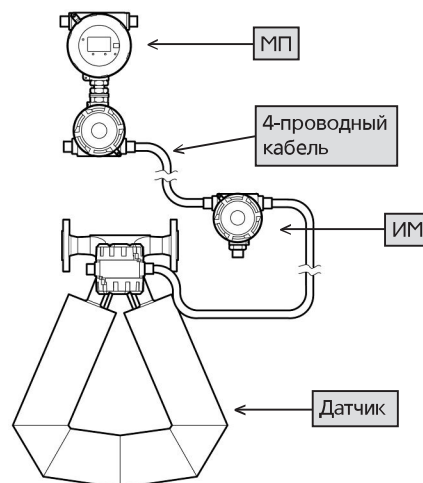


Рис. 7. Раздельно-выносное исполнение

При раздельно-выносном исполнении все части расходомера размещаются отдельно. ИМ подключается к Д специальным кабелем, который поставляется в составе расходомера. 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, предназначенным для передачи данных по стандарту RS-485. Кабель может быть поставлен в составе расходомера. Максимальная длина кабеля 100 м. Допускается применение бронированного кабеля. Кабель монтируется в клеммные колодки как на стороне ИМ так и на стороне МП.

### Назначение исполнений

Исполнение И является наиболее компактным конструктивом расходомера, но не позволяет работать с высокотемпературными средами (см. табл. 1).

Исполнение Р позволяет измерять расход высокотемпературных сред, так как ЭП отнесен от датчика. Максимальное расстояние между датчиком и ЭП составляет 30 м.

Исполнение В позволяет отнести МП с ЖКИ и клавишами управления 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), так как электроника ИМ остается на датчике.

Исполнение РВ позволяет работать с высокотемпературными средами и одновременно установить МП с ЖКИ и клавишами управления в более удобное для настройки и контроля место (на расстояние до 130 м от датчика).

## МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазоны и величины базовой погрешности измерения массового расхода в зависимости от модели датчика расходомера соответствуют приведенным в таблице 2.

Таблица 2. Диапазоны и погрешность измерения массового расхода

Модель датчика	Диаметр условного прохода (Ду), мм	Номинальный расход	Базовая погрешность измерения, $\delta_m$	Нестабильность нуля $Q_{нн}$	
				Исполнение А	Исполнение Б
ТИ-0045	4,5 / 8	0,25 т/ч	0,2%, 0,25% или 0,5% по цифровому или частотно-импульсному выходу	0,00003 т/ч	0,000045 т/ч
ТИ-010	10	1,5 т/ч		0,00017 т/ч	0,00025 т/ч
ТИ-015	15	3 т/ч		0,00027 т/ч	0,00041 т/ч
КИ-020	20	7 т/ч		0,0006 т/ч	0,0009 т/ч
КИ-025	25	12 т/ч		0,0009 т/ч	0,0014 т/ч
КИ-032	32	21 т/ч		0,0014 т/ч	0,0021 т/ч
КИ-050	50	60 т/ч		0,004 т/ч	0,006 т/ч
КИ-080	80 /100	150 т/ч		0,013 т/ч	0,02 т/ч
КИ-100	100	240 т/ч		0,025 т/ч	0,038 т/ч

Примечание: Датчик расходомера имеет 2 исполнения по нестабильности нуля. Нестабильность нуля – это отклонение выходного сигнала от нулевого значения при отсутствии расхода через датчик. Нестабильность нуля не связана с величиной базовой погрешности  $\gamma_{баз}$ .

В расходомере нормируется относительное значение погрешности измерения, при этом абсолютное значение погрешности определяется

$$\Delta Q = \frac{\gamma_{баз} \cdot Q_i}{100} \quad (1),$$

где  $\gamma_{баз}$  - базовая погрешность,  $Q_i$  - текущее значение расхода, т/час.

Переходное значение расхода  $Q_{п}$ , при котором еще сохраняется базовое значение относительной погрешности определяется по формуле

$$Q_{п} = \frac{2 \cdot Q_{нн}}{0,01 \cdot \delta_m} \quad (2).$$

При значениях расхода  $Q_i \leq Q_{п}$  погрешность расходомера устанавливается как приведенная от нормирующего значения, за которое принимается значение  $Q_{п}$ .

$$\Delta Q_H = \frac{\gamma_{баз}}{100} \cdot Q_{п} \quad (3), \quad \text{при } Q_i \leq Q_{п}$$

Ниже в таблицах 3а и 3б приведены интерпретации формул (2) и (3).  $Q_{п}$  – значение переходного расхода, при котором относительная погрешность измерения расхода не превышает базовое значение погрешности, т. е. 0,2% (0,25% или 0,5%).

$Q_{мин}$  – это минимальное значение расхода, при котором относительная погрешность измерения расхода не превышает 1%. К примеру, в таблице 3б, для Ду50 исполнения 2 по нестабильности нуля, означает:

1) В диапазоне расходов от 60 т/час до 6 т/час относительная погрешность будет не более 0,2%.

2) В диапазоне расходов от 1,2 т/час до 6 т/час относительная погрешность будет не более 1%, т.е. она будет увеличиваться от 0,2% при расходе 6 т/час и в точке 1,2 т/час может достигнуть 1% (Абсолютная погрешность по формуле (3) приводится к относительной погрешности в точке расхода).



**Таблица 3а.** Значения расходов (исполнение Б по нестабильности нуля)

Ду	Номинальный расход $Q_n$ , т/час	Значение переходного расхода $Q_n$ , т/час			Значение минимального расхода $Q_{min}$ , т/час		
		Базовая погрешность			Базовая погрешность		
		0,2	0,25	0,5	0,2	0,25	0,5
4,5/8	0,25	0,045	0,036	0,018	0,009	0,009	0,009
10	1,5	0,255	0,204	0,102	0,051	0,051	0,051
15	3	0,405	0,324	0,162	0,081	0,081	0,081
20	7	0,9	0,72	0,36	0,18	0,18	0,18
25	12	1,35	1,08	0,54	0,27	0,27	0,27
32	21	2,1	1,68	0,84	0,42	0,42	0,42
50	60	6,0	4,8	2,4	1,2	1,2	1,2
80/100	150	19,5	15,6	7,8	3,9	3,9	3,9
100	240	37,5	30	15	7,5	7,5	7,5

**Таблица 3б.** Значения расходов (исполнение А по нестабильности нуля)

Ду	Номинальный расход $Q_n$ , т/час	Значение переходного расхода $Q_n$ , т/час			Значение минимального расхода $Q_{min}$ , т/час		
		Базовая погрешность			Базовая погрешность		
		0,2	0,25	0,5	0,2	0,25	0,5
4,5/8	0,25	0,03	0,024	0,012	0,006	0,006	0,006
10	1,5	0,17	0,136	0,068	0,034	0,034	0,034
15	3	0,27	0,216	0,108	0,054	0,054	0,054
20	7	0,6	0,48	0,24	0,12	0,12	0,12
25	12	0,9	0,72	0,36	0,18	0,18	0,18
32	21	1,4	1,12	0,56	0,28	0,28	0,28
50	60	4,0	3,2	1,6	0,8	0,8	0,8
80/100	150	13,0	10,4	5,2	2,6	2,6	2,6
100	240	25,0	20,0	10,0	5,0	5,0	5,0

**Таблица 4.** Диапазоны и погрешность измерения плотности и температуры

Диапазон измерения плотности	700..1300 кг/м <sup>3</sup>
Предел основной допускаемой погрешности измерения плотности	±2 кг/м <sup>3</sup>
Температурный диапазон измеряемой среды	-60..+200 °С
Предел основной допускаемой погрешности измерения температуры среды (t), °С	± (0,9 + 0,008 ·   t  )

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Расходомер Элметро-Фломак позволяет измерять и/или вычислять следующие параметры измеряемой среды:

- Массовый расход.
- Объемный расход (текущий и приведенный).
- Плотность (текущая и приведенная).
- Температура.
- Развитая система конфигурации и представления информации на дисплее.
- Цифровая передача измеряемых параметров по протоколу Modbus (RS-485).
- Выходной токовый сигнал  $4 \pm 20$  мА может быть настроен для преобразования на любой из измеряемых датчиком входных сигналов.
- Расходомер производит вычисление накопленного расхода, т.е. массы или объема.

### Выходные сигналы

- импульсный/частотный/дискретный (оптопара, 30 В, 50 мА, 10 кГц) – 1 канал;
- частотный/ дискретный (оптопара, 30 В, 50 мА, 10 кГц) –1 канал;
- дискретный (оптопара, 30 В, 50 мА, статус, сигнализация) – 1 канал;
- токовый 4-20 мА (пассивный) – 1 канал;
- цифровой RS-485 (Modbus RTU) – 1 канал.

### Входные сигналы

Дискретные (универсальные, запуск/останов/ сброс сумматора) – 2 канала.

### Питание

Расходомеры работают при двух вариантах напряжения питания электронного преобразователя (ЭП): переменное 80...264 В (50±1 Гц) и постоянное 20...140 В с автоматическим переключением между ними. Максимальная потребляемая мощность 12 ВА.

### Условия эксплуатации

Диапазон температур окружающей среды (без ЖКИ) -40...+60 °С  
(с ЖКИ) -20...+55 °С

Степень защиты от пыли и влаги по ГОСТ 14254:

ЭП – IP65  
Датчика – IP67

### Взрывозащита

Датчик имеет взрывозащиту вида 0ExialIB(T1-T4)  
Измерительный модуль имеет взрывозащиту вида 1Exd[ia]IIBT6  
Модуль процессора имеет взрывозащиту вида 1ExdIIBT6

## ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ РАСХОДОМЕРОВ

Таблица 5. Габаритные размеры датчиков расхода

Модель	d(Ду), мм	A	B	C	D	E	Масса сенсоров, кг
КИ -020	20	250	430	450	105	210	16
КИ -025	25	260	450	550	115	220	16,5
КИ -032	32	286	476	615	140	220	21
КИ -050	50	450	580	745	165	280	37,5
КИ -080	80	570	670	980	200	290	70
КИ -100	100	810	1050	1400	235	310	220

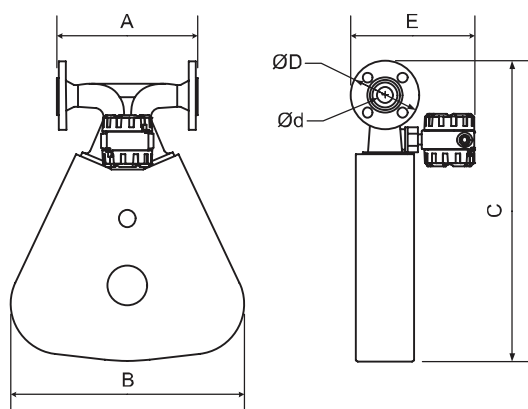


Рис. 7. Габаритные размеры датчиков расхода

Габаритные размеры электронных преобразователей приведены на рисунке 8.

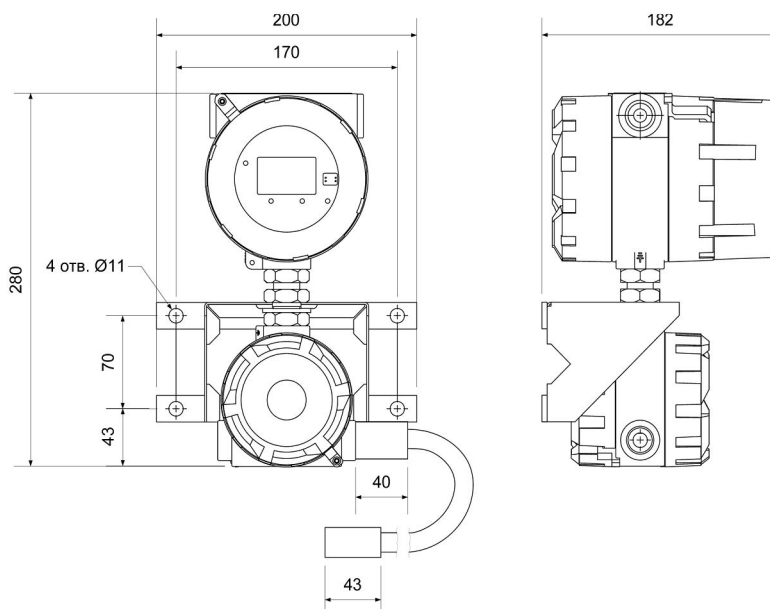


Рис. 8. Габаритные размеры модуля МП

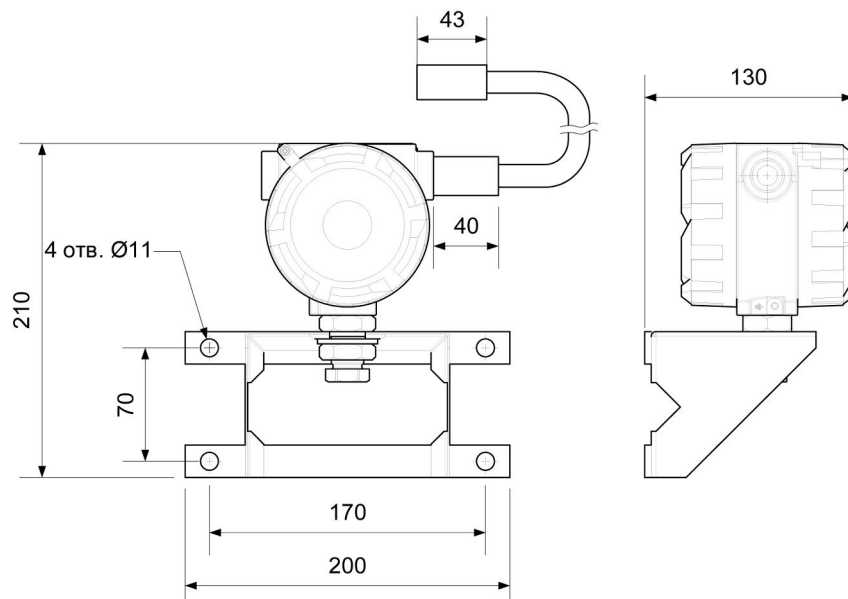


Рис. 9. Габаритные размеры модуля ИМ

## МОНТАЖ

В зависимости от конструктивного исполнения, параметров измеряемой среды и окружающего воздуха, существуют различные способы монтажа составных частей расходомера – Д, ИМ и МП.

В зависимости от условий применения расстояние между различными частями расходомера может достигать 100м (выносное исполнение В)

Соединения между Д, ИМ и МП осуществляется кабелями, которые присоединяются к блокам с помощью разъемов, либо клеммных колодок.

Подключение расходомера к другим приборам и линиям производится через клеммную коробку, размещенную в модуле МП (рис. 10). Схема подключения внешних устройств приведена на рисунке 11.

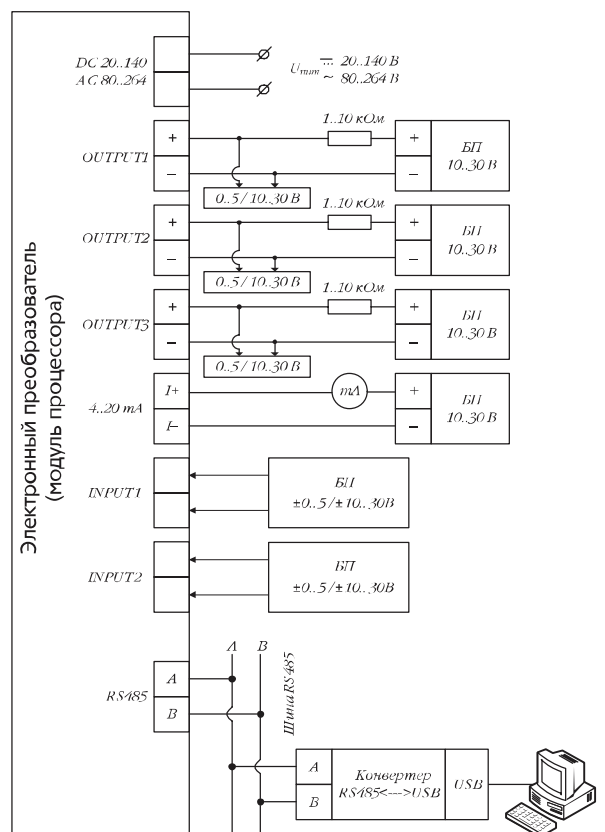


Рис. 11. Схема подключения ЭП расходомера к внешним устройствам.

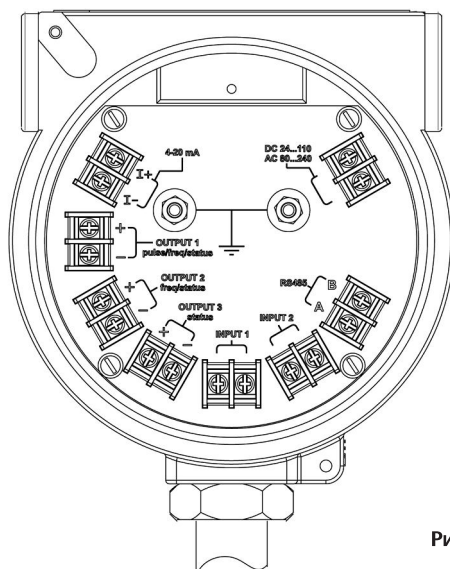


Рис. 10. Размещение присоединительных клемм в модуле процессора (МП)

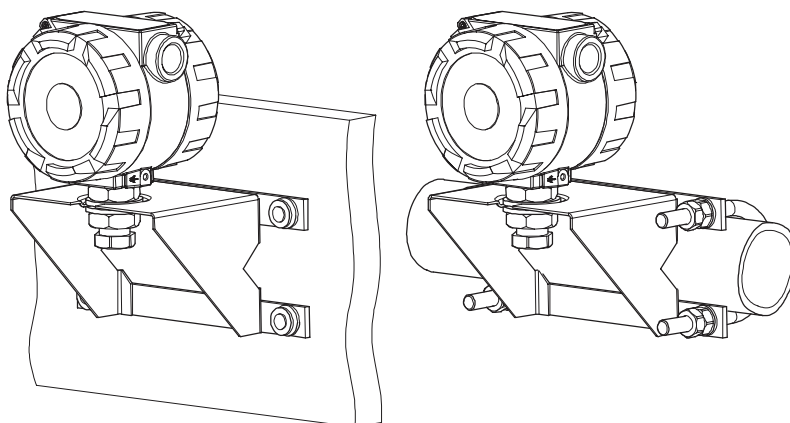


Рис. 12. Монтаж измерительного модуля в исполнении РВ.

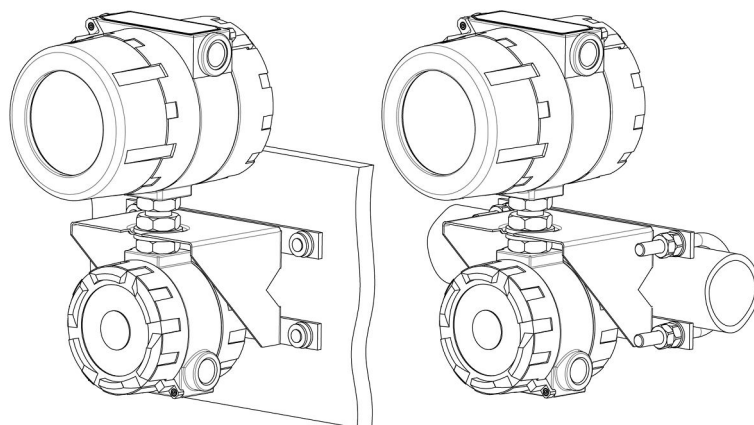


Рис. 13. Монтаж модуля процессора МП в исполнениях РВ, Р и В.





**Таблица 4. Типы кабельных вводов**

Обозначение в коде заказа	Характеристики кабельного ввода
KB0	Кабельный ввод общепромышленного исполнения
KB1	Кабельный ввод для кабеля без брони и металлорукава
KB2	Кабельный ввод для кабеля с броней или металлорукавом

Кабельные вводы для измерительного и процессорного модулей электронного преобразователя имеют присоединительную резьбу M20x1.5 – для диаметра кабеля от 8,5 до 10 мм.

**Таблица 5. Типы разъемов**

Обозначение в коде заказа	Характеристики разъема
Pm1	Разъем для кабеля без брони и металлорукава
Pm2	Разъем для кабеля с броней или металлорукавом

**Таблица 6. Типы комплектов монтажных частей**

Обозначение в коде заказа	Описание
KMЧ1	Включает ответные фланцы и прокладки
KMЧ2	Включает накидные гайки и ниппели
KMЧ3	Согласовывается с заказчиком

**Примеры кодов заказа для разных исполнений:**

<b>Элметро-Фломак-Ех-И</b>	<b>-</b>	<b>КИ-025-Ф25-С-0.2-Б-4.0МПа</b>	<b>-</b>	<b>ИМ-KB2</b>	<b>-</b>	<b>МП-ЖКИ-KB2</b>
Общая часть		Д		ИМ		МП

<b>Элметро-Фломак-Ех-Р</b>	<b>-</b>	<b>КИ-025-Ф25-С-0.2-Б-4.0МПа-Рm2-30м</b>	<b>-</b>	<b>ИМ</b>	<b>-</b>	<b>МП-ЖКИ-KB2-КМЧ1</b>
Общая часть		Д		ИМ		МП

<b>Элметро-Фломак-Ех-В</b>	<b>-</b>	<b>КИ-025-Ф25-С-0.2-А-4.0МПа</b>	<b>-</b>	<b>ИМ-KB2-100м</b>	<b>-</b>	<b>МП-ЖКИ-KB1-КМЧ2</b>
Общая часть		Д		ИМ		МП

<b>Элметро-Фломак-Ех-РВ</b>	<b>-</b>	<b>КИ-025-Ф25-С-0.2-А-4.0МПа-KB2-30м</b>	<b>-</b>	<b>ИМ-KB1-100м</b>	<b>-</b>	<b>МП-ЖКИ-KB2</b>
Общая часть		Д		ИМ		МП