

УДК 631.362:665.335.5

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.2\(33\).34-43](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.2(33).34-43)**В.В. Дідур**, доц., канд. техн. наук,*Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна***А.Б. Чебанов**, канд. техн. наук, **В.А. Дідур**, проф., д-р техн. наук., **О.П. Назарова**, доц., канд. техн. наук, **О.Л. Верещага**, інж.*Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна**e-mail: didurva@gmail.com*

Оптимізація конструктивно-технологічних параметрів шнекового преса для віджимання мезги насіння рицини (на прикладі одного витка шнекового вала)

Конструктивно-технологічними параметрами, які впливають на кількість отриманої олії після пресування є вільний об'єм між пресуючими витками шнекового преса, температура в зерному просторі, величина зазору між зерними пластинами преса. Для проведення досліджень пресування мезги насіння використаний метод розгорнутого каналу. Максимальна кількість олії забезпечується при оптимальних конструктивно-технологічних параметрів розгорнутого каналу, знаходження яких потребує використання методики математичного планування експерименту. В якості прикладу, планування, подальше проведення та обробка експерименту, здійснено для одного пресуючого витка шнекового вала. На прикладі цього пресуючого витка будуть побудовані подальші дослідження для інших витків шнекових пресів.

насіння рицини, мезга, пресування, шнековий вал, розгорнутий канал, пресуючий виток, відносна маса олії

В.В. Дідур, доц., канд. техн. наук*Уманський національний університет садівництва, г. Умань, Україна***А.Б. Чебанов**, канд. техн. наук, **В.А. Дідур**, проф., д-р техн. наук., **О.П. Назарова**, доц., канд. техн. наук, **О.Л. Верещага**, інж.*Таврический государственный агротехнологический университет, г. Мелитополь, Украина*

Оптимизация конструктивно-технологических параметров шнекового преса для отжима мезги семян клещевины (на примере одного витка шнекового вала)

Конструктивно-технологическими параметрами, которые влияют на количество полученного масла после прессования являются свободный объем между прессующими витками шнекового преса, температура в зерном пространстве, величина зазора между зерными пластинами преса. Для проведения исследований прессования мезги семян использован метод развернутого канала. Максимальное количество масла обеспечивается при оптимальных конструктивно-технологических параметрах развернутого канала, нахождение которых требует использования методики математического планирования эксперимента. В качестве примера, планирование, дальнейшее проведение и обработка эксперимента, сделано для одного прессующего витка шнекового вала. На примере этого прессующего витка будут построены дальнейшие исследования для других витков шнековых пресов.

насіння рицини, мезга, пресування, шнековий вал, розгорнутий канал, пресуючий виток, відносна маса олії

Постановка проблеми. Олійні культури мають важливе народногосподарське значення, оскільки є джерелом отримання цінних продовольчих і технічних продуктів. Серед олійних культур важливе місце на півдні України займає рицина, основний продукт переробки якої є касторова олія, яка використовується в хімічній,

електротехнічній, медичній, авіаційній та інших галузях промисловості [1-3]. Слід зазначити, що касторова олія може використовуватися для виготовлення біопалива [4-7]. Якість і кількість готової продукції при переробці рицини в значній мірі залежить від прийнятої технології. В технології переробки рицини важливе місце посідає операція віджимання олії шляхом пресування мезги.

Одним із важливих факторів, що впливає на глибину пресування мезги є тиск, що розвивається в зері при роботі пресу. Цей тиск створюється постійним напором площин шнекових витків і опором матеріалу (мезги), що пресується. Причому, збільшення тиску за довжиною шнекового валу в сучасних конструкціях пресів здійснюється за рахунок зменшення вільного об'єму між шнековими витками. Характер зміни вільного об'єму витків за довжиною шнекового валу характеризує обґрунтованість його конструкції і розмірів витків та зерного барабану. В. А. Масліковим [8] для кожного пресуючого витка існуючих шнекових пресів розраховано ступінь стиснення, що показує відношення першопочаткового вільного об'єму каналу пресу до вільного об'єму між наступним шнековим витком, та виведено закономірність змінення вільного об'єму витків. Тобто, між вільним об'ємом витків та його порядковим номером є математична залежність. Отримана залежність дозволяє розрахувати, скільки витків повинно бути на шнековому валу для створення визначеного ступеню стиснення або знайти вільний об'єм кожного витка на шнековому валу. Але, автор [8] тільки констатує закономірність змінення вільного об'єму витків для конкретного типу шнекового пресу (тип преса ФП), що не дає можливості оцінити вихід олії та кінцеву олійність жмиху при зміні конструктивних параметрів (вільний об'єм між шнековими витками) окремих шнекових витків та матеріалу, що пресується. У зв'язку з цим, постає актуальна проблема оптимізації конструктивних параметрів шнекового преса шляхом зміни вільного об'єму окремо для кожного пресуючого витка та виведення математичної закономірності, яка надасть можливість розрахувати конструктивно-технологічні параметри пресу будь-якої продуктивності з найбільшим виходом олії із насіння рицини.

Окрім тиску, що розвивається в зері, на глибину віджиму олії впливає температура самого процесу пресування та величина зазору між зерними пластинами. На холодному, не розігрітому пресі не можливо забезпечити формування міцної жмихової ракушки і необхідну глибину віджиму. Висока температура в зерному просторі під час віджиму олії визиває підгоряння поверхні жмиху, що сприяє денатурації білків та підвищенню його олійності, а відповідно, і зменшенню продуктивності. Величина зазору між зерними пластинами повинна забезпечити витікання віджатої олії та не пропускати частинок мезги.

Але, максимальна кількість олії з насіння рицини буде забезпечуватися тільки при оптимальних значеннях конструктивно-технологічних параметрах пресування мезги насіння рицини. Для визначення таких значень, виникає актуальне завдання щодо використання методики математичного планування експерименту при проведенні досліджень.

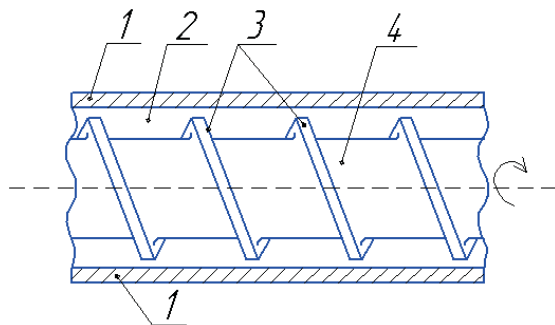
Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основним завданням планування експерименту є знаходження статистичної математичної моделі об'єкту дослідження у вигляді полінома (рівняння регресії). Загальний хід побудови і подальшого дослідження математичної моделі встановлено вченими такими як Бондарь А.Г [9], Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рошин П.М [10] та зводиться до наступного:

- попереднього дослідження об'єкту;
- вибору критеріїв оптимізації, впливовості чинників;
- побудови статистичної математичної моделі та оцінки її адекватності і відтворюваності;

- використання моделі для оптимізації досліджуваного процесу.

Постановка завдання. Підвищення ефективності процесу віджимання олії із насіння ріцини шляхом проведення оптимізації конструктивно-технологічних параметрів шнекового пресу.

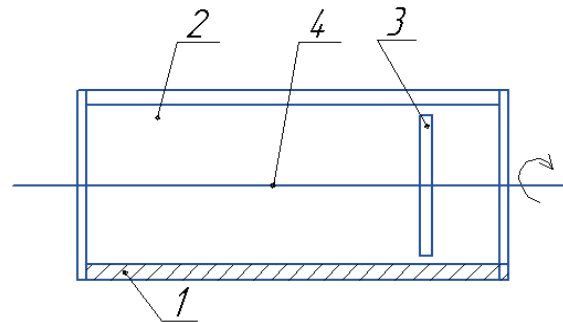
Методика експериментальних досліджень. Дослідження одного пресуючого витка на шнековому пресі викликає деякі труднощі. Окрім цього, конструктивна зміна вільного простору між пресуючими витками призводить до значних матеріальних витрат, так як для проведення досліджень необхідна велика кількість шнекових пресів з різними конструктивними параметрами. Такі дослідження можна провести, застосувавши метод розгорнутого каналу, що надасть можливість змінювати конструктивні параметри шнекових пресів різних конструкцій в широких межах на одній експериментальній установці. Сутність методу полягає у наступному. Розгорнемо шнековий прес (рис. 1) на площину, замінивши відповідно хід мезги у гвинтовому каналі на хід у прямокутному каналі з рухомою бічною стінкою. Таким чином, кільцевий проміжок 2 між окремими двома пресуючими витками 3 шнека 4 (рис. 1) відображає повністю весь канал преса прямокутної форми 2 в розгорнутому вигляді (рис. 2). Пресуючий виток шнекового преса 3 (рис. 1) в розгорнутому вигляді відображає рухливу бічну стінку у вигляді поршня 3 (рис. 2). Зеерний циліндр 1 шнекового преса (рис. 1) в розгорнутому вигляді замінений зеерною планкою 1, що знаходиться знизу прямокутника (рис. 2). Таким чином, за допомогою такого розгорнутого каналу можна досліджувати окремо пресуючі витки шнекових пресів.



1 – зеерний циліндр; 2 – кільцевий проміжок;
3 – пресуючі витки шнеку; 4 – шнек

Рисунок 1 – Схема шнекового пресу

Джерело: розроблено авторами



1 – зеерна планка; 2 – канал пресу;
3 – поршень; 4 – вал

Рисунок 2 – Розгорнутий вигляд шнекового пресу прямокутної форми

Джерело: розроблено авторами

Показниками ефективності при віджиманні мезги насіння ріцини в такому розгорнутому каналі будуть відносна маса олії і відносна маса фузи, які можна представити у вигляді наступних критеріїв:

$$\mu = \frac{m_o}{m_{зад}} \rightarrow \max ; \quad (1)$$

$$\eta = \frac{m_\phi}{m_{зад}} \rightarrow \min , \quad (2)$$

де μ – відносна маси олії;

η – відносна маси фузи;

m_o – маса олії після пресування мезги у розгорненому каналі, гр.;

$m_{зад}$ – маса мезги перед пресуванням, гр.;

m_ϕ – маса фузи після пресування мезги в розгорнутому каналі, гр.

Аналізуючи залежності (1) та (2), приходимо до висновку, що при віджиманні мезги насіння рицини необхідно отримати максимальну відносну масу олії та мінімальну відносну масу фузи. Але, в процесі досліджень може виникнути протилежна ситуація: буде отримано мінімальну відносну масу фузи при мінімальній відносній масі олії. Тобто, збільшиться олійність вихідного шроту, що є не припустимим. Тому, в дослідженнях приймаємо критерій (1), як основний, а критерій (2) як додатковий. Таким чином, при забезпеченні максимальної відносної маси олії бажано, щоб відносна маса фузи була мінімальною.

Конструкції різних шнекових пресів, що використовуються в промисловості, сильно відрізняються один від одного. Але, основний конструктивний параметр, який характеризує всі типи пресів – це вільний об'єм між окремими пресуючими витками та зерним циліндром (рис.1), який постійно зменшується від першого до останнього пресуючого витка, так як зменшуються кільцевий проміжок 2 (рис. 1) за рахунок збільшення діаметру самого шнеку або зменшення діаметру зерного циліндру 1. Для того, щоб визначити оптимальний вільний об'єм у кожному витку шнекового вала при пресуванні мезги насіння рицини не прив'язуючись до конкретного типу шнекового пресу, при дослідженнях необхідно ввести відносні величини, через які можна вийти на потрібні конструктивні розміри шнекового пресу. Такою відносною величиною є ступінь стиснення мезги на кожному пресуючому витку, яка визначається за формулою

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_n}, \quad (5)$$

де V_1 – першопочатковий об'єм матеріалу, що досліджується см^3 ;

V_n – кінцевий об'єм матеріалу, що обумовлений визначеним тиском см^3 .

Величина V_1 характеризує вільний об'єм зерної камери на першому пресуючому витку. Величина V_n характеризує вільний об'єм зерної камери у наступних пресуючих витках. Відповідно, при встановлених розмірах (довжини, ширини та висоти) експериментального розгорнутого каналу величина $V_1 = \text{const}$. Для забезпечення необхідного ступеня стиснення, змінюється величина V_n шляхом зміни ходу поршня 3 (рис.2), який зменшує довжину розгорнутого каналу при незмінній ширині та висоті каналу.

На процес пресування мезги окрім ступеню стиснення мезги впливають температура мезги всередині каналу та зазор в зерних пластинах розгорнутого каналу. Зазор в зерних пластинах змінюється встановленням пластин з іншим зазором. Температура всередині каналу забезпечується додатковим підігріванням ТЕНом, що встановлюється зверху каналу. Змінення температури буде забезпечено за допомогою зміни потужності ТЕНу, що буде реалізовуватися підключенням в електричне коло ТЕНу додаткового приладу ЛАТРа. Контроль температури забезпечується за допомогою термореле.

Максимальна відносна маса олії забезпечується при оптимальному співвідношенні конструктивних параметрів розгорнутого каналу (рис.2) між собою (ступінь стиснення, температура каналу та зазор в зерних пластинах), що неможливо при розрізненому вивченні їх впливу. У зв'язку з цим, виникає необхідність у використанні методики математичного планування експерименту.

В якості прикладу, планування, подальше проведення та обробка експерименту, здійснено для третього пресуючого витка шнекового вала. На прикладі цього пресуючого витка побудуємо подальші дослідження для інших витків шнекових пресів

Порядок проведення дослідів був наступним. Для трифакторного експерименту згідно стандартної матриці [11] на експериментальному розгорнутому каналі фіксували одне із значень факторів на нижньому або верхньому рівні (табл.1). Потім, попередньо підготовлену мезгу після проведеної волого-теплової обробки [12] поміщали до розгорнутого каналу з постійно однаковою масою та здійснювалося її пресування. За одержаними даними після пресування мезги визначали критерій оптимізації – відносну кількість олії.

При кодуванні факторів використовувалася наступна формула:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta_i}, \quad (3)$$

де x_i – кодоване значення фактору;

X_i - значення фактору на i - рівні;

X_{i0} – значення фактору на нульовому рівні;

Δ_i – інтервал варіювання.

Кожний фактор варіюється на верхньому (+) та нижньому (-) рівнях.

Для визначення ступеню впливу факторів на критерій оцінки необхідно шляхом експериментальних досліджень встановити залежність між ними, що досягається шляхом апроксимації. Найбільш точним методом апроксимації є метод поліноміального опису процесу за допомогою рівняння регресії, яке в загальному випадку має вигляд:

$$y_i = b_0 + b_1x_1 + b_2x_3 + b_3x_4 + b_{12}x_1x_3 + b_{13}x_1x_4 + b_{23}x_3x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_3^2 + b_{33}x_4^2, \quad (4)$$

де b_i - коефіцієнт регресії i -го фактора.

Значення факторів, наведених в таблиці 1 кодували і, згідно з відомими методиками, знаходили коефіцієнти регресії b_i , які і визначають ступінь впливу зазначених факторів на критерій оптимізації $y(\mu)$.

Таблиця 1 – Результати кодування факторів

Фактор	Кодоване позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання					
			Натуральні			Кодовані		
			Верхні	Нульові	Нижні	Верхні	Нульові	Нижні
Значення ступеню стиснення, ε	x_1	\pm	2,09	1,94	1,79	1	0	-1
Зазор в зерних планках δ , мм	x_2	\pm	1,50	1,25	1,00	1	0	-1
Температура каналу, t , °C	x_3	\pm	105,00	90,00	75,00	1	0	-1

Джерело: розроблено авторами

Перевірку відтворюваності дослідів здійснювали за критерієм Кохрена. Умова відтворюваності має вигляд

$$G^P = \frac{S_{U \max}^2}{\sum S_U^2} \leq G(0,05; n; f_u), \quad (5)$$

де $G(0,05;n; f_u)$ - табличне значення критерію Кохрена;

$S_{U_{\max}}^2$ - найбільша із дисперсій;

0,05 - означає 5%-й рівень значимості;

n - число незалежних оцінок дисперсій (кількість дослідів);

$f_u = m_0 - 1$ - число ступенів вільності;

m_0 - число повторностей.

Дисперсії результатів дослідів розраховували за виразом:

$$S_u^2 = \frac{1}{m_0 - 1} \cdot \sum_{i=1}^{m_0} (Y_{Ui} - \bar{Y}_U)^2, \quad (6)$$

де i - номер повторності;

Y_{Ui} - значення вихідного параметру в i -й повторності;

\bar{Y}_U - середнє значення вихідного параметру у U -му досліді.

Дисперсію відтворюваності (помилку дослідів) визначали як середнє арифметичне значення дисперсій, що спостерігалася у всіх дослідях:

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2, \quad (7)$$

Коефіцієнти математичної моделі визначали за формулами

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{U=1}^n \bar{Y}_U; \quad b_i = \frac{1}{n} \sum_{U=1}^n (x_{iU} \cdot \bar{Y}_U); \quad b_i = \frac{1}{n} \sum_{U=1}^n (x_{iU} \cdot x_{jU} \cdot \bar{Y}_U), \quad (8)$$

де x_{iU} - значення i -го кодового фактора в рядку матриці в U -му досліді;

x_{jU} - значення j -го кодового фактора в рядку матриці в U -му досліді.

Адекватність статистичної математичної моделі перевіряли за допомогою критерію Фішера (F -критерію). При умові адекватності моделі її можна використовувати при наступних дослідженнях.

Адекватність має місце, якщо

$$F^P = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F(0,05; f_{ad}; f_y), \quad (9)$$

де F^P - розрахункове значення коефіцієнту Фішера;

$F(0,05; f_{ad}; f_y)$ - табличне значення коефіцієнту Фішера для 5%-го рівня значимості;

f_{ad} - число ступенів вільності дисперсії адекватності;

f_y - число ступенів вільності дисперсії відтворення;

S_{ad}^2 - дисперсія адекватності;

S_y^2 - дисперсія відтворюваності дослідів.

Число ступенів вільності дисперсії адекватності визначається за рівнянням

$$f_{ad} = n - k - 1, \quad (10)$$

де k - кількість факторів

Число ступенів вільності дисперсії відтворення розраховується як

$$f_y = n(m_0 - 1), \quad (11)$$

Дисперсія S_{ad}^2 обчислюється за формулою

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{n-k-1} \cdot \sum_{U=1}^n (Y_{Ui} - \bar{Y}_U)^2, \quad (12)$$

де Y_{Ui} – розрахункове значення відгуку в i -му досліді, яке визначається шляхом підстановки знайдених коефіцієнтів до лінійної частини обраного поліному.

Встановлення значимості коефіцієнтів регресії проводили за критерієм Стьюдента. Коефіцієнт вважався значущим, якщо виконувалася умова:

$$|b_a| \geq \Delta b_a, \quad (13)$$

де $|b_a|$ – розраховані коефіцієнти поліному;

Δb_a – довірча границя

Довірчу границю визначали за рівнянням

$$\Delta b_a = t(0,05; f_y) \cdot \sqrt{\frac{S_y^2}{n}}, \quad (14)$$

де $t(0,05; f_y)$ – коефіцієнт Стьюдента при 5%-му рівні значущості та числі ступенів вільності дисперсії відтворюваності, яке обирали за таблицями.

Коефіцієнт регресії визнавали статистично значимим величині довірчого інтервалу, якщо його абсолютне значення дорівнювало або перевищувало його. Якщо виконувалась нерівність $|b_i| < \Delta b_a$, відповідний фактор аналізували щодо вибору іншого інтервалу варіювання, якщо це можливо. При цьому всі необхідні досліді повторювали і, якщо після аналізу відповідний коефіцієнт знову відповідав попередній умові, робили висновок про значущість впливу фактора x_i на критерій Y_i (масу олії).

Результати досліджень. Визначаються дисперсії відтворюваності за критерієм Кохрена $G_p=0,028 < G_m=0,5157$ ($\alpha = 0,05; 1,8$), що вказує: відтворюваність дослідів добра.

За критерієм Стьюдента визначаються коефіцієнти поліноміальної регресії. Для кожного коефіцієнту регресії з урахуванням середньоквадратичного відхилення визначаються розрахункові значення критерія Стьюдента [9]. Порівнюються теоретичне та табличне значення за критерієм Стьюдента.

В результаті розрахунків отримані моделі другого порядку для розрахунку відносної маси олії при віджиманні з насіння ріцини в розгорнутому каналі від конструктивних факторів:

$$y = 5,3084 - 5,622x_1 - 0,0382x_2 + 0,001x_3 + 1,733x_1x_2 - 0,0007x_1x_3 + 0,00148x_2x_3 + 0,916x_1^2 - 1,52x_2^2 - 0,000001x_3^2. \quad (15)$$

Аналіз моделі другого порядку (15) показує, що вплив факторів на відносну масу олії різний.

Для визначення адекватності моделі, порівняно критичне та розрахункове значення критерію Фішера. Перевірка показала адекватність рівняння регресії (15) $F_p = 1,73 < F_m = 3,11$. Отримана нелінійна модель адекватна та може використана при побудові області оптимуму.

Розкодована модель має вигляд:

$$Y(\mu) = 0,0206\alpha^2 - 0,095\delta^2 - 0,0000026t^2 + 0,065\alpha \cdot \delta + 0,00148t \cdot \delta - 0,00155\alpha \cdot t + 0,00525\alpha - 0,0382\delta + 0,00217t + 0,000184, \quad (16)$$

На основі вирішених систем рівнянь з приватними похідними, отримані точки оптимуму.

Розкодований центр оптимуму має наступні значення: значення ступеню стиснення $\varepsilon = 2,09$; зазор в зерних планках $\delta = 1,2$ мм; температура каналу, $t = 104$ °С.

Відповідно, оптимальне значення ступеня стиснення на третьому витку шнекового вала повинно бути $\varepsilon = 2,09$. Для забезпечення цієї величини ступеню стиснення, зазор в зерних планках повинен складати $\delta = 1,22$ мм, а температура каналу $t = 104$ °С. При цих значеннях, відносна маса олії складає $\mu = 0,125$.

Рівняння регресії при першому фіксованому факторі ($\alpha = 2,09$) має вигляд:

$$Y(m) = -0,095\delta^2 - 0,0000026t^2 + 0,09765\delta + 0,00148t \cdot \delta - 0,0010695t + 0,09765\delta + 0,10114 \quad (17)$$

Наведені данні демонструються на рис. 3, де представлено поверхню відгуку (а) і лінії рівнів (б) рівняння регресії (17) при першому фіксованому факторі ($\varepsilon = 2,09$) представлені на рис. 3.

Як бачимо, на рис. 3а при оптимальних параметрах температура каналу ($t = 104$ °С) та зазору в зерних планках ($\delta = 1,22$ мм), відносна маса олії досягає максимального значення ($\mu = 0,125$) та показано найбільш темним кольором. Це ж саме і демонструє рис. 3б (показано темним коліром), на якому відображено чисельні значення відносної маси олії.

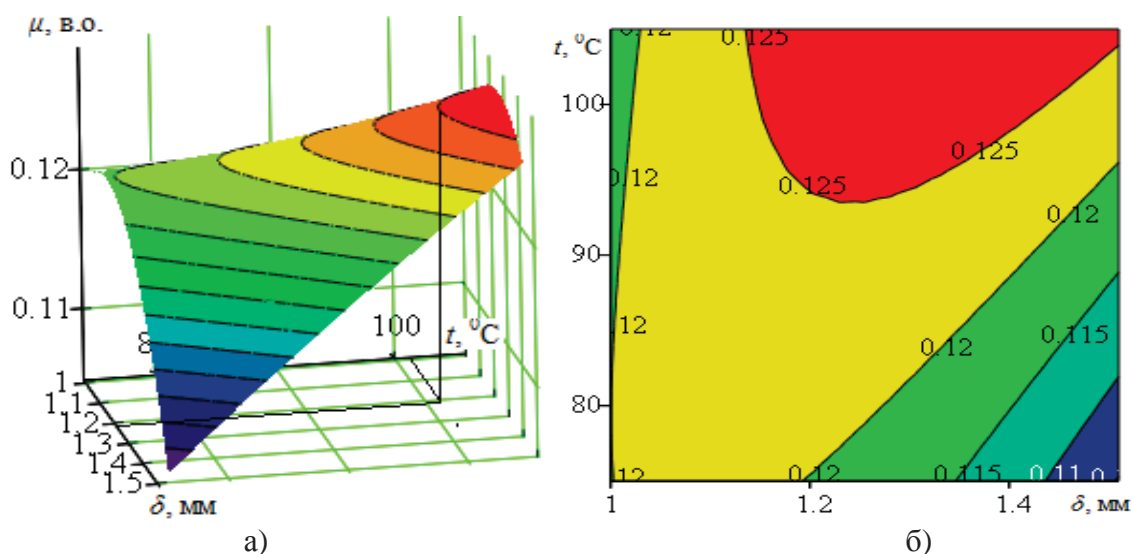


Рисунок 3 – Поверхня відгуку (а) і лінії рівнів (б) функції відгуку (при $\alpha = 2,09$)

Джерело: розроблено авторами

Висновки. Розроблена методика оптимізації конструктивно-технологічних параметрів шнекового преса шляхом використання розгорнутого каналу, що дозволить при наявності аналогічних показників по інших витках встановити загальний характер зміни ступеню стиснення за довжиною шнекового вала

В результаті виконаного повнофакторного експерименту для процесу віджиму олії із мезги насіння рицини на одному витку шнекового вала визначено наступні оптимальні параметри для віджимання олії з олійної сировини: ступінь стиснення $\varepsilon = 2,09$; зазор в зерних планках $\delta = 1,22$ мм; температура каналу, $t = 104$ °С.

Список літератури

1. Barnes D. J., Baldwin B. S., Braasch D. A. Degradation of ricin in castor seed meal by temperature and chemical treatment. *Industrial Crops and Products*. 2009. Vol. 29, № 2-3. P. 509-515. DOI: 10.1016/j.indcrop.2008.09.006.
2. Mutlu H., Meier M. A. Castor oil as a renewable resource for the chemical industry. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2010. Vol. 112, № 1. P. 10-30. DOI:10.1002/ejlt.2009.00.138.
3. Malajowicz J., Kusmirek S. Characteristics and possibilities of industrial use of castor oil. *Przemysl Chemiczny*. 2016. Vol. 95, № 9. P. 1756-1760. DOI: 10.15199/62.2016.9.20.
4. Deb A., Ferdous J., Ferdous K., Uddin M. R., Khan M. R., Rahman M. W. Prospect of castor oil biodiesel in Bangladesh: Process development and optimization study. *International Journal of Green Energy*. 2017. Vol. 14, №12. P. 1063-1072. DOI: 10.1080/15435075.2017.1357558.
5. Zhu Q. L., Gu H., Ke Z. Congeneration biodiesel, ricinine and nontoxic meal from castor seed. *Renewable Energy*. 2018. Vol. 120. P. 51-59. DOI: 10.1016/j.renene.2017.12.075
6. Hadiyanto H., Yuliandaru I., Hapsari R. Production of Biodiesel from Mixed Waste Cooking and Castor Oil. In *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 156. № 03056 DOI: 10.1051/mateconf/201815603056.
7. Conejero M. A., César A. D. S., Batista A. P. The organizational arrangement of castor bean family farmers promoted by the Brazilian Biodiesel Program: A competitiveness analysis. *Energy Policy*. 2017. Vol. 110. P. 461-470. DOI: 10.1016/j.enpol.2017.08.036.
8. Масликов В.А. Технологическое оборудование производства растительных масел. Москва: Пищевая промышленность, 1974. 439 с.
9. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. Киев: Вища школа, 1976. 180 с.
10. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. 2-е изд. Ленинград, 1980. 168 с.
11. Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. Кіровоград, 2016. 204 с.
12. Дідур В.В., Дідур В.А., Чебанов А.Б., Асеев А.А. Оптимізація параметрів вологотеплової обробки м'ятки при виділенні олії із насіння рицини. Науковий вісник ТДАТУ. 2018. Вип. 8, Т. 2. С. 3-8. DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-14

References

1. Barnes, D. J., Baldwin, B. S., & Braasch, D. A. (2009). Degradation of ricin in castor seed meal by temperature and chemical treatment. *Industrial Crops and Products*, 29(2-3), 509-515 [in English].
2. Mutlu, H., & Meier, M. A. (2010). Castor oil as a renewable resource for the chemical industry. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(1), 10-30 [in English].
3. Malajowicz, J., & Kusmirek, S. (2016). Characteristics and possibilities of industrial use of castor oil. *Przemysl Chemiczny*, 95(9), 1756-1760 [in English].
4. Deb, A., Ferdous, J., Ferdous, K., Uddin, M. R., Khan, M. R., & Rahman, M. W. (2017). Prospect of castor oil biodiesel in Bangladesh: *Process development and optimization study*. *International Journal of Green Energy*, 14(12), 1063-1072 [in English].
5. Zhu, Q. L., Gu, H., & Ke, Z. (2018). Congeneration biodiesel, ricinine and nontoxic meal from castor seed. *Renewable Energy*, 120, 51-59 [in English].
6. Hadiyanto, H., Yuliandaru, I., & Hapsari, R. (2018). Production of Biodiesel from Mixed Waste Cooking and Castor Oil. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 156, p. 03056). *EDP Sciences* [in English].
7. Conejero, M. A., César, A. D. S., & Batista, A. P. (2017). The organizational arrangement of castor bean family farmers promoted by the Brazilian Biodiesel Program: A competitiveness analysis. *Energy Policy*, 110, 461-470 [in English].
8. Maslikov, V.A. (1974). *Tekhnologicheskoye oborudovaniye proizvodstva rastitelnykh masel* [Technological equipment for the production of vegetable oils]. Moscow: Food industry [in Russian].
9. Bondar, A.G. & Statyuha, G.A. (1976). *Planirovaniye eksperimenta v khimicheskoy tekhnologii*. [Chemical engineering experiment planning]. Kiev: Graduate school [in Russian].
10. Melnikov, S.V., Aleshkin, V.R. & Roshin, P.M. (1980). *Planirovaniye eksperimenta v issledovaniyakh selskokhozyaystvennykh protsessov* [Planning an experiment in agricultural research]. L. [in Russian].
11. Vasilkovsky, O.M., Leshenko, S.M., Vasilkovska, O.M. & Petrenko, D.I. (2016). *Pidruchnik doslidnika. Navchalniy posibnik dlya studentiv agrotekhnichnih spetsialnostey* [Researcher's textbook. Textbook for students of agricultural specialties]. Kirovograd [in Ukrainian].

12. Didur, V.V., Didur, V.A., Chebanov, A.B. & Aseev, A.A. (2018). *Optimizatsiya parametriv vologoteplovoi obrobki m'yatki pri vidilenni oliyi iz nasinnya ritsini [Optimization of the parameters of water heat treatment of the mark when separating oil from castor seeds]*. Scientific bulletin TDATU [in Ukrainian].

Volodimir Didur, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

Andrii Chebanov, PhD tech. sci., **Volodimir Didur**, Prof., DSc., **Olga Nazarova**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleksiy Vereshaga**, engineer

Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine

Optimization of Design and Technological Parameters of Auger Press for Squeezing of a Castor Seed Brain (on the Example of One Coil of a Screw Shaft)

The quality and quantity of finished products when castor is processed depends largely on the technology adopted. In the castor processing technology, an important role is given to the operation of squeezing oil by pressing the cereal. Structural and technological parameters that affect the amount of oil obtained after pressing are the free volume between the pressing coils of the auger press, the temperature in the space of the zeros, the size of the gap between the zeros of the press plates.

The purpose of the article is to increase the efficiency of the process of squeezing oil from castor seeds by optimizing the design and technological parameters of the screw press.

In order to optimize the design and technological parameters of the auger press, it is advisable to consider experimental studies of the pressing of the castor bean seed on each individual press of a screw shaft. For the purpose of such studies, the expanded channel method was used. The maximum amount of oil is ensured at the optimum structural and technological parameters of the expanded channel, the finding of which requires the use of the method of mathematical planning of the experiment.

As an example, the design, subsequent conduct and processing of the experiment was carried out for one pressing coil of a screw shaft. On the example of this pressing coil, further studies will be made for other coils of auger presses.

The main criterion for optimization is the relative mass of oil. Optimal parameters of pressing of the castor seed brain for the third coil of the screw shaft were determined: compression ratio $\alpha=2.09$; gap in the nail bars $\delta=1,22\text{mm}$; the temperature of the brain inside the channel $t=104^\circ\text{C}$.

castor seeds, kernel, pressing, auger shaft, expanded channel, extruder, relative mass of oil

Одержано (Received) 19.11.2019

Прорецензовано (Reviewed) 28.11.2019

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2019

УДК 629.7.07

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.2\(33\).43-49](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.2(33).43-49)

В.Ю.Єрмаков, асп., **О.В. Ізвалов**, канд. техн. наук

Льотна академія Національного авіаційного університету, м.Кропивницький, Україна

e-mail: vladik.yermakov@gmail.com, e-mail: izvalov.klanau@gmail.com

Аналіз сучасних досліджень безпілотних літальних апаратів

В статті проаналізовані дослідження безпілотних літальних апаратів за останні 10 років. Дослідження згруповані за напрямками, що відображено діаграмою Ейлера. Для кожного напрямку надано декілька прикладів у вигляді стислого змісту наукових праць докторів філософії з різних країн.

безпілотні літальні апарати, сфери використання, безпека БПЛА, дрони, аналіз досліджень

В.Ю. Єрмаков, асп., **А.В. Извалов**, канд. техн. наук

Летная академия Национального авиационного университета, г.Кропивницкий, Украина

Анализ современных исследований беспилотных летательных аппаратов

© В.Ю.Єрмаков, О.В. Ізвалов, 2019