

Министерство высшего и среднего специального
образования СССР

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК

Том XXVI

Выпуск 1

1983 год

А. И. ЕЛЬШИН, А. А. ГРИЧЕНКО

**УПРОЩЕННОЕ УРАВНЕНИЕ ДЛЯ АППРОКСИМАЦИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ОТКЛОНЕНИИ НАЧАЛЬНОГО УЧАСТКА ИХ
ОТ ЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ**

(НОВОПОЛОЦКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. ЛЕНИНСКОГО
КОМСОМОЛА БЕЛОРУССИИ)

Предложено упрощенное уравнение для описания процесса фильтрования с постепенным закупориванием пор при отклонении начального участка фильтрационной характеристики от линейной зависимости. Проведено сравнение экспериментальных данных с расчетными.

Отклонение начального участка фильтрационных характеристик отмечается многими исследователями. В частности, в работе [1] было предложено уравнение для описания такого рода явлений, возникающих при фильтровании, сопровождающемся закупориванием пор в координатах $\tau/q - \tau$, где τ — время фильтрования; q — объем фильтра, получаемого с 1 м^2 фильтрующей перегородки. Предложенное уравнение имеет вид:

$$\tau = \frac{k_1 q}{1 - k_2 q} - k_3 \ln(1 - k_2 q), \quad (1)$$

где k_1 , k_2 и k_3 — константы, определяемые экспериментальным путем.

Определение по полученному уравнению (1) констант k_1 , k_2 , k_3 в общем случае вызывает затруднения при практических расчетах, поэтому рассмотрим упрощенное уравнение для аппроксимации фильтрационных характеристик.

Преобразуем уравнение (1) путем разложения в степенной ряд, ограничиваясь тремя первыми слагаемыми,

$$\tau/q = k_1 + k_2 k_3 + k_2 \left(k_1 + \frac{k_2 k_3}{2} \right) q + k_2^2 \left(k_1 + \frac{k_2 k_3}{3} \right) q^2. \quad (2)$$

Введем обозначения

$$x_1 = k_1 + k_2 k_3; \quad x_2 = k_2 \left(k_1 + \frac{k_2 k_3}{2} \right); \quad x_3 = k_2^2 \left(k_1 + \frac{k_2 k_3}{3} \right).$$

Тогда уравнение (2) примет вид

$$\tau/q = x_1 + x_2 q + x_3 q^2. \quad (3)$$

В результате для нахождения констант x_1 , x_2 и x_3 достаточно воспользоваться осредненными величинами нескольких замеров для трех значений объема фильтра q при соответствующей продолжительности фильтрования τ : $q_1, \tau_1; q_2, \tau_2; q_3, \tau_3$.

Таким образом, определение констант фильтрования сводится к решению системы трех уравнений.

Рассмотрим в качестве примера случай определения констант в аппроксимационном уравнении (3) по данным фильтрования алкенилсукцинангидрида, где наблюдалось отклонение начального участка от линейной зависимости, на что указывалось в работе [1].

В качестве исходных выберем три усредненных по результатам пяти замеров значения $q (\text{м}^3/\text{м}^2)$ при определенных значениях $\tau (\text{с})$:

$q_1 = 0,525 \cdot 10^{-2}$, $q_2 = 1,266 \cdot 10^{-2}$, $q_3 = 1,438 \cdot 10^{-2}$ и $\tau_1 = 90$, $\tau_2 = 300$, $\tau_3 = 360$.
В результате получим

$$\tau/q = 126,188 \cdot 10^2 + 105,632 \cdot 10^4 q - 10,034 \cdot 10^6 q^2. \quad (4)$$

Сравнение значений τ/q , рассчитанных по уравнению (4), с экспериментальными данными (табл. 1), показывает хорошую сходимость результатов.

Таблица 1

Сравнение расчетных (уравнение 4) и опытных данных при фильтровании алкенилсукцинангидрида в ксилоле

$\frac{\tau}{q} \cdot 10^{-4}$, с/м		$\frac{\tau}{q} \cdot 10^{-4}$, с/м		$\frac{\tau}{q} \cdot 10^{-4}$, с/м	
опыт	расчет	опыт	расчет	опыт	расчет
1,149	1,531	2,201	2,178	2,822	2,915
1,671	1,628	2,239	2,279	2,900	3,018
1,714	1,788	2,370	2,438	3,015	3,093
1,920	1,883	2,503	2,573	3,093	3,177
2,027	1,987	2,628	2,694	3,215	3,234
2,128	2,084	2,757	2,797	3,307	3,298

По своей структуре уравнение (2) схоже с уравнениями, предложенными в работах [2, 3] для описания процесса фильтрования с образованием осадка, когда имеет место начальный период фильтрования, который не описывается в координатах $\tau/q - q$ линейной зависимостью. Однако, полученное аппроксимационное уравнение (2) имеет ряд достоинств, заключающихся в том, что оно получено из уравнения, адекватно описывающего процесс фильтрования с закупориванием пор; константы в уравнении имеют вполне определенный физический смысл. В частности, константа $x_1 = k_1 + k_2 k_3$ имеет смысл величины обратной начальной скорости фильтрования

$$x_1 = \frac{1}{W_n(an+1)} + \frac{an}{W_n(an+1)} = \frac{1}{W_n}, \quad (5)$$

где n — количество частиц в единице объема фильтруемой жидкости с размером больше размера пор фильтрующей перегородки; $a = v_R/x_0$ [1]; v_R — объем поры фильтра, имеющей цилиндрическую форму; x_0 — отношение объема осадка к объему фильтрата.

Достоинством полученного уравнения является и тот факт, что оно позволяет упростить процедуру расчета констант фильтрования, так как не требует продолжительных лабораторных испытаний для получения всей фильтрационной кривой. С помощью констант, определенных на начальном участке, уравнение с достаточной точностью позволяет экстраполировать фильтрационную характеристику исследуемой суспензии.

Проводилась проверка полученного уравнения (2) на модельной суспензии оксида цинка в растворе глицерин—вода (0,4 объемных долей воды) при фильтровании через ткань бельтинг при 20 °С, перепаде давления $3 \cdot 10^4$ Па и массовом содержании твердой фазы в суспензии 0,5 %.

Было получено уравнение

$$\tau/q = 0,86938 \cdot 10^4 + 1,71843 \cdot 10^5 q + 7,619454 \cdot 10^5 q^2, \quad (6)$$

рассчитанное по точкам $q_1=1,12 \cdot 10^{-2}$, $q_2=2,7 \cdot 10^{-2}$ и $q_3=4,4 \cdot 10^{-2}$ м³/м², $\tau_1=120$, $\tau_2=375$ и $\tau_3=780$ с.

Сравнение экспериментальных данных и полученных с помощью уравнения (6) величин показало удовлетворительную сходимость (табл. 2).

Таблица 2

Сопоставление расчетных (уравнение 6) и опытных данных при фильтровании оксида цинка в растворе глицерина

$q \cdot 10^2$, м ³ /м ²	τ , с	$(\tau/q) \cdot 10^{-4}$, с/м	
		опыт	расчет по ур. (6)
1,12	120	1,071	1,070
2,70	375	1,389	1,389
4,40	780	1,773	1,773
5,96	1350	2,265	2,159
7,60	2040	2,684	2,615
9,20	3000	3,261	3,095
10,80	4140	3,833	3,614
12,40	—	—	4,172
14,00	6800	4,857	4,768

Следует отметить, что определенная из уравнения (6) начальная скорость фильтрования $W_n=1/x_1=1,15 \cdot 10^{-4}$ м/с хорошо согласуется со скоростью, определенной для чистой фильтрующей перегородки при фильтрации раствора глицерина в воде, которая для условий эксперимента составила величину $W_n=1,16 \cdot 10^{-4}$ м/с.

Таким образом, полученное уравнение (2) позволяет упростить процедуру определения констант фильтрования в случае отклонения начального участка фильтрационной прямой в координатах τ/q — τ от линейной зависимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гриченко А. А., Ельшин А. И. Изв. вузов. Химия и хим. технология, 1981, т. 24, вып. 4, с. 509.
2. Bryszewski S. Chem. Technik, 1979, Bd 31, № 6, S. 300.
3. Wronski S. K., Bin A. K., Laskowski L. K. Chem. Engng J., 1976, vol. 12, № 2, p. 143.

Кафедра
химической техники

Поступила в редакцию
5 июня 1981 года