

5. Измерение плотности

Плотность или вес единицы объема твердых, жидких и газообразных веществ является одним из основных показателей их качества и однородности. Особенно актуален контроль плотности в нефтедобывающей, химической и пищевой промышленности.

В вибрационных плотномерах плотность жидкости или газа определяется по резонансной частоте некоторого тела (вибратора), взаимодействующего с измеряемой средой. В зависимости от способа контакта механического резонатора с контролируемой средой различают проточные и погружные плотномеры. В первых жидкость протекает внутри резонатора и участвует в колебаниях как инертная масса, жестко связанная с ним. В таких приборах колебательная система, как правило, выполняется на основе трубчатых резонаторов. В погружных плотномерах механический резонатор, например камертон, помещают в контролируемую среду на некоторую глубину, и ее влияние подобно действию некоторой "присоединенной массы", связанной с резонатором и увлекаемой им в колебательное движение. Величина присоединенной массы зависит от плотности вещества, следовательно, девиация частоты резонансных колебаний является параметром, по которому определяется плотность.

На основе этого принципа разработан вибрационный Плотномер 804.

Плотномер - 804

Назначение

Измерение плотности жидкостей и газов под давлением вибрационным методом.



Преимущества

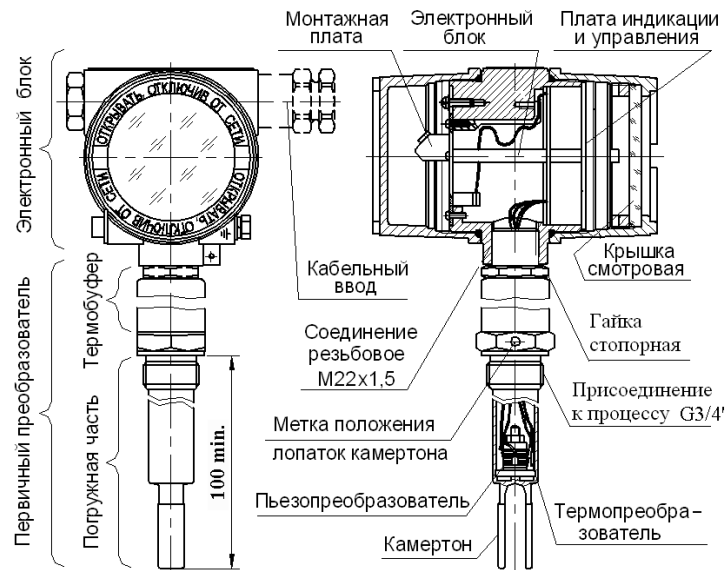
- Прочность конструкции
- Отсутствие движущихся частей
- Высокая точность и стабильность измерений
- Нейтральность к электрическим свойствам среды
- Работоспособность при высоких и низких температурах, больших статических давлениях
- Малые масса и габариты, компактность
- Низкое энергопотребление.

*Рисунок 5.1 Внешний вид
Плотномера – 804*

Принцип действия

Принцип действия плотномера 804 основан на измерении периода резонансной частоты механических колебаний чувствительного элемента и преобразовании его в выходной сигнал, пропорциональный плотности жидкости или газа.

Функционально плотномер состоит из первичного преобразователя и электронного блока. Устройство плотномера приведено на рисунке 5.2.



Термобуфер – у моделей 401 и 411. Встроенный подогреватель – у модели 411.

Рисунок 5.2 – Состав и устройство плотномера.

Первичный преобразователь представляет собой стальной трубчатый корпус, в котором закреплены жестко соединенный с камертоном пьезопреобразователь и термопреобразователь..

Автогенератор электронного блока с помощью пьезопреобразователя возбуждает колебания камертона. При изменении плотности измеряемой среды, в которую погружен камертон, частота его колебаний изменяется.

Электронный блок преобразует частоту с корректировкой по измеряемой термопреобразователем температуре измеряемой среды в цифровой или/и аналоговый выходной сигнал, а также отображает на дисплее четырехзначное значение плотности в кг/м^3 .

Плата индикации и управления содержит жидкокристаллический дисплей (см. выше) и кнопки, позволяющие производить операции контроля, настройки и калибровки плотномера.

Для снижения влияния температуры измеряемой среды на электронику, первичные преобразователи моделей 401 и 411 имеют термобуфер.

Для применения в условиях периодического снижения температуры окружающего воздуха до минус 70°C у модели 411 предусмотрен автоматический внутренний подогреватель, не допускающий снижения температуры внутри электронного блока ниже минус 30°C (при обязательном применении внешней термоизоляции).

Корпус электронного блока в зависимости от исполнения имеет 1 разъем или от 1 до 2 сальниковых кабельных вводов.



Основные характеристики

Диапазон измерения плотности среды, кг/м³ от 0 до 2000.

Диапазоны калибровки измерения плотности, кг/см³ - по газу от 0 до 160;
- по жидкости от 620 до 1630.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения в рабочем диапазоне температур и давлений по цифровому сигналу, Δ , кг/м³, не более: $\pm 0,5; 1,0$

Пределы допускаемой относительной погрешности измерения в рабочем диапазоне температур и давлений по аналоговому сигналу, γ , %, – по формуле (1), не более:

$$\gamma = 0,1 + (100 \cdot \Delta / \Delta\rho + 0,05) \quad (1)$$

где: $\Delta\rho = (\rho_{\max} - \rho_{\min})$ – величина установленного для аналогового сигнала постоянного тока диапазона измерений.

Пульсация аналогового выходного сигнала, мкА, не более 10.

Диапазон рабочих температур измеряемой среды, °С:

- модели 400 и 401: от минус 40 до +50 (Т1) и от минус 40 до +80 (Т2);
- модель 411 (с внутренним подогревателем): от минус 70 до +50 (Т3).

Жидкокристаллический дисплей плотномеров имеет четкую визуальную индикацию в диапазоне температур окружающей среды, °С, от минус 30 до +70.

Максимальное давление среды, МПа, из ряда, не более: 0,6; 2,5; 6,3; 10; 16.

Вязкость среды, мм²/с, не более: 100.

Индикация значения измеряемого параметра в установленных единицах

на встроенном индикаторе с жидкокристаллическим дисплеем, кг/м³: от 0,0 до 999,9
и от 1000 до 2000.

Выходные сигналы (исполнение):

- цифровые по интерфейсу: RS485 или USART;
- аналоговый: постоянного тока 4-20 мА.

Скорость передачи данных по цифровому интерфейсу

с протоколом обмена Modbus, бод: 9600.

Диапазон аналогового выходного сигнала устанавливается для диапазона измеряемой плотности, кг/м³: $0 \leq \rho_{\min} < \rho_{\max} \leq 2000$,

где: минимальному значению плотности ρ_{\min} соответствует 4мА,
максимальному « « ρ_{\max} « 20мА,

Время демпфирования устанавливается потребителем t_d , сек от 1 до 25.

При выпуске устанавливается t_d сек 1.

Электронное демпфирование определяет время установления выходного сигнала при скачкообразном, до 90% от диапазона, изменении измеряемой плотности.

Питание плотномера от источника постоянного тока напряжением В, от 12 до 24;

- для варианта с цифровым выходным сигналом USART от 3 до 5.

Источник питания должен удовлетворять требованиям: сопротивление изоляции не менее 40 МОм; выдерживать испытательное напряжение при проверке электрической прочности изоляции 1,5 кВ.



Пульсация (двойная амплитуда) выходного напряжения источника питания не должна превышать 0,5% от номинального значения выходного напряжения, при частоте гармонических составляющих, не превышающей 500 Гц.

Сопротивление нагрузки при аналоговом выходном сигнале постоянного тока 4-20мА должно рассчитываться по формуле (2), R_n , кОм, не более:

$$R_n = 0,05 + (U_{пит} - 12)/20 \quad (2)$$

где: $U_{пит}$, В – напряжение питания плотномера

Потребляемая мощность плотномера, ВА, не более при выходном сигнале:

цифровом RS485	1,2,
цифровом USART	0,5,
аналоговом	0,5.

Максимальная потребляемая мощность внутреннего подогревателя модели 411,

ВА не более: 2,0.

Электрическое сопротивление изоляции между электрическими цепями и корпусом плотномеров при температуре окружающего воздуха $25 \pm 5^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 80% , МОм, не менее: 20.

Степень защиты плотномеров от воздействия пыли и воды по ГОСТ 14254-96: для погружной части IP68, для корпуса электронного блока IP67 (при нормальной фиксации кабеля).

По устойчивости к климатическим воздействиям плотномеры соответствуют исполнению УХЛ2* по ГОСТ 15150-69 для работы при температуре окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$:

- модели 400, 401 - от минус 40 до +50 и от минус 40 до +80;

- модель 411 (с внутренним подогревателем) в термоизоляции - от минус 70 до +50 $^\circ\text{C}$.

Плотномеры взрывозащищенных исполнений **804-Ex** и **804-Vn** соответствуют требованиям ГОСТ Р 52350.0-2005, ГОСТ Р 52350.1-2005, ГОСТ Р 52350.11-2005.

Масса плотномера не более 2кг.

Полный средний срок службы плотномера не менее 12 лет.

Средняя наработка плотномера на отказ не менее 100 000 часов.

Плотномеры относятся к однофункциональным, восстанавливаемым, ремонтируемым изделиям.

Межповерочный интервал – 2 года.

Свидетельство об утверждении типа СИ - **RU.C.31.001.A №44065**

Сертификат соответствия (взрывозащиты) – **РОСС RU.ГБ06.В00887**

Материалы

Плотномеры предназначены для измерения плотности сред, по отношению к которым материалы, контактирующие с измеряемой средой, являются коррозионноустойчивыми.

Материалы первичного преобразователя – нержавеющая сталь 12X18H10T ГОСТ 5632-72 или сплав 44НХТЮ ГОСТ 14119-85. Материал корпуса электронного блока сплав АК9 ГОСТ 1583-93 и поликарбонат (смотровое стекло). Материал уплотнительных колец и прокладок - специальные марки резин.



Габаритные и установочные размеры

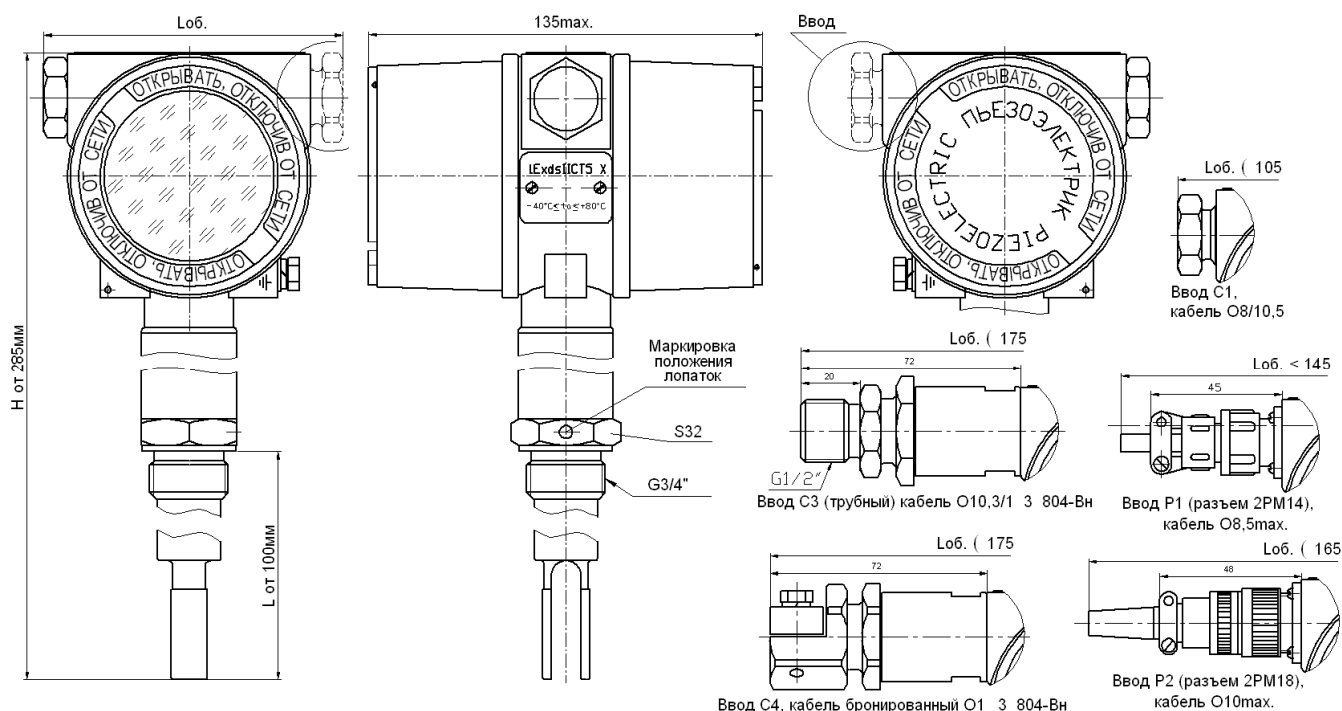


Рисунок 5.3 Габаритные и установочные размеры

Примеры условного обозначения при заказе

Плотномер 804 – Вн - 401 – 1,0 - 800/1200 – 6,3МПа – 420 – Т1 - С – Б1 – - 8 - ТУ....

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

- 1 – Обозначение плотномера;
- 2 – Код исполнения по взрывозащите **Ex** или **Вн** (для общепромышленного исполнения код не указывается);
- 3 – Модель;
- 4 – Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения, [кг/м³], 1,0 или 0,5;
- 5 – Рабочий диапазон измерения плотности среды, [кг/м³], **нижний / верхний** пределы;
- 6 – Максимальное давление измеряемой среды, [МПа] из ряда 6,3; 10; 16;
- 7 – Код выходного сигнала:
 - «**420**» – постоянного тока 4-20мА;
 - «**485**» – цифровой по интерфейсу RS485;
 - «**US**» (или «**USART**») – цифровой по интерфейсу USART;
 - «**420US**» – совмещенный аналоговый 4-20мА и цифровой USART;
- 8 – Код температурного исполнения;
- 9 – Код электрического соединителя по таблице 5.1;
- 10 – Код монтажных частей:
 - «**Б1**» – бобышка монтажная G 3/4" (рис. 5.4);
 - «**Б2**» – бобышка монтажная G 3/4" для труб (рис. 5.4);
 - «**Ф**» - фланец переходной Ду25 / G3/4" (рис. 5.5);
- 11 - контролируемая среда (следует указывать для учета ее коррозионной активности);
- 12 – диаметр подводимого кабеля (рекомендуется указывать);
- 13 - **ТУ 4212-804-24172160-2009** - обозначение технических условий.



Например:

Плотномер 804–Вн – 400 –0,5-700/1200 – 2,5МПа –420–Т1- С3- Б1– ТУ... -нефтепродукты-8

Плотномер 804 взрывобезопасного исполнения **Вн** с маркировкой «1ExdIICT5 X», модель **400**, погрешность измерений **0,5кг/м³**, пределы измерения плотности жидкости от **700** до **1200 кг/м³**, давление среды до **2,5МПа**, выходной сигнал **4-20** мА, температурное исполнение **Т1** (-40+50°С), сальниковый кабельный ввод **С3**, монтажная часть – бобышка **Б1** приварная G3/4 для емкости, измеряемая среда – **нефтепродукты**, кабель диаметром **8мм**.

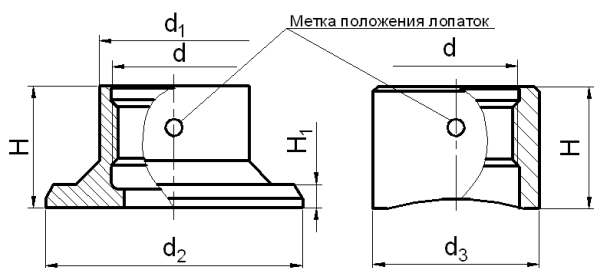
Плотномер 804–Ех-400–1,0-0/160–1,6МПа- 485-Т1-С-10–Б2/02–ТУ.... – газ природный-9

Плотномер 804 взрывобезопасного исполнения **Ех** с маркировкой «0ExiaIICT5 X», модель **400**, погрешность измерений **0,5кг/м³**, пределы измерения плотности газа от **0** до **160 кг/м³**, давление среды до **1,6МПа**, выходной сигнал цифровой по интерфейсу **RS485**, температурное исполнение **Т1** (-40+50°С), сальниковый кабельный ввод **С**, монтажная часть – бобышка **Б2** приварная G3/4 для трубопроводов из стали 12Х18Н10Т, измеряемая среда – **газ природный**, кабель диаметром **9мм**.

Таблица 5.1 – Коды электрических соединителей (подвод кабеля)

Код	Тип электрического соединителя (Рис. Б.1)	Применяемость
С1	Сальниковый ввод и КК*	804 и 804-Ех
С3	Трубный сальниковый ввод и КК*	только для 804-Вн
С4	Сальниковый ввод бронированного кабеля и КК*	
Р1	Разъем: розетка 2РМ14Б4Г1Е1 (вилка каб. 2РМ14КПН4Ш1Е1)	804 и 804-Ех
Р2	Разъем: розетка 2РМ18Б7Г3Е1 (вилка каб. 2РМ18КПН7Ш3Е1)	
*- КК – колодка клеммная внутренняя;		

Монтажные части



	Код	d	d ₁	d ₂	d ₃	H	H ₁
а	Б1	G3/4	32	55 _{-0,4}	-	26	5
б	Б2		-	-	36		-

-**а**- для емкостей
-**б**-- для трубопроводов диаметром от 100мм

Рисунок 5.4 – Бобышки монтажные приварные G3/4", Ру = 16МПа.

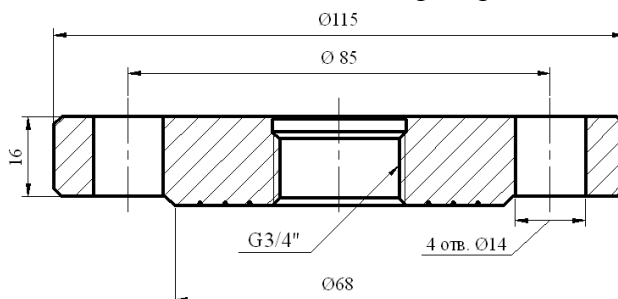


Рисунок 5.5 - фланец переходной Ду25 / G3/4", Ру = 4МПа

Использование по назначению

Плотномеры устанавливаются на емкости и трубопроводы в приварные бобышки с внутренней резьбой G3/4"А. Уплотнение – кольцо резиновое 023-027-25.2.2(7) ГОСТ 9833-73. Допускается в качестве уплотнения применять фторопластовую ленту ФУМ, а также медную прокладку.

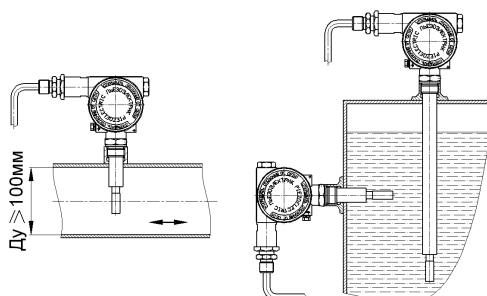


Рисунок 5.6 – Варианты монтажа плотномеров

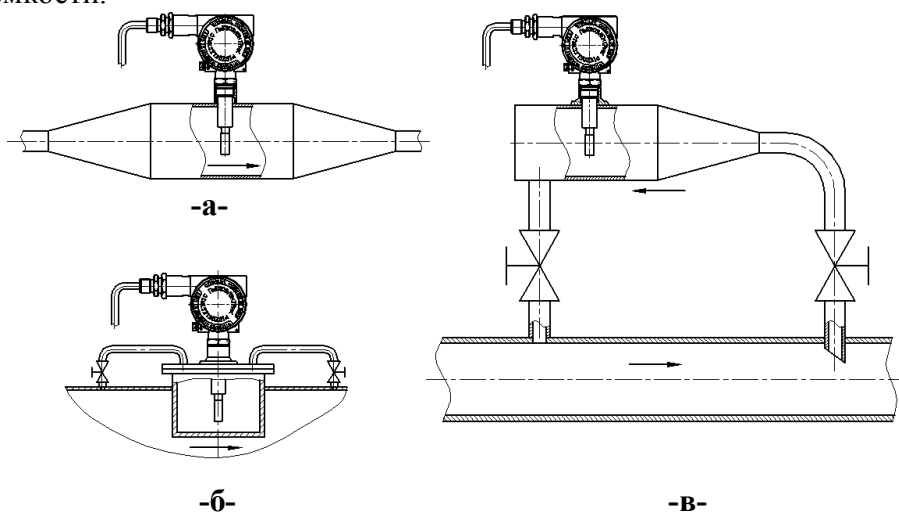
Плотномеры устанавливаются на трубопроводы с внутренним диаметром не менее 100мм и скоростью потока до 0,5м/сек для жидких сред и, соответственно, 70мм и 5м/сек для газообразных. При меньших диаметрах трубопровода или больших скоростях потока плотномеры следует устанавливать в расширителях или байпасах (ответвителях), понижающих скорость потока до вышеуказанных значений.

На трубопроводах плотномеры могут устанавливаться в сварные стаканы, как показано на рисунке 5.7 а.

Варианты установки с вентилями предпочтительны, т.к. помимо регулировки скорости потока возможно проведение техобслуживания плотномеров без перекрытия основного трубопровода.

При установке плотномера в трубопроводах следует ориентировать лопатки вдоль потока. При установке в емкости лопатки плотномера должны полностью выступать внутрь и ориентироваться вертикально.

При установке следует учитывать возможность налипания на стенки емкости вязких фракций. Для исключения влияния налипания следует увеличить дистанцию от лопаток камертона до стенки емкости.



-а- в расширителе; -б- в стакане на трубе большого диаметра; -в- в байпасах

Рисунок 5.7 – Установка плотномеров на трубопроводах