

УДК 664.061.4:084

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗОВНІШНЬОГО МАСООБМІНУ В УМОВАХ ВІБРОЕКСТРАГУВАННЯ ІЗ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Зав'ялов В.Л., канд. техн. наук, доцент, Малежик І.Ф., д-р техн. наук, професор
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Наведені результати досліджень зовнішнього масообміну з використанням модельних зразків, що мають дифузійний тип розчинення, в умовах віброекстрагування. Отримана математична модель оцінювання масовіддачі для екстракційних процесів.

The results of the external mass transfer studies using model samples of diffusion type solution in vibroextraction. The mathematical model for evaluating mass transfer extraction processes.

Ключові слова: віброекстрагування, цільовий компонент, масовіддача, модельний зразок.

Конструювання екстракційної апаратури завжди було пов'язано з пошуком нових способів та форм забезпечення ефективної взаємодії фаз, що визначаються гідродинамікою, створеною робочими елементами апарата. Незважаючи на різноманітніше коло задач окремих стадій проектування, існують загальні підходи та критерії, щодо визначення процесної ефективності спроектованого апарата. До таких в першу чергу слід віднести масообмінні характеристики, які використовуються системно на всіх етапах проектування екстракторів: визначення робочого об'єму апарата, потужності привода, конструкції робочих перемішувальних та інколи, одночасно і транспортувальних пристроїв, що задають певну структуру робочого потоку в апараті.

У зв'язку з цим нами висунута актуальна задача розроблення нових експериментальних експрес-методів визначення масообмінних характеристик екстракційної апаратури різних модифікацій. З нашої точки зору на увагу заслуговує метод, що використовує процес взаємодії системи суцільних твердих тіл з рідиною. Наприклад, розчинення по дифузійному типу солей у рідкому середовищі (без виділення твердої або газової фази та хімічних перетворень). Результати цього метода враховуватимуть лише зовнішній масообмін, ефективність якого забезпечує досконалість конструкції екстрактора та його окремих елементів, і не враховує внутрішнє дифузійне переміщення цільового компонента в середині твердої фази, що визначається технологічними умовами ведення процесу (температурою, розміром часток та їх пружністю, гідромодулем процесу тощо).

Дослідження виконувались з використанням модельних зразків сірчаноокислого алюмінію визначеної циліндричної форми (діаметром 14 мм і висотою 22 мм) із захищеними від розчинення спеціальним покриттям торцями за методикою викладеною в [1] на лабораторних віброекстракторах періодичної та неперервної дії.

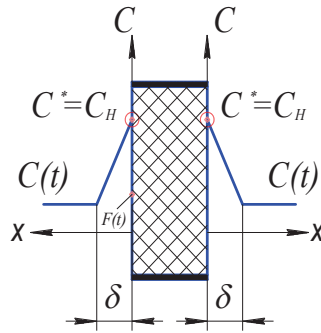
Для періодичного та неперервного процесу в якості екстрагенту використовувалась вода з мережі при температурі 20 °С, фіксований час розчинення в ній дослідних зразків, з визначеною масою до та після розчинення складав 60с. Слід зазначити, що розчинення хімічно однорідних чистих (індивідуальних) речовин відбувається на зовнішній поверхні, а при екстрагуванні рослинної речовини зовнішня поверхня має нерегулярну структуру часток і поглиблюється в їх внутрішні шари. Зрозуміло, що оцінка зовнішнього масообміну при екстрагуванні за даною методикою призводить до певних неточностей, але достатніх для практичного використання при конструюванні та оптимізації процесу. Швидкість розчинення хімічно однорідної речовини залежить від опору дифузійного підведення до поверхні розділення фаз розчинника, розчинення речовини на поверхні та відведення її від поверхні в об'єм розчинника [6]. Розподілення концентрації біля поверхні розчинення коментується схемою рис. 1. Оскільки в даному випадку остання стадія є лімітуючою, то концентрація речовини на поверхні буде концентрацією насичення і коефіцієнт масовіддачі практично дорівнюватиме коефіцієнту швидкості розчинення зразка K_m , що визначається з основного диференціального рівняння масопередачі:

$$dm = K_m F(t)(C_H - C(t))dt, \quad (1)$$

де m — маса речовини, що розчиняється; C_H ,

$C(t)$ — відповідно концентрація насичення речовини в приграничному шарі зразка та її поточне значення в основній масі розчинника;

$F(t)$ — поверхня розчинення зразка; t — поточний час розчинення.



$F(t)$ – змінна поверхня розчинення;
 $C(t)$ – поточна концентрація речовини в основному (робочому) потоці; C^* ,
 C_H – відповідно рівноважна та концентрація насичення речовини на поверхні;
 δ – товщина дифузійного шару

Рис. 1 – Схема розподілення концентрації розчинюваної речовини біля поверхні дослідного зразка

Умовою розчинення дослідного зразка сірчаноокислого алюмінію прийнято випадок, коли його початкова маса G_0 перевищує поточну рівноважну масу речовини n^* , тобто $G_0 > n^*$, або $G_0 > C^* \cdot V$.

З цією метою виконаємо відповідні перетворення рівняння (21) в [1], що описує зміну маси зразка за час процесу:

$$\begin{cases} \frac{dm(t)}{dt} = \alpha \sqrt{a - m(t)}(b - m(t)), \\ m(t_0) = 0, \end{cases} \quad (2)$$

де $\alpha = \frac{K_m F_0}{V \sqrt{G_0}}$; $a = G_0 - \frac{\theta}{2}$; $b = m^*$.

Для розв'язання рівняння (2) використаємо метод розділення змінних.

У результаті математичних перетворень одержимо рівняння для визначення коефіцієнта масовіддачі:

$$K_m = \frac{V \cdot \sqrt{G_0} \cdot \ln \left(\frac{(\sqrt{G(t)} + P_0)(P_1 - P_0)}{(\sqrt{G(t)} - P_0)(P_1 + P_0)} \right)}{F_0 \cdot P_0 (t - t_0)} \quad (3)$$

де V — робочий об'єм апарата;

$\theta/2$ – маса зразка, що розчинилася під час його переміщення від моменту контакту із поверхнею екстрагента до заданої робочої точки (зміна маси за час Δt занурення);

t_0 – час відліку процесу розчинення зразка;

$Gv(t)$ – виміряна маса зразка, евакуйованого з екстрактора в момент часу t ; $P_0 = \sqrt{G_0 - C^* \cdot V}$;
 $P_1 = \sqrt{G_0 - \frac{\theta}{2}}$.

За даними дослідів встановлювалась залежність коефіцієнта розчинення K_m від ефективного критерія Рейнольдса, що враховує гідродинамічний режим обтікання досліджуємої речовини в об'ємі апарата:

$$K_m = f(Re_e)$$

Критерій Рейнольдса визначався за рівнянням:

$$Re_e = \frac{w_i d_e}{\nu_n},$$

де $w_i = w_0 \bar{\eta}$ – середньо інтегральна по об'єму апарата швидкість пульсуючих потоків, що генеруються віброперемішувальним пристроєм;

d_e – еквівалентний діаметр зразка, що розчинюється;

v_n – кінематична в'язкість пограничної плівки на поверхні розчинення;

$w_0 = 2Af \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon}$ – початкова за період коливань швидкість пульсуючих потоків;

ε – живого перерізу апарата в зоні встановлення віброуючого перемішувального пристрою;

A, f – відповідно амплітуда та частота коливань системи віброперемішування;

$\bar{\eta} = \frac{1}{(1+L/D)^m}$ – коефіцієнт затухання коливань на віддаленні L від джерела для неперервнодіючого віброекстрактора;

$\eta = \frac{1}{(1+R/D)^m}$ – коефіцієнт затухання коливань на відстані R від вісі симетрії віброуючого пристрою для періодичного процесу; D – діаметр апарата;

$m = 2 + 0,5 \cdot 10^6 \mu^2 + gB$ – показник степеню, що враховує характер розповсюдження коливань в системі тверде тіло-рідина;

μ – динамічна в'язкість екстрагента; B – питома навантаження апарата по твердій фазі, кг/м³;

$g = 0,006$ – постійний множник при B [7].

Окремі результати дослідів по встановленню впливу на зовнішній масообмін турбулентних пульсуючих струменів, генерованих переточними елементами вібротранспортувальних пристроїв при неперервному і періодичному екстрагуванні, узагальнені у функціональних координатах лінійними залежностями із змінним кутом нахилу, наведеними, як приклад, на рис. 2.

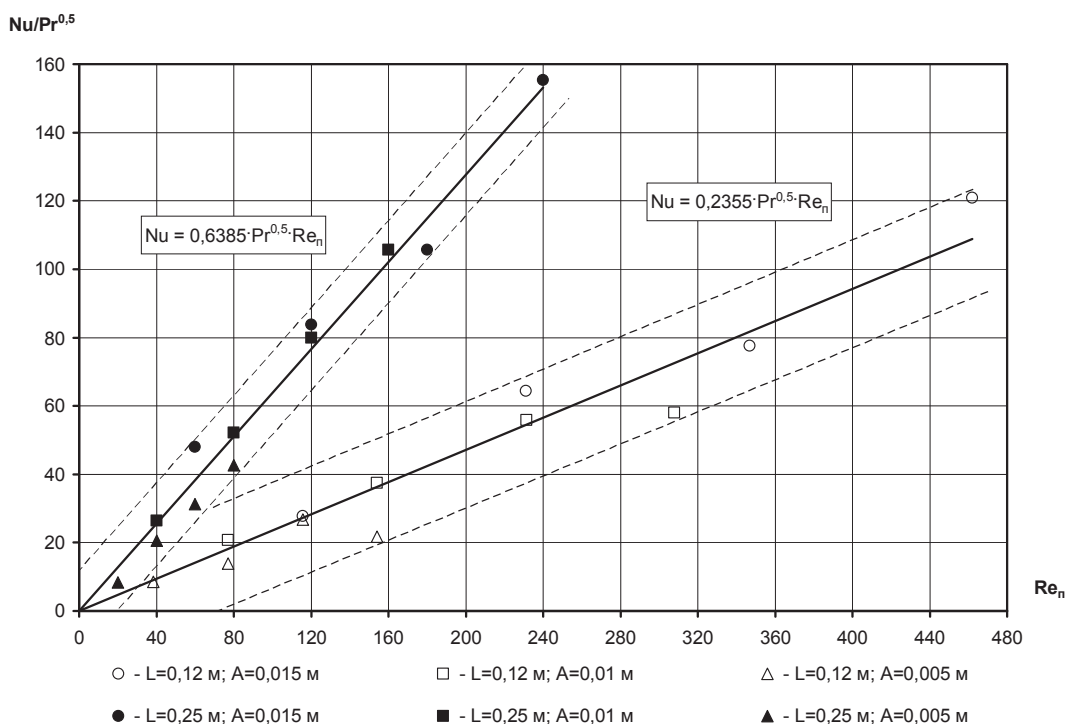


Рис. 3 – Узагальнення результатів досліджень зовнішнього масообміну в умовах періодичного та безперервного віброекстрагування з використанням модельних зразків

Як видно з рисунка, пульсуючі потоки (пряма 1) для періодичного процесу при незначних числах Re мають дещо більшу ефективність дії ніж для неперервного (пряма 2). В цих умовах структура потоку наближається до ідеального перемішування.

Для неперервного процесу картина дещо інакша. Графік (пряма 2) має менший кут нахилу, тому що на певній відстані від транспортувального віброперемішувального присторою відбувається затухання пульсуючих турбулентних струменів, генерованих соплами віброуючої перегородки. Разом з тим, збільшення інтенсивності коливань вібротранспортувальної системи може спричинити поздовжнє перемішування в апараті та порушити умови неперервності процесу.

Висновки.

Результати дослідів показали, що віброекстрактори здатні працювати в режимі інтенсивної знакомінної турбулізації потоку суміші взаємодіючих фаз. Така активізація поверхні веде до різкого зростання рушійної сили та зменшення дифузійного опору процесу. Запропонована методика оцінювання зовнішнього масообміну з використанням модельних зразків може бути поширена для цих цілей на інші типи екстракційної апаратури.

Література

1. Зав'ялов В.Л., Лобок О.П., Попова Н.В., Бодров В.С. Математична модель зовнішнього масообміну періодичного віброекстрагування із рослинної сировини // Наукові праці О НАХТ. - №32. – с. 88-93.
2. Стабніков В.Н., Лобода П.П. Исследование влияния низкочастотных механических колебаний на скорость массоотдачи при растворении твердых тел // Массообменные процессы хим. технологии. Сб. аннотаций. – Ленинград: Химия, 1965. – С. 124 – 126.
3. Пат. 25090 України. Вібраційний екстрактор / В.Л.Зав'ялов, Н.В.Попова. Заявл. 22.03.07; Опубл. 25.07.07 Бюл. №1. – С. .
4. Пат. 27705 України. Вібраційний екстрактор / В.Л.Зав'ялов, В.С.Бодров, Ю.В.Запорожець; опубл. 12.11.07, Бюл. №18. – С. .
5. Зав'ялов В.Л., Запорожець Ю.В., Лобок О.П. Дослідження структури реальних потоків в екстракторі колонного типу вібраційного системного розділення фаз // Наук. праці ОНАХТ. – 2008. - №32. – С. 93-97.
6. Массообменные процессы химической технологии (системы с дисперсной твердой фазой / П.Г.Романков, В.Ф.Фролов. – Л.: Химия, 1990. – С.92.
7. Стратиенко О.В., Лобода П.П., Лысянский В.М. Влияние низкочастотных механических колебаний на экстракцию сахара из свекличной стружки. – Изв. ВУЗов, Пищевая технология, 1970, №5, с. 88 – 92.

УДК 664.834.2

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ «СИСТЕМНОЙ ВОДЫ» МЕТОДАМИ ДИЭЛЬКОМЕТРИИ

Потапов В.А., д-р техн. наук, профессор,

Цуркан Н.М., канд. техн. наук, доцент, Шевченко С.А., аспирант

Харьковский государственный университет питания и торговли, г. Харьков

Рассмотрен вопрос определения состояния воды во влагосодержащем модельном материале на основе измерений диэлектрической проницаемости для различных значений его влагосодержания.

The question of determining the state of water in water-containing model material is considered on the basis of measurements of the dielectric constant for different values of its moisture content.

Ключевые слова: термодинамическая система, системная вода, диэлектрометрические измерения, диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь.

Данная работа выполнена в рамках госбюджетной темы № 0108U001333 «Исследование состояния и структуры воды в пищевых продуктах методами ЯМР и ЭПР-спектроскопии» кафедры энергетики и физики Харьковского государственного университета питания и торговли.

Не смотря на значительное количество научных работ, сегодня нет единой теории, как относительно структурной модели «объемной» или «обычной» воды, так и ее взаимодействия с другими веществами. Это взаимодействие может быть исследовано только при объединении двух методов: термодинамическо-