

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ПОДІБНОСТІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ

В.П. Гальцев, інж., В.Б. Сенік, інж.
Одеський державний аграрний університет

Проведено дослідження процесу продуктивності установки для гідратації рослинної олії, та процесу осадження фосфатидів за допомогою методів теорії подібності.

ВСТУП

Два явища називаються подібними, якщо по характеристиках одного можна отримати характеристики іншого шляхом простого перерахунку, аналогічного переходу від однієї системи одиниць до іншої. Умовами або критеріями подібності двох явищ є рівність деяких безрозмірних параметрів, званих числами або критеріями подібності [1,2].

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Вихідні передумови. Визначення критеріїв подібності при моделюванні процесів, що вивчаються, вимагає глибокого знання механізму цих процесів і в загальному випадку є складним завданням. При рішенні цієї задачі слід всі процеси, що вивчаються, розділяти на дві істотно відмінних групи. До першої треба віднести процеси і явища, які можна описати рівняннями. До другої, що представляє найбільший інтерес, відносяться процеси і явища, що ще не мають математичного опису [1,2].

У випадках, коли рівняння досліджуваних процесів невідомі, єдиною теорією, що дозволяє знайти числа подібності, є теорія розмірностей. За наявності диференціальних рівнянь досліджуваних процесів числа подібності легко визначаються як коефіцієнти рівнянь, що представляються в безрозмірному вигляді. Відмітимо, що ступінь складності рівнянь при цьому не має жодного значення, оскільки для знаходження чисел подібності процесу, що описується даним рівнянням, його рішення не потребує [1,2].

Теорію розмірностей слід застосувати при отриманні критеріїв подібності лише для процесів, що не мають математичного опису.

Критерії подібності при використанні одних і тих же рівнянь можуть мати здійснено різний вигляд. Якщо до цього додати різноманіття існуючих процесів, то можна зрозуміти існування надзвичайно великого числа критеріїв подібності [3].

Фізичну суть чисел подібності можна встановити, розглянувши фізичний зміст кожного складового рівняння руху. З аналізу рівняння виходить, що число Рейнольдса виражає відношення сил інерції до сил в'язкості, тому для більшості технічних завдань числа Рейнольдса досить великі. Число Фруда виражає стосунки сил інерції до сил тяжіння, або гравітаційних сил. Число Ейлера характеризує відношення нормальних сил тиску до сил інерції, а число Струхалія – відношення конвективної складової сил інерції до локальної складової тих же сил [1,2].

Ці числа подібності характеризують відношення конвективної складової сил інерції, сил тяжіння, нормального тиску і сил в'язкості до локальної складової сил інерції. Кожне з них повинне дотримуватися при не стаціонарних рухах, що відбуваються під дією відповідних сил [4].

Всяке співвідношення між розмірними величинами можна сформулювати як співвідношення між безрозмірними величинами. Це положення в теорії розмірності називають π – теоремою [1].

Формули розмірності фізичних величин повинні мати вид стачечних одночленів, тобто [3]

$$\varphi = a^m \beta^n \gamma^t, \quad (1)$$

де, a, β, γ - розмірність основних одиниць.

Математичне вираження π - теореми можна представити у такому вигляді: якщо розмірна величина a є функцією незалежних між собою розмірних величин $a_1, a_2, \dots, a_k, \dots, a_n$, тобто [3]

$$a = f(a_1, a_2, \dots, a_{k+1}, \dots, a_n), \quad (2)$$

де $k \subseteq n$ - число основних розмірних величин, то $n + 1 - k$ безрозмірних комбінацій π_i вказаних розмірних величин можуть бути представлені у вигляді:

$$\pi = \frac{a}{a_1^{m_1} a_2^{m_2} \dots a_n^{m_n}} \quad (3)$$

$$\pi_1 = \frac{a}{a_1^{p_1} a_2^{p_2} \dots a_n^{p_n}} \quad (4)$$

$$\pi_{n-k} = \frac{a}{a_1^{q_1} a_2^{q_2} \dots a_n^{q_n}} \quad (5)$$

2. Методика моделювання процесу осадження. Параметрична модель процесу осадження приведена на рис. 1.

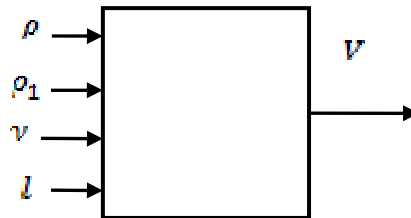


Рис. 1. Параметрична модель процесу осадження.

Завдання мало такі розмірні величини: в'язкість, розмір частинки і швидкість потоку рослинної олії.

Критерійне рівняння отримане у вигляді залежності між числами Рейнольдса, Архімеда і симплексом ψ - коефіцієнт форми частинок, що осідають

в соняшниковій олії.

$$Re = B(\psi Ar)^a \theta^b, \quad (6)$$

де V - швидкість частинок в соняшниковій олії;

l - розмір частинки;

ν - в'язкість соняшникової олії;

ρ і ρ_1 - щільність частинки і соняшникової олії;

θ - безрозмірна температура.

3. Методика моделювання продуктивності апарату. Параметрична модель продуктивності установки представлена на рис. 2.

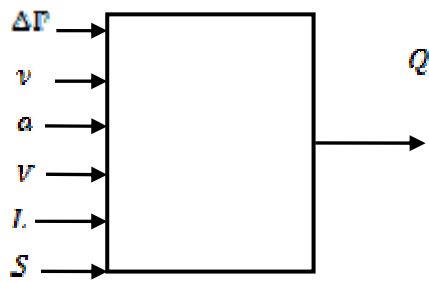


Рис. 2. Параметрична модель установки для гідратації соняшникової олії.

Ключовим питанням продуктивності є визначення кількості енергії, яка вводить в апарат. Показним буде тут число Ейлера.

У завданні розмірними величинами були в'язкість, температура, тиск, продуктивність і розмір патрубку. Критерійне рівняння отримане у вигляді залежності між числами Рейнольдса, Ейлера і Прандтля.

$$Eu = A Re^{\alpha} Pr^{\beta}, \quad (7)$$

де ΔP - тиск соняшникової олії на вході в коагулятор;

ν - в'язкість соняшникової олії;

a - температуропровідність, відповідна температурі соняшникової олії;

V - швидкість, відповідна продуктивності установки для гідратації;

характерний розмір числа Re - розмір патрубка.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

При моделюванні процесу осадження, параметри B і a знаходяться методом найменших квадратів після заміни змінних $f = \ln Re$, $x = \ln(\nu Ar)$, що приводить до лінійної функції однією змінною [3]

$$f = ax + b, \quad (8)$$

де $b = \ln B$.

Аналогічно моделювання процесу продуктивності установки після заміни змінних приводиться до лінійної функції де є дві змінні

$$\varphi = \alpha y + \beta z + c, \quad (9)$$

де $c = \ln a$.

По таблиці значень $f_i = f(x_i)$ отримаємо

$$\begin{cases} (\sum_{i=1}^{15} x_i^2) a + (\sum_{i=1}^{15} x_i) b = \sum_{i=1}^{15} x_i f_i \\ (\sum_{i=1}^{15} x_i) a + 15b = \sum_{i=1}^{15} f_i \end{cases} \quad (10)$$

Вирішивши цю систему відносно a і b , знаходимо параметри

$$a = \frac{Nb_2 - \delta_1 b_1}{N\delta_2 - \delta_1^2}, \quad (11)$$

$$b = \frac{\delta_2 b_1 - \delta_1 b_2}{N\delta_2 - \delta_1^2}, \quad (12)$$

$$\theta = e^b. \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{де } \delta_1 &= \sum_{i=1}^N x_i; \delta_2 = \sum_{i=1}^N x_i^2; \\ b_1 &= \sum_{i=1}^N f_i; b_2 = \sum_{i=1}^N x_i f_i \end{aligned}$$

ВИСНОВКИ

У початкових задачах процесу гідратації соняшникової олії встановлена узагальнена модель у вигляді багато параметричної системи, вихідними параметрами якої є продуктивність, а вхідними – сукупність чинників, розділених за своїм характером на технологічні, конструктивні і виробничі (умови виробництва). Технологічні і конструктивні чинники, обумовлені особливостями конструкцій гідрататорів, принципами і режимами їх роботи.

Узагальнена модель дозволяє формувати заданий технічними умовами процес протікання гідратації соняшникової олії, коагуляції фосфатидів і інших несприятливих речовин шляхом вибору класу моделей, відповідного системі, що вивчається, з подальшим визначенням виду моделі.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стабников В.Н. Процессы и аппараты пищевых производств. Учебник для студентов высших учебных заведений. / В.Н. Стабников, В.Д. Попов, В.М. Лисянский и др. // – М.: Пищевая пром-сть. –1976. – 664 с.
2. Стабников В.Н. Процессы и аппараты пищевых производств. Учебник для студентов вузов пищевой промышленности. / В.Н. Стабников, В.Д. Попов, В.М. Лисянский // – М.: Агропромиздат. –1985. – 503 с.
3. Гинзбург А.М. Теплофизические характеристики пищевых продуктов и материалов. Справочник. / А.М. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красовская // – М.: Пищевая пром-сть. – 1975. – 223 с.
4. Алабужев П.М. Теория подобия и размерностей. Моделирование. // П.М. Алабужев, В.Т. Геронимус, Л.М. Минкевич // – М.: Высшая школа, 1968. – 208 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ

В.П. Гальцев, В.Б. Сеник.

Резюме

Проведенно исследования процесса производительности установки для гидратации растительного масла, и процесса осаджения фосфатидов с помощью методов теории подобия.

APPLICATION OF METHODS OF THE THEORY OF SIMILARITY FOR RESEARCH PROCESSES

V.P.Galtsev, V.B.Senik.

Summary

Provedenno researches of process of productivity of installation for vegetable oil hydration, and process osadzhenija fosfatidov by means of methods of the theory of similarity.