




Руководство по эксплуатации



Общая инструкция Измерители и регуляторы массового расхода / давления лабораторные / IN-FLOW

Док.: 9.17.022Vrus Дата: 12-01-2016



Внимание!

Настоятельно рекомендуется прочитать настоящее руководство перед установкой оборудования.
Несоблюдение рекомендаций, приведенных в данном руководстве, может привести к
травмам персонала и/или повреждению приборов.

СОДЕРЖАНИЕ РУКОВОДСТВА

Данное руководство предназначено для основной части цифровых приборов измерения и регулирования массового расхода / давления (лабораторные / IN-FLOW). Оно содержит общие инструкции, необходимые для работы с данными приборами. Дополнительную информацию можно найти в других документах.

Приборы Multibus имеют модульное руководство по эксплуатации, состоящее из следующих документов:

- **Общая инструкция по цифровым приборам измерения и регулирования массового расхода / давления (лабораторные / IN-FLOW) (документ № 9.17.022)**
- Инструкция по эксплуатации цифровых приборов (документ № 9.17.023)
- Описания интерфейсов цифровых шин:
 - FLOW-BUS интерфейс (документ № 9.17.024)
 - Profibus-DP интерфейс (документ № 9.17.025)
 - DeviceNet интерфейс (документ № 9.17.026)
 - RS232 интерфейс с FLOW-BUS протоколом (документ № 9.17.027)
 - Modbus интерфейс (документ № 9.17.035)
 - EtherCAT интерфейс (документ № 9.17.063)
 - PROFINET интерфейс (документ № 9.17.095)

Информация, представленная в настоящем руководстве, тщательно подготовлена и проверена. Однако компания Bronkhorst High-Tech B.V. не несет юридической или иной ответственности за неточности и ошибки, которые могут содержаться в тексте. Данный материал носит сугубо информативный характер и может быть изменен без предварительного уведомления.

ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

Для данного оборудования компания Bronkhorst® гарантирует отсутствие дефектов конструкционных материалов и изготовления в течение 3-х лет со дня отгрузки товара с завода компании при условии его эксплуатации в точном соответствии с технической спецификацией и инструкциями настоящего руководства, а также при условии, что оборудование не подвергалось порче, механическому повреждению или загрязнению. Приборы, которые в течение этого срока работают неисправно, подлежат ремонту или замене за счет завода-изготовителя. Срок гарантии после ремонта составляет 6 месяцев, либо до конца первичной гарантии в зависимости от того, что дольше.

Гарантия распространяется на все изначальные и скрытые дефекты, случайные неисправности и неизвестные внутренние причины.

Гарантия не распространяется на неисправности по вине пользователя, такие как загрязнение, неправильное электрическое соединение или механическое повреждение.

Ремонт приборов, возвращенных в гарантийную службу, от повреждений, признанных частично или полностью негарантийными, может быть сделан за отдельную плату.

Гарантийное обслуживание приборов выполняется на территории сервисного центра Bronkhorst® по адресу: Nijverheidsstraat 1A NL-7261 AK Ruurlo (NL). В случае, если приборы поставлялись российским дистрибьютором ООО «Сигм плюс инжиниринг», гарантийное обслуживание выполняется по адресу: 117342, г. Москва, ул. Введенского, д. 3, корп. 5. Bronkhorst® (ООО «Сигм плюс инжиниринг») оплачивает только исходящие транспортные расходы, когда обслуживание оформляется как гарантийное.

Краткое руководство

Перед установкой измерителя/регулятора, внимательно прочтите этикетку на приборе и проверьте:

- диапазон расходов/давлений
- измеряемое вещество
- входное и выходное давление
- входной/выходной сигнал

Проверьте надпись на красной наклейке, чтобы убедиться, что величина давления испытаний прибора соответствует нормальным требованиям по безопасности для Вашего применения.

Проверьте чистоту магистралей. Для обеспечения высокой степени чистоты всегда используйте фильтры, чтобы обеспечить поток газа без влаги и масла.

Установите измеритель/регулятор в линию и уплотните фитинги, как того требует инструкция по их применению. Выбирайте позицию для монтажа в соответствии с данным руководством.

Прежде чем подавать давление рабочего вещества, проверьте систему на герметичность,

Для систем, использующих коррозионные или химически активные жидкости, перед эксплуатацией необходима продувка инертным газом. Также необходима полная продувка системы после использования таких жидкостей перед попаданием туда воздуха.

Электрические соединения должны быть выполнены с помощью стандартных кабелей или в соответствии с монтажной схемой (схемой распайки), прилагаемой к настоящему руководству.

Кратко о включении

Установите прибор в линию.
Подайте правильное давление на прибор.

Работа в аналоговом режиме

Подключите прибор к блоку питания/управления с помощью 9-пинового кабеля с разъемом DB-9 или 8 DIN.

Работа в цифровом режиме

Для выполнения этой процедуры воспользуйтесь описанием для конкретной цифровой шины.

Пошлите сигнал задания на прибор и проверьте измеряемую величину.

Для обеспечения максимальной точности рекомендуется прогревать устройство в течение 30 минут.

Теперь измеритель/расходомер массового расхода/давления готов к работе.

Внимание!

Работа по цифровой шине осуществляется через ленточный кабель, который подсоединен к основной плате прибора.

Полный доступ ко всем функциям прибора возможен через интерфейс RS232 и переключатель, расположенный на верхней части прибора. Тем не менее, необходимо соблюдать меры предосторожности при снятии верхней части корпуса.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ.....	8
1.1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ	8
1.1.1. Расход газа.....	8
1.1.2. Расход жидкости	8
1.1.3. Давление.....	8
1.1.4. Корпуса	8
1.1.5. Клапаны	10
1.2. ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ СЕНСОРОВ	11
1.2.1. Сенсоры расхода газа (байпас измерения).....	11
1.2.2. Сенсоры расхода газа (прямые термомассовые измерения расхода, принцип СТА)	11
1.2.3. Сенсоры расхода жидкости.....	11
1) Модель μ -flow для расходов до 2 г/ч.	11
2) СТА термоанемометрические расходомеры LIQUI-FLOW для расходов до 1000 г/ч.	12
1.2.4. Сенсор давления	12
1.3. ПРИНЦИП РАБОТЫ КЛАПАНОВ	12
1.3.1. Соленоидный клапан	12
1.3.2. Клапан Vary-P.....	13
1.3.3. Пилотный клапан	13
1.3.4. Сильфонный клапан	13
1.4. РАСЧЕТ ЗНАЧЕНИЙ Kv	13
1.4.1. Для газов	13
1.4.2. Для жидкостей.....	14
1.4.3. Максимальное падение давления	14
1.5. СЕНСОРЫ И УСТРОЙСТВА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО ДЕЛЕНИЯ ПОТОКА.....	15
1.6. ПОПРАВочНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ	16
1.6.1. Поправочные коэффициенты для газов (байпас измерения)	16
1.6.2. Поправочные коэффициенты для газов (прямые термомассовые измерения, СТА-сенсоры).....	17
1.6.3. Поправочные коэффициенты для жидкостей	18
1.6.4. Программное обеспечение для расчета поправочных коэффициентов	18
2. УСТАНОВКА	19
2.1. ПОЛУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ	19
2.2. ВОЗВРАТ ОБОРУДОВАНИЯ.....	19
2.3. ОБСЛУЖИВАНИЕ	19
2.4. МОНТАЖ.....	19
2.5. ВСТРОЕННЫЙ ФИЛЬТР.....	20
2.6. СОЕДИНЕНИЯ С ТРУБОПРОВОДОМ.....	20
2.7. ТРУБОПРОВОД	21
2.8. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ	21
2.9. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ.....	21
2.10. ПОДАЧА ДАВЛЕНИЯ	21
2.11. ПРОДУВКА СИСТЕМЫ	22
2.12. УПЛОТНЕНИЯ	22
2.13. ХРАНЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ.....	22
2.14. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ	22
2.14.1. Условия соответствия требованиям EMC	22

3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ	24
3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	24
3.2. ВКЛЮЧЕНИЕ И ПРОГРЕВ	24
3.3. УСТАНОВКА "НУЛЯ".....	24
3.4. ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ.....	25
3.5. УСЛОВИЯ РАБОТЫ.....	25
3.6. РАБОТА ПРИБОРОВ.....	25
3.6.1. <i>Сенсоры</i>	25
3.6.2. <i>Регуляторы</i>	25
3.7. РАБОТА В РУЧНОМ РЕЖИМЕ	25
3.8. РАБОТА В АНАЛОГОВОМ РЕЖИМЕ	26
3.9. РАБОТА В ЦИФРОВОМ РЕЖИМЕ	27
4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	28
4.1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ.....	28
4.2. СЕНСОР РАСХОДА ГАЗА.....	28
4.3. СЕНСОР РАСХОДА ЖИДКОСТИ	28
4.4. СЕНСОР ДАВЛЕНИЯ.....	28
4.5. РЕГУЛЯТОРЫ	28
4.6. РЕГУЛИРУЮЩИЕ КЛАПАНЫ	28
4.6.1. <i>Соленоидные клапаны</i>	28
4.6.2. <i>Клапан Vary-P</i>	29
4.6.3. <i>Пилотный клапан</i>	29
4.6.4. <i>Сильфонный клапан</i>	29
4.7. ПРОЦЕДУРА КАЛИБРОВКИ	29
5. ЦИФРОВОЙ ПРИБОР	30
6. ОПИСАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА	30
7. ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ	30
7.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	30
7.2. ТАБЛИЦА ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ.....	31

Приложения

1. Таблица поправочных коэффициентов
2. Размеры корпусов
3. Свидетельства об утверждении типа средств измерений
4. Вложения (если имеются)

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

1.1.1. Расход газа

Измерители массового расхода для газов Bronkhorst® – это высокоточные приборы для измерения расходов газа при давлениях до 700 бар в зависимости от типа корпуса. Измеряемая величина виртуально не зависит от температуры и давления среды. Устройство может быть укомплектовано регулирующим клапаном и многофункциональной системой индикации и управления для измерения и контроля расхода газов от 1 н.мл/мин до нескольких тысяч н.м³/час (в зависимости от типа прибора). Для определенных диапазонов расходов поставляются приборы с полностью металлическими уплотнениями.

1.1.2. Расход жидкости

Измерители расхода жидкости Bronkhorst® – это высокоточные приборы для измерения расходов жидкостей при давлениях до 400 бар. Измеряемая величина виртуально не зависит от температуры и давления среды. Система может быть укомплектована регулирующим клапаном для измерения и контроля расхода жидкостей от 2 г/час до 1000 г/час.

1.1.3. Давление

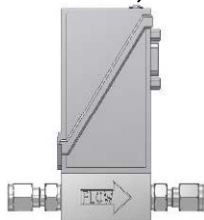
Измеритель давления Bronkhorst® предназначен для измерения давления от 100 мбар (полная шкала) до 400 бар в зависимости от номинала. Возможно измерение абсолютного, относительного, а также дифференциального (в интервале от 0 до 15 бар) давления. Регулятор контролирует давление с очень высокой точностью и воспроизводимостью. Клапан может устанавливаться перед измерителем (серия P-600) или после него (серия P-700).

Поток, проходящий через измеритель, зависит от давления на входе и на выходе, а также от диаметра отверстия клапана и вида вещества.

1.1.4. Корпуса

Конструкция корпусов приборов полностью удовлетворяет требованиям EMC.

EL-FLOW®, EL-PRESS

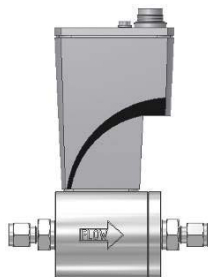


Плата управления находится в металлизированном пластиковом корпусе. Электрическое соединение выполнено в виде 9-пинового штырькового разъема типа sub-D для работы с аналоговыми и цифровыми (RS232) сигналами. Для работы в цифровом режиме эти приборы имеют разнообразные разъемы в верхней части. Эти приборы предназначены для использования в сухих помещениях (таких как лаборатории) или хорошо защищенные (OEM) здания.

EL-FLOW®, EL-PRESS с металлическими уплотнениями



Эта серия приборов имеет тот же тип корпуса, что и стандартные EL-FLOW®, EL-PRESS, но отличается уплотнениями «металл-по-металлу».

IN-FLOW, IN-PRESS

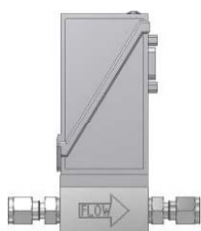
В соответствии со стандартом защищенности IP65 плата управления помещена в герметичный металлический корпус. Для подсоединения кабелей приборы имеют штырьковой разъем 8DIN для аналоговых и RS232 сигналов, а также различные типы разъемов на верхней крышке для обмена данными по цифровым шинам. Приборы предназначены для промышленного использования (в том числе вне помещения) в соответствии со спецификацией IP65.

LIQUI-FLOW®

Имеются два различных типа цифровых расходомеров для жидкостей:

μ - FLOW

Модель μ-FLOW для расходов до 2 г/ч имеет сенсор в виде прямолинейного капилляра. Для электрического соединения есть 9-ти пиновый штырьковой разъем типа sub-D. Приборы предназначены для использования в сухих помещениях (таких как лаборатории).

LIQUI-FLOW® СТА

Модель LIQUI-FLOW® с датчиком термоанемометрического типа предназначена для работы с расходами до 1000 г/ч. Для электрического соединения есть 9-ти пиновый штырьковой разъем типа sub-D. Приборы предназначены для использования в сухих помещениях (таких как лаборатории).



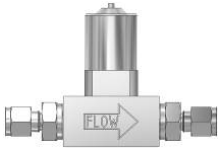
В соответствии со стандартом защиты IP65 плата управления помещена в герметичный металлический корпус. Для подсоединения кабелей приборы имеют штырьковой разъем 8DIN для аналоговых и RS232 сигналов, а также различные типы разъемов на верхней крышке для обмена данными по цифровым шинам. Приборы предназначены для промышленного использования (в том числе вне помещения) в соответствии со спецификацией IP65.

1.1.5. Клапаны

Лабораторный тип

Для газов:

Соленоиды этого типа клапанов защищены по классу IP50. Предназначены для использования в сухих помещениях.



Для жидкостей:

Соленоиды этого типа клапанов защищены по классу IP50. Предназначены для использования в сухих помещениях.

Клапаны этого типа оборудованы штуцером для удаления воздуха из магистрали.



Промышленный тип

Для газов:

Соленоиды этого типа клапанов защищены по классу IP65. Предназначены для использования в промышленных условиях (вне помещений).



Для жидкостей:

Соленоиды этого типа клапанов защищены по классу IP65. Предназначены для использования в промышленных условиях (вне помещений).

Клапаны этого типа оборудованы штуцером для удаления воздуха из магистрали.



1.2. ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ СЕНСОРОВ

1.2.1. Сенсоры расхода газа (байпас измерения)

Большинство сенсоров газовых потоков работают на принципе байпас измерений. Расходомеры такого типа работают по одному принципу – измерения разности температур на границах нагреваемого участка капиллярной трубки. Строго пропорциональная часть газа из общего потока направляется в капиллярную трубку посредством пропорционального делителя потока, создающего разность давлений. Конструкция делителя такова, что условия течения газа в главной трубе и в капилляре подобны. Разность температур до и после нагревателя зависит от теплоты, поглощенной газом. Соотношение между расходом газа и сигналом сенсора описывается уравнением:

V_{signal} – выходной сигнал

c_p – удельная теплоемкость

K – константа

Φ_m – массовый расход

$$V_{signal} = K \cdot c_p \cdot \Phi_m$$

Температурные сенсоры являются частью мостовой схемы, сигнал дисбаланса плечей моста линеаризуется и усиливается до требуемого уровня выходного сигнала.

1.2.2. Сенсоры расхода газа (прямые термомассовые измерения расхода, принцип СТА)

Расходомеры моделей IN-FLOW СТА работают на принципе прямых термомассовых измерений расхода. Проточная конструкция сенсора включает нагреватель (термосопротивление) и температурный датчик. Оба сопротивления изготовлены из материала с термозависимым сопротивлением, находящегося внутри трубки из нержавеющей стали. Подаваемая мощность, необходимая для поддержания постоянной разницы температур между нагревателем и датчиком, пропорциональна массовому расходу. Значение подводимого к нагревателю тока точно соответствует величине расхода. Описанный принцип измерения носит название «анемометрия при постоянной температуре» (Constant Temperature Anemometry – СТА).

Формула, описывающая связь между массовым расходом и выходным сигналом, приведена ниже:

S_{signal} – выходной сигнал

S_0 – сигнал при нулевом расходе

K – константа (включает λ - теплопроводность, C_p - теплоемкость,

μ – динамическую вязкость и ρ – плотность газа)

Φ_m – расход

n – безразмерная константа (обычно порядка 0,5).

$$S_{signal} \cong S_0 + K \cdot \Phi_m^n$$

1.2.3. Сенсоры расхода жидкости

Можно выделить два метода измерений и два сенсора для измерений расхода жидкости. Общей чертой этих сенсоров является отсутствие байпаса, т.е. они имеют прямоточную конструкцию.

1) Модель μ -flow для расходов до 2 г/ч.

В основе устройства лежит капиллярная трубка с двумя сенсорными элементами, которые служат как нагревателями, так и измерителями температуры. Разность температур, измеренная сенсорами, зависит от теплоты, поглощенной жидкостью. Температурные сенсоры являются частью мостовой схемы, соотношение линеаризуется и усиливается до требуемого уровня выходного сигнала.

Соотношение между расходом газа и сигналом сенсора описывается уравнением:

V_{signal} – выходной сигнал

C_p – удельная теплоемкость

K – константа

Φ_m – массовый расход

$$V_{signal} = K \cdot c_p \cdot \Phi_m$$

2) СТА термоанемометрические расходомеры LIQUI-FLOW для расходов до 1000 г/ч.

Термоанемометрический датчик СТА представляет собой небольшую капиллярную трубку с двумя чувствительными элементами, расположенными вокруг нее. Первый (по потоку) температурный сенсор используется для измерения температуры текущей по трубке жидкости. Второй элемент представляет собой нагреватель, который нагревает жидкость до определенного уровня, на ΔT выше температуры среды. Конструкция сенсора запатентована.

Количество тепла для поддержания постоянной ΔT зависит от массового расхода. В случае нулевого потока необходимо ничтожное количество тепла. При подаче определенного расхода нагреватель охлаждается. Поэтому для поддержания постоянной разницы температур необходимо увеличить количество подаваемого тепла. Таким образом, каждому значению потока соответствует определенное количество теплоты. Этот принцип измерений носит название «анемометрия при постоянной температуре» (Constant Temperature Anemometry – СТА).

Нагреватель и температурный датчик электрически соединены в мостовую схему, которая выполняет две функции: во-первых, обеспечивает нагреватель необходимой теплотой и, во-вторых, компенсирует разницу температур. В конечном итоге вычислительные цепи обеспечивают линейный выходной сигнал. Упрощенно соотношение между выходным сигналом и массовым расходом выражается формулой:

V_{signal} – выходной сигнал

K – константа

c_p – удельная теплоемкость

λ – коэффициент теплопроводности

Φ_m – массовый расход

$$V_{signal} \cong K \cdot c_p \cdot \lambda^2 \cdot \Phi_m$$

1.2.4. Сенсор давления

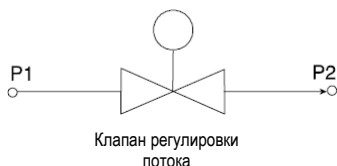
Измеритель давления EL-PRESS включает в себя пьезоэлемент на поверхности кристалла кремния. Сенсор заключен в корпус из нержавеющей стали и отделен от рабочего вещества тонкой стальной мембраной. Полость вокруг сенсора заполнена маслом для передачи давления на сенсор.

1.3. ПРИНЦИП РАБОТЫ КЛАПАНОВ

Регулирующие клапаны разработаны не как отсечные клапана, хотя некоторые модели превосходно выполняют эту задачу.

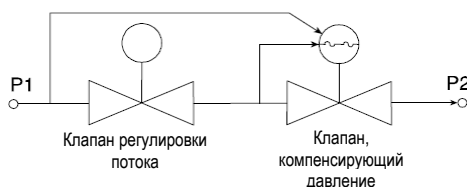
Рекомендуется устанавливать в линию отдельные отсечные клапаны, если это требуется. Также должны быть исключены резкие броски давления, которые могут возникнуть в начальный момент работы.

1.3.1. Соленоидный клапан



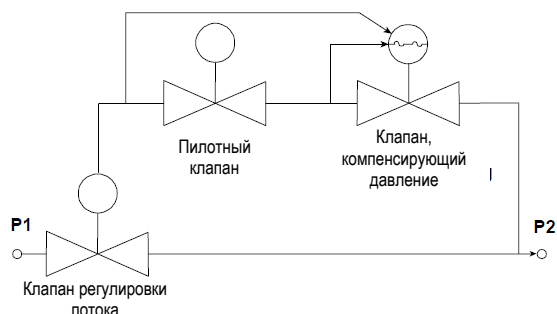
Является стандартным регулирующим клапаном (прямого действия). Плунжер поднимается с помощью электромагнита. Деталь с отверстием (орифайс) под плунжером может быть заменена с целью подбора оптимального диаметра отверстия. Также возможна установка нормально открытого клапана.

1.3.2. Клапан Vary-P



Разработан для процессов с большой разностью входного и выходного давления. Состоит из двух клапанов: регулирующего на основе соленоида и специально настроенного клапана, компенсирующего давление.

1.3.3. Пилотный клапан



Разработан для больших расходов. Управляемый соленоидом регулирующий клапан контролирует разность давлений на пистоне, который двигает главный плунжер.

1.3.4. Сильфонный клапан

Клапан прямого действия, управляемый электромагнитом. Особая конструкция, включающая металлический сильфон, позволяет контролировать потоки при достаточно большом диаметре отверстия орифайса. Используется при низких давлениях или в вакууме.

1.4. РАСЧЕТ ЗНАЧЕНИЙ K_v

Этот метод может использоваться для определения значений пропускной способности (K_v) главного отверстия (орифайса) регулирующего клапана.

1.4.1. Для газов

Определите требуемый перепад давления на клапане (Δp). Он должен быть не менее 20% от рабочего давления, а для систем с замкнутым контуром – от общей разницы давлений в контуре. При $\Delta p = 20-50\%$ используется формула:

$$K_v = \frac{\Phi_{vm}}{514} \sqrt{\frac{\rho_n \cdot T}{\Delta p \cdot p_2}} \quad \text{подкритичное}$$

При $\Delta P = 50-100\%$ от рабочего давления, используется формула:

$$K_v = \frac{\Phi_{vm}}{257 \cdot p_1} \sqrt{\rho_n \cdot T} \quad \text{надкритичное}$$

Единицы:

Φ_{vm} – поток [н.м³/ч]

p_1 – давление на входе [бар]

p_2 – давление на выходе [бар]

Δp – разность давлений ($p_1 - p_2$) [бар]

T – температура [K]

ρ_n – плотность при нормальных условиях [кг/м³].

Диаметр отверстия (орифайса) определяется так: $d = 7.6 \cdot \sqrt{K_v}$ [мм]

1.4.2. Для жидкостей

Для определения K_v орифайса регулирующего клапана можно использовать формулу

$$K_v = \Phi_v \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p \cdot 1000}}$$

Единицы:

Φ_v – поток [н.м³/ч]

ρ – плотность при 20°C и 1 атм [кг/м³]

Δp – разность давлений ($p_1 - p_2$) [бар]

диаметр отверстия (орифайса) определяется так: $d = 7.6 \cdot \sqrt{K_v}$ [мм]

На регуляторах расхода жидкостей используются только нормально закрытые клапаны. Диаметры отверстий могут быть посчитаны по таблице:

Диаметр, мм	K_v	Нормально закрытый, $\Delta p_{max.}$, бар
0,10	$1,73 \times 10^{-4}$	10
0,14	$3,39 \times 10^{-4}$	10
0,20	$6,93 \times 10^{-4}$	10
0,30	$1,56 \times 10^{-3}$	10
0,37	$2,37 \times 10^{-3}$	10
0,50	$4,33 \times 10^{-3}$	10
0,70	$8,48 \times 10^{-3}$	10
1,00	$1,73 \times 10^{-2}$	10

*Для жидкостей с динамической вязкостью в диапазоне $15 \text{ спз} < \mu < 100 \text{ спз}$ значение K_v может быть рассчитано согласно следующей формуле:

$$K_v = \Phi_v \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p \cdot 1000}} \cdot \sqrt{\mu}$$

Единицы:

Φ_v – объемный расход [н.м³/ч]

Δp – разность давлений ($p_1 - p_2$) [бар]

ρ – плотность при 20°C и 1 атм [кг/м³]

μ – динамическая вязкость

Максимально возможную вязкость можно узнать у производителя.

1.4.3. Максимальное падение давления

Для соленоидных (пилотных) регулирующих клапанов с маленькими орифайсами максимальное падение давления для газов определяется по следующей таблице:

Диаметр, мм	K_v	Нормально закрытый, Δp_{max} , бар	Нормально открытый, Δp_{max} , бар
0,05	$4,33 \times 10^{-5}$	40	30
0,07	$8,48 \times 10^{-5}$	30	20
0,10	$1,73 \times 10^{-4}$	30	20
0,14	$3,39 \times 10^{-4}$	30	20
0,20	$6,93 \times 10^{-4}$	30	20
0,30	$1,56 \times 10^{-3}$	30	20
0,37	$2,37 \times 10^{-3}$	30	20
0,50	$4,33 \times 10^{-3}$	30	20
0,70	$8,48 \times 10^{-3}$	24	15
1,00	$1,37 \times 10^{-2}$	12	8
1,30	$2,93 \times 10^{-2}$	8	5
1,50	$3,90 \times 10^{-2}$	6	—
1,70	$5,00 \times 10^{-2}$	5	—
2,00*	$6,63 \times 10^{-2}$	3,6	—

Для пилотных клапанов максимальное падение давления ограничено значением 20 бар. Если падение давления во время процедуры запуска превышает это значение, то рекомендуется ставить байпасный клапан, который должен быть открыт во время запуска. Также ограничено минимальное падение давления. Для получения точных цифр необходимо обратиться к производителю, либо действовать в соответствии с техническими данными и/или дополнительными инструкциями, предоставленными дистрибьютором.

1.5. СЕНСОРЫ И УСТРОЙСТВА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО ДЕЛЕНИЯ ПОТОКА

Делители потока используются для разделения общего потока газа в измерителе или регуляторе. Обратите внимание, что СТА сенсоры расхода жидкости и давления не требуют делителей потока. В зависимости от сферы применения сенсоры расхода имеют различные заменяемые капиллярные трубки, требующие различные ламинарные делители потока.

При работе с расходами более 1250 н.л/мин, чтобы компенсировать неидеальность переходной характеристики главного ламинарного делителя потока, основной делитель используется в комбинации с капиллярным делителем.

Есть 3 типа капиллярных трубок:

- Малый диаметр капилляра (тип «С») характеризуется следующими свойствами:
 - Падение давления около 35 мбар.
 - Ламинарный делитель потока состоит из последовательности дисков с прецизионными каналами. Каждый канал обеспечивает поток около 10 н.мл/мин (по воздуху) при падении давления около 35 мбар.
 - Во всех приборах, работающих с давлениями более 100 бар (тип "М"), сенсор фиксируется металлическим уплотнением.
 - Приборы общего назначения, оснащенные данными сенсорами, могут монтироваться как в вертикальном, так и в горизонтальном положении. При высоких давлениях (>10 бар) приборы должны монтироваться в горизонтальном положении.
 - В комплектацию приборов с металлическими уплотнениями EL-FLOW и EL-PRESS входят сенсоры с металлическими уплотнениями.
- Увеличенный диаметр капилляра (тип «D») характеризуется следующими свойствами:
 - Рекомендуется использовать при работе с агрессивными газами при низких давлениях.
 - Падение давления менее 0,5 мбар.
 - Пропорциональный делитель вместе с основным каналом формирует кольцевой зазор. Размер этого зазора определяет максимальный расход прибора
 - Приборы всегда должны устанавливаться в горизонтальном положении.
- Средний размер капилляра (тип «E»):

Этот сенсор используется в серии EL-FLOW, а также для увеличения диапазона расходов в серии LOW-dP-FLOW. Для него справедливы те же замечания, что и для D-сенсора, только:

 - Падение давления составляет примерно 2,5 мбар.

1.6. ПОПРАВочНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ

1.6.1. Поправочные коэффициенты для газов (байпас измерения)

Основная формула для определения соотношения между сигналом и расходом:

$$V_{signal} = K \cdot c_p \cdot \Phi_m = K \cdot c_p \cdot \rho \cdot \Phi_v$$

где V_{signal} – выходной сигнал
 K – константа
 ρ – плотность
 c_p – теплоемкость
 Φ_m – массовый расход
 Φ_v – объемный расход

При переходе от одного газа к другому (с иными значениями теплоемкости и плотности), сигнал может быть неверным. Поправочный коэффициент C рассчитывается по формуле:

$$C = \frac{c_{p1} \cdot \rho_1}{c_{p2} \cdot \rho_2}$$

где c_p = теплоемкость
 ρ_n = плотность при нормальных условиях
 (1) калибровочный газ
 (2) измеряемый газ

Замечание:

Используемое для расчета значение c_p , должно соответствовать температуре примерно на 50°C выше рабочей. Этот коэффициент называется $c_p \text{ cal}$.

Поправочные коэффициенты для часто используемых газов, отнесенные к N_2 , приведены в приложении 1.

Пример:

Измеритель откалиброван на азот N_2 (200 н. мл/мин).

Через измеритель проходит CO_2

Выходной сигнал показывает 80%

Реальный расход $CO_2 = 80 \cdot \frac{0.74}{1.00} = 59.2\%$

Т.о. $\frac{59.2}{100} \cdot 200 = 118.4$ н.мл/мин

«н» обозначает нормальные условия.

Под нормальными условиями понимается температура 0°C и давление 1 атм или 1013,25 мбар или 760 мм рт. ст.

Замечание:

Наилучшая точность достигается при калибровке в рабочих условиях. Если это невозможно или нецелесообразно, используется теоретический поправочный коэффициент для определения реального расхода. В этом случае погрешность может увеличиться.

Примерная точность при использовании поправочных коэффициентов:

Обычно для поправочных коэффициентов: >1 2% x поправочный коэффициент
 <1 2% / поправочный коэффициент

Точность поправки также зависит от вязкости, давления и температуры. Особое внимание следует уделить газам в состоянии, близком к конденсации, когда теплоемкость, плотность и вязкость могут очень сильно меняться. За дополнительной информацией можно обратиться к производителю.

Для газовых смесей хорошим способом вычисления является следующее уравнение:

$$\frac{1}{C_{mix}} = \frac{V_1}{C_1} + \frac{V_2}{C_2} + \dots + \frac{V_n}{C_n}$$

C_{mix} – поправочный коэффициент для газовой смеси

C_n – поправочный коэффициент для газа n

V_n – объемная часть газа n в смеси

Пример. Газовая смесь содержит:

10% N₂ $C_1 = 1.0$

30% Ar $C_2 = 1.4$

50% CH₄ $C_3 = 0.76$

10% He $C_4 = 1.41$

$$\frac{1}{C_{mix}} = \frac{0.10}{1.00} + \frac{0.30}{1.40} + \frac{0.50}{0.76} + \frac{0.10}{1.41} = 1.043$$

$$C_{mix} = 0.959$$

Если измеритель откалиброван на 500 н.мл/мин N₂, то показание 100% при работе со смесью:

$$500 \cdot \frac{0.959}{1.00} = 480 \text{ н.мл/мин смеси}$$

Когда измеритель откалиброван на 500 н.мл/мин Ar, то показание 100% при работе со смесью:

$$500 \cdot \frac{0.959}{1.40} = 343 \text{ н.мл/мин смеси}$$

1.6.2. Поправочные коэффициенты для газов (прямые термомассовые измерения, СТА-сенсоры)

Функция, описывающая связь между массовым расходом и выходным сигналом, для СТА-сенсоров:

$$S_{signal} \cong S_0 + K \cdot \Phi_m^n$$

S_{signal} – выходной сигнал

S_0 – сигнал при нулевом расходе

K – константа (включает λ - теплопроводность, C_p – теплоемкость, μ – динамическая вязкость и ρ – плотность газа)

Φ_m – расход

n – безразмерная константа (обычно порядка 0,5)

Из-за нулевого сигнала, который зависит от свойств среды, и нелинейной зависимости сигнала от массового расхода невозможно получить одно значение коэффициента преобразования во всем диапазоне расходов. Однако для большинства обычных газов есть сложная и частично эмпирическая модель преобразования, верная как на верхней, так и на нижней границах диапазона. Подробности можно узнать у изготовителя.

При номинальных расходах хорошее приближение дает так называемый CFDirect метод, который доступен с программой FLUIDAT.

1.6.3. Поправочные коэффициенты для жидкостей

1) Модели μ -FLOW

Общая формула, определяющая соотношение между выходным сигналом и массовым расходом:

V_{signal} – выходной сигнал

$$V_{signal} = k \cdot c_p \cdot \Phi_m$$

K – константа

ρ – плотность

c_p – теплоемкость

Φ_m – массовый расход

Если прибор используется на жидкости, отличной от той, на которую он откалиброван, то надо использовать поправочный коэффициент Cf:

C_{p1} – теплоемкость калибровочной жидкости

$$\Phi_{m_1} = Cf \cdot \Phi_{m_2}$$

$$Cf = \frac{c_{p1}}{c_{p2}}$$

C_{p2} – теплоемкость новой жидкости

Более подробную информацию по применению этой формулы можно получить у официального представителя Bronkhorst®.

1) СТА-сенсоры LIQUI-FLOW

Для СТА-сенсоров LIQUI-FLOW соотношение между выходным сигналом и массовым расходом приблизительно описывается следующим уравнением:

$$V_{signal} \cong K \cdot c_p \cdot \lambda^2 \cdot \Phi_m$$

V_{signal} – выходной сигнал

K – константа

c_p – удельная теплоемкость

λ – коэффициент теплопроводности

Φ_m – массовый расход

Если прибор используется на жидкости, отличной от той, на которую он откалиброван, то надо использовать поправочный коэффициент (CF):

$$CF \cong \frac{(c_p \lambda^2)_{REFERENCE-FLUID}}{(c_p \lambda^2)_{CUSTOM FLUID}}$$

Более подробную информацию по применению этой формулы можно получить у официального представителя Bronkhorst®.

1.6.4. Программное обеспечение для расчета поправочных коэффициентов

База данных FLUIDAT®, созданная компанией Bronkhorst®, включает в себя описание физических свойств более 600 веществ.

Приложения, подобные FLUIDAT®, позволяют пользователю точно рассчитывать поправочные коэффициенты, не только при 20°C/1атм (как в таблице поправочных коэффициентов, Приложение 1), но и при любых температуре/давлении, как для газов, так и для жидкостей.

Более подробную информацию можно получить у официального представителя Bronkhorst®.

2. УСТАНОВКА

2.1. ПОЛУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Проверьте внешнюю упаковку на предмет повреждений в ходе доставки. Если ее целостность нарушена, уведомьте представителя транспортного агентства о его ответственности и отправьте отчет поставщику.

Если необходимо, обратитесь к своему дистрибьютору.

Вскройте конверт, содержащий упаковочный лист. Аккуратно достаньте оборудование из коробки и убедитесь в наличии всех отдельных или запасных частей прибора. Внимательно осмотрите оборудование на предмет повреждений.

2.2. ВОЗВРАТ ОБОРУДОВАНИЯ

Возвращая оборудование, по возможности всегда описывайте проблему в сопроводительном письме.

Обязательно укажите, был ли прибор в контакте с токсичными или опасными веществами. Это необходимо для того, чтобы обезопасить обслуживающий персонал ремонтного отделения. **Обратите должное внимание на упаковку: старайтесь использовать оригинальную упаковку, упакуйте прибор в пластиковый пакет и т.д.** Все приборы должны отправляться только при полностью заполненной форме уведомления о загрязнении («*declaration on contamination form*»). Приборы с незаполненной формой не принимаются.

Замечание

При токсичном загрязнении прибора следует произвести его предварительную очистку.

ВАЖНО

Свяжитесь с вашим локальным дистрибьютором для согласования сроков и условий отправки.

2.3. ОБСЛУЖИВАНИЕ

Неправильное обслуживание оборудования может привести к серьезным травмам персонала и/или повреждению приборов. Обслуживание должно производиться квалифицированным персоналом.

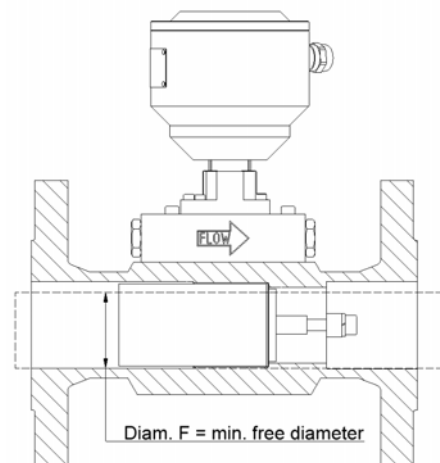
2.4. МОНТАЖ

Позиция для монтажа зависит от типа прибора. Для измерителей расхода предпочтительным является горизонтальное положение. При больших давлениях все измерители должны монтироваться горизонтально. Избегайте близкого соседства источников вибрации и/или тепла.

При монтаже приборов серий F-106/F-107 руководствуйтесь следующими правилами:

Требования для прямолинейных участков трубопровода (в числах диаметра F):

Элемент возмущения	До прибора	После прибора
90° изгиб перед прибором	10	4
два 90° изгиба перед прибором	13	4
два 90° изгиба в двух плоскостях	20	4
три 90° изгиба в трех плоскостях	30	4
сужение	10	4
расширение	20	4
понижающий давление клапан/регулирующий/	30	4



Более подробные сведения можно найти на чертеже.

Следует отметить, что выпрямители потока оказывают неоднозначное влияние на прямые участки трубопровода перед расходомером. Выпрямитель потока может быть представлен как связка параллельных трубок, размещенных в магистрали.



В общем случае выпрямители потока должны размещаться в трубе на расстоянии 6...8 D перед расходомером. В случае наличия в магистрали регулирующих клапанов и сложных изгибов на разных уровнях рекомендуется использовать выпрямитель.

В дополнение к этим условиям, поток должен быть установившимся, без пульсаций и ударов.

2.5. ВСТРОЕННЫЙ ФИЛЬТР

Хотя все рабочие вещества должны быть абсолютно чистыми (не содержать пыли, грязи, масла, влаги или других частиц), рекомендуется устанавливать проточный фильтр перед измерителем/регулятором, а если возможен обратный поток, то рекомендуется также ставить фильтр после прибора. Учитывайте падение давления, вызываемое фильтром. На входном отверстии некоторых приборов помещен экран (сетка) для предотвращения попадания посторонних частиц и для создания хорошего распределения потока. Это устройство не может рассматриваться как фильтр. Свяжитесь со своим дистрибьютором для получения более подробной информации.

2.6. СОЕДИНЕНИЯ С ТРУБОПРОВОДОМ

Измерители/регуляторы производства Bronkhorst® оборудованы компрессионными или торцевыми фитингами. Фитинги с параллельной трубной резьбой, установленные в большинство приборов, должны использоваться в сочетании с эластомерными кольцевыми уплотнениями для герметизации соединения с оборудованием. На некоторых приборах фитинги приварены к корпусу орбитальной сваркой. Для герметичного уплотнения компрессионного фитинга убедитесь, что трубка вставлена в него до конца, а также в отсутствие на трубке, фитинге и уплотнительных кольцах грязи и пыли. Придерживая прибор, затяните гайку вручную, затем затяните гайку еще на 1 оборот гаечным ключом. При необходимости следуйте инструкциям поставщика фитингов. Специальные типы фитингов поставляются по заказу.

Избегайте приложения излишних усилий для того, чтобы избежать повреждения входной/выходной резьбы или чувствительных частей прибора.

Замечание: Всегда проверяйте свою систему на предмет возможной течи перед подачей рабочего давления. Особенно – если используются ядовитые, взрывоопасные или другие опасные вещества.

2.7. ТРУБОПРОВОД

УБЕДИТЕСЬ, ЧТО ТРУБОПРОВОД АБСОЛЮТНО ЧИСТ!

НЕ ставьте трубы малого диаметра в системы с большим расходом, т.к. реактивный поток на входе может негативно сказаться на точности измерений.

СЛЕДУЕТ ИЗБЕГАТЬ сильных изгибов трубы непосредственно до и после прибора, особенно при больших расходах. Рекомендуется оставлять расстояние не менее 10 диаметров трубы между последним изгибом и прибором.

НЕ устанавливайте регуляторы давления непосредственно на входе измерителей/регуляторов расхода, а оставьте между ними участок трубопровода (минимум 25 D). Особое внимание обратите на расположение регуляторов на высокие расходы. На входе и выходе требуется буфер с объемом, вычисляемым по следующей формуле:

$$V \geq \frac{0,15d^2}{\sqrt{\rho}}$$

где V – объем в литрах,
 d – диаметр отверстия (орифайса) в мм,
 ρ – плотность при нормальных условиях,
 $d = 7.6 \cdot \sqrt{K_v}$.

Пример:

Расходомер на 500 н.л/мин по воздуху с диаметром орифайса $d=4$ мм для стабильной работы требует буфер объемом $V \geq 0.15 \cdot 4^2 : \sqrt{1.29} = 2.1$ л.

Также диапазон регулятора давления должен быть минимум в 2 раза больше диапазона регулятора расхода, в данном случае $2 \cdot 500 = 1000$ н.л/мин.

2.8. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Настоятельно рекомендуется использовать при установке прибора стандартные кабели марки Bronkhorst®. Они имеют соответствующие коннекторы, а также соответствующую окраску и маркировку (если используется открытый конец). Это помогает избежать неправильного соединения.

Схемы подключения приложены к данному руководству.

Чтобы следовать IP классификации необходимо придерживаться инструкции по сборке изготовителей коннекторов.

2.9. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Каждый измеритель/регулятор тестируется при давлении как минимум в 1,5 раза больше заявленного заказчиком номинала, но не менее 8 бар.

Для измерителей/регуляторов давления процедура тестирования зависит от диапазона датчика давления. В общем случае:

- 2 x макс. рабочее давление для диапазонов 1 и 2 бара
- 1,5 x макс. рабочее давление для диапазонов до 200 бар
- 1,25 x макс. рабочее давление для диапазонов до 400 бар

Давление, при котором тестировался прибор, обозначено на наклейке КРАСНОГО ЦВЕТА. Проверьте его перед установкой прибора в линию.

Если наклейки **НЕТ** или тестовое давление недостаточно, прибор **НЕЛЬЗЯ** монтировать в линию, а следует вернуть изготовителю.

Каждый прибор проверяется гелиевым течеискателем, течь не превышает $2 \cdot 10^{-9}$ мбар·л/с.

2.10. ПОДАЧА ДАВЛЕНИЯ

Перед началом подачи давления убедитесь в правильной установке электрических соединений. Подавая давление в систему, избегайте его резких скачков, увеличивайте давление плавно, особенно для приборов высокого давления.

2.11. ПРОДУВКА СИСТЕМЫ

При использовании взрывоопасных газов продувайте линию сухим инертным газом (азот, аргон и т.д.) минимум 30 минут.

В системах с едкими, коррозионными и химически активными веществами продувка инертным газом совершенно необходима, т.к. если трубы будут содержать воздух, заполнение системы приведет к закупорке или коррозии системы из-за химической реакции с кислородом или влажным воздухом.

Также полная продувка требуется перед заполнением воздухом для удаления таких веществ из системы. Желательно не заполнять систему воздухом, работая с коррозионными веществами.

2.12. УПЛОТНЕНИЯ

Компания Bronkhorst® составила таблицу совместимости материалов уплотнений на основании многих авторитетных источников.

Однако эти данные можно рассматривать только как рекомендации. Конкретные условия эксплуатации могут вносить существенные коррективы. Поэтому нельзя дать полную гарантию от повреждений при использовании приведенных данных.

Условия заказчика могут потребовать специальной конструкции или дополнительных испытаний для оптимальной надежности. Необходимо убедиться, подходят ли уплотнения (например, кольца и уплотнения капиллярной трубки) для Вашего процесса.

2.13. ХРАНЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Оборудование следует хранить в оригинальной упаковке в складском шкафу. Не подвергайте оборудование воздействию повышенной температуры и влажности.

2.14. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

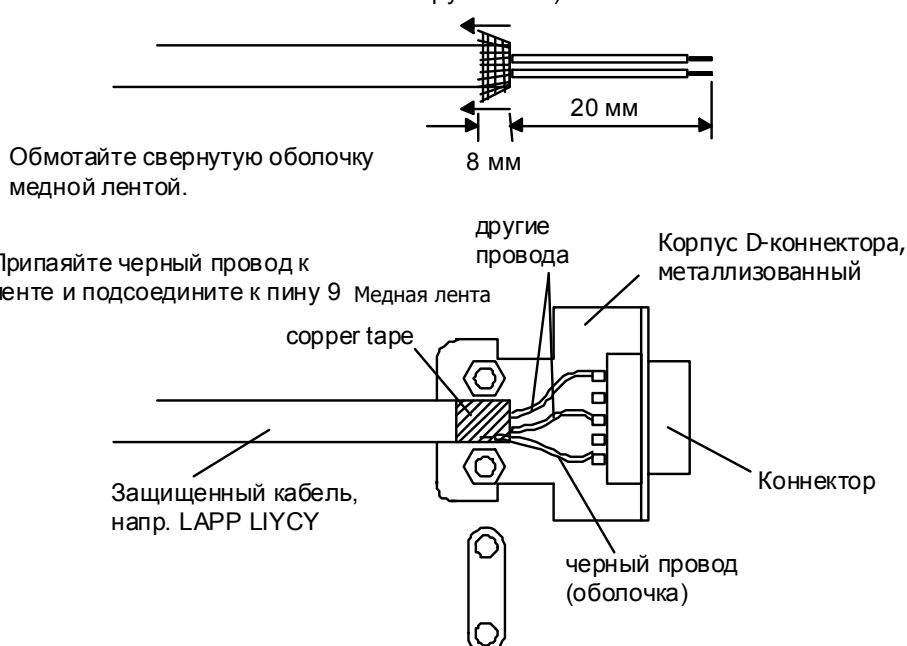
2.14.1. Условия соответствия требованиям EMC

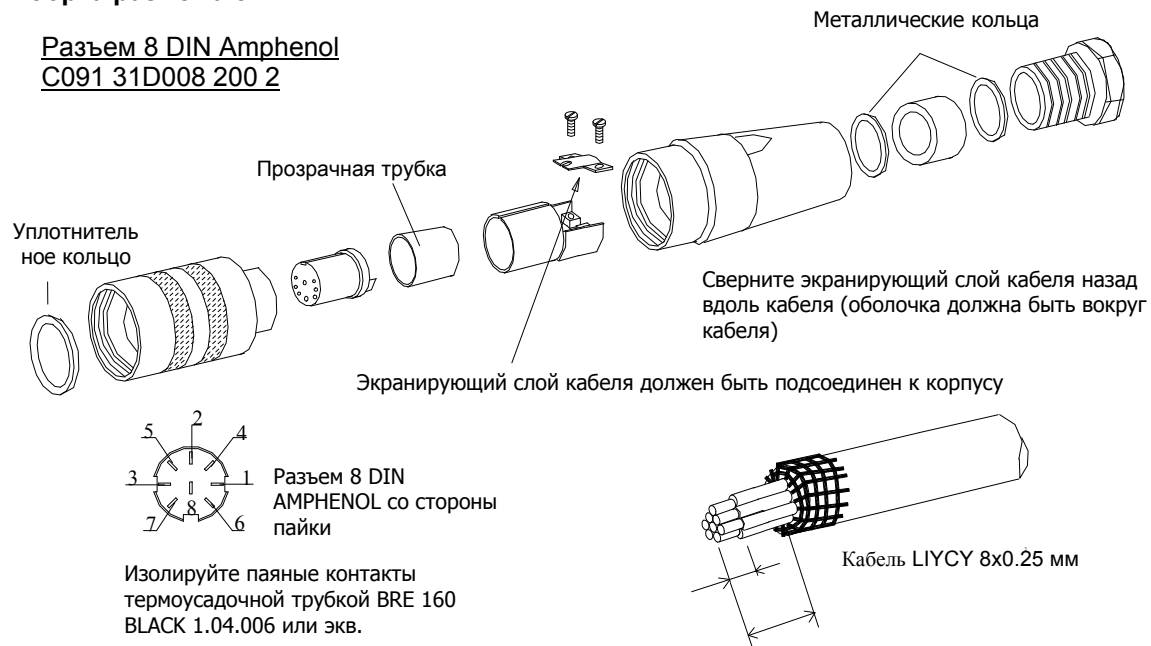
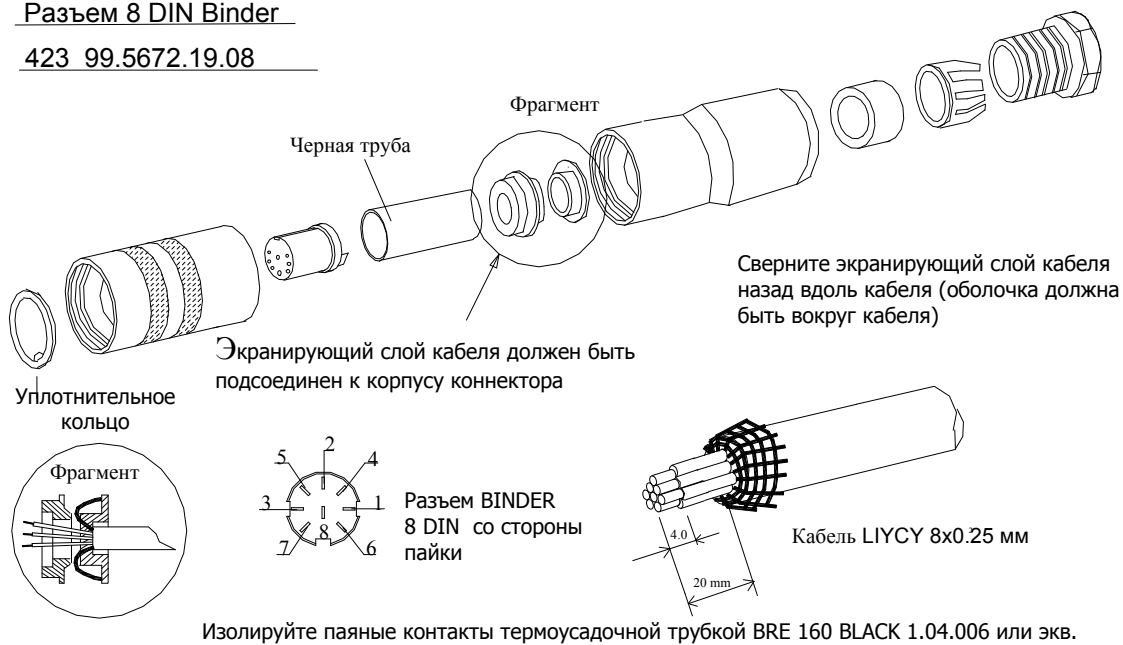
Все приборы, описанные в настоящем руководстве, соответствуют требованиям EMC и поэтому маркированы знаком "CE". Соответствие требованиям EMC подразумевает использование определенных кабелей и разъемов.

Компания Bronkhorst® предоставляет стандартные кабели для наилучших результатов работы своих приборов. При работе с другими кабелями следуйте указаниям ниже.

Сборка разъема sub-D

Сверните экранирующий слой кабеля назад вдоль кабеля (оболочка должна быть вокруг кабеля).



Сборка разъема 8DIN**Разъем 8 DIN Amphenol**
C091 31D008 200 2**Разъем 8 DIN Binder****423 99.5672.19.08****Замечания:**

1. Подсоединяя систему к другим электронным устройствам (например, к PLC) удостоверьтесь, что целостность экранировки кабеля не нарушена. Не используйте неэкранированные кабели.
2. Для S(F)TP кабеля (патч-корда) FLOW-BUS следуйте инструкциям поставщика. Необходимо использовать экранированную витую пару и экранированный RJ45 разъем.
3. Для кабелей данных PROFIBUS-DP или DeviceNet следуйте инструкциям производителей.

3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ

3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Приборы Bronkhorst® разработаны для наилучшего соответствия требованиям процесса пользователя. Все цифровые расходомеры и регуляторы имеют напряжение питания от 15 до 24В.

Если Вы используете собственный источник питания, убедитесь, что сила тока и напряжение соответствуют спецификации прибора и, что источник будет способен обеспечить прибор достаточной мощностью. Диаметр проводов в кабелях должен быть достаточным для тока питания, потери напряжения в проводах должны быть минимальными. При возникновении любых вопросов следует проконсультироваться с производителем.

Цифровые измерительные приборы могут управляться посредством:

1. аналогового интерфейса (0...5В/0...10В/0...20мА/ 4...20мА)
2. RS232, подсоединенного к COM-порту посредством специального кабеля
3. FLOW-BUS
4. PROFIBUS-DP
5. DeviceNet
6. Modbus
7. EtherCAT
8. PROFINET

Опции 1 и 2 всегда имеются на устройствах Multibus. Любая из промышленных шин является опцией. Подключение через аналоговый интерфейс, интерфейс RS232 и промышленные шины может быть выполнено в одно и то же время. Специальный параметр под названием «режим управления» указывает, какую установку расходомер должен выполнять: аналоговую или цифровую (через промышленную шину или RS232). Интерфейс RS232 функционирует подобно интерфейсу FLOW-BUS. При одновременном использовании большого количества интерфейсов считывание показаний может быть выполнено одновременно без проблем. При изменении величины параметра запоминается величина, полученная по интерфейсу последней.

Для ручного включения некоторых опций может также использоваться микропереключатель и светодиод на верхней части устройства.

Зеленый светодиод сигнализирует, в каком **режиме** устройство активно.

Красный светодиод сигнализирует ситуации **ошибки/предупреждения**.

3.2. ВКЛЮЧЕНИЕ И ПРОГРЕВ

Перед включением питания убедитесь, все ли соединения сделаны в соответствии со схемой подключения, которая прилагается к прибору.

Перед подачей и после снятия давления рекомендуется отключать напряжение с прибора.

Проверьте соединения с линией, убедитесь, что нет утечки. При необходимости продуйте систему рабочим веществом. Газовые приборы можно продувать только газами. Приборы для жидкостей можно продувать как жидкостями, так и газами.

Включите питание и дайте прибору не менее 30 минут на прогрев и стабилизацию. В случаях, когда используются только клапаны (без электроники), прогрев не нужен.

Во время прогрева давление рабочего вещества не имеет значения.

3.3. УСТАНОВКА "НУЛЯ"

Как правило, ноль выставляется на заводе-изготовителе, однако при необходимости может корректироваться пользователем.

После прогрева, при отсутствии потока газа при необходимости установите ноль с помощью микропереключателя, расположенного в верхней части прибора. Для регуляторов расхода задание уставки должно быть равно нулю. Убедитесь в отсутствии потока газа. Процедура автоматической установки нуля с помощью микропереключателя описана в руководстве 9.17.023.

Установить ноль также можно с помощью цифрового интерфейса FLOW-BUS, используя модуль управления и индикации E-7000 или с помощью программного обеспечения на ПК, подсоединенного к FLOW-BUS с помощью интерфейсного модуля.

Более подробную информацию можно получить в соответствующей технической документации.

3.4. ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Плавно подайте рабочее вещество. Избегая резких скачков давления, постепенно выведите прибор на рабочий уровень. При отключении прибора, плавно перекройте поток рабочего газа. При работе с жидкостью, убедитесь, что удалены все пузырьки газа, попавшие в линию. Для этой цели можно использовать штуцер наверху регулирующего клапана.

3.5. УСЛОВИЯ РАБОТЫ

Калибровка и настройка каждого прибора производится с учетом рабочих условий заказчика. Если условия процесса меняются слишком сильно, регуляторы и клапаны могут работать некорректно вследствие ограничений орифайса клапана.

При смене рабочих условий могут меняться и физические свойства рабочего газа (такие как теплоемкость и вязкость), это может сильно повлиять на эксплуатационные качества и точность оборудования.

3.6. РАБОТА ПРИБОРОВ

3.6.1. Сенсоры

При условии, что за передаточную функцию системы принимается экспоненциальная кривая, временная константа определяется следующим образом:

Временная константа = время для достижения 63,2% от конечного уровня сигнала. Время достижения сигналом своего конечного значения примерно равно пяти временным константам.

Время отклика датчика расхода зависит от модели и установок.

Сенсоры давления имеют временную константу несколько миллисекунд. Однако реальный отклик определяется пневматическим откликом системы, частью которой является измеритель.

3.6.2. Регуляторы

Динамический отклик регулятора устанавливается на заводе-изготовителе. Стандартное время отклика - это время, за которое прибор достигает уровень $\pm 2\%$ от уставки.

Контрольный режим установлен на заводе таким образом, что после ступенчатого изменения задания будет небольшое перерегулирование.

Замечание:

В системах управления давлением большое влияние на отклик оказывают свойства системы. При тестировании прибора система заказчика эмулируется по возможности точно. Однако в некоторых случаях требуется настройка в реальных рабочих условиях.

3.7. РАБОТА В РУЧНОМ РЕЖИМЕ

С помощью микропереключателя пользователь может получить доступ к следующим функциям прибора. Эти функции присутствуют как в аналоговом, так и цифровом режимах работы. (Информацию также можно посмотреть в документе 9.17.023)

Функции следующие:

- перезагрузка (микропрограммы прибора)
- авто-обнуление (устранение дрейфа нуля в мосте датчика)
- восстановление заводских установок (в случае их непредвиденных изменений)

только для шины FLOW-BUS:

- автоматическое подключение к шине FLOW-BUS (на свободный адрес)
- дистанционное подключение к шине FLOW-BUS (с помощью программного обеспечения компьютера или E-7000)

3.8. РАБОТА В АНАЛОГОВОМ РЕЖИМЕ

Цифровые приборы могут работать с аналоговыми сигналами через 9-ти пиновый sub-D коннектор или 8DIN коннектор. Данные устройства совместимы в использовании с **аналоговыми** приборами.

Аналоговые приборы могут подсоединяться с помощью 8-ми проводного экранированного кабеля с 9-пиновыми sub-D коннекторами или 8DIN коннекторами, подсоединенными согласно стандарту Bronkhorst®.

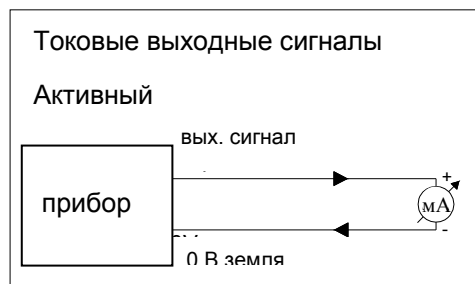
Каждая электронная плата установлена для одного из следующих выходных (или соответственно входных) сигналов:

Сигнальный код	Выходной сигнал	Входной сигнал
A	0...5В	0...5В
B	0...10В	0...10В
F	0...20мА(активный)	0...20мА(пассивный)
G	4...20мА(активный)	4...20мА(пассивный)

Для расходомеров используется только выходной сигнал.

При аналоговых операциях доступны следующие параметры:

- измеряемая величина
- сигнал задания (только для регуляторов)
- напряжение клапана (только для регуляторов)



Примечание:

При работе приборов через аналоговый интерфейс возможно подключение устройства к любой поддерживаемой промышленной шине (fieldbus) (или интерфейсу RS232 со специальным кабелем) для считывания/изменения параметров (например, регулирование отклика регулятора или выбор другой жидкости).

Для приборов, работающих по шине FLOW-BUS, модуль управления и индикации может быть временно подключен к разъему RJ45.

3.9. РАБОТА В ЦИФРОВОМ РЕЖИМЕ

Подключение с помощью промышленных шин уменьшает количество кабелей при создании системы из нескольких измерительных устройств и обеспечивает пользователю управление большим количеством параметров.

Дополнительную информацию можно найти в инструкции по цифровым приборам (документ 9.17.023).

Работа по цифровым шинам (по сравнению с аналоговым подключением) расширяет следующие возможности приборов:

- плавное изменение уставки (для плавного регулирования)
- 8 возможных типов среды
- индикация в реальных значениях на системе индикации и управления (СИУ) или компьютере
- тестирование и самодиагностика
- аварийные сигналы
- несколько режимов управления (например закрытие клапана, продувка)
- режим ведущий/ведомый (только для FLOW-BUS)
- идентификация (серийный номер, номер модели, тип устройства, метка пользователя)
- регулируемые верхние и нижние границы срабатывания аварийных сигналов
- счетчик
- регулируемое время срабатывания расходомера при открытии от нуля
- регулируемое время срабатывания при штатном режиме управления
- регулируемое время срабатывания для стабильного управления (|уставка-измеренное значение| < 2%)

Замечание:

Специальный кабель RS232 состоит из T-образной части с одним штырьковым разъемом и одним гнездовым разъемом sub-D9 или 8DIN на одном конце и обычным коннектором sub-D9 со стороны компьютера. Для выбора правильного RS232 кабеля смотрите схему подключения.

С помощью данного кабеля можно осуществить подключение к компьютеру по RS232, а также одновременно подключить источник электрического питания и аналоговый интерфейс через (аналоговый) коннектор sub-D9 или 8DIN.

Связь RS232 возможна только со скоростью 38.4 кбод и может быть использована:

- для загрузки новых микропрограмм (только для обученного обслуживающего персонала фирмы BHT)
- для обслуживания прибора, с использованием специализированных программ BHT (только для обученного обслуживающего персонала BHT)
- для нормальной эксплуатации прибора с использованием FLOWDDE, FLOWB32.DLL или протоколом RS232-ASII (пользователь)

4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

4.1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

При нормальной работе измерители и регуляторы не требуют никакого ежедневного ухода. Установку можно продувать чистым сухим инертным газом. За дальнейшей информацией обращайтесь к представителю.

4.2. СЕНСОР РАСХОДА ГАЗА

Сенсор расхода газа разработан таким образом, что в случае изменения диапазона расхода можно поменять ламинарный делитель потока. Не рекомендуется разбирать прибор кроме как для извлечения ламинарного делителя потока с целью осмотра или смены диапазона. После замены делителя потока необходимо перекалибровать расходомер в соответствии с подходящей стандартной процедурой. Ламинарные делители потока могут поставляться отдельно.

4.3. СЕНСОР РАСХОДА ЖИДКОСТИ

Диапазон расхода для жидкости не может быть изменен пользователем, так как сенсор является неотъемлемой частью прибора и не может быть удален из него. Для периодической очистки можно промывать очищающей жидкостью.

4.4. СЕНСОР ДАВЛЕНИЯ

Не рекомендуется разбирать прибор, так как тонкая металлическая мембрана очень чувствительна к механическим повреждениям.

4.5. РЕГУЛЯТОРЫ

Все типы сенсоров в сочетании с регулирующим клапаном образуют регулятор. Регулирующие системы поставляются либо как отдельные устройства (сенсор и клапан), либо как интегрированный узел. Обслуживание клапанов описано в соответствующем разделе.

4.6. РЕГУЛИРУЮЩИЕ КЛАПАНЫ

Регулирующие клапаны не могут использоваться как отсечные или как клапаны включения/выключения. Следует избегать резких скачков давления, которые происходят при герметизации или откачке системы.

4.6.1. Соленоидные клапаны

Это клапаны прямого действия и пилотные клапаны. Они могут быть демонтированы в рабочих условиях пользователем для обслуживания и очистки. Детали можно очистить в ультразвуковой ванне или чистящей жидкостью.

Порядок разборки:

- a) отсоедините электрический кабель от прибора (нет необходимости при работе с отдельным клапаном).
- b) отвинтите шестигранную гайку, которая находится сверху клапана.
- c) поднимите крышку блока катушки.
- d) отвинтите фланец
- e) осторожно выньте сборку клапана из основания
- f) отвинтите установочный винт орифайса, затем ослабьте орифайс и его держатель
- g) удалите сборку плунжера

Аккуратно очистите детали и соберите в обратном порядке. При сборке рекомендуется менять уплотнительные кольца.

После сборки регулирующего клапана рекомендуется проверять рабочие характеристики клапана. Это лучше всего делать, используя отдельный источник питания на 15 В.

Порядок действий:

- отсоедините провода клапана и подсоедините их к источнику питания
- подайте рабочее давление газа
- плавно подавайте напряжение
- клапан должен открыться при 7 ± 3 В
- полностью открытое положение достигается при напряжении $9 \pm 1,5$ В

В случае, если регулирующий клапан не работает в заявленных пределах напряжения питания, его следует демонтировать и отъюстировать положение орифайса, после чего собрать вновь и повторить процедуру при необходимости.

4.6.2. Клапан Vary-P

Клапан Vary-P разработан для работы с очень сильно меняющимися условиями процесса как до, так и после клапана. ΔP может меняться в очень широком диапазоне. Базовый регулирующий клапан является соленоидным клапаном прямого действия.

Для правильного выбора орифайса и обслуживания обращайтесь к производителю.

4.6.3. Пилотный клапан

Это регулирующий клапан непрямого действия, состоящий из подпружиненной системы мембрана/орифайс, которая управляется соленоидным клапаном прямого действия (пилотным). Два устройства расположены в одном блоке. Следуйте инструкциям для соленоидного клапана для разборки/сборки. Для очистки может потребоваться дальнейшая разборка. Для этого удалите мембранный блок.

Замечание:

При тестировании системы, включающей пилотный регулирующий клапан, необходимо следовать специальной процедуре для предотвращения повреждения клапана. В таких случаях необходимо обращаться к производителю.

4.6.4. Сильфонный клапан

Эти клапаны используются для работы с низким давлением или вакуумом. Не рекомендуется разбирать эту модель.

Bronkhorst® рекомендует устанавливать сильфонные клапаны строго вертикально.

4.7. ПРОЦЕДУРА КАЛИБРОВКИ

Все приборы калибруются на заводе. По вопросам перекалибровки или изменения диапазона следует обращаться к поставщику.

5. ЦИФРОВОЙ ПРИБОР

Подробное описание смотрите в документе 9.17.023 (представлен в виде PDF-файла на CD с программным обеспечением).

6. ОПИСАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА

Описание используемых интерфейсов смотрите в следующих документах:

9.17.024 для FLOW-BUS
 9.17.025 для Profibus-DP
 9.17.026 для DeviceNet
 9.17.027 для RS232
 9.17.035 для Modbus
 9.17.063 для EtherCAT
 9.17.095 для PROFINET

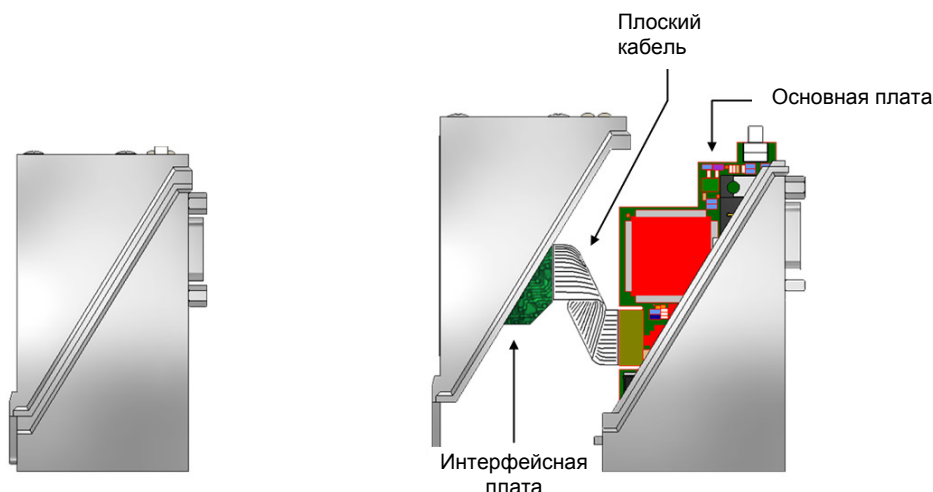
Эти документы представлены в виде PDF-файла на CD с программным обеспечением.

7. ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ

7.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для правильного анализа соответствующей работы измерителя или регулятора расхода/давления рекомендуется снять прибор с технологической линии и проверить его без применения среды, подаваемой под давлением. В случае, если прибор засорен, это может быть установлено визуально после ослабления гайки соединения компрессионного типа или фланца со стороны входа (если он есть).

Bronkhorst® не рекомендует открывать корпус прибора. В случае крайней необходимости, если корпус прибора должен быть открыт, делать это надо с большой осторожностью, т.к. соединение между интерфейсной и основной платами осуществляется плоским кабелем, легко поддающимся повреждениям.



При подаче питания можно проверить исправность электронной части, после чего может быть подано давление среды.

Если при использовании прибора для измерения расхода газа стала возможной утечка рабочего газа, не следует использовать жидкость для поиска места течи, т.к. она может повлиять на функционирование электронных компонентов платы сенсора.

7.2. ТАБЛИЦА ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Симптом	Возможная причина	Действие
Нет выходного сигнала	Нет питания	1a) Проверьте питание 1b) Проверьте кабель
	Выход из строя выходного тракта вследствие длительного короткого замыкания и/или импульсов большого напряжения	1c) Верните производителю
	Слишком большое входное давление или дифференциальное давление на приборе слишком большое	1d) снизьте входное давление
	Заблокирован (засорен) клапан	1e) подсоедините источник 0...15В к клапану и медленно увеличивайте напряжение при подаче давления среды. Клапан должен открыться при напряжении 7 ± 3 В. Если он не открылся, то необходимо почистить и отрегулировать клапан (только квалифицированный персонал)
	Заблокирован (засорен) экран или фильтр	1f) Очистите экран или фильтр
Максимальный выходной сигнал	Неисправность платы управления	2a) Верните производителю
	Неисправность сенсора	2b) Верните производителю
Выходной сигнал намного ниже сигнала задания или желаемой величины	Заблокирован (засорен) экран или фильтр	3a) Очистите экран или фильтр
	Пропорциональный делитель загрязнен или в приборе присутствует жидкость	3b) демонтировать пропорциональный делитель, продуть и высушить прибор сухим N2
	Заблокирован клапан	3c) Очистите клапан (только квалифицированный персонал)
	Внутреннее повреждение клапана	3d) замените плунжер и отрегулируйте клапан или верните изготовителю
Расход плавно уменьшается	Конденсация, происходит с NH ₃ , углеводородами C ₃ H ₈ , C ₄ H ₁₀ и пр.	4a) Уменьшите входное давление или увеличьте температуру
	Изменена настройка клапана	4b) См. 1e
Колебания	Слишком высокое входное / дифференциальное давление	5a) Снизьте давление
	Слишком короткая линия между регулятором давления и регулятором расхода	5b) увеличьте длину или диаметр трубопровода
	Осциллирует регулятор давления	5c) замените регулятор давления или попробуйте 5b
	Поврежден клапан	5d) замените поврежденные части или отрегулируйте клапан, см 1e или верните производителю
	Неправильные настройки регулятора	5e) Проверьте настройки регулятора
Проходит небольшой расход при нулевом задании	Протекает клапан вследствие повреждения плунжера или загрязнения орифайса	6a) почистите орифайс и/или замените плунжер клапана, см. 1e
	Давление слишком высокое или очень низкое	6b) установите правильное давление
Проходит большой расход при нулевом задании	Повреждена диафрагма (только для клапанов с мембраной)	7a) замените мембранное уплотнение

Замечание: Для устранения более специфических неисправностей следует обратиться к соответствующим разделам в других документах.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица поправочных коэффициентов для газов

Док.: 9.02.071

№:	Название:	Обозначение	Плотность ρ_n [г/л] 0°C, 1 атм.	Теплоемкость* c_p – кал [кал/г · К] 20°C, 1 атм.	Коэф. перевода 20°C, 1 атм.
1	Acetylene (Ethyne)	C ₂ H ₂	1.172	0.438	0.61
2	Air	Air	1.293	0.241	1.00
3	Allene (Propadiene)	C ₃ H ₄	1.832	0.392	0.43
4	Ammonia	NH ₃	0.7693	0.524	0.77
5	Argon	Ar	1.784	0.125	1.40
6	Arsine	AsH ₃	3.524	0.133	0.66
7	Boron trichloride	BCl ₃	5.227	0.136	0.44
8	Boron trifluoride	BF ₃	3.044	0.188	0.54
9	Bromine pentafluoride	BrF ₅	7.803	0.156	0.26
10	Butadiene (1,3-)	C ₄ H ₆	2.504	0.405	0.31
11	Butane	C ₄ H ₁₀	2.705	0.457	0.25
12	Butene (1-)	C ₄ H ₈	2.581	0.415	0.29
13	Butene (2-) (Cis)	C ₄ H ₈	2.503	0.387	0.32
14	Butene (2-) (Trans)	C ₄ H ₈	2.503	0.421	0.30
15	Carbonylfluoride	COF ₂	2.983	0.194	0.54
16	Carbonylsulfide	COS	2.724	0.175	0.65
17	Carbon dioxide	CO ₂	1.977	0.213	0.74
18	Carbon disulfide	CS ₂	3.397	0.152	0.60
19	Carbon monoxide	CO	1.25	0.249	1.00
20	Chlorine	Cl ₂	3.218	0.118	0.82
21	Chlorine trifluoride	ClF ₃	4.125	0.188	0.40
22	Cyanogen	C ₂ N ₂	2.376	0.275	0.48
23	Cyanogen chloride	ClCN	2.743	0.185	0.61
24	Cyclopropane	C ₃ H ₆	1.919	0.374	0.43
25	Deuterium	D ₂	0.1798	1.73	1.00
26	Diborane	B ₂ H ₆	1.248	0.577	0.43
27	Dibromo difluoromethane	Br ₂ CF ₂	9.361	0.17	0.20
28	Dichlorosilane	SiH ₂ Cl ₂	4.506	0.17	0.41
29	Dimethylamine	C ₂ H ₆ NH	2.011	0.417	0.37
30	Dimethylpropane (2,2-)	C ₅ H ₁₂	3.219	0.462	0.21
31	Dimethylether	C ₂ H ₆ O	2.105	0.378	0.39
32	Disilane	Si ₂ H ₆	2.857	0.352	0.31
33	Ethane	C ₂ H ₆	1.355	0.468	0.49
34	Ethylene (Ethene)	C ₂ H ₄	1.261	0.414	0.60
35	Ethylene oxide	C ₂ H ₄ O	1.965	0.303	0.52
36	Ethylacetylene (1-Butyne)	C ₄ H ₆	2.413	0.401	0.32
37	Ethylchloride	C ₂ H ₅ Cl	2.878	0.263	0.41
38	Fluorine	F ₂	1.696	0.201	0.91
39	Freon-113	CCl ₃ F	6.129	0.145	0.35
40	Freon-113	C ₂ Cl ₃ F ₃	8.36	0.174	0.21
41	Freon-1132A	C ₂ H ₂ F ₂	2.889	0.244	0.44
42	Freon-114	C ₂ Cl ₂ F ₄	7.626	0.177	0.23
43	Freon-115	C ₂ ClF ₅	7.092	0.182	0.24
44	Freon-116	C ₂ F ₆	6.251	0.2	0.25
45	Freon-12	CCl ₂ F ₂	5.547	0.153	0.37
46	Freon-13	CClF ₃	4.72	0.165	0.40
47	Freon-13B1	CBrF ₃	6.768	0.12	0.38
48	Freon-14	CF ₄	3.946	0.18	0.44
49	Freon-21	CHCl ₂ F	4.592	0.154	0.44
50	Freon-22	CHClF ₂	3.936	0.168	0.47
51	Freon-23	CHF ₃	3.156	0.191	0.52
52	Freon-C318	C ₄ F ₈	9.372	0.222	0.15
53	Germane	GeH ₄	3.45	0.16	0.56

* C_p - кал (T, p) = $C_p(T + 50^\circ\text{C}, p)$

№:	Название:	Обозначение	Плотность ρ_n [г/л] 0°C, 1 atm.	Heat capacity* c_p – кал [кал/г · К] 20°C, 1атм.	Коэф. перевода 20°C, 1атм.
54	Helium	He	0.1785	1.24	1.41
55	Helium (3-)	3He	0.1346	1.606	1.44
56	Hydrogen	H ₂	0.08991	3.44	1.01
57	Hydrogen bromide	HBr	3.646	0.0869	0.98
58	Hydrogen chloride	HCl	1.639	0.192	0.99
59	Hydrogen cyanide	HCN	1.206	0.345	0.75
60	Hydrogen fluoride	HF	0.8926	0.362	0.96
61	Hydrogen iodide	HI	5.799	0.0553	0.97
62	Hydrogen selenide	H ₂ Se	3.663	0.109	0.78
63	Hydrogen sulfide	H ₂ S	1.536	0.246	0.82
64	Isobutane	C ₄ H ₁₀	2.693	0.457	0.25
65	Isobutylene (Isobutene)	C ₄ H ₈	2.60	0.429	0.28
66	Krypton	Kr	3.749	0.058	1.43
67	Methane	CH ₄	0.7175	0.568	0.76
68	Methylacetylene	C ₃ H ₄	1.83	0.399	0.43
69	Methylbromide	CH ₃ Br	4.35	0.118	0.61
70	Methylchloride	CH ₃ Cl	2.3	0.212	0.64
71	Methylfluoride	CH ₃ F	1.534	0.29	0.70
72	Methylmercaptan	CH ₃ SH	2.146	0.272	0.53
73	Molybdenum hexafluoride	MoF ₆	9.366	0.156	0.21
74	Mono-ethylamine	C ₂ H ₅ NH ₂	2.011	0.436	0.36
75	Monomethylamine	CH ₃ NH ₂	1.419	0.424	0.52
76	Neon	Ne	0.9002	0.246	1.41
77	Nitric oxide	NO	1.34	0.239	0.97
78	Nitrogen	N ₂	1.250	0.249	1.00
79	Nitrogen dioxide	NO ₂	2.053	0.204	0.74
80	Nitrogen trifluoride	NF ₃	3.182	0.194	0.50
81	Nitrosyl chloride	NOCl	2.984	0.17	0.61
82	Nitrous oxide	N ₂ O	1.978	0.221	0.71
83	Oxygen	O ₂	1.429	0.222	0.98
84	Oxygen difluoride	OF ₂	2.417	0.201	0.64
85	Ozone	O ₃	2.154	0.207	0.70
86	Pentane	C ₅ H ₁₂	3.219	0.455	0.21
87	Perchlorylfluoride	ClO ₃ F	4.653	0.165	0.41
88	Perfluoropropane	C ₃ F ₈	8.662	0.22	0.16
89	Performa- ethylene	C ₂ F ₄	4.523	0.206	0.33
90	Phosgene	COCl ₂	4.413	0.149	0.47
91	Phosphine	PH ₃	1.53	0.277	0.73
92	Phosphorous	PF ₅	5.694	0.183	0.30
93	pentafluoride Propane	C ₃ H ₈	2.012	0.456	0.34
94	Propylene (Propene)	C ₃ H ₆	1.915	0.408	0.40
95	Silane	SiH ₄	1.443	0.349	0.62
96	Silicon tetrafluoride	SiF ₄	4.683	0.18	0.37
97	Sulfurylfluoride	SO ₂ F ₂	4.631	0.175	0.38
98	Sulfur dioxide	SO ₂	2.922	0.157	0.68
99	Sulfur hexafluoride	SF ₆	6.626	0.175	0.27
100	Sulfur tetrafluoride	SF ₄	4.821	0.192	0.34
101	Trichlorosilane	SiHCl ₃	6.044	0.157	0.33
102	Trimethylamine	C ₃ H ₉ N	2.637	0.424	0.28
103	Tungsten hexafluoride	WF ₆	13.29	0.092	0.25
104	Vinylbromide	C ₂ H ₃ Br	4.772	0.141	0.46
105	Vinylchloride	C ₂ H ₃ Cl	2.865	0.229	0.47
106	Vinylfluoride	C ₂ H ₃ F	2.08	0.305	0.49
107	Xenon	Xe	5.899	0.0382	1.38

* C_p - кал (T, p) = $C_p(T + 50^\circ\text{C}, p)$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

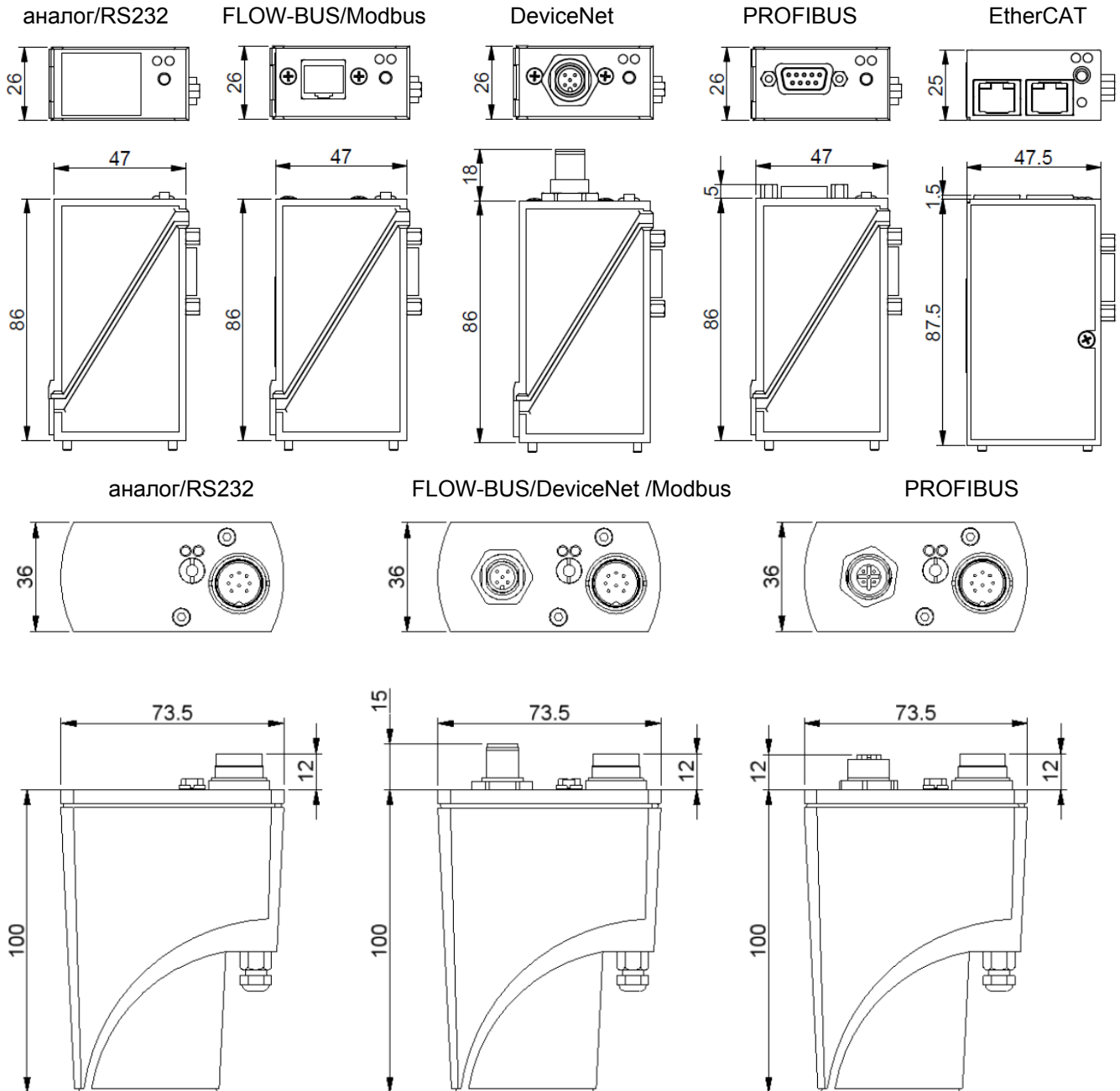
Размеры корпуса цифровых приборов

Док. №: 7.05.445Е Дата: 06-07-2005



Размеры корпуса цифровых приборов

На чертеже изображены размеры корпусов с учетом разъемов различных цифровых плат.
Уточняйте размер в соответствии со своей спецификацией.
Замечание: высота увеличивается с добавлением ответного разъема.



Размеры приведены в мм, если не указано другое.
Размеры могут быть изменены производителем без предварительного уведомления.
Допустимое отклонение ± 0.5 , если не указано другое.