

УДК 66.061.34

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM FOR CALCULATING THE ELECTROMAGNETIC EXTRACTOR INTENSIFIER

V. Bandura, L. Kolyanovska
Vinnitsia National Agrarian University

Key words:

Electromagnetic intensifiers
Algorithm calculation
Extraction
To rape
Soybeans

ABSTRACT

Been developed and generalized algorithm extractor with microwave intensifiers. This was done by calculating the kinetic mass transfer coefficients. Obtained criterion equations for the conditions studied extraction of soybean and to rape solvents hexane and ethanol. Mathematical model was compiled and summarized the algorithm of thermal processes. There have been calculations of various designs of microwave extractors and developed dimension-row.

Article history:

Received 01.06.2013
Received in revised form
15.06.2013
Accepted 08.08.2013

Corresponding author:

L. Kolyanovska
E-mail:
kolyanovska@mail.ru

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ ЕКСТРАКТОРА З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ІНТЕНСИФІКАТОРОМ

В.М. Бандура, Л.М. Коляновська
Вінницький національний аграрний університет

Завданням даної статті є розробка та узагальнення алгоритму екстрактора з мікрохвильовим інтенсифікатором на основі розрахунку кінетичних коефіцієнтів переносу та отриманих критеріальних рівнянь для умов екстрагування досліджуваних культур сої і ріпаку з розчинниками етиловим спиртом і гексаном. А також складання математичної моделі та узагальнення алгоритму теплових процесів. Також були проведені розрахунки різних конструкцій мікрохвильових екстракторів з розробкою їх типорозмірного ряду.

Ключові слова: електромагнітний інтенсифікатор, алгоритм розрахунку, екстрагування, ріпак, соя.

Існує декілька способів розрахунку екстрактора. Основним вважається метод Г.А. Аксельруда [1], в якому запропонований розрахунок процесу екстрагування, що дозволяє досить точно враховувати масопередачу. Цей метод широко використовується в хімії, де мінеральна сировина мало змінює свої основні фізичні властивості в процесі екстрагування. Харчова сировина в процесі екстрагування

суттєво змінює свою структуру, тому необхідні нові підходи для розрахунку, в першу чергу, інтенсивності масовіддачі в умовах комбінованої дії імпульсного мікрохвильового опромінення. В монографії [2] описана методика для системи «кава-вода», що враховує специфіку масоперенесення під дією НВЧ. В зазначеній роботі, розроблено розрахунок, основною ланкою якого є критеріальне рівняння, отримане згідно теорії подібності та методу аналізу розмірностей шляхом експериментального моделювання.

Завданням даної статті є розробка та узагальнення алгоритму екстрактора з мікрохвильовим інтенсифікатором на основі виведених критеріальних рівнянь для умов екстрагування досліджуваних культур сої та ріпаку із розчинниками етиловим спиртом та гексаном, що висвітлені в роботі [3]. А також складання математичної моделі та узагальнення алгоритму теплових процесів.

Метою інженерного розрахунку є визначення основних конструктивних параметрів апарату заданої продуктивності при рекомендованих режимних параметрах. До конструктивних параметрів належать геометричні розміри апарата і кількість НВЧ випромінювачів. До режимних можна віднести гідромодуль, і потужність випромінювача.

Інженерний розрахунок складається з проектного та перевірного. При проектному розрахунку для заданого продукту і розчинника вибирали значення гідромодуля і час проведення процесу. Потім визначали кількість сировини і розчинника, та необхідний обсяг екстрактора. За прийнятою величиною питомої потужності НВЧ інтенсифікатора, визначали загальну потужність і кількість випромінювачів. З умови матеріального балансу визначали кінцеву концентрацію екстракту.

Отримані конструктивні параметри є вихідними даними для перевірного розрахунку апарату при якому уточнюється час проведення процесу і відповідно продуктивність апарату. Якщо отримана продуктивність не задовольняє завдання, то уточнюються розміри апарата і потужність НВЧ випромінювачів. Узагальнена структура алгоритму розрахунку представлена на рисунку 1.

Для реалізації запропонованого алгоритму була розроблена математична модель масообмінних процесів у екстракторі з НВЧ випромінювачем. Крім того, на основі розробленої моделі була проведена серія експериментів для визначення раціональних значень режимних параметрів установки, рекомендованих для проектного розрахунку. В основу побудови моделі екстрагування закладений розрахунок кінетичних коефіцієнтів перенесення за визначеними експериментально залежностями, які було описано і розраховано в статті [3].

Блок-схема розрахунку кінетики масоперенесення представлена на рисунку 2.

Крім того, важливим фактором, що впливає на параметри установки є динаміка зміни температури екстрагента. Тому окремою складовою процесу моделювання екстрактора, є розробка моделі для розрахунку теплових процесів у екстракторі. Завданням розрахунку теплових процесів є визначення динаміки нагріву продукту до температури кипіння при різних початкових і граничних умовах. Виходячи з мети моделювання, вихідною змінною є поточна температура продукту t .



Рис. 1. Узагальнений алгоритм розрахунку

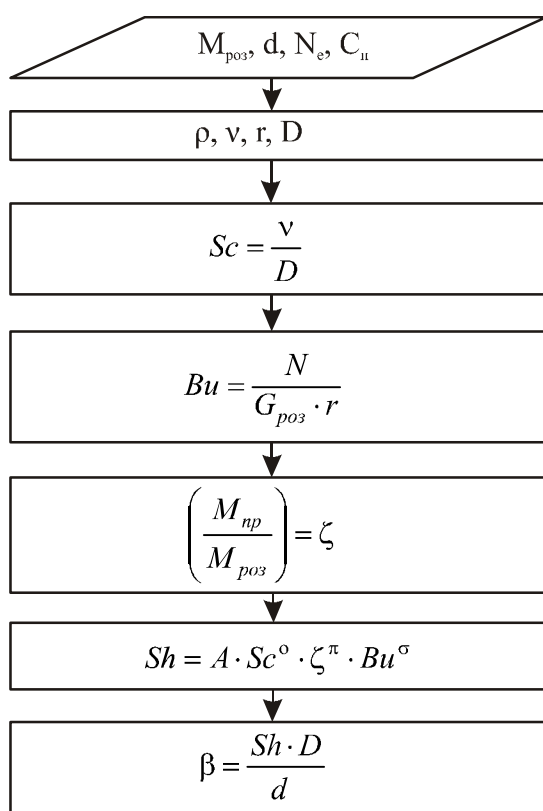


Рис. 2. Блок-схема розрахунку кінетики масоперенесення (БС КМП)

Вхідними змінними, що впливають на вихідні у розрахунку теплових процесів є:

- кількість сировини, ($M_{\text{прод}}$, кг);
- гідромодуль, (ζ);
- початкова температура продукту, (t_0 , °C);
- температура кипіння продукту, (t_k , °C);
- температура навколишнього середовища, (t_c , °C);
- потужність НВЧ випромінювача, (N , Вт);
- коефіцієнт використання енергії НВЧ випромінювача, (η);
- геометричні розміри апарата: висота (H_a , м) і діаметр (d_a , м);
- коефіцієнт теплопровідності теплової ізоляції, (λ , Вт/м·К);
- час проведення процесу, (τ , с).

Зв'язки між вхідними і вихідними параметрами моделі представлені у вигляді рівнянь:

Поточна температура продукту визначали як:

$$t = t_0 + \int_0^{\tau} \frac{N \cdot \eta - Q_p(t_{st})}{M_{\text{роз}} \cdot c_{\text{роз}} + M_{\text{прод}} \cdot c_{\text{прод}}(t)} d\tau \quad (1)$$

де $Q_p(t_{st})$ — втрати теплоти від корпусу установки при температурі стінки t_{st} , $c_{\text{прод}}$ — теплоємність сировини, $c_{\text{роз}}$ — теплоємність розчинника, $M_{\text{роз}}$ — витрата екстрагенту.

$$M_{\text{роз}} = M_{\text{прод}} \zeta \quad (1.1)$$

Втрати теплоти від корпусу установки визначали наступним чином:

$$Q_p(t_{st}) = (9,76 + 0,07(t_{st} - t_c)) F_s (t_{st} - t_c) \quad (2)$$

де F_s — площа поверхні установки, яку визначали так:

$$F_s = \pi d_a H_a + 2 \left(\frac{\pi d_a^2}{4} \right) \quad (3)$$

Температуру t_{st} стінки визначали із умов рівноваги теплових потоків:

$$t_{st}(t) = \frac{\frac{t}{R_0} + [9,76 + 0,07(t_{st} - t_c)] t_c}{[9,76 + 0,07(t_{st} - t_c)] + 1/R_0} \quad (4)$$

де R_0 — термічний опір стінки

$$R_0 = \frac{\delta_s}{\lambda_s} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} \quad (5)$$

де δ_s та δ_{iz} — товщина стінки та шару ізоляції; λ_s и λ_{iz} — теплопровідність матеріала стінки та ізоляції.

Визначення методу рішення і складання алгоритму.

Так як рівняння (1) і (4) є рекурсивно заданими функціями, потрібно знайти рішення запропонованих рівнянь методом послідовних наближень. Для цього безперервну функцію (1) представили в дискретному вигляді як задану наступної рекурентної формули:

$$t_{i+1} = t_i + \frac{N\eta - Q_p(t_{st_i})}{M_{\text{роз}} c_{\text{роз}} + M_{\text{прод}} c_{\text{прод}}(t_i)} \Delta\tau \quad (6)$$

де $i \in \left[0, \frac{\tau}{\Delta\tau} \right]$.

Крок за часом $\Delta\tau$ вибирається таким чином, щоб за час $\Delta\tau$ зміни параметрів були настільки незначними, щоб ними можна було б знехтувати і вони могли б вважатися постійними.

Запропоновано алгоритм рішення теплової задачі та блок схему алгоритму (рис. 3).

1. Введення вихідних даних (вхідних параметрів моделі).
2. Визначаємо площу поверхні установки.
3. Визначаємо термічний опір стінки.
4. Встановлюємо величину дискретизації за часом.
5. Встановлюємо поточну температуру продукту, що дорівнює початковій.

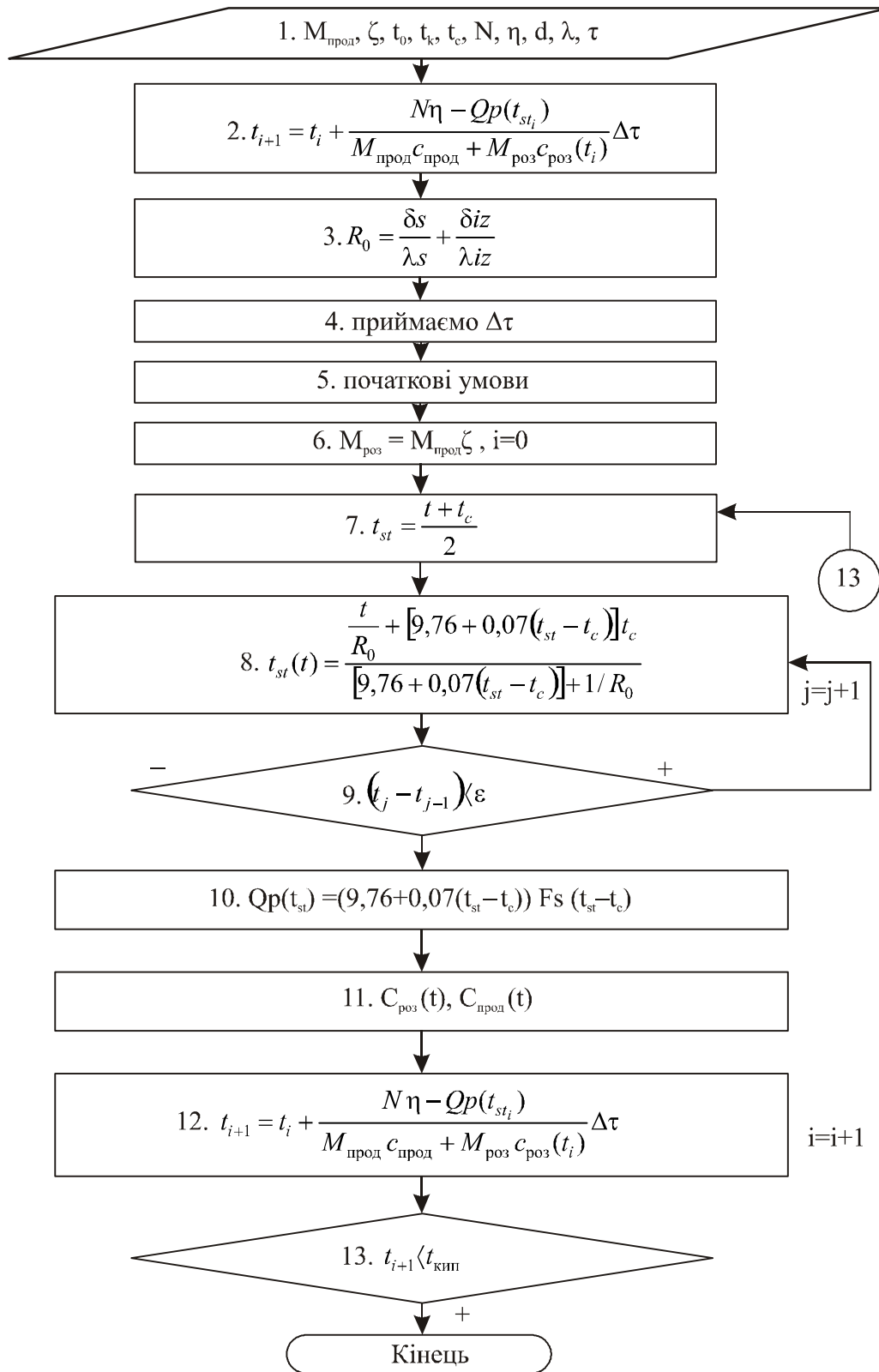


Рис. 3. Блок-схема алгоритму

6. Визначаємо витрату екстрагента за формулою 1.
7. Встановлюємо температуру стінки як середню між температурою продукту і температурою навколишнього середовища.
8. Визначаємо температуру стінки за формулою 4.

9. Повторюємо пункт 7, поки різниця значень температури стінки у двох наступних ітераціях не стане нижчою наперед заданої нев'язки.

10. Визначаємо величину втрат теплоти від корпусу за формулою 2.

11. Визначаємо теплоємність сировини та екстрагента.

12. Визначаємо температуру продукту в наступний момент часу за формулою 6.

13. Якщо отримана температура не досягла температури кипіння, то повторюємо обчислення по пунктах 7 – 12 для наступного моменту часу.

14. Виводимо результати розрахунків у вигляді залежності температури продукту від часу проведення процесу. Розроблений алгоритм реалізовано у системі MATHCAD.

Для перевірки адекватності моделі об'єкту була проведена серія експериментів на напівпромисловому стенді [4], який складається із екстрактора, електромагнітного інтенсифікатора з мікрохвильовим генератором, зворотного холодильника, штуцерів для наповнення твердою та рідкою фазами та датчиками для знімання температури. Досліди проходились при завантаженні 2 – 5 кг, гідромодулі 1:3 – 1:4, потужності 800 – 1200 Вт, час екстрагування 15 – 30 хв.

На рисунку 4 наведені результати порівняння розрахункових (суцільна лінія) та експериментальних (пунктирна лінія) даних.

Середньоквадратична похибка склала 2К. А максимальна відносна похибка обчислень склала 2,4 %.

У відповідності із запропонованим алгоритмом (рис. 3) було проведено розрахунки різних конструкцій мікрохвильових екстракторів та розроблено їх типорозмірний ряд, який представлено в таблиці 1.

Для кожної конструкції камери було визначено режимні параметри, які більш детально буде викладено в наступній статті.

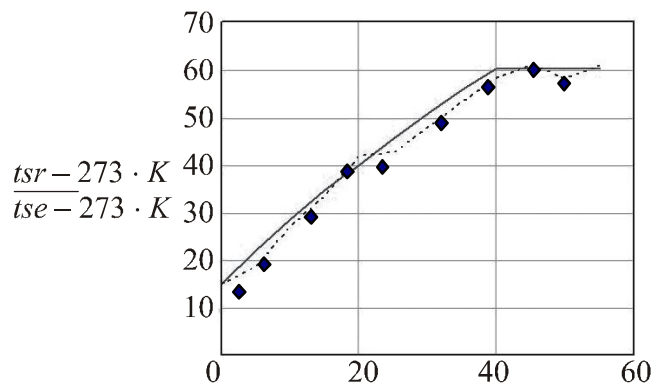


Рис. 4. Порівняння розрахункових і експериментальних даних

Таблиця. Типорозмірний ряд мікрохвильових екстракторів

№ камери	Об'єм камери, л	Довжина камери, м	Ширина камери, м	Висота камери, м	Продуктивність установки (максимальна), кг/год.	Кількість випромінювачів
1	100	0,2	0,2	2,5	23	12
2	100	0,25	0,25	1,6	17	8
3	150	0,2	0,2	3,75	36	19
4	150	0,25	0,25	2,4	25,5	12
5	200	0,25	0,25	3,2	34	16
6	250	0,25	0,25	4	42,5	20

Висновки

Розроблено інженерну методику у вигляді узагальненої структури алгоритму розрахунку. Враховуючи динаміку зміни температури екстрагента, окремою складовою процесу моделювання екстрактора була розробка моделі для розрахунку теплових процесів у екстракторі. Проведено розрахунки різних конструкцій мікрохвильових екстракторів та розроблено їх типорозмірний ряд.

Література

1. Аксельруд Г.А., Лысянский В.М. Экстрагирование. Система твердое тело-жидкость. — Л.: Химия. — 1974. — 256 с.
2. Бурдо О.Г., Ряшко Г.М. Экстрагирование в системе «кофе-вода». Одеса, 2007. — 176 с.
3. Бандура В.М. Обробка експериментальних даних процесу екстрагування рослинних олій мікрохвильовим полем / В.М. Бандура, Л.М. Коляновська // Збірник наукових праць Одеської національної академії харчових технологій. — Одеса: ОНАХТ, 2013. — Вип. 43. — Том 2. — С. 66 – 69.
4. Бандура В.М. Інтенсифікація масоперенесення в екстрагуванні рослинних олій / В.М. Бандура, Л.М. Коляновська // Інтегровані технології та енергозбереження. Щоквартальний науково-практичний журнал — Харків: НТУ «ХПІ», 2013. — №2. — С. 144 – 147.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ЭКСТРАКТОРА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИНТЕНСИФИКАТОРОМ

В.М. Бандура, Л.М. Коляновська

Винницький національний аграрний університет

Задачей данной статьи была разработка и обобщение алгоритма экстрактора с микроволновым интенсификатором на основе расчета кинетических коэффициентов переноса и полученных критериальных уравнений для условий экстрагирования исследуемых культур сои и рапса с растворителями этиловым спиртом и гексаном. А также составление математической модели и обобщения алгоритма тепловых процессов. Также были произведены расчеты различных конструкций микроволновых экстракторов с разработкой их типоразмерного ряда.

Ключевые слова: *электромагнитный интенсификатор, алгоритм расчета, экстрагирование, рапс, соя.*