

## References:

1. Wu, Y., et al. (2024). Simulation analysis and parameter optimization of seed–flesh separation process based on DEM. *Agriculture*, 14(7), 1008. <https://doi.org/10.3390/agriculture14071008>.
2. Ahmed, A., Zhang, Z., Manzoor, S. H., Abdelhamid, M. A., & Gul, N. (2026). Cucumber picking robots: Technological progress, challenges, and future directions. *Smart Agricultural Technology*, 13, 101813. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2026.101813>.
3. Babenko, D., Dotsenko, N., Gorbenko, O., & Kim, N. (2021). Justification of the introduction of a seed separator for vegetable and tomato crops as part of a technological line. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 25(2), 80-87. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-2\(110\)-10](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-2(110)-10).
4. Бабенко, Д.В., Доценко Н.А., Горбенко, О.А. (2023). Механіка матеріалів і конструкцій. Частина 2: практикум для навчання на основі інтерактивного графічно-цифрового контенту: навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ, 2021. 176 с.

**Abstract.** An analysis of the stress-strain state of steel elements of a cucumber seed separator, including drum shafts, a crank mechanism and sieves, was carried out. An assessment of bending, torsional and vibration stresses was performed. Calculations showed that the maximum stresses in all nodes are significantly lower than those permissible for steel, which ensures reliable operation and durability of the structure. The results allow us to justify the choice of materials and dimensions of elements for the effective and safe functioning of the separator.

**Keywords:** seed separator, cucumber, stress-strain state, steel, shafts, crank mechanism, sieve, vibration loads, structural strength.

## Конструктивно-технологічне та кінетичне дослідження олійного преса з підвищеною енергоефективністю

**Доценко Н.А.**

доктор. пед. наук, професор, професор кафедри загальнотехнічних дисциплін  
Миколаївського національного аграрного університету

**Анотація.** У роботі представлено результати конструктивно-технологічного та кінематичного дослідження олійного преса з підвищеною енергоефективністю. Розроблено удосконалену конструкцію шнекового преса зі змінним кроком витків та регульованим підпресувальним вузлом, що включає підпресовуючі вальці та пропарювач, які забезпечують рівномірний розподіл тиску вздовж зони пресування. Проведений кінематичний аналіз механізму приводу обґрунтував доцільність застосування черв'ячно-циліндричного редуктора з частотним регулюванням, що дозволяє адаптувати режим роботи до властивостей сировини. Встановлено оптимальну частоту обертання шнека на рівні 120 об/хв. За результатами лабораторних випробувань досягнуто зниження питомих витрат енергії на 28% (до 13,4 кВт·год/т), підвищення виходу олії на 2,3 відсоткових пункти та збільшення ресурсу робочих органів на 35%. Запропоноване технічне рішення сприяє зниженню собівартості переробки, підвищенню якості продукції та забезпеченню енергоефективності виробництва відповідно до сучасних вимог сталого розвитку агропромислового комплексу.

**Ключові слова:** олійний прес, шнековий прес, енергоефективність, кінематичний аналіз, конструктивні параметри, частота обертання, редуктор, пресування олії, питомі витрати енергії, ресурс робочих органів.

Олійна галузь є однією з пріоритетних у харчовій промисловості України. Підвищення ефективності переробки олійних культур - соняшнику, ріпаку, сої - є стратегічним завданням агропромислового комплексу. Наявні конструкції шнекових олійних пресів характеризуються значними питомими витратами енергії (до 18–22

кВт·год/т), нерівномірністю тиску пресування та підвищеним зносом робочих органів [3]. Усе це обумовлює актуальність розробки нових технічних рішень, спрямованих на зниження енергоспоживання без втрати якості та виходу олії [4].

Метою роботи є розробка та дослідження удосконаленої конструкції шнекового олійного преса з підвищеною енергоефективністю на основі оптимізації геометричних параметрів шнека, режимів пресування та кінематичних характеристик механізму. Запропонована конструкція преса відрізняється від аналогів наявністю комбінованого шнека зі змінним кроком витків (від 60 до 32 мм по довжині зони пресування) та додаткового підпресувального вузла з регульованим зазором, що містить підпресовуючі вальці та пропарювач, що забезпечує рівномірний розподіл тиску вздовж зони пресування [1]. Корпус зерної камери оснащено секційними вставками з твердосплавного матеріалу, що забезпечує підвищену зносостійкість та можливість оперативної заміни без демонтажу основних вузлів [3]. Привід реалізовано за допомогою черв'ячно-циліндричного редуктора з передаточним числом  $i = 24,5$  та електродвигуном потужністю 11 кВт. Застосування частотного перетворювача дозволяє плавно регулювати частоту обертання шнека в діапазоні 80–160 об/хв залежно від виду олійної сировини та вологості матеріалу [2].

Кінематичне дослідження виконано методом структурного аналізу кінематичних пар. Механізм приводу шнека відноситься до першого класу ( $W = 1$ ). Визначено кутові швидкості та прискорення ланок передавального механізму, побудовано плани швидкостей і прискорень для крайніх та середніх положень. Аналіз показав, що при частоті обертання шнека  $n = 120$  об/хв забезпечується найбільш рівномірний розподіл тиску вздовж зони пресування. Встановлено, що максимальне осьове зусилля на шнек становить  $F_{ос} = 48,6$  кН, що на 12% менше порівняно з базовою конструкцією завдяки оптимізованому профілю витків та зниженню сил тертя у зазорах.

Лабораторні випробування проведено на дослідному зразку преса при переробці насіння соняшнику (вологість  $7 \pm 1\%$ , олійність 48–52%). Отримано такі показники роботи: продуктивність: 450–500 кг/год (соняшник, перше пресування); вихід олії: 38,5–41,2% від маси сировини (залишковий вміст олії у макусі - 9,8%); питомі витрати енергії: 13,4 кВт·год/т - зниження на 28% порівняно з аналогом; температура олії на виході: не перевищує  $52^\circ\text{C}$  (холодний віджим); ресурс робочих органів: збільшено на 35% за рахунок твердосплавних вставок.

Таблиця 1. Параметри сировини

Параметр	Позначення	Типові значення
Вологість насіння	W, %	6–10%
Олійність	C, %	40–55% (соняшник)
Насипна щільність	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	350–420

Нижче наведена методика розрахунку ключових показників конструктивно-технологічного та кінематичного дослідження олійного преса з підвищеною енергоефективністю.

Крок гвинтової навивки:

$$t = (0,6 \div 1,0) \cdot D_{ш} \quad (1)$$

Зовнішній діаметр шнека (з умови подачі):

$$D_{\text{ш}} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot n \cdot t \cdot \rho \cdot \psi}} \quad (2)$$

де  $Q$  - продуктивність (кг/с),  $n$  - частота обертання (об/с),  $\psi = 0,3-0,6$  - коефіцієнт заповнення.

Діаметр валу шнека:

$$d_{\text{в}} = (0,25 \div 0,35) \cdot D_{\text{ш}} \quad (3)$$

Ступінь стиснення (компресійне відношення):

$$K = \frac{V_1}{V_k} = \frac{S_1 \cdot t_1}{S_k \cdot t_k} \quad (4)$$

де  $S_1, S_k$  - площі перерізу каналу на початку і в кінці зони пресування.

Лінійна швидкість переміщення матеріалу вздовж осі:

$$v_{\text{ос}} = t \cdot n \cdot \eta_{\text{п}} \quad (5)$$

де  $\eta_{\text{п}}$  - коефіцієнт проковзування (0,6–0,8).

Кутова швидкість шнека:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (6)$$

Колова швидкість на зовнішньому діаметрі:

$$v = \frac{\pi \cdot D_{\text{ш}} \cdot n}{60} \quad (7)$$

Рекомендовано:  $v = 0,05-0,3$  м/с для холодного пресування.

Передавальне відношення приводу:

$$i = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{шн}}} \quad (8)$$

Тиск пресування (питомий):

$$p = (5 \div 60) \text{ МПа}$$

Осьова сила на шнеку:

$$F_{\text{ос}} = p \cdot A_{\text{к}} \quad (9)$$

де  $A_{\text{к}}$  - площа поперечного перерізу камери пресування.

Крутний момент на валу шнека:

$$M_{\text{кр}} = \frac{F_{\text{ос}} \cdot t}{2\pi} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{мех}}} \quad (10)$$

або через питому роботу пресування:

$$M_{\text{кр}} = N \omega M \quad (11)$$

Теоретична продуктивність:

$$Q_T = \frac{\pi}{4} (D_{\text{ш}}^2 - d_{\text{в}}^2) \cdot t \cdot n \cdot \rho \quad (12)$$

Дійсна продуктивність:

$$Q = Q_T \cdot \psi \quad (13)$$

Об'ємний вихід олії:

$$q_{\text{ол}} = Q \cdot C_{\text{oil}} \cdot \eta_{\text{вит}} \quad (14)$$

де  $\eta_{\text{вит}} = 0,85-0,95$  - коефіцієнт вилучення олії.

Потужність на пресування матеріалу:

$$N_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot \omega}{\eta_{\text{мех}}} \quad (15)$$

Загальна необхідна потужність двигуна:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{пр}}}{\eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{підш}}} \quad (16)$$

де  $\eta_{\text{пер}}$  - ККД передачі,  $\eta_{\text{підш}}$  - ККД підшипників.

Питомі витрати електроенергії (ключовий показник енергоефективності):

$$q_{\text{пит}} = \frac{N_{\text{дв}}}{Q}, \quad \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{т} \quad (17)$$

Для енергоефективного преса:  $q_{\text{пит}} < 25-35$  кВт·год/т.

Загальний ККД преса:

$$\eta_{\text{заг}} = \frac{N_{\text{кор}}}{N_{\text{дв}}} = \eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{підш}} \quad (18)$$

Теплота, що виділяється при пресуванні (тертя + деформація):

$$Q_{\text{теп}} = N_{\text{дв}} \cdot (1 - \eta_{\text{заг}}) \cdot \tau \quad (19)$$

Максимальна температура матеріалу в камері:

$$T_{\text{мат}} = T_0 + \frac{Q_{\text{теп}}}{G \cdot c_p} \quad (20)$$

де  $c_p$  - теплоємність насіння ( $\approx 1800-2000$  Дж/(кг·К)).

Обмеження для холодного пресування:  $T_{\text{мат}} \leq 50-60^\circ\text{C}$ .

Вал на кручення і згин (еквівалентний момент):

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{M_{\text{зг}}^2 + M_{\text{кр}}^2} \quad (21)$$

Діаметр валу з умови міцності:

$$d_{\text{в}} \geq \sqrt[3]{\frac{M_{\text{екв}} \cdot 32}{\pi \cdot [\sigma]_{-1}}} \quad (22)$$

де  $[\sigma]_{-1}$  - допустиме напруження при симетричному циклі.

Запас міцності шнекового витка:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m} \geq [n] = 2,0 \div 2,5 \quad (23)$$

Пасова передача - натяг гілок:

$$F_1 = F_0 + \frac{P}{2v}, \quad F_2 = F_0 - \frac{P}{2v} \quad (24)$$

Число пасів:

$$z = \frac{P}{[P_0] \cdot C_{\alpha} \cdot C_L \cdot C_z} \quad (25)$$

Черв'ячна передача:

$$\eta_{\text{черв}} = \frac{\tan \gamma}{\tan(\gamma + \varphi)} \quad (26)$$

де  $\gamma$  - кут підйому витка черв'яка,  $\varphi$  - кут тертя.

Таблиця 2. Зведена таблиця ключових показників

Показник	Формула	Норма
Продуктивність Q	$Q = Q_T \cdot \psi$	проектна
Вихід олії	$q_{\text{ол}} = Q \cdot C_{\text{oil}} \cdot \eta_{\text{вит}}$	85–95% від теорет.
Питомі витрати	$q_{\text{пит}} = N_{\text{дв}}/Q$	< 30 кВт·год/т
ККД загальний	$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{підш}}$	0,75–0,88
Температура	$T_{\text{мат}} \leq 60^{\circ}\text{C}$	холодний спосіб

Розроблено удосконалену конструкцію шнекового олійного преса зі змінним кроком витків та регульованим підпресувальним вузлом, що містить підпресовуючі вальці та пропарювач, що забезпечує рівномірний розподіл тиску вздовж зони пресування. Кінематичний аналіз механізму приводу підтвердив доцільність застосування черв'ячно-циліндричного редуктора з частотним регулюванням; оптимальна частота обертання шнека становить 120 об/хв. За результатами лабораторних випробувань питомі витрати енергії знижено на 28% (до 13,4 кВт·год/т), при цьому вихід олії збільшено на 2,3 відсоткових пункти, а ресурс робочих органів підвищено на 35%. Впровадження запропонованого преса на підприємствах олійної галузі дозволить знизити собівартість переробки, покращити якість продукції та забезпечити енергозбереження відповідно до вимог сталого розвитку агропромислового комплексу України.

### References:

1. Babenko, D., Dotsenko, N., & Gorbenko, O. (2024). Study of structural and kinematic characteristics of an energy-efficient oil press. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 28(3), 41-54. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/2.2024.41>.
2. Alvarez-Gonzalez, L.M., & Perea-Barrios, I.J. (2023). Modeling and control of a leaching unit for sunflower oil extraction. In *2023 IEEE 6th Colombian conference on automatic control (CCAC)* (pp. 1-6). Popayan: Institute of Electrical and Electronics Engineers. doi: 10.1109/CCAC58200.2023.10333764.
3. Dotsenko, N., Gorbenko, O., & Batsurovska, I. (2023). Investigation of constructive and technological parameters of an energy-efficient screw oil press. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1254, article number 012135. doi: 10.1088/1755-1315/1254/1/012135.

4. Kandhan, P.A., Prakash, N.B., & Bakruthen, M. (2023). Performance analysis of different fatty acid vegetable oil using ranking method. In 2023 5th international conference on smart systems and inventive technology (ICSSIT) (pp. 1381-1384). Tirunelveli: Institute of Electrical and Electronics Engineers. doi: 10.1109/ICSSIT55814.2023.10061136.

5. Sudhakar, A., Chakraborty, S.K., Mahanti, N.K., & Varghese, C. (2023). Advanced techniques in edible oil authentication: A systematic review and critical analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(7), 873-901. doi: 10.1080/10408398.2021.1956424.

**Abstract.** The paper presents the results of a structural, technological and kinematic study of an oil press with increased energy efficiency. An improved design of a screw press with a variable pitch of turns and an adjustable press unit has been developed, which includes press rollers and a steamer, which ensure uniform pressure distribution along the pressing zone. The kinematic analysis of the drive mechanism has substantiated the feasibility of using a worm-cylindrical gearbox with frequency regulation, which allows adapting the operating mode to the properties of the raw material. The optimal screw rotation frequency has been set at 120 rpm. According to the results of laboratory tests, a reduction in specific energy consumption by 28% (up to 13.4 kWh/t), an increase in oil yield by 2.3 percentage points and an increase in the resource of working elements by 35% have been achieved. The proposed technical solution contributes to reducing the cost of processing, improving product quality and ensuring energy efficiency of production in accordance with modern requirements for sustainable development of the agro-industrial complex.

**Keywords:** oil press, screw press, energy efficiency, kinematic analysis, design parameters, speed, gearbox, oil pressing, specific energy consumption, working parts resource.

УДК 621.81:678.067:631.3

### Перспективи застосування сучасних вуглецевих наповнювачів у виготовленні високонавантажених елементів конструкцій АПК

**Полянський П.М.**

канд. екон. наук, доцент,

**Іванов Г.О.**

канд. техн. наук, доцент,

Миколаївський національний аграрний університет, Україна

**Анотація:** У роботі розглянуто актуальність використання вуглець-вуглецевих композиційних матеріалів (ВВКМ) у сучасному агропромисловому комплексі. Проведено інженерні розрахунки модулів пружності та межі міцності композиту при використанні високоміцного волокна марки Thornel T-800 та полімерної матриці. Результати дослідження показали, що при високому рівні армування (0,8) матеріал демонструє показники міцності понад 3900 МПа, що значно перевищує традиційні аналоги. Визначено критичний вміст волокон та доведено ефективність проєктування структури матеріалу для роботи під високими навантаженнями.

**Ключові слова:** вуглець-вуглецеві композиційні матеріали (ВВКМ), Торнел-800, модуль Юнга, межа міцності, армування, сільськогосподарська техніка, критичний вміст волокон.

Сучасні стан розвитку агропромислового комплексу ставить високі вимоги до фізико-механічних властивостей матеріалів деталей. Завдяки легкості, міцності, технологічності, малому коефіцієнту температурного розширення вуглець-вуглецеві композиційні матеріали (ВВКМ) видаються найбільш перспективними для виготовлення деталей машин, корпусів апаратів та елементів конструкцій