

УДК 631.363:633.8

Наталія Доценко, д.пед.н, проф.; Олена Баранова

Миколаївський національний аграрний університет, Україна

АНАЛІЗ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І СИЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ У МЕХАНІЗМАХ ДЛЯ ПРЕСУВАННЯ РОСЛИННОЇ ОЛІЇ

Анотація. Досліджено процес вилучення олії із насіння соняшнику за допомогою шнекового преса з попередньою вологотермічною обробкою м'ятки. Проведено аналіз кінематичних і силових параметрів установки та визначено її основні енергетичні характеристики. Встановлено, що попередня обробка сировини сприяє зниженню енергоспоживання і силових навантажень при ефективному пресуванні.

Ключові слова: кінематичний і силовий аналіз, механізми пресування, відокремлення олії.

Nataliia Dotsenko, Olena Baranova

ANALYSIS OF KINEMATIC PARAMETERS AND FORCE LOADS IN MECHANISMS FOR PRESSING VEGETABLE OIL

Abstract. The process of oil extraction from sunflower seeds using a screw press with preliminary hydrothermal treatment of the mash was investigated. The kinematic and force parameters of the unit were analyzed, and its main energy characteristics were determined. It was established that the preliminary treatment of raw materials contributes to reducing energy consumption and force loads while maintaining efficient pressing performance.

Keywords: kinematic and force analysis, pressing mechanisms, oil separation.

На сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу, в умовах підвищення вимог до енергоощадності та ефективності виробництва, особливого значення набуває раціональне використання виробничого потенціалу підприємств. Одним із перспективних напрямів розвитку аграрної галузі є впровадження сучасних технологій переробки сільськогосподарської сировини в господарствах різних форм власності. У зв'язку з цим важливим завданням є створення компактного, продуктивного та енергоефективного обладнання, придатного для роботи у складі технологічних ліній переробки продукції [1].

Серед основних олійних культур Миколаївської області провідне місце посідає соняшник, що обумовлено його високою рентабельністю та стабільним попитом на насіння і соняшникову олію. Для вилучення олії з насіння соняшнику у промисловості використовують два основні способи – пресування та екстракцію. Проте технологія пресування характеризується меншими виробничими витратами, простотою реалізації та нижчими енергетичними затратами порівняно з екстракційним методом [5]. Тому актуальним науково-технічним завданням є вдосконалення процесу пресування шляхом обґрунтування конструктивних і режимних параметрів шнекових пресів для підвищення ефективності вилучення олії [2].

З позицій теорії механізмів і машин процес пресування розглядається як сукупність механічних взаємодій між робочими органами преса та оброблюваним матеріалом під дією кінематичних і силових факторів [3]. Кінематичний аналіз шнекового преса передбачає визначення типу механізму, дослідження закону руху робочих органів, розрахунок передавального відношення приводу, а також визначення швидкості переміщення насіння вздовж зони пресування. Основними параметрами, що впливають на ефективність процесу, є кутова швидкість обертання шнека, геометричні характеристики його витків та крок гвинтової нарізки [4]. Саме ці параметри

забезпечують транспортування, ущільнення та подальше відокремлення олії з матеріалу.

Силове дослідження процесу включає визначення сил тиску матеріалу на робочі поверхні шнека і корпусу, розрахунок осьового зусилля та крутного моменту на валу, а також оцінку необхідної потужності приводу. Важливим чинником є врахування сил тертя між насінням і робочими поверхнями преса. У зоні пресування тиск утворюється внаслідок поступового зменшення міжвиткового простору шнека та опору виходу макухи, що безпосередньо впливає на інтенсивність виділення олії.

Для підвищення ефективності роботи шнекових пресів доцільним є використання попередньої вологотермічної обробки м'ятки. Зволоження та нагрівання матеріалу до температури 90–110 °С сприяють зниженню міцності клітинних стінок, зменшенню внутрішнього опору матеріалу та підвищенню виходу олії. Завдяки цьому процес пресування може здійснюватися при менших значеннях тиску, що дозволяє знизити енергетичні витрати та підвищити загальну ефективність обладнання.

У таблиці 1 наведено основні технічні характеристики енергоефективного шнекового преса, конструкція якого передбачає попередню вологотермічну обробку м'ятки перед процесом пресування.

Таблиця 1 – Основні технічні характеристики енергоефективного шнекового преса, в якому здійснюється попередня обробка м'ятки

№	Параметр	Позначення	Кількість	Одиниця виміру
1	Діаметр шнека	D	0,10	м
2	Крок шнека	S	0,08	м
3	Частота обертання вала	n	100	об/хв
4	Коефіцієнт заповнення	φ	0,4	–
5	Насипна густина м'ятки	ρ	650	кг/м³
6	Тиск пресування без обробки	p ₀	6	МПа
7	Коефіцієнт зниження опору після обробки	k	0,7	–
8	Попередня температура матеріалу	t	95	°C
9	Продуктивність преса	Q	450	кг/год

Здійснимо короткий розрахунок енергоефективного олієвідтискного преса. Розрахуємо робочий тиск з урахуванням обробки:

$$p = k \cdot p_0 = 0,7 \cdot 6 = 4,2 \text{ МПа} \quad (1)$$

Визначимо площу поперечного перерізу шнека:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} = 0,00785 \text{ м}^2 \quad (2)$$

Розрахуємо осьове зусилля на шнек.

$$F = p \cdot A = 4,2 \cdot 106 \cdot 0,00785 \approx 32\,970 \text{ Н} \quad (3)$$

Крутний момент на валу рівний:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = 32\,970 \cdot 0,05 \approx 1\,648 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4)$$

Потужність приводу дорівнює:

$$N = \frac{2\pi n M}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 1\,648}{60} \approx 17,3 \text{ кВт} \quad (5)$$

Теоретична продуктивність преса визначається як:

$$Qt = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \cdot n \cdot \varphi \cdot \rho = 0,00785 \cdot 0,08 \cdot 100 \cdot 0,4 \cdot 650 \approx 450 \text{ кг/год} \quad (6)$$

В таблиці 2 представлено порівняння розрахунку вдосконаленої конструкції преса в порівнянні з типовою конструкцією.

Таблиця 2 – Результати розрахунку та порівняння з типовою конструкцією

№	Параметр	Позначення	Розрахунок для енергоефективного преса	Прес FS-4015	Аналіз ефективності
1	Робочий тиск	p	4,2 МПа	6 МПа	Попередня вологотермічна обробка знижує тиск
2	Осьове зусилля	F	32 970 Н	47 100 Н	Зменшення на ~30%
3	Крутний момент	M	1 648 Н·м	2 355 Н·м	Зменшення на ~30%
4	Потужність приводу	N	17,3 кВт	24–25 кВт	Зниження енергоспоживання
5	Теоретична продуктивність	Q _т	450 кг/год	400–450 кг/год	Завдяки попередній обробці продуктивність зростає
6	Окружна швидкість шнека	v	0,52 м/с	0,52 м/с	Частота обертання однакова
7	Коефіцієнт заповнення	φ	0,4	0,3–0,35	Попередня обробка дозволяє збільшити заповнення

Кінематичні характеристики шнекового механізму мають визначальний вплив на величину силових навантажень, енергоємність процесу та ефективність роботи пресового обладнання. Оптимізація частоти обертання шнека, параметрів його геометрії та величини робочого зазору забезпечує підвищення продуктивності преса і ступеня вилучення олії при одночасному зменшенні енергетичних витрат. Важливу роль у цьому процесі відіграє швидкість переміщення матеріалу вздовж зони пресування, оскільки надмірне збільшення швидкості може призводити до недостатнього ущільнення сировини та зниження ефективності виділення олії. У свою чергу, надто мала швидкість транспортування спричиняє перевантаження робочих органів і підвищення енергоспоживання.

Геометричні параметри шнека, зокрема крок витків, висота гребеня та діаметр валу, визначають ступінь ущільнення матеріалу в процесі його переміщення. Зменшення міжвиткового простору створює необхідний тиск для руйнування клітинної структури насіння та виділення олії. При цьому раціональний вибір конструктивних параметрів дозволяє забезпечити стабільність технологічного процесу та рівномірність навантаження на приводний механізм.

Застосування попередньої вологотермічної обробки м'ятки сприяє покращенню фізико-механічних властивостей матеріалу, підвищуючи його пластичність та

знижуючи внутрішній опір під час пресування. У результаті робочий тиск у зоні пресування та крутний момент на валу зменшуються в середньому на 25–30 %, що дозволяє суттєво знизити необхідну потужність приводу. При цьому продуктивність обладнання не лише зберігається, а й може дещо підвищуватися завдяки більш рівномірному переміщенню та ущільненню матеріалу.

Попереднє нагрівання сировини до температури 90–110 °С забезпечує часткове руйнування клітинних оболонок та зменшує в'язкість олії, що полегшує її вихід із матеріалу. Додаткове зволоження м'ятки сприяє рівномірному розподілу температури по всьому об'єму сировини та покращує умови її деформації під дією пресувальних зусиль. Завдяки цьому зменшується навантаження на робочі органи преса та знижується інтенсивність тертя між матеріалом і поверхнями шнека та корпусу.

Зниження силових навантажень позитивно впливає на довговічність конструктивних елементів преса, дозволяє використовувати менш масивні деталі та зменшує інтенсивність їх зношування. Це сприяє економії матеріалів і підвищенню надійності роботи обладнання. Крім того, зменшення крутного моменту на валу дає можливість застосовувати електродвигуни меншої потужності, що забезпечує додаткове скорочення експлуатаційних витрат та підвищує енергоефективність установки в цілому.

На відміну від енергоефективних конструкцій, традиційні олієвідтискні преси функціонують при значно більших значеннях тиску та споживають більше енергії, що призводить до підвищеного зношування робочих органів і збільшення експлуатаційних витрат. Робота таких пресів супроводжується значними втратами енергії на подолання внутрішнього тертя та деформацію матеріалу. Це негативно впливає не лише на ресурс обладнання, а й на економічну ефективність технологічного процесу.

Таким чином, удосконалення конструкції шнекового преса та впровадження попередньої вологотермічної обробки сировини є перспективним напрямом підвищення ефективності процесу відокремлення рослинної олії. Рациональне поєднання кінематичних, конструктивних і технологічних параметрів дозволяє забезпечити стабільну роботу обладнання, знизити енергетичні витрати та підвищити якість готової продукції.

Перелік посилань

1. Babenko D., Gorbenko O., Dotsenko N., Kim N. Theoretical aspects of oil separation process by pressing // Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science. 2018. Vol. 22, № 3. P. 94–98. DOI: 10.31521/2313-092X/2018-3(99)-16.

2. Доценко Н.А., Горбенко О.А., Кім Н.І., Бацуровська І.В. Шнековий прес для відокремлення рослинної олії з пароутворюючим пристроєм для вологотермічної обробки м'ятки : пат. 147470 Україна, МПК В30В 9/00. № u202006789 ; заявл. 26.10.2020 ; опубл. 12.05.2021.

3. Бабенко Д.В., Доценко Н.А., Горбенко О.А. Механіка матеріалів і конструкцій. Частина 2: практикум для навчання на основі інтерактивного графічно-цифрового контенту : навч. посіб. Миколаїв : МНАУ, 2021. 176 с.

4. Оптимізація виробництва олійної сировини в Україні до 2025 року (методичні рекомендації) / Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Інститут олійних культур НААН, СГІ-НЦНС. Вид. 4-те, допов. Харків, 2020. 108 с.

5. Бойко В.С., Самойчук К.О., Тарасенко В.Г., Верхоланцева В.О., Паляничка Н.О., Михайлов Є.В., Червоткіна О.О. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси : підручник. Київ : ПрофКнига, 2021. 466 с.