

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ ГУМАТИВ З БУРОГО ВУГІЛЛЯ

Сапон А.Ю., студ., Степанюк А. Р., к.т.н., доц., Тишко Ю.А., студ.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ

Огляд математичних моделей, що є найбільш ефективними для визначення тривалості процесу екстрагування. Визначення залежності для знаходження часу екстрагування.

Reviewed mathematical models that are most effective for determining the duration of the extraction process. Determination the equation for the time of extraction process.

Ключові слова: гумати, екстрагування, прямотечійний процес, протитечійний процес, масопровідність, концентрація.

Вступ. Сучасне суспільство неможливе без активного розвитку сільського господарства. Для цього необхідно створювати сучасні багатокомпонентні добрива. На даному етапі існують добрива, які містять певні водорозчинні солі з хімічними елементами калію, азоту, сірки тощо. Використання таких добрив призводить до того, що значна кількість солей потрапляє у підземні води та забруднює навколишні водойми, а солі, що одразу переходять в розчин при контакті з вологою, швидко вимиваються з ґрунту.

Покращити умови використання корисних хімічних елементів дозволяє одночасне використання разом з хімічними добривами гумінових компонентів з бурого вугілля, які можна отримати шляхом подрібнення залишків бурого вугілля та переведення нерозчинних гумінових солей в розчинні за додавання лугів калію або натрію.

Постановка задачі. Авторами було поставлено за мету розглянути методи для визначення тривалості процесу екстрагування та підібрати модель визначення тривалості процесу екстрагування для екстракції гуматів з бурого вугілля.

Огляд методів та встановлення залежностей для визначення тривалості процесу екстрагування. На даний момент немає чіткого алгоритму для визначення часу екстрагування для процесів екстракції в системі рідина - тверде тіло, але існують залежності, що виведені лабораторним шляхом та різноманітні комплекси та співвідношення, за допомогою яких є більшою чи меншою точністю можна визначити тривалість процесу екстрагування.

В [1] лабораторним шляхом визначено критеріальне рівняння для визначення тривалості процесу екстракції твердих речовин із суміші:

$$\tau = \left(\frac{0,87 \cdot r}{E} \right)^2 \cdot \frac{(\text{Pr}')^{0,4}}{K \cdot \text{Re}^{0,67}},$$

де Pr' - критерій Прандтля;

E - симплекс концентрації;

K - коефіцієнт дифузії;

Re - критерій Рейнольдса для перемішування;

r - розмір частинок.

Математичне описання кінетики екстрагування в умовах: 1) періодичного (замкнутого) процесу; 2) прямоточного процесу; 3) протиточного процесу; 4) процесу повного (ідеального) перемішування наведено в [2].

В [3] було запропоновано виведення рівняння для визначення часу екстрагування. Результатом розв'язку системи рівнянь, що описує процес екстрагування твердих частинок, що містять цільовий компонент в твердому стані з наявністю граничних умов третього роду є:

$$\alpha(U(\alpha) - U(x)) + \left(\frac{1}{\text{Bi}} - 1 \right) [v(\alpha) - v(x)] = \frac{\beta}{m_T \rho_T} \cdot \frac{D_M \cdot t}{R^2},$$

$$\text{де } \alpha = \left(\frac{C_s - C_m}{\beta} - 1 \right)^{-1/3}; x = \alpha \cdot \varphi_0 = \left(- \frac{\beta + C_m - C_1}{\beta + C_m - C_s} \right)^{1/3};$$

C_s - концентрація насичення;

C_1 - концентрація цільового компонента;
 β - параметр екстрагування;
 D_m - коефіцієнт масопровідності;
 R - параметр частинки;
 Bi - число Біо.

Функції $U(x)$ та $v(x)$ визначаються вираженнями (рис.1):

$$U(x) = \frac{1}{6} \ln \frac{1-x+x^2}{(1+x)^2} + \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} \frac{2x-1}{\sqrt{3}};$$

$$v(x) = \frac{1}{3} \ln(1+x^3).$$

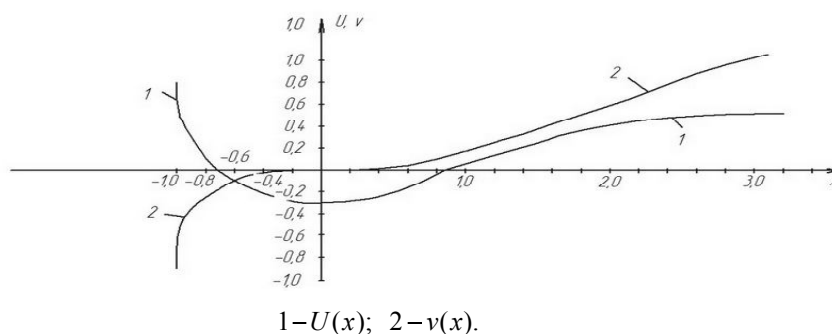


Рис. 1 – Графіки функцій $U(x)$ і $v(x)$

Параметр екстрагування β визначає кінцеву концентрацію рідини в процесі екстрагування. Для правильно організованого прямотечійного процесу C_1 досягає значення кінцевої концентрації C_k , в тому перетині, де $r_0 = \varphi_0 = 0$. Звідки випливає, що для прямотоку:

$$\beta = C_k - C_H;$$

а для протитоку:

$$\beta = -(C_k - C_H).$$

Використовуючи ці вирази, отримуємо для періодичного процесу і прямотоку:

$$\alpha = \left(\frac{C_k - C_H}{C_s - C_k} \right)^{1/3}; x = \left(\frac{C_k - 1}{C_s - C_k} \right)^{1/3};$$

для протитоку:

$$\alpha = - \left(\frac{C_k - C_H}{C_s - C_k} \right)^{1/3}; x = - \left(\frac{C_k - 1}{C_s - C_k} \right)^{1/3}.$$

При $\varphi_0 = 0$, $x = 0$ визначається час T повного вилучення:

$$\alpha(U(0) - U(\alpha)) + \left(\frac{1}{Bi} - 1 \right) [v(0) - v(\alpha)] = \mp \frac{C_k - C_H}{m_T^* \rho_T} \cdot \frac{D_m \cdot T}{R^2},$$

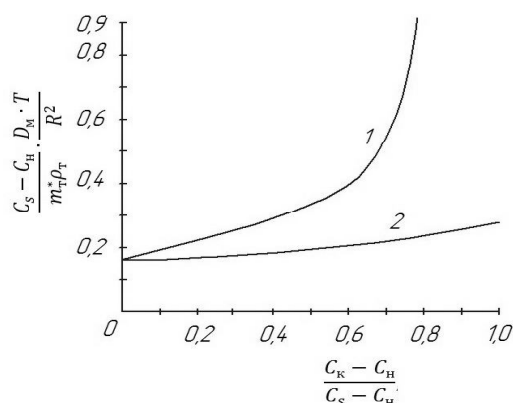
де знак "+" означає періодичний прямотечійний процес, а знак "-" означає періодичний протитечійний процес.

В кінцевому випадку отримуємо залежність:

$$\frac{C_s - C_H}{m_T^* \rho_T} \cdot \frac{D_m \cdot T}{R^2} = f \frac{C_k - C_H}{C_s - C_H},$$

де $\frac{C_k - C_H}{C_s - C_H}$ - безрозмірний коефіцієнт, який можна знайти маючи концентрації.

Графіки залежності комплексу часу повного вилучення від безрозмірного співвідношення $\frac{C_k - C_n}{C_s - C_n}$ представлені на рис. 2.



1 - для прямоку; 2 - для протитоку.

Рис. 2 – Залежність часу екстрагування від безрозмірного комплексу

$$\frac{C_k - C_n}{C_s - C_n} \text{ в процесах екстрагування твердих речовин}$$

Таким чином, маючи значення безрозмірного комплексу $\frac{C_k - C_n}{C_s - C_n}$, користуючись графіком (рис.2) можна отримати рівняння, звідки не складно визначити час екстрагування T .

Висновки. В ході проведеної роботи було встановлено, що доцільніше використовувати протитечійний процес екстрагування, тривалість цього процесу можна знайти або за допомогою критеріальних рівнянь, отриманих лабораторним шляхом, або користуючись наведеними математичними моделями, у цьому випадку розрахунок часу екстрагування є більш точним.

Задачею подальших досліджень є встановлення залежності часу екстрагування від безрозмірного комплексу $\frac{C_k - C_n}{C_s - C_n}$ для екстракції бурого вугілля в вертикальному екстракторі з перемішувачем.

Література

1. Чернобыльский И. И. Машины и аппараты химических производств: учебник./ И. И. Чернобыльский, А. Г. Бондарь, Б. А. Гаевский, С.А. Городинская и др.; под общ. ред. И.И. Чернобыльского. - 3-е изд. - М. : "Машиностроение", 1975. - 456 с.
2. Аксельруд Г. А. Экстрагирование (система твердое тело - жидкость): учеб, пособие./ Г. А. Аксельруд, В. М. Лысянский.-Л.: изд."Химия", 1974. - 256 стр.
3. Аксельруд Г. А. Растворение твердых веществ: учеб, пособие./ Г. А. Аксельруд, А. Д. Молчанов. - М. : "Химия", 1977. - 232 стр.