

Двухкомпонентное измерение расходомерами Элметро-Фломак

Функция измерения концентрации компонентов 2-х компонентной среды

В промышленности измеряемая среда зачастую представляет собой смесь из двух компонентов (носитель и целевая среда).

Функция измерения концентрации, реализованная в расходомерах Элметро-Фломак, расширяет стандартный способ измерения плотности, позволяя производить учет компонентов такой среды по отдельности. Иными словами, производится покомпонентное измерение расхода и вычисление процентного соотношения составляющих смеси.

Вычисление концентрации

Концентрация составляющих 2-х компонентной среды рассчитывается исходя из вычисленной плотности отдельных компонентов и измеренной плотности их смеси (среды протекающей через расходомер).

ρ – измеренная расходомером плотность смеси двух компонентов (носителя и целевой среды).

$D1$ – плотность среды носителя (например вода).

$D2$ – плотность целевой среды (например нефть).

Зависимости плотности компонентов от температуры задаются таблично или полиномиально. Табличные значения или коэффициенты полинома вводятся пользователем с помощью сервисного ПО (поставляется в комплекте с расходомером). Для нефти и воды эти данные соответствуют методике Р 50.2.076-2010 «Плотность нефти и нефтепродуктов. Методы расчета. Программа и таблицы приведения» и ГСССД 2-77 «Вода. Плотность при атмосферном давлении и температурах 0..100 °С».

При использовании функции вычисления концентрации, расходомер Элметро-Фломак автоматически рассчитывает массовые и объемные доли компонентов 2-х фазной среды по следующим формулам:

$$\text{Массовая доля целевой среды } \omega_{\text{ц}} (\%) = \frac{D2 \cdot (\rho - D1)}{\rho \cdot (D2 - D1)} \cdot 100\%$$

$$\text{Массовая доля среды-носителя } \omega_{\text{н}} (\%) = \frac{D1 \cdot (\rho - D2)}{\rho \cdot (D1 - D2)} \cdot 100\%$$

Аналогично для объемной доли:

$$\text{Объемная доля целевой среды } \varphi_{\text{ц}} (\%) = \frac{\rho - D1}{D2 - D1}$$

$$\text{Объемная доля среды-носителя } \varphi_{\text{н}} (\%) = \frac{\rho - D2}{D1 - D2}$$

Вычисление расхода

Зная массовые и объемные доли отдельных компонентов и общий расход среды, расходомер вычисляет массовый (Qm) и объемный (Qv) расходы каждого компонента, протекающего через расходомер.

Массовый расход целевой среды и среды носителя:

$$Qm_{\text{ц}} = Qm \cdot \omega_{\text{ц}}$$

$$Qm_{\text{н}} = Qm \cdot \omega_{\text{н}}$$

Аналогично объемный расход целевой среды и среды носителя:

$$Qv_{\text{ц}} = Qv \cdot \varphi_{\text{ц}}$$

$$Qv_{\text{н}} = Qv \cdot \varphi_{\text{н}} .$$

Если функция расчета концентрации включена, то все вычисляемые величины (плотности, концентрации и расходы) можно вывести на встроенный индикатор или указать в качестве назначения для сумматоров. Текущие значения также отображаются в меню расходомера «Главное меню → Обслуживание → Концентрация» или на вкладке «Концентрация» ПО ПК. Также они представлены регистрами Modbus.

Все измеряемые величины представлены в соответствующих главным переменным единицах измерения.

Способы задания плотностей компонентов

Зависимость плотности от температуры для каждого из 2 компонентов среды может быть определена одним из следующих способов:

- Аппроксимация полиномом от 0 (постоянное значение) до 5-й степени.
- Кусочно-линейная аппроксимация (КЛА) от 1 до 20 точек.
- Нефть или вода по вышеуказанным нормативным документам.

Способ определения плотности каждого компонента доступен для выбора в соответствующих регистрах Modbus.

Задание плотности компонентов полиномом

Аппроксимирующий полином имеет следующий вид:

$$D = a_0 + a_1\Delta t + a_2\Delta t^2 + a_3\Delta t^3 + a_4\Delta t^4 + a_5\Delta t^5,$$

где $\Delta t = t - t_0$, а t_0 – значение температуры, при которой измерена плотность a_0 , t – текущая измеренная температура среды.

Коэффициенты полинома $a_0...a_5$ и температура t_0 для каждого компонента среды задаются с помощью ПО ПК, поставляемого в комплекте с расходомером или другим способом через специальные регистры Modbus.

Задание плотности компонентов с помощью КЛА

При КЛА задаются до 20 пар значений температура-плотность среды. Точки должны быть расположены в порядке возрастания температуры. Если текущая измеренная температура среды находится в промежутке между двумя заданными значениями, то текущее значение плотности компонента вычисляется с помощью линейной интерполяции соответствующих значений плотности.

При выходе температуры среды за границу диапазона КЛА (ниже значения первой точки или выше значения последней задействованной точки), значение плотности компонента будет вычислено путем линейной интерполяции крайнего участка диапазона соответственно вниз или вверх. Кроме того, будет установлено предупреждение процесса «Целевая среда: температура вне диапазона КЛА» или «Среда-носитель: температура вне диапазона КЛА». После возвращения температуры в заданный диапазон предупреждение будет снято.

Диапазон допустимых значений температуры – весь температурный диапазон расходомера (практически не ограничен).

Диапазон допустимых значений плотности: от 0 до 14203 кг/м³ (макс. плотность ртути).

Значения температурных точек и плотностей компонента в них определяются с помощью ПО ПК или через специальные регистры Modbus.

Число активных точек КЛА не может быть меньше 1. Точки должны быть упорядочены по возрастанию температуры (от самой низкой температуры до самой высокой). Если заданы 2 последовательные точки с одинаковой температурой и текущая измеренная температура точно попала в такую «двойную» точку, то плотность компонента будет равна среднему значению плотностей в этих точках.

Задание плотности компонентов для водонефтяной смеси

Типичная среда, для которой требуется вести учет отдельных компонентов – водонефтяная смесь (носитель – вода, целевая среда - нефть). В этом частном случае можно задавать параметры компонентов намного быстрее и проще. Кроме того, предложенный ниже способ основывается на методике Р 50.2.076-2010 «Плотность нефти и нефтепродуктов. Методы расчета. Программа и таблицы приведения» и данных ГСССД 2-77 «Вода. Плотность при атмосферном давлении и температурах 0..100 °С».

Для конфигурирования нефти достаточно указать следующие параметры:

- 1) Лабораторные данные: измеренное значение плотности, температуру, при которой было проведено это измерение и тип измерительного прибора (ареометр, откалиброванный на +15 °С, +20 °С или плотномер).
- 2) Среднее значение давления среды, а также диапазон разброса давлений.

Конфигурирование воды осуществляется заданием среднего рабочего давления, его допустимого разброса и коэффициента коррекции на реальную воду (или значения плотности реальной воды при +20 °С).

На основе всех этих данных будут автоматически рассчитаны и представлены ошибки вычисления плотностей и концентраций.

Состояние параметров при выключенной функции концентрации

При выключенной функции концентрации считается, что среды-носителя нет, а весь поток через расходомер соответствует целевой среде. Таким образом, плотность целевой среды равна измеренной плотности среды, плотность носителя равна нулю. Кроме того:

$$\omega_{\text{ц}} = 1; \omega_{\text{н}} = 0$$

$$\varphi_{\text{ц}} = 1; \varphi_{\text{н}} = 0$$

$$Qm_{\text{ц}} = Qm; Qm_{\text{н}} = 0$$

$$Qv_{\text{ц}} = Qv; Qv_{\text{н}} = 0.$$