

АНАЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ ТВЁРДОГО ВЕЩЕСТВА, РАБОТАВШЕГО В ЖИДКОЙ ВЫСОКОВЯЗКОЙ СРЕДЕ

Р.К. Сафаров, кандидат технических наук

В экспериментальных исследованиях нередко возникает необходимость определения массы твёрдых веществ, работавших в жидкой высоковязкой среде. При этом полное высушивание вещества либо невозможно по каким-либо причинам, либо требует значительного времени. Выдерживание твёрдого вещества в течение определённого времени вне жидкости для её стока накладывает значительную погрешность на точность измерений, поскольку жидкость в процессе работы может изменять свои физические свойства: плотность, вязкость и др. Промывание же вещества легко испаряющимися растворителями может влиять на его активность.

В связи с этим предлагается методика, учитывающая оговорённую выше специфику. Она основывается на аналитической оценке разности плотностей моногамной жидкой среды, в которой работает вещество, и среды, включающей в себя жидкость и вещество.

До начала эксперимента определяется физическая плотность вещества ρ , по ГОСТ 3900-81 [1]. В ходе эксперимента в момент замера остаточной массы вещество забирается из системы и помещается в мерительную ёмкость. В эту же ёмкость заливается до полного покрытия вещества работающая в эксперименте жидкость. Масса m_x и объём V_x содержимого ёмкости фиксируются. Одновременно с этим определяется плотность жидкости ρ_x , работающей в системе, путём замеров объёма V_x и массы m_x и расчета по формуле:

$$\rho_x = \frac{m_x}{V_x}, \text{ кг/м}^3 \quad (1)$$

Плотность смеси вещества и жидкости:

$$\rho_{\text{ж+в}} = \frac{m_{\text{ж+в}}}{V_{\text{ж+в}}}, \text{ кг/м}^3 \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) – для нормальной температуры среды (20°C) [1].

Кроме того, аналитически $\rho_{\text{ж+в}}$ можно выразить как:

$$\rho_{\text{ж+в}} = \frac{\rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}} + \rho_{\text{ж}} \cdot V_{\text{ж}}}{V_{\text{в}} + V_{\text{ж}}}, \text{ кг/м}^3 \quad (3)$$

где: $\rho_{\text{в}}$ и $\rho_{\text{ж}}$ – плотности соответственно вещества и жидкости, кг/м³;

$V_{\text{в}}$ и $V_{\text{ж}}$ – объёмы соответственно вещества и жидкости, м³.

Приведём дальнейшие расчеты к объёму вещества, равному единице $V_{\text{в}} = 1 \text{ м}^3$,

тогда

$$\rho_{\text{ж+в}} = \frac{\rho_{\text{в}} + \rho_{\text{ж}} \cdot V'_{\text{ж}}}{1 + V'_{\text{ж}}}, \text{ кг/м}^3 \quad (4)$$

где: $V'_{\text{ж}}$ – приведённый объём жидкости (приходящийся на 1 м³ вещества при заданных $m_{\text{ж+в}}$ и $V_{\text{ж+в}}$, т.е. плотности $\rho_{\text{ж+в}}$, м³).

Из уравнения (4) выводим равенство:

$$\rho_{\text{ж}} \cdot V'_{\text{ж}} = \rho_{\text{ж+в}} \cdot (1 + V'_{\text{ж}}) - \rho_{\text{в}},$$

то есть

$$V'_{\text{ж}} (\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{ж+в}}) = \rho_{\text{ж+в}} - \rho_{\text{в}}.$$

Отсюда

$$V'_{\text{ж}} = \frac{\rho_{\text{ж+в}} - \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{ж+в}}}, \text{ м}^3 \quad (5)$$

Определив $V'_{\text{ж}}$, получаем пропорцию $V_{\text{в}} \div V_{\text{ж}}$ или $1 \div V'_{\text{ж}}$. Масса реагента определится как:

$$m_{\text{в}} = \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}} = \rho_{\text{в}} \cdot \frac{V_{\text{ж+в}}}{V'_{\text{ж}} + V'_{\text{ж}}} \cdot V_{\text{в}} = \rho_{\text{в}} \cdot \frac{V_{\text{ж+в}}}{1 + V'_{\text{ж}}}, \text{ кг.} \quad (6)$$

Отсюда можно для большей информации определить и объём вещества при нормальной температуре:

$$V_b = \frac{m_b}{\rho_b}, \text{ м}^3 \quad (7)$$

Таким образом, для определения массы вещества необходимо лишь определить массу и объем смеси вещества и жидкости и текущую физическую плотность жидкости, а также – знать физическую плотность вещества. Для аналитической обработки используются лишь 3 формулы: (2), (5) и (6). Для применения предлагаемого способа необходимо, чтобы плотность вещества была большей относительно плотности жидкости, а также – постоянство физической плотности вещества в ходе эксперимента

Пример расчёта: определение массы вещества – NaOH (гранул) в жидкости – моторном масле.

Исходные данные: $\rho_b = 2800 \text{ кг/м}^3$, $\rho_{ж} = 900 \text{ кг/м}^3$, $V_{ж+в} = 0,002 \text{ м}^3$, $m_{ж+в} = 3 \text{ кг}$.

Необходимо определить массу NaOH (гранул).

$$\rho_{ж+в} = \frac{m_{ж+в}}{V_{ж+в}} = \frac{3}{0,002} = 1500, \text{ кг/м}^3$$

$$V'_x = \frac{\rho_{ж+в} - \rho_b}{\rho_{ж} - \rho_{ж+в}} = \frac{1500 - 2800}{900 - 1500} = 2,167, \text{ м}^3$$

$$m_b = \rho_b \cdot \frac{V_{ж+в}}{1 + V'_x} = 2800 \cdot \frac{0,002}{1 + 2,167} = 1,768, \text{ кг}$$

Масса гранул NaOH в эксперименте равна 1,768 кг. Теперь можно определить и объем гранул NaOH:

$$V_b = \frac{m_b}{\rho_b} = \frac{1,768}{2800} = 6,34 \cdot 10^{-4}, \text{ м}^3 = 0,634 \text{ дм}^3$$

Вывод

Данная методика позволяет с достаточно высокой точностью определять массу работавшего в жидкости вещества. При этом исходные для расчётов данные определяются наиболее простыми методами (прямое взвешивание и замер объема) без значительных затрат времени и без дополнительных условий и ограничений на проведение замеров.

Литература

ГОСТ 3900 – 81. Нефтепродукты. Методы определения плотности.–22с.

УДК 621.4

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТОПЛИВА В МОТОРНОМ МАСЛЕ

К.У. Сафаров, В.М. Холманов, кандидаты технических наук
М.М. Зямальдянов, аспирант

Для предварительной оценки определения процентного содержания топлива в моторном масле М-8Б₁ и М-10Г₂ использован косвенный метод путём предварительного определения температуры вспышки масла с последующим построением тарировочного графика. График был построен экспериментальным путём при составлении смесей «свежее масло – бензин А-76» и «свежее масло – дизельное топливо» с концентрацией: 0; 2,5; 5,0; 7,5 и 10 % (табл.).

Содержание топлива (%) от температуры вспышки масла

Содержание топлива, %		0,0	2,5	5,0	7,5	10,0
Температура вспышки T, °C	М – 8Б ₁	198	150	115	25	60
	М – 10Г ₂	205	170	150	135	120

Зависимость между температурой вспышки и количеством содержащегося в моторном масле топлива является гиперболической и выражается функцией $Q = f(T, ^\circ\text{C})$, а полученная кривая принимается за эталонный график.

График зависимости содержания топлива от температуры вспышки масла представлен на рис. 1.

Эта кривая отражает взаимосвязь между температурой вспышки и количеством топлива, находящегося в моторном масле, и определяется выражением $\Theta = C \cdot V = \text{const}$, то есть в опреде