

УДК 631.362:665.335.5

DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-21-32

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШНЕКОВОГО ПРЕСА ДЛЯ ВІДЖИМАННЯ МЕЗГИ НАСІННЯ РИЦИНИ

Дідур В. А., д.т.н.

Чебанов А. Б., к.т.н.

Верещага О. Л.

Назарова О. П., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

Дідур В. В., к.т.н.

Уманський національний університет садівництва

Тел. (0619) 42-20-74

Анотація - з метою оптимізації конструктивно-технологічних параметрів шнекового пресу, експериментальні дослідження пресування мезги насіння рицини доцільно розглядати по кожному окремому пресуючому витку шнекового вала. Для проведення таких досліджень використаний метод розгорнутого каналу. Максимальна кількість олії забезпечується при оптимальних конструктивно-технологічних параметрах розгорнутого каналу, знаходження яких потребує використання методики математичного планування експерименту. Планування, подальше проведення та обробка експериментальних досліджень, здійснено для вісьмох пресуючих витків шнекового валу. За основний критерій оптимізації прийнято відносну масу олії. В результаті обробки експериментальних досліджень, встановлено оптимальні параметри пресування мезги насіння рицини (ступінь стиснення, зазор в зеєрних планках температура мезги в середині каналу) окремо для вісьмох пресуючих витків шнекового валу.

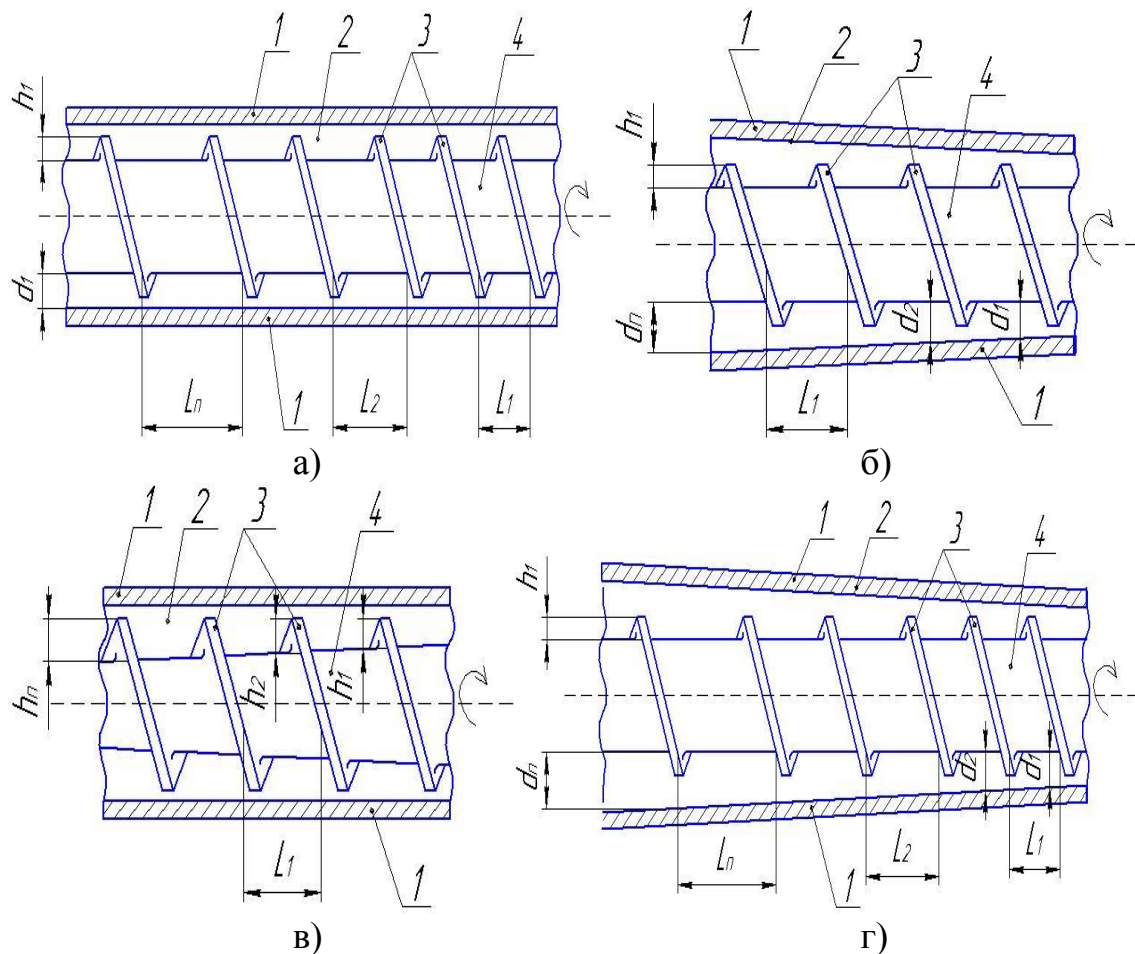
Ключові слова - насіння рицини, мезга, пресування, шнековий вал, розгорнутий канал, пресуючий виток, відносна маса олії, ступінь стиснення.

Постановка проблеми. У сучасній промисловості для вилучення олії із олійних культур застосовують шнекові преси різних конструкцій. Процес пресування полягає в тому, що мезга поступово надходить з першого на останній пресуючий виток шнекового валу. По мірі просування за шнековим валом, мезга піддається стисненню за

рахунок зміни вільного об'єму витків за його довжиною, в результаті чого відбувається скорочення зовнішньої поверхні мезги, збільшення тиску стиснення і, відповідно – виділення олії. Характер зміни вільного об'єму витків впливає на вихід олії. Насіння рицини, продуктом переробки якої є рицинова олія (застосовується у військовій, хімічній, електротехнічній, медичній, косметичній, лакофарбовій промисловості, а також в сільському господарстві при виготовленні біопалива), сильно відрізняється за своїми фізико-механічними властивостями від інших олійних культур. Відповідно, застосування пресів, які випускаються сучасною промисловістю при пресуванні може зменшити кінцевий вихід олії, що не є прийнятним. Тому, потрібні додаткові дослідження впливу зміни вільного об'єму між пресуючими витками за довжиною шнекового валу на вихід касторової олії із насіння рицини. Причому, бажано, щоб такі дослідження не залежали від маси матеріалу, що подається для пресування, а відповідно і продуктивності пресу. У зв'язку з цим, постає актуальна задача 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 преса будь-якої продуктивності з найбільшим виходом олії із насіння рицини.

Зміну вільного об'єму кожного пресуючого витка можна здійснити за допомогою відповідного конструктивного виконання робочих органів шнекового пресу. Відповідно, робочими органами пресу є зерний циліндр та шнековий вал з пресуючими витками. Конструктивні зміни у цих робочих органах можна здійснити наступним чином: змінити відстань (крок гвинта) між пресуючими витками (рис. 1а); змінити діаметр робочої камери (рис. 1б); змінити висоту пресуючих витків (рис. 1в); змінити діаметр робочої камери та змінити крок гвинта (рис 1г).

Оптимізація конструктивних параметрів (вільні об'єми між окремими пресуючими витками) шнекових пресів при пресуванні мезги насіння рицини забезпечуються у поєднанні з іншими технологічними параметрами, режими яких заздалегідь є невідомими. Такими параметрами є величина зазору між зерними пластинами та температура мезги, що подається до пресу. Тому, максимальний вихід олії із насіння рицини буде забезпечуватися тільки при оптимальних значеннях конструктивно-технологічних параметрів пресування мезги насіння рицини, що є актуальним завданням.



1 – зєсрний циліндр; 2 – кільцевий проміжок; 3 – прєсуючі витки; 4 – вал; $L_1, L_2 \dots L_n$ – відстань між прєсуючими витками; $d_1, d_2 \dots d_n$ – діаметр робочої камери; $h_1, h_2 \dots h_n$ – висота прєсуючих витків

Рис. 1. Конструктивне виконання шнекових прєсів: а) – зі змінним кроком гвинта; б) – зі змінним діаметром робочої камери; в) – зі змінною висотою прєсуючих витків, г) – зі змінним діаметром робочої камери та змінним кроком гвинта

Аналіз останніх досліджень. Попередньо складено методикку експериментальних досліджень на прикладі одного прєсуючого витка шнекового прєсу та проведено дослідження за методикку багатфакторного експерименту. При проведенні таких експериментальних досліджень використовувався метод розгорнутого каналу. Функцією відгуку встановлено відносну масу олії, яка визначалася відношенням маси олії, що отримано в окремому експерименті при дії встановлених значень факторів до маси мєзги, що завантажувалася до розгорнутого каналу перед прєсуванням. Найвпливовішими факторами, що впливали на процес прєсування мєзги насіння рицини встановлено наступні: ступінь стиснення мєзги, що визначався відношенням першопочаткового об'єму мєзги, яку завантажували до розгорнутого каналу до кінцевого об'єму матеріалу,

що обумовлений визначеним тиском при стисненні; температура мезги всередині каналу та зазор в зерних пластинах розгорнутого каналу. Обробка експериментальних досліджень виконувалася у відповідності до відомих методик [1-3].

Формулювання цілей статті – підвищення ефективності процесу віджимання олії із насіння рицини шляхом проведення оптимізації конструктивно-технологічних параметрів для кожного пресуючого витка шнекового пресу.

Основні результати досліджень. У пресів, що випускає промисловість в більшості відсутні данні стосовно ступеню стиснення мезги на кожному пресуючому витку. Ступінь стиснення мезги, що отримана тиском вільного об'єму першого витку на вільний об'єм наступного витка, визначена у [4] для пресів ФП в незалежності від їх продуктивності. Однак, ця ступінь стиснення не є ступенем стиснення мезги в пресі. Після останнього витка у шнекових пресів є передконусна камера, де вільний об'єм також зменшується. Крім цього, після передконусної камери є регульовальний пристрій тієї або іншої конструкції, який створює протитиск, що також визиває стиснення мезги. Відповідно теоретичний ступінь стиснення мезги ε_{np}^m можна визначити як ступінь стиснення мезги, що створюється шнековим валом $\varepsilon_{ш.в}$, помножений на деякий коефіцієнт, величина якого залежить від положення регульовального пристрою. Для визначення фактичного ступеня стиснення мезги кінцеве рівняння має вигляд [4]:

$$\varepsilon = 0,97 \left[\varepsilon_{np}^m - (21,8 - 1,16 \cdot \delta) \right], \quad (1)$$

де ε_{np}^m - теоретичний ступінь стиснення, в.о.;

δ - ширина вихідної щілини, при якій працює прес, мм;

$$\varepsilon_{np}^m = \frac{10,2 \cdot \varepsilon_{ш.в}}{\delta^{0,85}}, \quad (2)$$

де $\varepsilon_{ш.в}$ - ступінь стиснення, що створюється шнековим валом, в.о.

Таким чином, при дослідженнях, в експериментальному розгорнутому каналі, необхідно забезпечити фактичний ступінь стиснення кожного пресуючого витка, який в будь-якому разі при визначеному ступені стиснення мезги, що створюється шнековим валом $\varepsilon_{ш.в}$ буде залежати від ширини вихідної щілини δ . При проведенні пошукового експерименту [3] встановлено, що при оптимальних параметрах волого-теплової обробки мезги насіння рицини [5], достатня ширина вихідної щілини складає $\delta = 6 \text{ мм}$.

З урахуванням формул (1) та (2), результати розрахунку фактичного ступеню стиснення на кожному пресуючому витку при

ширині вихідної щілини $\delta = 6\text{мм}$ та ступеню стиснення мезги, який створюється шнековим валом $\varepsilon_{ш.в}$ пресу ФП [4], наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фактичний ступінь стиснення у пресів типу ФП при $\delta = 6\text{мм}$

Тип пресу	Номер пресуючого витка							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ФП	1,42	1,64	1,94	3,67	4,85	5,71	6,79	8,92

Данні, що наведено в табл. 1, обрані за основу в подальших дослідженнях. Але, для визначення раціональних значень фактичного ступеню стиснення на кожному пресуючому витку шнекових пресів (перший фактор) із забезпеченням раціональної температури мезги та зазору в зерних планках (другий та третій фактор), зроблено відхилення в більшу та меншу сторону таким чином, щоб всі можливі значення ступеню стиснення були враховані. При проведенні досліджень, на експериментальному розгорнутому каналі, зміну вже розрахованого фактичного ступеня стиснення кожного пресуючого витка ε (табл. 1) здійснювали за формулою [6]

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_n}, \quad (3)$$

де V_1 - першопочатковий об'єм мезги в експериментальному розгорнутому каналі, см^3 ;

V_n - кінцевий об'єм мезги, який створюється шляхом зміни довжини розгорнутого каналу при незмінній ширині та висоті каналу см^3 .

Для побудови повнофакторного експерименту і оптимізації параметрів кожний виток шнекового валу досліджувався окремо. Таким чином, буде досліджено вісім пресуючих витків шнекового валу.

Порядок проведення дослідів був наступним. Для трифакторного експерименту згідно стандартної матриці на експериментальному розгорнутому каналі фіксували одне із значень факторів на нижньому або верхньому рівні окремо для кожного пресуючого витка. Потім, попередньо підготовлену мезгу після проведеної волого-теплової обробки [5] поміщали до розгорнутого каналу з постійно однаковою масою та здійснювалося її пресування. За одержаними даними, після пресування мезги, визначали функцію відгуку – відносну масу олії.

Після обробки результатів експериментальних досліджень та здійсненні відповідних розрахунків отримано розкодовані моделі другого порядку:

для першого пресуючого витка

$$Y(\mu) = 0,145\alpha^2 - 0,127\delta^2 - 0,0000083t^2 - 0,128\alpha \cdot \delta + 0,003t \cdot \delta + 0,002\alpha \cdot t - 0,0402\alpha + 0,258\delta + 0,01t - 0,318, \quad (4)$$

На основі вирішених систем рівнянь з приватними похідними, отримані точки оптимуму: значення ступеню стиснення $\varepsilon = 1,42$; зазор в зеєрних планках $\delta = 1,5$ мм; температура мезги $t = 105$ °С;

для другого пресуючого витка

$$Y(\mu) = 0,0206\alpha^2 - 0,0224\delta^2 - 0,0000368t^2 - 0,13095\alpha \cdot \delta + 0,00294t \cdot \delta + 0,00185\alpha \cdot t + 0,00643\alpha - 0,000347\delta + 0,000492t + 0,000482, \quad (5)$$

Точки оптимуму: значення ступеню стиснення $\varepsilon = 1,79$; зазор в зеєрних планках $\delta = 1,5$ мм; температура мезги $t = 105$ °С;

для третього пресуючого витка

$$Y(\mu) = 0,0206\alpha^2 - 0,095\delta^2 - 0,0000026t^2 + 0,065\alpha \cdot \delta + 0,00148t \cdot \delta - 0,00155\alpha \cdot t + 0,00525\alpha - 0,0382\delta + 0,00217t + 0,000184, \quad (6)$$

Точки оптимуму: значення ступеню стиснення $\varepsilon = 2,09$; зазор в зеєрних планках $\delta = 1,22$ мм; температура мезги $t = 104$ °С;

для четвертого пресуючого витка

$$Y(\mu) = 0,00336\alpha^2 - 0,0488\delta^2 - 0,00000316t^2 - 0,0258\alpha \cdot \delta + 0,00251t \cdot \delta + 0,000234\alpha \cdot t + 0,0000763\alpha - 0,01945\delta + 0,002353t + 0,001968, \quad (7)$$

Точки оптимуму: значення ступеню стиснення $\varepsilon = 4,67$; зазор в зеєрних планках $\delta = 1$ мм; температура мезги $t = 94$ °С;

для п'ятого пресуючого витка

$$Y(\mu) = 0,00077\alpha^2 - 0,0266\delta^2 - 0,0000237t^2 - 0,0145\alpha \cdot \delta + 0,001116t \cdot \delta + 0,0007947\alpha \cdot t - 0,000579\alpha - 0,006166\delta + 0,000226t + 0,000413, \quad (8)$$

Точки оптимуму: значення ступеню стиснення $\varepsilon = 5,35$; зазор в зеєрних планках $\delta = 1$ мм; температура мезги $t = 105$ °С;

для шостого пресуючого витка

$$Y(\mu) = 0,00729\alpha^2 + 0,0799\delta^2 - 0,0000447t^2 - 0,1001\alpha \cdot \delta + 0,00276t \cdot \delta + 0,00126\alpha \cdot t + 0,00171\alpha + 0,0327\delta - 0,000732t + 0,0033, \quad (9)$$

Точки оптимуму: значення ступеню стиснення $\varepsilon = 6,21$; зазор в зеєрних планках $\delta = 1$ мм; температура мезги $t = 105$ °С;

для сьомого пресуючого витка

$$Y(\mu) = 0,0049\alpha^2 - 0,3902\delta^2 + 0,0993\alpha \cdot \delta + 0,00427t \cdot \delta - 0,00134\alpha \cdot t - 0,00464\alpha + 0,1634\delta + 0,00588t - 0,0701, \quad (10)$$

Точки оптимуму: значення ступеню стиснення $\varepsilon = 7,29$; зазор в зерних планках $\delta = 1,3$ мм; температура мезги $t = 105$ °С;

для восьмого пресуючого витка

$$Y(\mu) = 0,000029\alpha^2 - 0,0529\delta^2 - 0,0000605t^2 - 0,00867\alpha \cdot \delta + 0,00225t \cdot \delta + 0,000171\alpha \cdot t + 0,000855\alpha - 0,0375\delta + 0,0077t - 0,0082, \quad (11)$$

Точки оптимуму: значення ступеню стиснення $\varepsilon = 9,32$; зазор в зерних планках $\delta = 1$ мм; температура мезги $t = 97$ °С;

Наведені данні демонструються на рис. 2...8, де представлено поверхні відгуків (а) і лінії рівнів (б) рівнянь регресії (4...11) при першому фіксованому факторі.

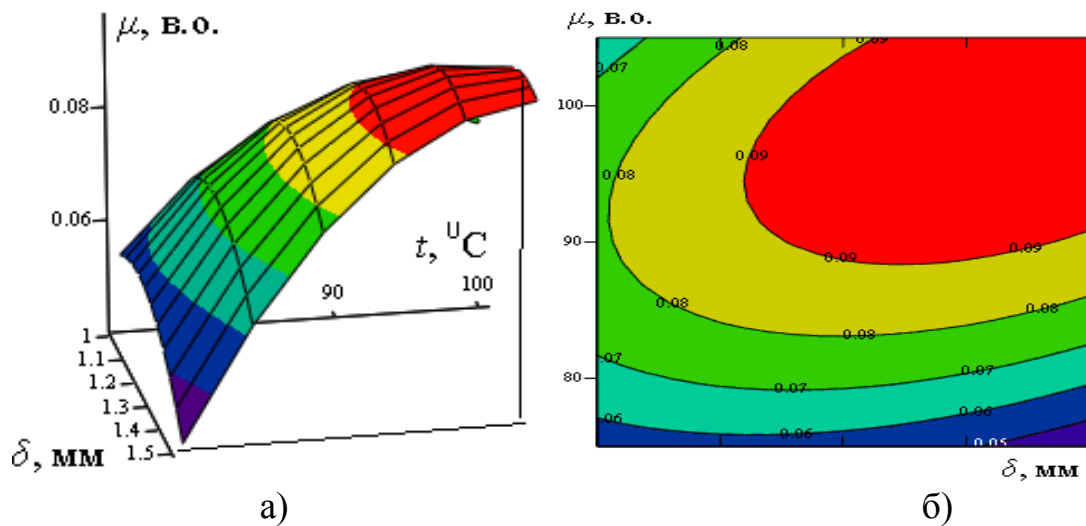


Рис. 2. Поверхня відгуку (а) і лінії рівнів функції відгуку для першого пресуючого витка (при $\varepsilon = 1,42$)

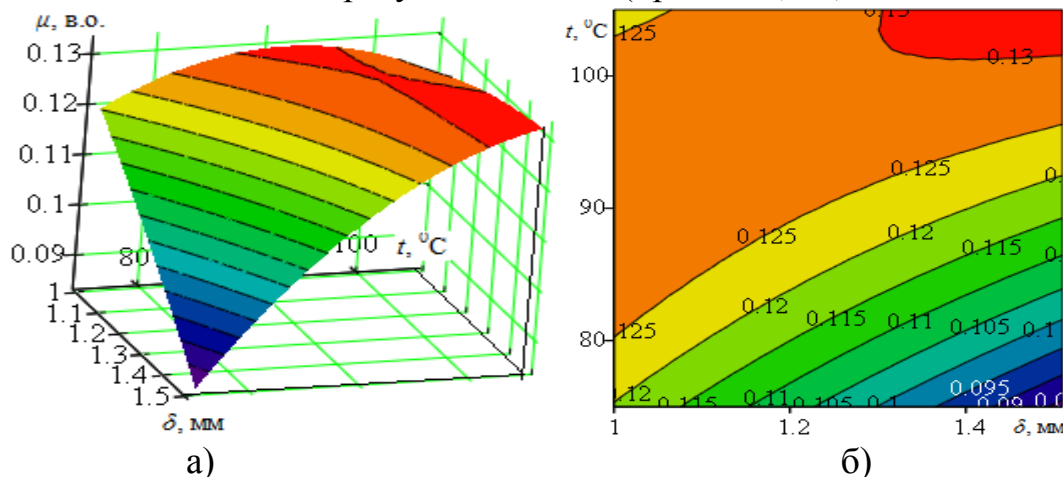


Рис. 3. Поверхня відгуку (а) і лінії рівнів (б) функції відгуку для другого пресуючого витка (при $\varepsilon = 1,79$)

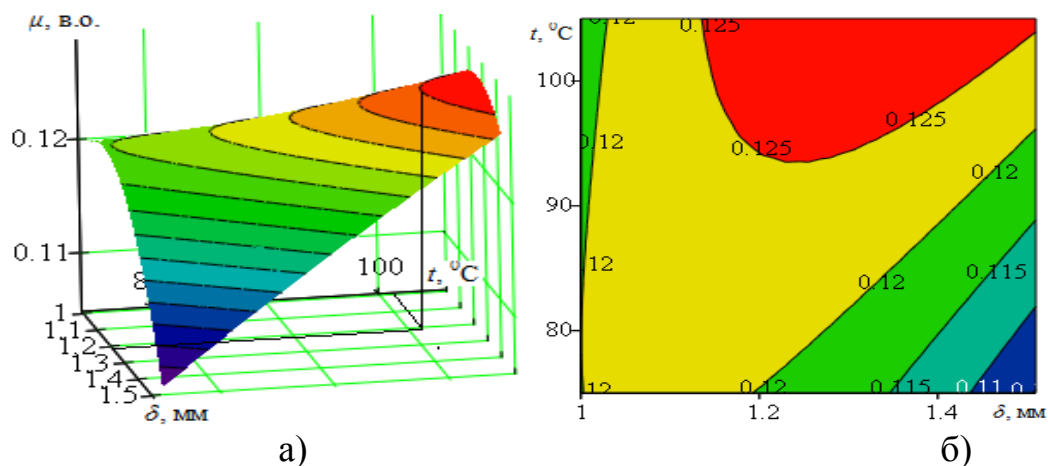


Рис. 4. Поверхня відгуку (а) і лінії рівнів (б) функції відгуку для третього пресуючого витка (при $\varepsilon = 2,09$)

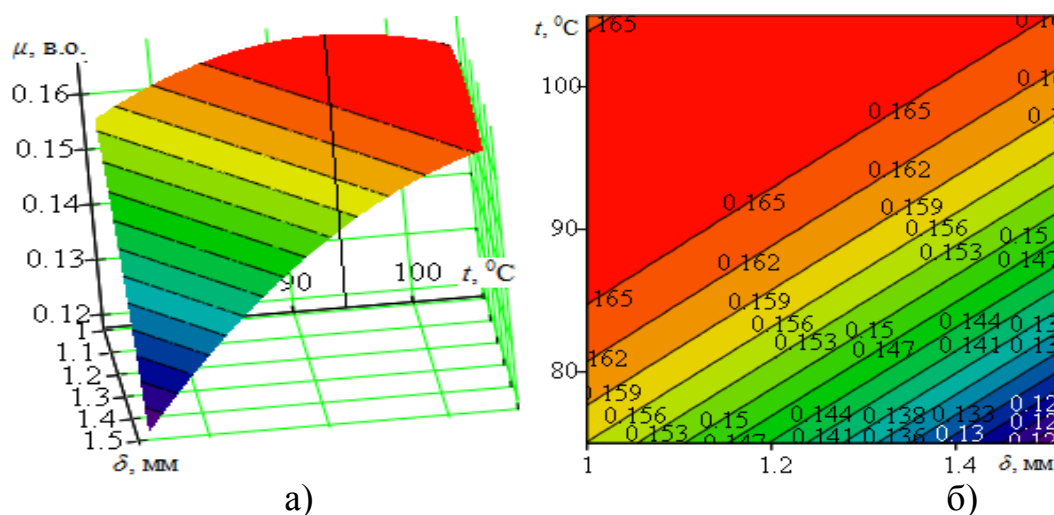


Рис. 5. Поверхня відгуку (а) і лінії рівнів (б) функції відгуку для четвертого пресуючого витка (при $\varepsilon = 4,67$)

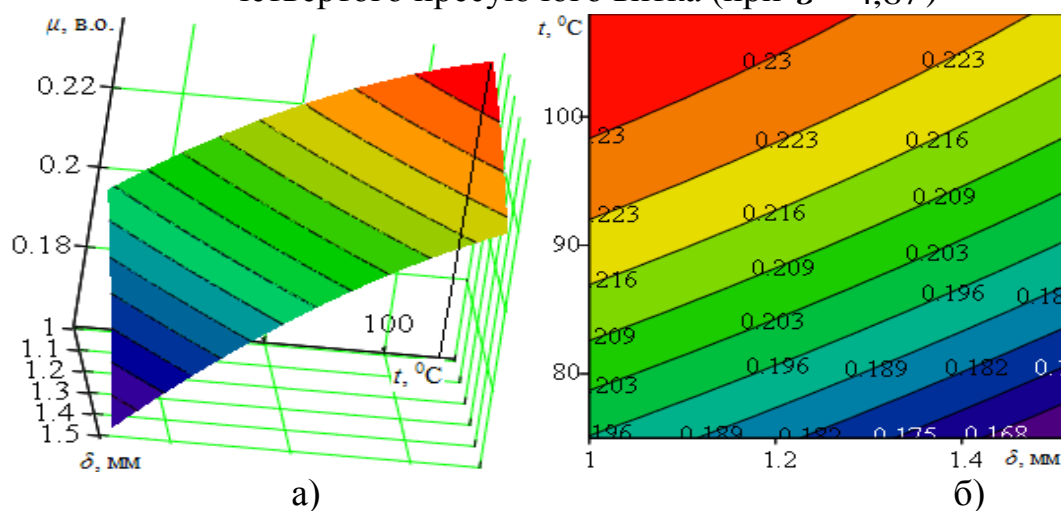


Рис. 6. Поверхня відгуку (а) і лінії рівнів (б) функції відгуку для п'ятого пресуючого витка (при $\varepsilon = 5,35$)

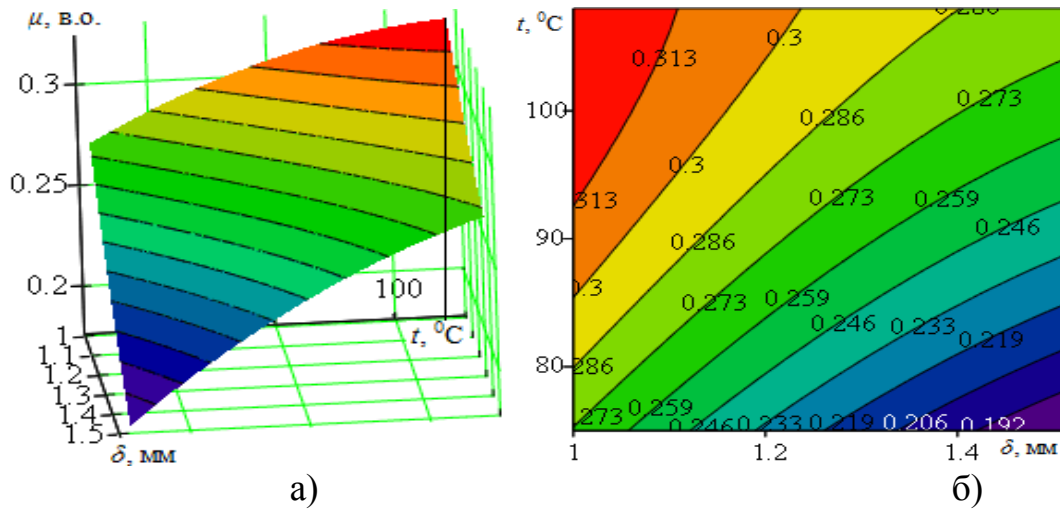


Рис. 7. Поверхня відгику (а) і лінії рівнів (б) функції відгику для шостого пресуючого витка (при $\varepsilon = 6,21$)

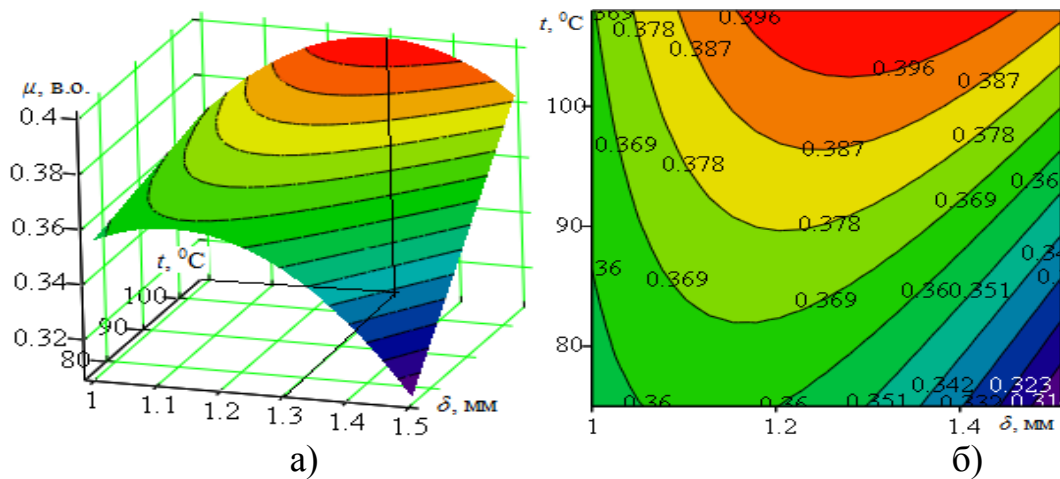


Рис. 8. Поверхня відгику (а) і лінії рівнів (б) функції відгику для сьомого пресуючого витка (при $\varepsilon = 7,29$)

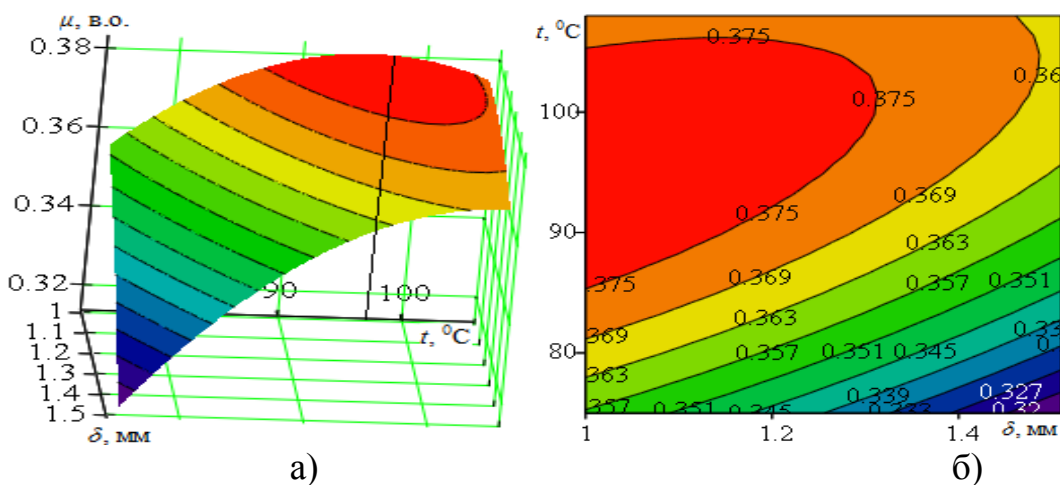


Рис. 9. Поверхня відгику (а) і лінії рівнів (б) функції відгику для восьмого пресуючого витка (при $\varepsilon = 9,32$)

Виходячи з отриманих даних після оптимізації конструктивно-технологічних параметрів шнекових витків у експериментальному розгорнутому каналі, можна визначити раціональну температуру мезги, що подається у шнековий прес для подальшого пресування, яка складає $t = 94 \dots 105^\circ\text{C}$. Оптимальні ж значення зазору в зеєрних планках змінюються за всією шкалою варіювання, тобто від $\delta = 1$ мм до $\delta = 1,5$ мм у відповідності до номера пресуючого витка. Це говорить про те, що зазори у зеєрному циліндрі шнекового пресу повинні мати різні розміри за довжиною шнекового валу у відповідності до номера пресуючого витка.

Висновки.

В результаті виконаних повнофакторних експериментів для процесу віджиму олії із мезги насіння рицини на вісьмох пресуючих витках шнекового валу встановлено:

1. Оптимальні ступені стиснення на відповідному пресуючому витку шнекового валу: перший пресуючий виток $\varepsilon = 1,42$; другий пресуючий виток $\varepsilon = 1,79$; третій пресуючий виток $\varepsilon = 2,09$; четвертий пресуючий виток $\varepsilon = 4,67$; п'ятий пресуючий виток $\varepsilon = 5,35$; шостий пресуючий виток $\varepsilon = 6,21$; сьомий пресуючий виток $\varepsilon = 7,29$; восьмий пресуючий виток $\varepsilon = 9,32$.

2. Оптимальні температури мезги на відповідному пресуючому витку шнекового валу: перший пресуючий виток $t = 105^\circ\text{C}$; другий пресуючий виток $t = 105^\circ\text{C}$; третій пресуючий виток $t = 104^\circ\text{C}$; четвертий пресуючий виток $t = 94^\circ\text{C}$; п'ятий пресуючий виток $t = 105^\circ\text{C}$; шостий пресуючий виток $t = 105^\circ\text{C}$; сьомий пресуючий виток $t = 105^\circ\text{C}$; восьмий пресуючий виток $t = 97^\circ\text{C}$.

3. Оптимальні зазори в зеєрних планках на відповідному пресуючому витку шнекового валу: перший пресуючий виток $\delta = 1,5$ мм; другий пресуючий виток $\delta = 1,5$ мм; третій пресуючий виток $\delta = 1,22$ мм; четвертий пресуючий виток $\delta = 1$ мм; п'ятий пресуючий виток $\delta = 1$ мм; шостий пресуючий виток $\delta = 1$ мм; сьомий пресуючий виток $\delta = 1,3$ мм; восьмий пресуючий виток $t = 1^\circ\text{C}$.

Література:

1. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. К.: Вища школа, 1976. 180 с.

2. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рошин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – 2-е изд. Л., 1980. 168 с.

3. Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. Кіровоград, 2016. 204 с.

4. Масликов В.А. Технологическое оборудование производства растительных масел. М.: Пищевая промышленность, 1974. 439 с.

5. 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

6. Наукові основи глибокої переробки насіння рицини на олію та високобілкові корми: звіт про НДР / Дідур В.А. та ін. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. 262 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШНЕКОВЫХ ПРЕССОВ ДЛЯ ОТЖАТИЯ МЕЗГИ СЕМЯН КЛЕЩЕВИНЫ

Дідур В. В., Чебанов А. Б., Дідур В. А., Верещага О. Л., Назарова О. П.

Аннотация - С целью оптимизации конструктивно-технологических параметров шнекового пресса, экспериментальные исследования прессования мезги семян клещевины целесообразно рассматривать по каждому отдельному прессующему витку шнекового вала. Для проведения таких исследований использован метод развернутого канала. Максимальное количество масла обеспечивается при оптимальных конструктивно-технологических параметрах развернутого канала, нахождение которых требует использования методики математического планирования эксперимента. Планирование, дальнейшее проведение и обработка экспериментальных исследований, осуществлено для восьми прессующих витков шнекового вала. За основной критерий оптимизации принято относительную массу масла. В результате обработки экспериментальных исследований, установлены оптимальные параметры прессования мезги семян клещевины (степень сжатия, зазор в зерных планках, температура мезги в середине канала) отдельно для восьми прессующих витков шнекового вала.

Ключевые слова - семена клещевины, мезга, прессование, шнековый вал, развернутый канал, прессующий виток, относительная масса масла, степень сжатия.

OPTIMIZATION OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF AUGER PRESS FOR SQUEEZING OF A CASTOR SEED BRAIN

V. Didur, A. Chebanov, V. Didur, O. Vereshaga, O. Nazarova,

Summary

In order to optimize the design and technological parameters of the auger press, it is advisable to consider the experimental studies of the pressing of the castor bean seed seed on each individual spinning coil of a screw shaft. For the purpose of such studies, the expanded channel method was used. The maximum amount of oil is ensured at optimum structural and technological parameters of the expanded channel, the finding of which requires the use of mathematical planning of the experiment. The planning, further conduct and processing of the experimental studies were carried out for eight extruding coils of a screw shaft. The main criterion for optimization is the relative mass of oil. As a result of processing experimental studies, the optimal parameters of pressing of the castor seed pulp (the degree of compression, the gap in the Zeer strips, the temperature of the pulp in the middle of the channel) separately for eight pressing turns of the screw shaft. In the modern industry, auger presses of various designs are used to extract oil from oilseeds. The process of pressing is that the pulp gradually comes from the first to the last pressing turn of the screw shaft. As you move along the auger shaft, the pulp is compressed by changing the free volume of turns along its length, resulting in a reduction of the outer surface of the pulley, increasing the compression pressure and, accordingly, the release of oil. The nature of the change in the free volume of the coils influences the oil yield.

Keywords - castor seeds, kernel, pressing, auger shaft, expanded channel, extruder, relative oil mass, degree of compression.