

УДК 51-74:62-97

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ МАТЕРІАЛУ

Братішко В.В. , к.т.н.,
ННЦ “ІМЕСГ”

Мілько Д.О. , к.т.н.,
Таврійський державний агротехнологічний університет
Тел. (0619) 42-05-70

Анотація - в статті наведено результати теоретичних досліджень процесу очищення матеріалів від домішок та забруднень. Отримано узагальнюючу математичну модель процесу очищення, що характеризує зміну маси матеріалу в процесі очищення та час очищення матеріалу до заданих параметрів якості.

Ключові слова – техніка, технологія, виробництво, продукція, якість, оптимізація.

Постановка проблеми. Дослідження процесів очищення матеріалів з метою обґрунтування раціональних параметрів виконання робочих процесів є актуальною задачею, спрямованою на підвищення ефективності процесів очищення за рахунок скорочення витрат часу та енергії на робочий процес.

Аналіз попередніх досліджень. В результаті досліджень процесу видалення вологи з матеріалу при витискуванні автори [1] прийшли до висновку, що цей процес можна описати показниковою функцією типу:

$$W - W_{\tau} = A + 10^{-B\tau}, \quad (1)$$

де $W - W_{\tau}$ – зміна вологості в процесі видалення, %;

A, B – емпіричні коефіцієнти

τ – час, с.

Залежності такого типу достовірно описують характер виконання робочого процесу, коли інтенсивність зміни визначного показника (у даному випадку – вологості) зменшується із часом.

Проте, недоліком показникової функції (1) є її основа у вигляді числа 10, що може становити деякі незручності при можливих математичних перетвореннях (диференціювання, інтегрування). З огляду на це зручнішою є експоненційна показникова функція з основою e .

Так, автори [2] при аналізі процесу сумішоутворення для опису процесу пропонують використовувати вираз центрального абсолютного моменту статистичної щільності розподілення фізичної щільності компонентів суміші в досліджуваному об'ємі у вигляді:

$$S = p + (S_{max} - p)e^{-kx}, \quad (2)$$

де p , k – деякі постійні, що характеризують процес змішування та залежать від фізико-механічних параметрів компонентів суміші та конструкції змішувача

S_{max} – показник якості змішування, максимальне задане значення центрального абсолютного моменту статистичної щільності розподілення фізичної щільності компонентів суміші в досліджуваному об'ємі;

x – показник загального поточного руху суміші у змішувачі, що характеризує сумарну міру впливу змішувача на компоненти суміші.

Основна частина. Отже, накопичений емпіричний досвід свідчить, що процес очищення багатьох матеріалів від домішок [2], сушіння [3], зневоднення [1], в загальному вигляді можливо описати експоненціальним законом:

$$m = a + be^{-ct}, \quad (3)$$

де m – маса, кг;

a, b, c – коефіцієнти;

t – час, с.

Тобто, інтенсивність очищення – зміна маси матеріалу в процесі виконання робочого процесу – зменшується зі збільшенням часу виконання робочого процесу.

З аналізу залежності (3) видно, що за фізичним змістом коефіціє-

ент a являє собою масу чистого матеріалу, коефіцієнт b – масу домішок, забруднень. Емпіричним коефіцієнтом c , який є складовою залежності (3) і залежить від конкретних умов та параметрів виконання робочого процесу, визначається вплив фізико-механічних властивостей матеріалу, режимів очищення, конструкційних параметрів робочих органів тощо. Причому коефіцієнти a та b мають розмірність у кг, коефіцієнт c у c^{-1} , а співвідношення $k_m = a/(a+b)$ характеризує початковий стан чистоти матеріалу (рис.1).

Очевидно, що з огляду на зниження інтенсивності видалення забруднень з часом виконання робочого процесу за експоненціальним законом, економічно виправданим є обмеження тривалості робочого процесу до моменту досягнення задовільного ступеня очищення матеріалу.

І, якщо прийняти припущення, що при виконанні робочого процесу не відбувається втрат матеріалу, залежність (3) можемо записати у наступному вигляді:

$$m = (a + m_q) + (b - m_q)e^{-ct}, \quad (4)$$

де m_q – допустимий вміст домішок в очищеному матеріалі, $m_q \in [0; b]$, кг.

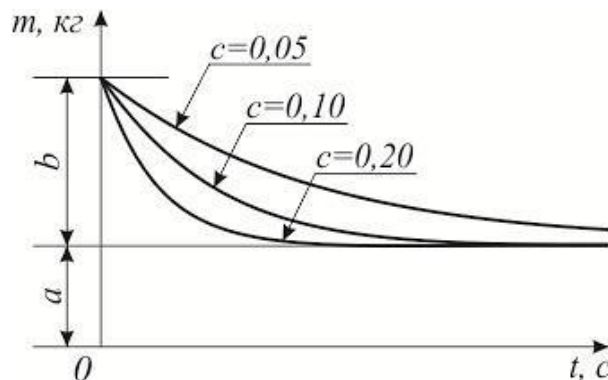


Рис.1. Характер зміни маси матеріалу в процесі очищення в залежності від його тривалості.

Із використанням коефіцієнту якості очищення $k_q = m_q/a$, що за своєю фізичною суттю є відносним вмістом домішок та забруднень у матеріалі, залежність (4) запишеться як:

$$m = a(1 + k_q) + (b - ak_q)e^{-ct}. \quad (5)$$

Залежність (4) графічно відображено на рис. 2.

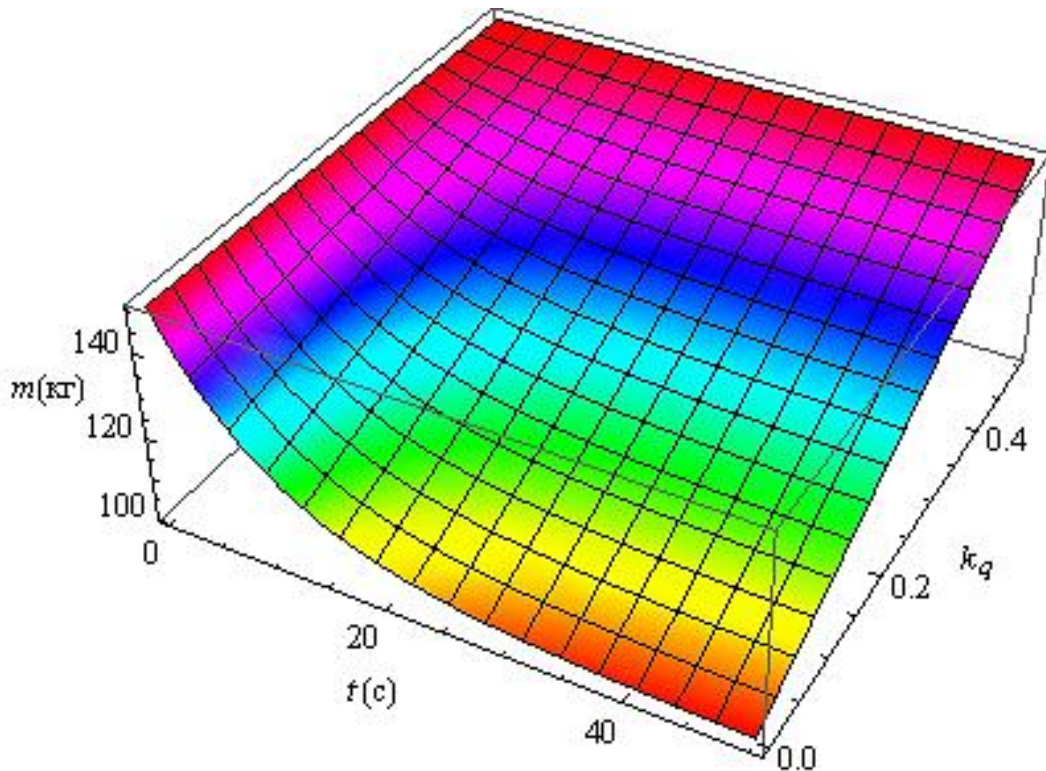


Рис. 2. Характер впливу часу очищення та коефіцієнту якості очищення на зміну масу матеріалу в процесі очищення за умов: $a = 100$ кг, $b = 50$ кг, $c = 0,1$.

Із використанням залежності (5) нескладно записати вираз часу виконання робочого процесу очищення матеріалу до заданої якості:

$$t = \frac{1}{c} \ln \left[\frac{b - ak_q}{m - a(1 + k_q)} \right] \quad (6)$$

Залежність (6) графічно відображено на рис. 3.

Для визначення поточного значення витрат енергії на процес очищення матеріалу із урахуванням заданої якості очищення запишемо вираз енергії A , Дж у загальному вигляді:

$$A = \varepsilon s [a(1 + k_q) + (b - ak_q)e^{-ct}] \quad (7)$$

де ε – прискорення, м/с²;

s – швидкість переміщення робочого органу, м/с.

Вираз витрат енергії (7) можна записати як суму складових:

$$A = \varepsilon sa + \varepsilon sak_q + \varepsilon s(b - ak_q)e^{-ct} \quad (8)$$

Із залежності (8) видно, що складові εsa та εsak_q характеризують витрати енергії на взаємодію робочих органів технічного засобу (зна-

ряддя) із масою умовно очищеного матеріалу з урахуванням допустимого рівня забрудненості.

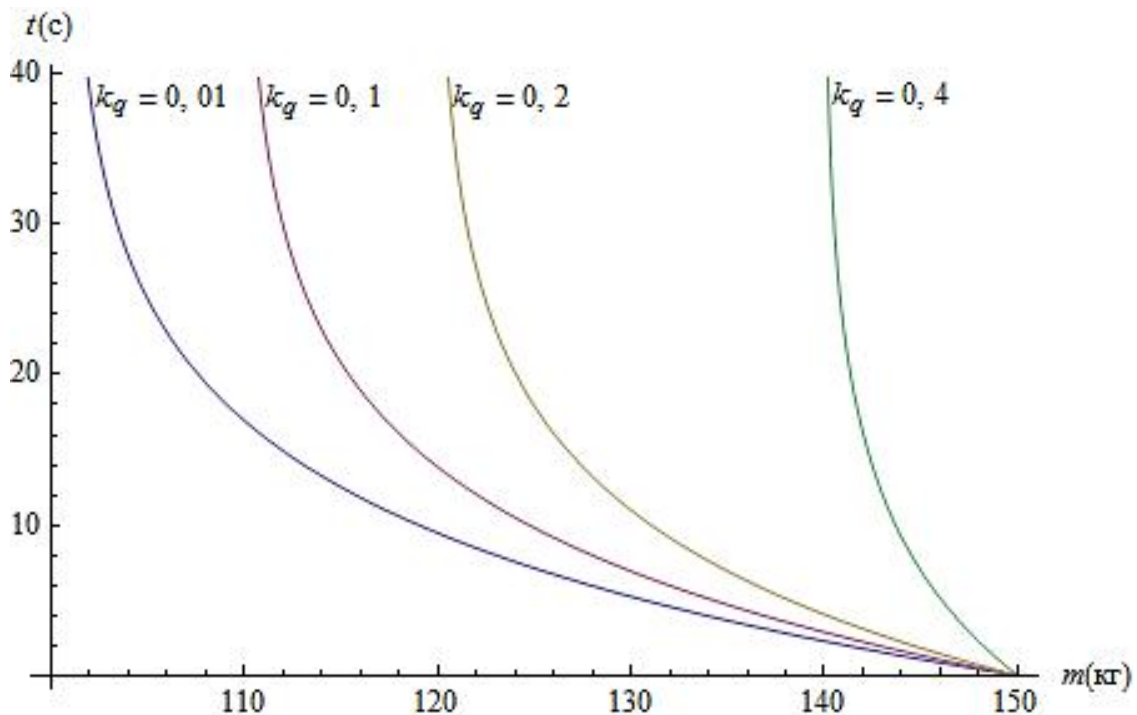


Рис. 3. Характер впливу маси матеріалу на час очищення матеріалу в залежності від коефіцієнту якості очищення за умов: $a = 100$ кг, $b = 50$ кг, $c = 0,1$.

Складова залежності (8) $\varepsilon s (b - ak_q) e^{-ct}$ характеризує зменшення витрат енергії на взаємодію робочих органів технічного засобу (знаряддя) із масою забруднень, яка зменшується в процесі очищення.

Так, наприклад, за умови відсутності забруднень у вихідному матеріалі, тобто при $b=0$ так $k_q=0$, енергія (8) буде витрачатися лише на взаємодію з «чистим» матеріалом:

$$A = \varepsilon s a .$$

З огляду на це після деяких перетворень із залежності (8) можемо записати коефіцієнт, який характеризує зміну рівня витрат енергії в процесі очищення в залежності від поточного рівня забрудненості матеріалу:

$$k_A = \frac{(b - ak_q) e^{-ct}}{a + ak_q + (b - ak_q) e^{-ct}} . \quad (9)$$

Значення коефіцієнту k_A змінюються від 0 до 1 в залежності від ступеню забрудненості матеріалу, причому значенню $k_A = 1$ відповідає умовний стан абсолютної забрудненості матеріалу (вміст забруд-

нень – 100%), а значенню $k_A = 0$ – матеріал без забруднень.

Графічно залежність (9) відображено на рис. 4.

З аналізу залежностей (5) та (9) видно, що інтенсивність видалення забруднень зменшується із зростанням тривалості робочого процесу, що призводить до відповідного збільшення непродуктивних витрат енергії. Це свідчить про перевагу технічних засобів, що працюють на принципах поточності виконання робочого процесу, над порційними за показником питомої енергоємності змішування.

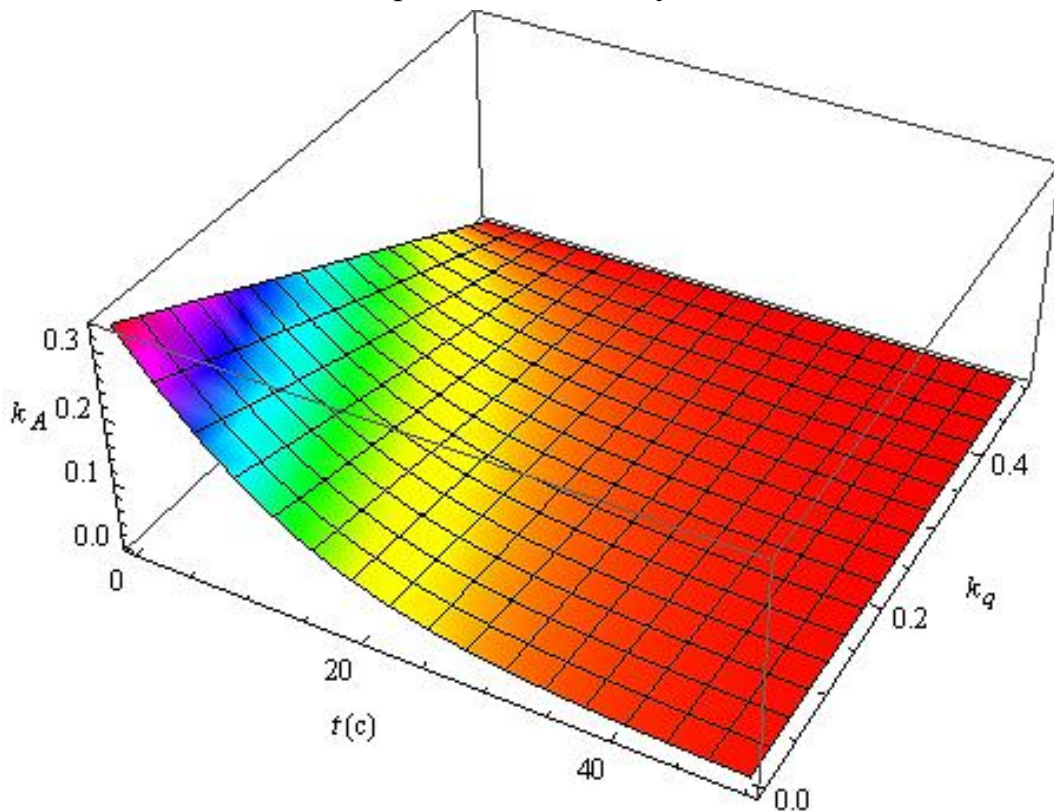


Рис. 4. Характер зміни коефіцієнта рівня витрат енергії на протязі процесу очищення в залежності від коефіцієнту якості очищення за умов $a = 100$ кг, $b = 50$ кг, $c = 0,1$.

Проінтегрував залежність (7) за часом можемо записати вираз сукупних витрат енергії за час виконання робочого процесу:

$$A_S = \varepsilon s \left[at(1 + k_q) - \frac{(b - ak_q)e^{-ct}}{c} \right]. \quad (10)$$

Графічно залежність (10) відображено на рис. 5.

Отже, отримані залежності (5), (6), (7), (9) та (10), які сукупно складають математичну модель процесу очищення матеріалу від за-

бруднень та домішок, дають можливість визначити вплив основних параметрів процесу на зміну маси матеріалу в процесі очищення, час та витрати енергії на очищення з урахуванням заданої якості виконання процесу.

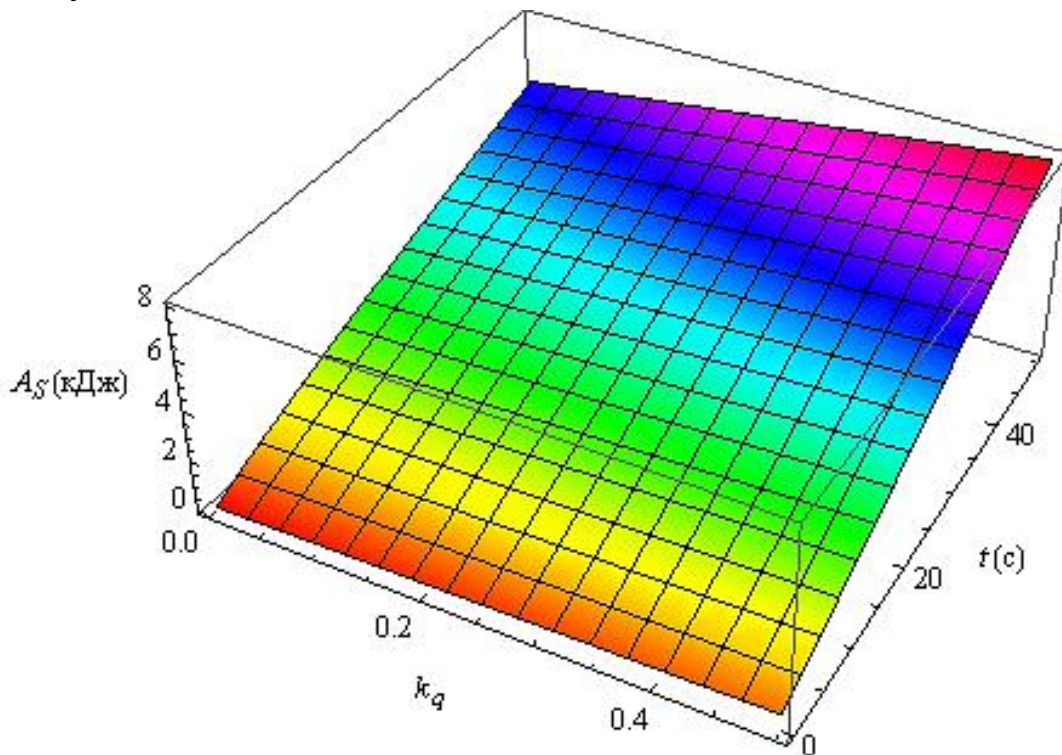


Рис. 5. Сукупні витрати енергії на процес очищення в залежності від часу та коефіцієнту якості очищення за умов $a = 100$ кг, $b = 50$ кг, $c = 0,1$, $s=1$ м, $\varepsilon = 1$ м/с².

Застосування отриманої математичної моделі дозволить підвищити ефективність процесів очищення матеріалів шляхом визначення раціональних значень витрат часу та потужності на очищення заданої маси матеріалу з відомим ступенем забрудненості.

Отримані залежності можуть бути застосовані й для аналізу інших процесів, що мають аналогічний характер, наприклад, сушіння деревини, змішування матеріалів тощо.

Висновки. В результаті досліджень отримана математична модель процесу очищення матеріалу від забруднень та домішок в загальному вигляді, яка дозволяє за заданим показником якості очищення та забрудненням вихідної сировини визначити раціональні значення витрат часу та енергії на процес очищення матеріалу.

Література.

1 Немзер А.Ю., Летин А.С. Расчет и конструирование машин для обезвоживания текстильных материалов. – М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1968. – 78 с.

2 Бунин М. В., Ничке В. В., Кириченко И. Г., Богомолов А. А. Создание и эксплуатация строительных машин при вариационном выборе технических решений. – Киев: УМК ВО, 1992. – 196 с.

ЗРасев А.И. Сушка древесины. Учебник для проф.-техн. училищ. – М.: Высшая школа, 1980. – 181 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ МАТЕРИАЛА

Братишко В.В., Милько Д.О.

Аннотация

Статья посвящена теоретическому анализу процесса очистки материалов от загрязнений и примесей. Получена математическая модель процесса очистки в общем виде.

A MATHEMATICAL MODEL OF THE MATERIAL CLEANING PROCESS

V. Bratishko, D. Milko

Summary

The article presents the results of theoretical investigations of materials cleaning from admixtures and impurities. It was obtained generalized mathematical model of process of characterizing change the mass of material in the process of cleaning and the material cleaning to the specified quality parameters.