

**DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-4**

УДК 665.3:621.928.3

В. В. Дідур¹, д-р техн. наук

ORCID: 0000-0001-7584-5073

І. А. Лещенко, PhD

ORCID: 0000-0002-0937-6739

О. В. В'юник², ст. викладач

ORCID: 0000-0002-6413-5567

¹ Уманський національний університет садівництва² Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

e-mail: olga.viunyk@tsatu.edu.ua, тел: +380987240967

ПРОБЛЕМИ ОЧИЩЕННЯ РОСЛИННИХ ОЛІЙ

Анотація. Аналізуються способи очищення рослинних олій центрифугуванням. Показано, що сепарування не забезпечує повне очищення, оскільки існує межа центрифугування. Використання вертикальних центрифуг, що фільтрують, з цеолітовою фільтрувальною перегородкою дозволяє забезпечити якісне очищення рослинних олій в умовах сільськогосподарських підприємств з мінімальними експлуатаційними витратами. Наводяться формула продуктивності центрифуги та підсумкові результати аналізу адекватності математичних моделей та експериментальних даних процесу очищення рослинних олій на експериментальній фільтруючій центрифугі з цеолітовою фільтрувальною перегородкою. Отримані результати дозволяють використовувати математичну модель робочого процесу відцентрової фільтрації при обґрунтуванні конструктивних параметрів кінцевих проєктованих фільтруючих центрифуг.

Ключові слова: рослинні олії, очищення, види, центрифугування, математична модель, оптимальні характеристики, адекватність.

Постановка проблеми. Виробництво рослинних олій безпосередньо у виробника дозволяє підвищити рентабельність виробництва за рахунок зниження витрат на транспортування сировини та одержуваної продукції. Однак відсутність малогабаритного обладнання, пристосованого для умов сільськогосподарських виробників за незначних обсягів виробництва, стримується відсутністю обладнання для тонкого очищення олій.

Аналіз останніх досліджень. Олію з насіння олійних культур для умов сільськогосподарських підприємств доцільно видобувати механічним способом, в основі якого лежить пресування подрібненої сировини (при цьому окрім олії отримують макуху) [1, 2].

На малюнку 1 наведено схему отримання рослинних олій після попереднього знежирення методом пресування (форпресування).

За літературними джерелами [1, 3] рослинна олія, отримана пресовим методом, викликає особливий інтерес завдяки великій кількості в ній вітамінів та біологічно активних речовин. Олія холодного пресування зберігає натуральні смак і запах, але вона виходить каламутною через білкові та слизові речовини, що перейшли з олійної сировини, і, як правило, проходить фільтрування.

Найбільший ефект при переробці культур, олійність яких сягає 50%, забезпечує дворазове пресування: попереднє пресування на пресах безперервної дії (форпресах) під малим тиском з віджиманням лише частини олії (60...85%) та вторинне пресування на шнекових пресах – експеллерах [1, 3-12].

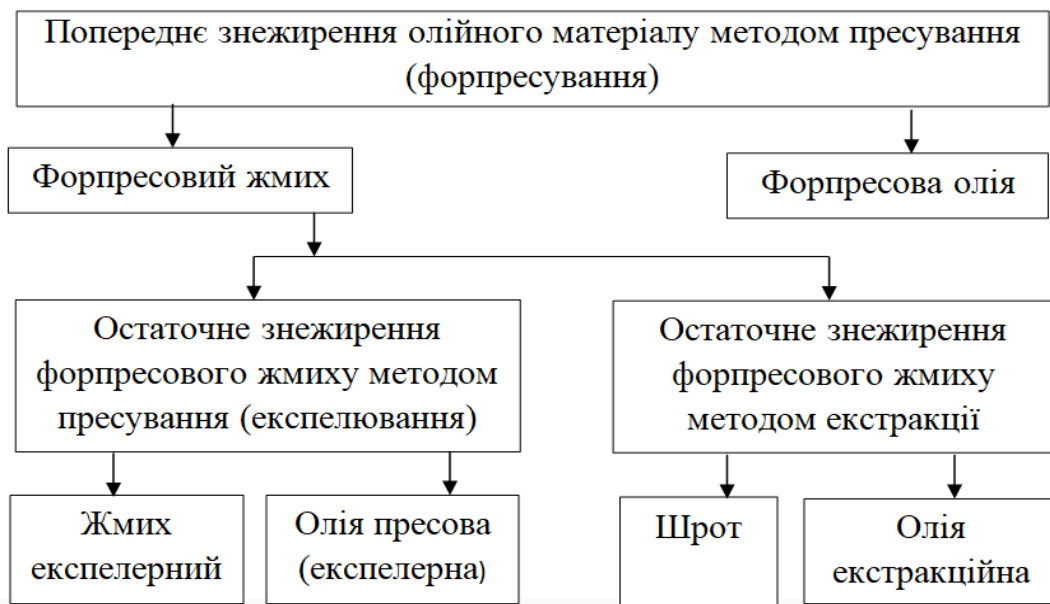


Рис. 1. Схема отримання рослинних олій методом пресування

Методи поділу суспензій (очищення) поділяються залежно від того, яка фаза рухається щодо іншої (рис. 2).

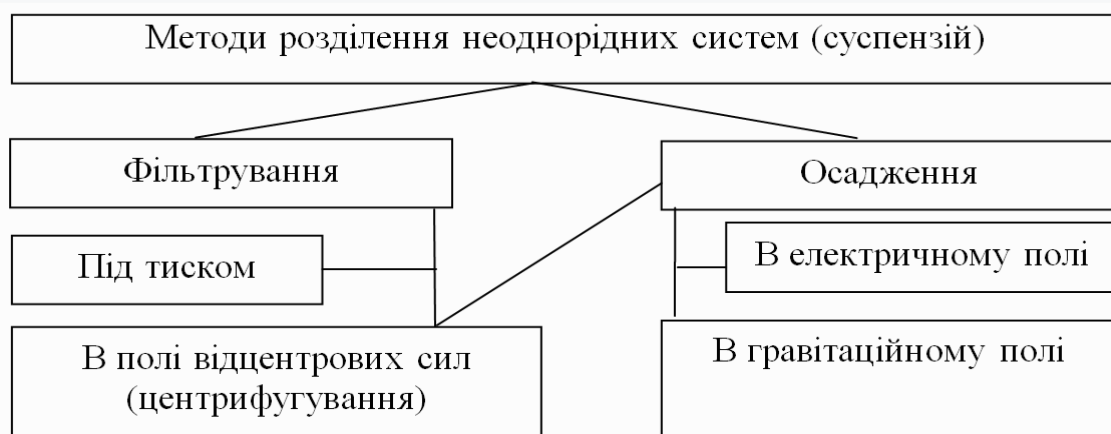


Рис. 2. Класифікація методів поділу неоднорідних систем



У процесі осадження частки рухаються щодо суцільного середовища. При фільтруванні дисперсійна фаза проходить через концентровану дисперсну фазу [9-13].

З досліджень [14-16] випливає, що при центрифугуванні з неоднорідних систем видаляються як зважені домішки, так і вода.

Формулювання цілей статті. Метою дослідження є визначення таких показників: продуктивність за певного ступеня очищення, залежність показників якості очищення від конструктивно-кінематичних параметрів центрифуги, технологічних властивостей «сирої» олії та параметрів фільтрувальної перегородки.

Основна частина. Застосування фільтруючих центрифуг з фільтрувальною перегородкою з цеоліту відповідно до нашої гіпотези дозволить витягувати практично всі види домішок [17, 18].

Про переваги і недоліки центрифуг можна судити за фактором поділу та індексу продуктивності, у конічних центрифугах середній індекс продуктивності більший у 2,7...3 рази порівняно з циліндричними.

Для центрифуг, призначених для очищення рослинних олій, важливими показниками є: продуктивність за певного ступеня очищення, залежність показників якості очищення від конструктивно-кінематичних параметрів центрифуги, технологічних властивостей «сирої» олії та параметрів фільтрувальної перегородки.

Використання сепараторів для очищення олії не дозволяє повністю видалити механічні домішки. Для сепараторів із центральною подачею рідини граничний розмір частки

$$d_1 = \sqrt{\frac{27I\mu}{\pi\omega^2 z \operatorname{tg} \alpha (R_a^3 - R_i^3)^2 (\rho_o - \rho_e)}}, \quad (1)$$

де ρ_o – щільність рідини, кг/м³;

ρ_z – густина частинки, кг/м³;

μ – динамічна в'язкість рідини, Па·с;

z – кількість тарілок;

R_d – максимальний радіус тарілки, м;

R_t – мінімальний радіус тарілки;

α – кут конуса тарілки, град.

I – продуктивність сепаратора, м³/с.

У цьому випадку під граничним розміром частинки розуміють мінімальний розмір такої частинки, яка, перебуваючи на конічній поверхні периферії тарілки, може витримати напір рідини, що рухається від центру до периферії, і втриматися на тарілці. Граничним розміром частинки, що виділяється з рідини, можна охарактеризувати якість поділу системи. Очевидно, що менше граничний розмір частинки, тим ефективніший процес сепарування.



Занадто малі зважені в рідині частинки, що мають розміри, менші так званої межі центрифугування, не відокремлюються від рідини при центрифугуванні. Ця межа є визначеною для даної центрифуги, даної дисперсної системи та умов центрифугування.

Поняття про межу центрифугування, чи, як він спочатку назвав, про межу сепарації, введено Г.І. Бремером в середині двадцятого століття [19]. За його дослідженнями дуже дрібні частинки, що осідають в центрифугованій рідині, внаслідок дифузії можуть залишатися в рідині у зваженому стані незалежно від тривалості процесу.

Це пов'язано з тим, що скупчення високодисперсних частинок біля поверхні, що обмежує їх рух, за певних умов і нестисненому броунівському русі може призвести до рівності рушійної сили процесу і градієнта осмотичного тиску.

Як показують наші дослідження використання фільтрувальної перегородки, в конічних фільтруючих центрифугах із цеоліту, дозволяє здійснювати більш глибоке очищення порівняно з сепаруванням.

Основне диференціальне рівняння фільтрування [1]:

$$dV / (S dt) = (\Delta P / \mu)(R_{oc} + R_{fn}), \quad (2)$$

де ΔP - різниця тисків, Па;

R_{oc} - гідравлічний опір осаду, m^{-1} ;

R_{fn} - гідравлічний опір фільтрувальної перегородки, m^{-1} .

Основне диференціальне рівняння фільтрування з утворенням осаду, що не стискається на нестисненій перегородці [20]:

$$\frac{dV}{S d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu \left(r_o x_o \frac{V}{S} + R_{oi} \right)}. \quad (3)$$

Що стосується процесу очищення в конічних фільтруючих центрифугах, перепад тиску, що діє на фільтрувальну перегородку

$$\Delta P = 2\pi^2 \rho_f n^2 (R_2^2 - R_1^2). \quad (4)$$

де n – число обертів барабана центрифуги, об/с;

ρ_f – щільність дисперсійної фази, kg/m^3 ;

R_2 – середній радіус зовнішнього барабана, м;

R_1 – середній внутрішній радіус шару осаду, м.

Тиск, що розвивається в рідині при дії відцентрового поля

$$P = \left[(\omega^2 \rho_f) / 2 \right] (R^2 - r_o^2), \quad (5)$$

де R – зовнішній радіус ротора центрифуги, м;

r_o – внутрішній радіус шару суспензії в роторі, м.

При фільтруванні з постійною швидкістю підвищується опір



осаду внаслідок збільшення його товщини.

При постійній різниці тисків рівняння фільтрування з утворенням фільтрувальної перегородки, що не стискається:

$$V^2 + 2 \frac{R_{o.i.} S}{r_o x_o} V = 2 \frac{\Delta P S^2}{\mu r_o x_o} T. \quad (6)$$

У проаналізованих роботах [21-24] наводиться така формула продуктивності при ламінарному відцентровому фільтруванні

$$V = \frac{k_c P_f}{\mu h} F, \quad (7)$$

де V – кількість рідини, що проходить в одиницю часу через середовище, що фільтрує, м³/с;

k_c – коефіцієнт проникності даного фільтруючого середовища, м²;

P_f – падіння тиску при проходженні рідини через фільтруюче середовище, Па·с;

μ – динамічна в'язкість суспензії, Па·с;

h – товщина шару, що фільтрує, м.

F – повна площа поперечного перерізу фільтраційного потоку, включаючи площу пор і твердих частинок, м².

При високих тисках, що розвиваються в центрифугах, осади, що стискаються, сильно ущільнюються, і їх гідравлічний опір потоку стає надмірно великим. Тому на фільтруючих центрифугах недоцільно розділяти суспензії, що утворюють осад, що сильно стискається [22].

Необхідно враховувати високий тиск, що створюється в конічній фільтруючій центрифугі при роботі, та передбачати відповідне ущільнення робочих органів.

Процес очищення рослинної олії у вертикальній конічній фільтруючій центрифугі можна розділити на три періоди:

- утворення шару осаду у порах цеоліту;
- ущільнення осаду та зменшення обсягу пор цеоліту;
- витіснення рідини, що утримується капілярними та молекулярними силами [20-22].

Перший період можна порівняти зі звичайною фільтрацією, причому тиск фільтрації обумовлюється тут натиском, що розвивається завдяки дії суспензії поля відцентрових сил.

Другий період є специфічним, який не має аналогій серед інших процесів. Під час другого періоду спочатку тверді частинки центрифугованої суспензії розташовані некомпактно, при мінімумі точок дотику один з одним. Зважаючи на те, що осад знаходиться під дією силового поля, його скелет прагне до більш щільного розташування частинок. Однак зближення частинок пов'язане зі зменшенням об'єму пор в цеоліті, і, відтак, з вичавлюванням рідкої фази з цих пор.



В цьому випадку виникає рух рідкої фази до центру обертання. Швидкість цього процесу описується рівнянням Стокса. Тиск, який виникає у зв'язку з цим процесом, зумовлює фільтрацію рідини. Окрім тиску, викликаного дією скелету на рідку фазу, в останній розвивається тиск від дії на неї відцентрового поля.

Процес спливу рідкої фази протягом другого періоду обумовлений дією двох вище зазначених тисків; від них, а також від гідравлічного опору залежить швидкість переміщення частинок до зовнішньої обичайки.

Після закінчення періоду ущільнення осаду в порах цеоліту починається перехідний період, під час якого відбувається рух рівня насичення осаду до зовнішньої обичайки ротора.

Коли цей рівень досягне стану максимального заповнення пор цеоліту домішками, починає виявлятися у чистому вигляді третій період процесу. До цього моменту розташування частинок скелета стає найбільш компактним. До початку третього періоду в місцях зіткнення частинок між собою і з поверхнею пор цеоліту залишається рослинна олія, що утримується капілярними та молекулярними силами. Частина його поступово перетікає від одного стику до іншого до центру центрифуги.

Домішки, що у маслі, як більш важка фракція, витісняються до периферії. З метою підвищення якості очищення виведення олії з ротора центрифуги здійснюється через отвори, що розташовані ближче до центру центрифуги.

Неочищена олія після надходження в нижню частину зазору між обичайками починає рух вгору зі швидкістю протоки $U_{пр}$. До центру центрифуги рухається очищена олія, що витісняється більш важкими частинками домішок зі швидкістю спливу U_c . При русі вгору в міжобичайному просторі ротора вздовж твірної конуса олія протікає каналами цеоліту при одночасному радіальному русі, в процесі якого вона поступово звільняється від частинок домішок під дією сил відцентрового поля. При досягненні верхньої частини ротора очищена олія виводиться через трубку з регульованою площею поверхні отвору і потрапляє до збірника очищеної олії кожуха центрифуги.

В результаті теоретичних досліджень [21] отримано наступне рівняння продуктивності

$$W = 3,16gF_2 \cdot Frk_c C_m = 3,16g\Sigma k_c C_m, \quad (8)$$

де F_2 - площа поверхні осадження ротора центрифуги, м²;

$$F_2 = r_{\min} \left\{ \left[(r_{\min} + H \operatorname{tg} \theta_o) r_{\min} \right]^{1/2} + \left[(r_{\min} + H \operatorname{tg} \theta_o + l_2) (r_{\min} + l_2) \right]^{1/2} \right\}^2 / \left[(r_{\min} r_{\max})^{1/2} \operatorname{tg} \theta_o \right], \quad (9)$$

де F_r – фактор поділу



$$Fr = \frac{\omega^2 r_{cp}}{g} = \frac{\omega^2}{g} (r_{\min} r_{\max})^{1/2} \quad (10)$$

Коефіцієнт проникності

$$k_c = 0,0068d^2 \frac{\varepsilon^3}{1 + \zeta}. \quad (11)$$

Показник, що характеризує вплив властивостей мастила, що обробляється, C_m (кг·с/м⁵)

$$C_m = \frac{\rho_s - \rho_f}{\nu} = \frac{\Delta\rho}{\nu}. \quad (12)$$

Індекс продуктивності центрифуги

$$\Sigma = 0,196\omega F_{ome} \left[(R_{\max} R_{\min})^{1/2} + (r_{\max} r_{\min})^{1/2} \right] \times \\ \times \left[\rho_f \nu / (\rho_s - \rho_f) \right] / [q k_c]. \quad (13)$$

Вирішуючи щодо різниці щільностей дисперсної та дисперсійної фаз $\Delta\rho$, отримаємо

$$\Delta\rho = (\rho_s - \rho_f) = 0,196\omega F_{ome} \nu \rho_f \left[(R_{\max} R_{\min})^{1/2} + \right. \\ \left. + (r_{\max} r_{\min})^{1/2} \right] / (q k_c \Sigma). \quad (14)$$

де ω – частота обертання ротора центрифуги, с⁻¹;

$\rho_s - \rho_f$ – різниця густин дисперсної та дисперсійної фаз рослинної олії, кг/м³;

ρ_f – щільність дисперсійного середовища (олії), кг/м³;

μ – динамічна в'язкість суспензії, кг/м·с;

r_{\min} – мінімальний радіус внутрішньої обічайки ротора центрифуги, м;

d – діаметр частинок цеоліту, м;

ε – пористість фільтруючого матеріалу;

ζ – коефіцієнт пористості;

H – висота ротора центрифуги, м;

θ_o – кут між осьюовою лінією і твірною ротора центрифуги, град.;

ℓ_2 – радіальна відстань між обічайками ротора центрифуги, м.

ρ_s – щільність суспензії, кг/м³;

ν – кінематична в'язкість масла, що фільтрується, м²/с.

Експериментальна центрифуга має наступні параметри: мінімальний радіус внутрішньої обічайки конуса ротора $r_{\min}=0,04$ м, радіальна відстань між внутрішньою і зовнішньою обічайками ротора $\ell_2=0,028$ м, висота конуса ротора $H=0,135$ м, тангенс кута нахилу між утворюючою ротора з вертикальною віссю центрифуги $\text{tg } 35^\circ = 0,7$.

У процесі досліджень аналізованими факторами процесу очищення рослинних олій прийняті: частота обертання ротора



центрифуги $X_1(\omega)$, площа отворів на виході очищеної олії з центрифуги $X_2(F_{\text{отв}})$ і еквівалентний діаметр частинок цеоліту $X_3(d)$.

Компромісні значення аналізованих факторів оцінюються за результатами аналізу результатів багатofакторних експериментів при оцінці критеріїв оптимізації: різниці густин очищеної олії та дисперсійної фази (Y_1), кислотного числа очищеної олії (Y_3), масової частки нежирових домішок (Y_4), масової частки вологи летких речовин (Y_5).

Компромісними параметрами є частота обертання ротора центрифуги $\omega \geq 250 \text{ с}^{-1}$, еквівалентний діаметр частинок цеоліту $d = 0,0035 \dots 0,004 \text{ м}$, які справедливі для всіх центрифуг аналогічної конструкції. При таких показниках і при розмірних характеристиках експериментальної центрифуги продуктивність обмежується отвором для виходу очищеного масла $F_{\text{отв}} < 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

Наведені дані свідчать про те, що розроблені конструкції центрифуг дозволяють отримувати очищену олію, відповідно вимогам ДСТУ 4534:2006 [25] та ДСТУ 4492:2017 [26] при їх використанні з компромісними параметрами, що впливають на якісні показники очищення.

За теоретичними ($\Delta\rho_{\text{теор}}$, кг/м^3) та експериментальними ($\Delta\rho_{\text{експ}}$, кг/м^3) даними різниці густин очищеної соняшникової олії та дисперсійної фази отримана залежність теоретичної та експериментальної різниці густин очищеної соняшникової олії та дисперсійної фази від площі отворів для виведення очищеної олії з ротора центрифуги.

Експеримент проведено на центрифугі при частоті обертання ротора $\omega = 250 \text{ с}^{-1}$ та еквівалентному діаметрі частинок цеоліту $d = 0,004 \text{ м}$.

Теоретична різниця густин отримана за математичною моделлю (14) при частоті обертання ротора $\omega = 250 \text{ с}^{-1}$ і еквівалентному діаметрі частинок цеоліту $d = 0,004 \text{ м}$.

У зв'язку з тим, що при виведенні математичної моделі процесу очищення рослинних олій врахувати всі мікро- і макрофактори неможливо, експериментальні дані відрізняються від теоретичних, тому введений поправочний коефіцієнт K_n :

$$\Delta\rho = K_n 82,8 F_{\text{отв}} / (\omega C_y).$$

Поправочний коефіцієнт K_n знаходиться за експериментальним $\Delta\rho_{\text{експ}}$ і теоретичним $\Delta\rho_{\text{теор}}$ даним за формулою

$$K_n = \Delta\rho_{\text{експ}} / \Delta\rho_{\text{теор}} = 2,62$$

За формулою (14) розраховується теоретична різниця густин ($\Delta\rho_{\text{теор}}$, кг/м^3) при конструктивно-кінематичних параметрах, що характеризують експериментальну центрифугу, яка уточнюється поправним коефіцієнтом K_n і наноситься на графік (рис. 4, ряд 2).

З використанням програми «Excel» за отриманими даними побудовано графік (рисунок 4) залежності теоретичної та експериментальної різниці густин очищеної соняшникової олії та дисперсійної фази від площі отвору. За програмою «Statistica-6» визначена тіснота зв'язку між теоретичними та експериментальними значеннями різниці густин, яка характеризується коефіцієнтами детермінації $R^2 = 0,981$ та кореляції $R = 0,993$ при довірчій ймовірності $p = 0,0075$, що характеризує хороший зв'язок.

Розрахунковий критерій Фішера $F_R = 77,4$ більше табличного $F_{\text{табл}} = 10,1$, тобто математична модель адекватно відбиває процеси очищення рослинних олій у конічних центрифугах.

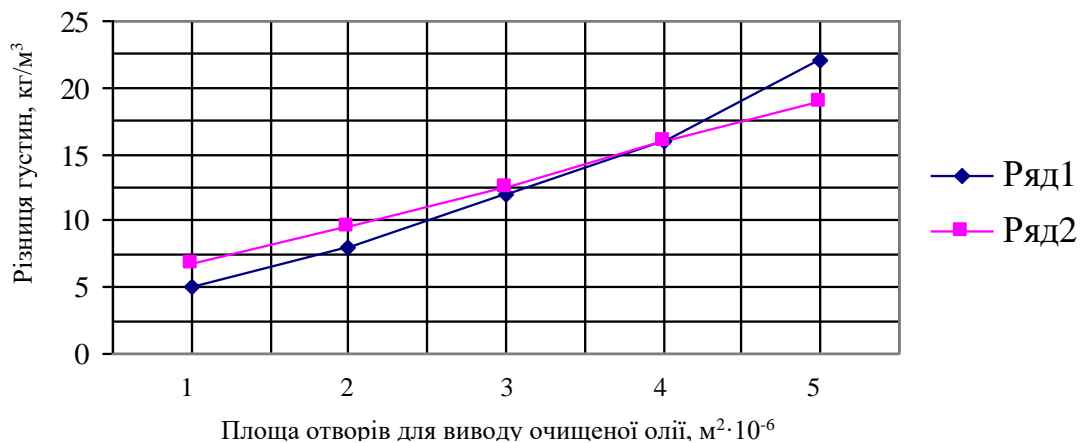


Рис. 4. Залежність теоретичної та експериментальної різниці густин очищеної олії та дисперсійної фази від площі отворів для виведення очищеної олії з ротора центрифуги:
ряд 1 – експериментальна; ряд 2 – теоретична

Висновки. Раціональними параметрами експериментальної центрифуги є: частота обертання ротора центрифуги $\omega \geq 250 \text{ с}^{-1}$, еквівалентний діаметр частинок цеоліту $d = 0,0035 \dots 0,004 \text{ м}$, площа отвору для виходу очищеної олії $F_{\text{отв}} = 0,1 \cdot 10^{-6} \dots 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

При зазначених параметрах критерії оптимізації для експериментальної центрифуги рівні: кислотне число $K = 0,4 \text{ мг КОН/г}$, масова частка нежирових домішок, масова частка вологи та летких речовин, різниця щільностей очищеної олії та дисперсійної фази близько нуля.

Обґрунтовано адекватність розроблених математичних моделей та експериментальних даних робочого процесу вертикальних конічних фільтруючих центрифуг.

Отримані результати дозволяють рекомендувати математичну модель робочого процесу відцентрової фільтрації при обґрунтуванні конструктивних параметрів конічних фільтруючих центрифуг.



Список використаних джерел.

1. Пісчанська В.В., Медведовська В.М. Механічні процеси і апарати хімічних виробництв: навч. посібник. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2008. 52 с.
2. Didur V., Tkachenko V., Tkachenko A., Didur V., Vereshchaga A.. Rheology of the pulp of castor-oil seeds and its effect on the process of pressing. *Advances of science: Proceedings of articles the international scientific conference. Karlovy Vary, Kyiv: MCNIP, 2018. P. 609–618.*
3. Дідур В. В., Журавель Д. П., Шокарев О. М., Вюник О. В., Комар А. С. Аналіз технологій отримання олії з олійних культур. *Науковий вісник ТДАТУ. 2022. Вип. 12, т. 3. С. 180–189.* <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/16597> (дата звернення 24.12.2023).
4. Процеси та апарати харчових виробництв: підручник / А. М. Поперечний, О. І. Черевко, В. Б. Гаркуша, Н. В. Кирпиченко; за ред. А. М. Поперечного. Київ : Центр учбової літератури, 2007. 304 с.
5. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва : навч. посібник / П. С. Берник [та ін.]. Львів : Львівська політехніка, 2004. 336 с.
6. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / В. Г. Мирончук [та ін.]. Вінниця: Нова книга, 2004. 288 с.
7. Малезик І. Ф. Процеси і апарати харчових виробництв: лабораторний практикум / за ред. І. Ф. Малезика. Київ: НУХТ, 2006. 224 с.
8. Marvin Winkler, Heiko Sonner, Marco Gleiss, Hermann Nirschl Fractionation of aultrafineparticles: Evaluation of separation efficiency by UV–visspectroscopy. *Chemical Engineering Science. 2020. Vol. 213. e115374.* [https://doi.org/10.1016/j.ces.2019.115374.](https://doi.org/10.1016/j.ces.2019.115374)
9. Лабораторний практикум з дисципліни «Процеси і апарати»: навч. посібник / В. Ф. Ялпачик [та ін.]. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 275 с.
10. Процеси і апарати харчових виробництв : лабораторний практикум : навч. посібник / О. І. Черевко [та ін.]. Харків : Світ Книг, 2013. 168 с.
11. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси: підручник / В. С. Бойко, К. О. Самойчук, В. Г. Тарасенко [та ін.]. Мелітополь, 2021. 445 с.
12. Хімічна технологія та обладнання підприємств: навч. посібник для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / О. Д. Клименко, Е. Л. Селезньов. Луцьк: Луцький НТУ, 2018. 136 с.
13. Паляничка Н. О., Верхоланцева В. О. Пресове обладнання для виробництва рослинної олії: метод. вказівки для студентів, які



навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування», здобувачів вищої освіти «Магістр». Мелітополь: ТДАТУ, 2018. 21 с.

14. Паламарчук І. П., Бандура В. М., Фіалковська Л. В., Пазюк В. М. Обґрунтування технології та розробка обладнання для первинного очищення соняшникової олії. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2017. № 1(84). С. 128 – 132.

15. Dellapiane Juan, Peloso, Jose. Process for purification of vegetable oils upon withdrawal of solids by centrifugation in the miscella stage. *Patent*. 2014. US8692004B <https://www.researchgate.net/publication/302724382> (дата звернення 04.01.2024).

16. Wong M., Eyres L., Ravetti L. Modern Aqueous Oil Extraction—Centrifugation Systems for Olive and Avocado Oils. *Green Vegetable Oil Processing*. 2018. P. 19-51. <https://doi.org/10.1016/B978-0-9888565-3-0.50005-4>.

17. Resasco D. E., Crossley S. P., Wang B., White J. L. Interaction of water with zeolites: a review. *CatalysisReviews*. 2021. Vol. 63(2). P. 302–362. <https://doi.org/10.1080/01614940.2021.1948301>.

18. Salahudeen N. A. Review on Zeolite: Application, Synthesis and Effect of Synthesis Parameters on Product Properties. *ChemistryAfrica*. 2022. Vol. 5. P. 1889–1906. <https://doi.org/10.1007/s42250-022-00471-9>.

19. Бремер Г. И. Жидкостные сепараторы. Москва: Машгиз, 1977. 295 с.

20. Tantray Javeed Mansoor, Sheikh Choh Wani, Rasy Nissa, Nighat. *Basic Life Science Methods*, 2023. P. 15-20. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-19174-9.00005-2>.

21. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси: підручник / В. С. Бойко, К. О. Самойчук, В. Г. Тарасенко [та ін.] Мелітополь, 2021. 445 с.

22. Angelis A., Michailidis D., Antoniadis L., Stathopoulos P. [et al.] Pilot continuous centrifugalliquid-liquid extraction of extravirgin olive oil biophenols and gram-scale recovery of pure oleocanthal, oleacein, MFOA, MFLA and hydroxytyrosol. *Separation and Purification Technology*. 2021. Vol. 255. e117692. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117692>.

23. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт професійно-орієнтованої дисципліни «Технологічне обладнання м'ясної та молочної галузі» (Частина 3: Обладнання для розділення неоднорідних систем) для студентів напрямку підготовки 6.051701 – харчові технології та інженерія денної форми навчання / Укладачі В. М. Пазюк, О. Д. Пазюк. Вінниця: ВНАУ, 2014. 32 с.

24. Навчально-методичний посібник до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Експлуатація техніки в переробці» для студентів спеціальності 6.100102 «Процеси, машини та обладнання



агропромислового виробництва» денної форми навчання / Укладачі В. М. Пазюк, О. Д. Пазюк, О. В. Цуркан. Вінниця: ВНАУ, 2013. 81 с.

25. ДСТУ 4534-2006 Олія соєва. Технічні умови. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007. 19 с. (Інформація та документація).

26. ДСТУ 4492:2017 Олія соняшникова. Технічні умови. [Чинний від 2019-01-01]. Київ Держстандарт України 2018 р. 19 с. (Інформація та документація).

Стаття надійшла до редакції 04.02.2024 .

V. Didur¹, I. Leshchenko¹, O. Viunyk²

¹Uman National University of Horticulture

²Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university

PROBLEMS OF PURIFICATION OF VEGETABLE OILS

Summary

The production of vegetable oils directly at the manufacturer allows to increase the profitability of production due to the reduction of costs for the transportation of raw materials and received products. The paper provides a scheme for obtaining vegetable oils by the pressing method and a scheme for classifying methods of separation of heterogeneous systems. The results of the analysis of vegetable oil purification methods are presented. Methods of purification of vegetable oils by the centrifugation method are considered. It is shown that separation does not provide complete purification because there is a limit to centrifugation. The process of purifying vegetable oil in a vertical conical filter centrifuge is considered in detail. Processes that occur in each of the three periods of purification are described. It was established that the use of vertical filter centrifuges with a zeolite filter partition allows for high-quality purification of vegetable oils in the conditions of agricultural enterprises with minimal operating costs. The formula for centrifuge productivity is given. The parameters of the experimental centrifuge and the factors by which the research was conducted are described. The final results of the analysis of the adequacy of mathematical models and experimental data of the process of purifying vegetable oils on an experimental filter centrifuge with a zeolite filter partition are presented. The dependence of the theoretical and experimental difference in the densities of the purified oil and the dispersion phase on the area of the holes for removing the purified oil from the centrifuge rotor is presented. The paper presents the rational parameters of the experimental centrifuge, and specifies the optimization criteria for the experimental centrifuge with the specified parameters. The adequacy of the developed mathematical models and experimental data of the working process of vertical conical filtering centrifuges is substantiated. The obtained results allow the use of a mathematical model of the work process of centrifugal filtration when substantiating the design parameters of the designed conical filtering centrifuges.

Keywords: vegetable oils, purification, types, centrifugation, mathematical model, rational parameters, adequacy.