

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ОЛІЇ

Медяник В.В.

здобувач вищої освіти ступеня Магістр

Костенко О.М.

д.т.н., професор кафедри безпеки життєдіяльності, професор

Дрожчана О.У.

старший викладач кафедри безпеки життєдіяльності

Полтавський державний аграрний університет

м. Полтава, Україна

Технологічні процеси очищення рослинних сирих і нерафінованих соняшникових олій із застосуванням акустичних і вібраційних систем відносяться до біотехнологій, що забезпечують отримання функціональних харчових продуктів з високим вмістом мікронутрієнтів.

Актуальність теми обумовлена необхідністю підвищення якості і продуктивності очищення сирих і нерафінованих соняшникових олій від первинних і вторинних продуктів окислення при виробництві та регенерації якісних показників при зберіганні.

Метою дослідження є вдосконалення процесу фільтрування сирих і нерафінованих соняшникових олій на основі застосування віброакустичного впливу.

Підвищення ефективності очищення сирих та нерафінованих соняшникових олій за рахунок використання додаткових вібраційних коливань здійснюється за допомогою підвищення швидкості фільтрування внаслідок зниження опору фільтраційної перегородки у функції часу очищення. Зниження опору пояснюється руйнуванням структури осаду, створенням суспензії пульсуючих тисків, що перешкоджають закупорці пор сорбенту. При цьому на сорбент мають накладатися гармонічні вібраційні коливання, нормальні до поверхні фільтрування [2].

Інтенсивність звукової хвилі (середня за часом енергія, що переноситься звуковою хвилею через одиничний майданчик, перпендикулярний до напрямку поширення хвилі в одиницю часу) визначає ефективність ультразвукових коливань.

Для інтенсифікації процесу очищення рослинної олії адсорбцією пропонувалося пропускати очищувальну рідину крізь кристали сорбенту впливом акустичних випромінювачів. Однак, процес загасання хвиль в обсязі рідини негативно позначається на якості очищення, відповідно, вимагає великих витрат часу. Тому прийнято рішення використати додаткові джерела створення коливальних хвиль, що створюють кінематичне збудження середовища. Координата точки, що коливається, в рідкому середовищі визначається за формулою [1]:

$$j = A \sin(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

де A – амплітуда коливань, мм;

ω – кутова частота вібрацій, рад/с; $\omega = 2\pi f$;

t – поточне значення часу, с;

φ – початкова фаза коливань або кут зсуву середнього переміщення шару сорбенту від кінематичного збудження середовища, град.

З рівняння (1) можна визначити швидкість v і прискорення α вібрацій, які є конструктивно-режимними показниками:

$$V = y = A\omega \cos(\omega t + \varphi) = A\omega \sin(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}); \quad (2)$$

$$\alpha = y = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi) = A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi + \alpha\pi). \quad (3)$$

Звідси їх амплітудні значення:

$$V_{max} = A\omega; \quad \alpha_{max} = A\omega^2. \quad (4)$$

Подальшими розрахунками досліджували рух одиничних частинок в оліях. Механічні вібраційні коливальні рухи в олії характеризуються як гармонійні поздовжні, що залежать від швидкості та прискорення переміщення частинок у середовищі з різними показниками щільності, що створюють опір рушійній силі. Механічний коливальний вплив на процес очищення олії здійснювався від пружинного віброзбуджувача. Власна частота додаткових коливань на пружних опорах [1]:

$$f_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{C}{m_0}}, \quad (5)$$

де C – жорсткість пружини, Н/м;

m_0 – маса частин апарату, що піддається вібрації, кг.

Аналіз закономірності розподілу акустичних ультразвукових коливань показав, що мікропотоки під дією сил опору середовища загасають, що веде до зниження ефективності очищення олії та забруднення сорбенту фільтратом. Цей технічний недолік усувається за рахунок створення механічного вібраційного коливального руху. Розрахункова формула коефіцієнта поглинання коливального середовища має вигляд [1]:

$$\alpha = \frac{2\eta f^2 + f_0^2}{3\rho c^3} = \frac{2\eta f^2 + \frac{\alpha}{4\pi^2} \cdot \frac{c}{m_0}}{3\rho c^3}, \quad (6)$$

де η – в'язкість олії, $\eta = 0,0598$ Па · с;

f – частота акустичних коливань, згідно з рекомендаціями [9], приймається $f = 10 f_0$ с⁻¹;

ρ – щільність очищувальної олії, $\rho = 920$ кг/м³;

c – коефіцієнт стисливості олії, $c = 20,5$.

При подальших розрахунках з конструктивних міркувань жорсткість пружини приймалася $c=800$ Н/м, маса елементів збудника та картриджа з сорбентом $m_0=3,5$ кг.

Для встановлення раціональної амплітуди коливань враховували розміри сорбенту, при дослідженнях використовували сорбент у суміші доломіту та опоки з розміром $d_c = 6-10$ мм. Об'єм ємності приймається рівним 25 л. Виходячи з цього встановлена амплітуда коливань $A = 1,5$.

Критерієм Рейнольдса: $R_e = \frac{v d_c}{\nu}$ при кінетичній в'язкості соняшникової олії $\nu=60,6 \cdot 10^{-6}$ м²/с при температурі середовища 20...30° С встановлений ламінарний характер обтікання частинок сорбенту очищувальною олією. Ця обставина підтверджує гіпотезу про більш ретельне проникненні олії в пори сорбенту.

Ефективність очищення олії від твердих частинок при її проходженні крізь фільтраційну перегородку залежить від маси та розмірів сорбенту. Виходячи з цього

і прийнявши коефіцієнт опору середовища сорбенту $P_c=1500\text{кг/м}^2$ отримали необхідну масу сорбенту, що забезпечує високу ефективність очищення:

$$m_c = \varepsilon V P_c, \quad (7)$$

Конструктивні розміри картриджа з сорбентом прийняті із співвідношення його висоти до діаметру $\frac{h_k}{d_k} = 1$:

$$\frac{\pi d_k^2}{4} h_k = V. \quad (8)$$

Із виразу (8) значення діаметра та висоти картриджа:

$$d_k = \sqrt[3]{\frac{2V}{\pi}}; \quad h_k = 2d_k. \quad (9)$$

Для забезпечення основної умови фільтрації встановлено величину перепаду тиску в матеріалі сорбенту:

$$\Delta P_c = \varepsilon \frac{l}{d_n} \frac{v^2 \rho}{2}, \quad (10)$$

де l - довжина пори сорбенту, приймається $l=2h_k$, мм;

d_n - діаметр пори сорбенту, $d_n = 0,2$ мм;

ε - опір середовища вібраційним впливам.

Розрахунками встановлено, що за кімнатної температури перепад тиску становить 745 Па, а при нагріванні до 30 °С він досягає 903 Па.

Важливим конструктивно-технологічним параметром при очищенні олії є сила опору середовища поширенню коливальних рухів [1]:

$$F_c = \Delta P_c S, \quad (11)$$

де S - площа опору поперечного шару картриджа, м²:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \varepsilon. \quad (12)$$

Для завершення конструктивних розрахунків апарату для очищення олії визначений привід вібробуджувача:

$$F_a = \frac{m_c(\omega_0^2 - \omega^2)A}{\cos \varphi}, \quad (13)$$

де m_c - наведена сумарна маса системи, кг; $m_c = 22,5$ кг;

$\omega_0=2\pi f_0$ - кутова частота власних коливань, рад/с;

$\omega = 2\pi f$ - кутова частота вібрацій, рад/с;

φ - кут зсуву середнього переміщення шару від фази вимушеної сили,

$\varphi \approx 160^\circ$.

Статичний момент маси дебалансу щодо осі його обертання визначається за формулою:

$$K = \frac{F_a}{\omega^2}. \quad (14)$$

Дані розрахунків зведені в таблицю 1.

Таблиця 1 – Конструктивні параметри для очищення олії

Параметр	Розрахункові значення
Частота вібраційних коливань f_o , c^{-1}	1,53
Частота акустичних коливань f , c^{-1}	15
Коефіцієнт поглинання акустичних хвиль середовищем α	4,24
Швидкість вібраційних коливань V , мм/с	15
Прискорення вібраційних коливань a , мм/с ²	225
Опір середовища вібраційним коливанням ε	16
Діаметр картриджа d_k , м	0,21
Висота картриджа h_k , м	0,44
Перепад тиску в шарі картриджа ΔP , Па	745
Сила опору середовища F_c , Н	16,8
Площа поперечного шару картриджа S , м ²	0,023
Вимушена сила, що розвивається дебалансом F_a , Н	227
Статистичний момент маси дебаланса, Н·м	0,38
Потужність приводу вібробудувача N , Вт	30

Отже, в результаті досліджень встановлені раціональні конструктивні параметри для очищення олії.

Список використаних джерел

1. Берник П.С., Стоцько З.А., Паламарчук І.П., Яськов В.В., Зозуляк І.А. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: навч. посіб. Львів: Нац. ун-т «Львів. Політехніка». 2004. 335с.
2. Осейко М. І. Технологія рослинних олій: підручник. Київ: Варта, 2006.280с.