

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2026-16-1-2>

УДК 621.926:66.095.7

Р. С. Бровко, аспірант
А. М. Пугач, канд. техн. наук,
д-р наук з держ. упр., професор
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
e-mail: ruslan.brovko@ukr.net

ORCID: 0009-0008-3792-8511
ORCID: 0000-0002-5586-424X

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ШНЕКОВОГО ПРЕСУ ШЛЯХОМ ЧЕРГУВАННЯ ЗОН СТИСКУ І ПЕРЕМІШУВАННЯ МАСИ В ШНЕКОВОМУ ТРАКТІ

Анотація. У статті розглянуто питання оптимізації конструкції шнекового пресу шляхом чергування зон стиску та перемішування маси у шнековому тракті. Проведено аналіз існуючих конструкцій та встановлено вплив геометричних параметрів шнека на ефективність процесу пресування. Обґрунтовано доцільність функціонального зонування тракту, що забезпечує стабілізацію технологічного процесу, покращення перемішування сировини та рівномірний розподіл навантаження. Розроблено і запропоновано конструкцію шнекового пресу та шнекового тракту, яка включає 14-секційний вал із чотирма модифікованими дросельними втулками з зубчастим профілем. Впровадження цього рішення забезпечує ефективне перемішування та ущільнення матеріалу, рівномірний розподіл навантаження, підвищує продуктивність і стабільність роботи обладнання, знижує енергоспоживання та підвищує зносостійкість робочих органів. Встановлено, що застосування запропонованої конструкції дозволяє збільшити строк служби деталей у 1,5–2 рази, знизити енергоспоживання до 10 % та підвищити вихід олії на 5 %.

Ключові слова: олійний прес, шнековий тракт, модифікована конструкція, дросельні кільця, ефективність пресування, зносостійкість деталей.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток агропромислового комплексу та суміжних галузей переробної промисловості супроводжується постійним зростанням вимог до ефективності технологічного обладнання, зокрема машин для ущільнення, транспортування та переробки сипких і вологих матеріалів. Одним із ключових видів такого обладнання є шнекові преси, які широко застосовуються у виробництві кормів, олії, паливних брикетів, а також у процесах утилізації відходів рослинного та тваринного походження. Висока універсальність, відносна простота конструкції та можливість безперервної роботи забезпечують їм важливе місце серед технологічних засобів механізації.

Разом із тим, традиційні конструкції шнекових пресів не завжди забезпечують оптимальні умови для ефективного ущільнення та переробки матеріалу. Основними недоліками існуючих рішень є нерівномірність розподілу тиску вздовж шнекового тракту, недостатня інтенсивність перемішування маси, локальні перевантаження робочих органів, а також підвищені енергетичні витрати. Це призводить до зниження якості кінцевого продукту, збільшення втрат поживних або цінних компонентів і зростання експлуатаційних витрат.

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності роботи шнекових пресів є вдосконалення геометрії та функціональної організації шнекового тракту. Зокрема, значний інтерес становить підхід, що передбачає чергування зон стиску і перемішування матеріалу. Така конструктивна схема дозволяє поєднати процеси ущільнення і активного перемішування,



що сприяє більш рівномірному розподілу навантаження, покращенню структурно-механічних властивостей оброблюваної маси та інтенсифікації технологічного процесу в цілому.

Черговість зон стиску і перемішування забезпечує поступове наростання тиску, що запобігає різким перепадам навантаження і зменшує ймовірність забивання шнека. У зонах перемішування відбувається руйнування агломератів, вирівнювання вологості та температури матеріалу, а також підвищення його пластичності, що позитивно впливає на подальший процес ущільнення. Водночас зони стиску створюють необхідні умови для досягнення заданих параметрів щільності та форми кінцевого продукту.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення енергоефективності та продуктивності шнекових пресів при одночасному забезпеченні високої якості обробки матеріалу. Оптимізація конструкції шляхом раціонального поєднання зон різного функціонального призначення дозволяє зменшити питомі енергетичні витрати, підвищити надійність роботи обладнання та розширити діапазон технологічних можливостей машин.

Крім того, сучасні умови господарювання вимагають створення універсальних машин, здатних ефективно працювати з різними видами сировини, що характеризуються широким спектром фізико-механічних властивостей. У цьому контексті оптимізація шнекового тракту набуває особливого значення, оскільки саме він визначає характер взаємодії робочого органа з матеріалом і суттєво впливає на кінцеві показники процесу.

Таким чином, дослідження, спрямовані на обґрунтування та реалізацію принципу чергування зон стиску і перемішування в конструкції шнекового преса, є важливими як з наукової, так і з практичної точки зору. Вони дозволяють розширити уявлення про закономірності руху та деформації матеріалу в шнековому тракті, а також створити передумови для розробки більш досконалих і ефективних технічних рішень.

Аналіз останніх досліджень. Ряд авторів зазначає, що модернізація конструкції шнекових пресів здійснюється шляхом застосування багатоступеневого стиску, зміни кроку витків шнека, використання змінних профілів шнекових елементів та введення додаткових змішувальних зон. Такі конструктивні рішення дозволяють підвищити ступінь вилучення олії та зменшити кількість залишкової олії у макусі [1, 2]. У роботі [3] досліджували процес механічного пресування олійної сировини, встановлено, що ефективність вилучення олії значною мірою залежить від конструкції шнекового тракту, швидкості обертання шнека, величини зазорів та характеру зміни тиску вздовж робочої камери. Дослідження показують, що чергування ділянок високого тиску (зон стиску) та зон розвантаження або перемішування сприяє кращому руйнуванню клітинної структури матеріалу та інтенсифікації виділення олії. Окремі дослідження [4] присвячені вдосконаленню технологічних особливостей шнекових пресів шляхом введення додаткових конструктивних елементів, зокрема охолоджувальних систем, змішувальних секцій, а також регульованих елементів для зміни технологічних параметрів процесу. Це дозволяє забезпечити оптимальні температурні режими пресування, запобігти перегріву продукту та підвищити якість отриманої олії.

У сучасних роботах розглядаються питання автоматизації роботи шнекових пресів та адаптації їх конструкції до різних видів олійної сировини, що дозволяє забезпечити стабільність технологічного процесу та підвищити його енергоефективність [5, 6].

Окремий напрям досліджень пов'язаний із математичним моделюванням процесу пресування, що дозволяє визначити раціональні параметри конструкції шнека та режими роботи обладнання. За результатами таких досліджень встановлено, що оптимізація конструктивних параметрів преса дає змогу підвищити продуктивність обладнання та покращити техніко-економічні показники процесу [7].

Незважаючи на значну кількість досліджень, питання оптимізації конструкції шнекового пресу шляхом раціонального чергування зон стиску та перемішування маси в шнековому

тракті потребує подальшого вивчення, зокрема щодо визначення оптимальної геометрії таких зон та їх впливу на інтенсифікацію процесу пресування.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Метою роботи є оптимізація конструкції шнекового пресу за рахунок розробки нового дизайну дросельних кілець та заміни існуючих в зонах підвищеного стиску, що в свою чергу впливає на покращення перемішування маси для підвищення ефективності процесу пресування, інтенсифікації масообміну та покращення якісних показників роботи оброблюваної сировини (насіння соняшника), збільшення зносостійкості деталей, зниження енергоспоживання.

Для досягнення поставленої мети сформульовано наступні задачі:

- проаналізувати існуючі конструкції шнекових пресів та їх технологічні особливості;
- дослідити вплив геометричних параметрів шнека на процес транспортування та ущільнення маси;
- обґрунтувати доцільність чергування зон стиску та перемішування у шнековому тракті;
- розробити удосконалену конструкцію шнекового пресу, тракту;
- оцінити вплив запропонованих конструктивних змін на ефективність роботи обладнання;
- визначити оптимальні технологічні параметри роботи шнекового пресу.

Основна частина. Загальний зовнішній вигляд пресу Krupp EP20 представлено на рисунку 1.

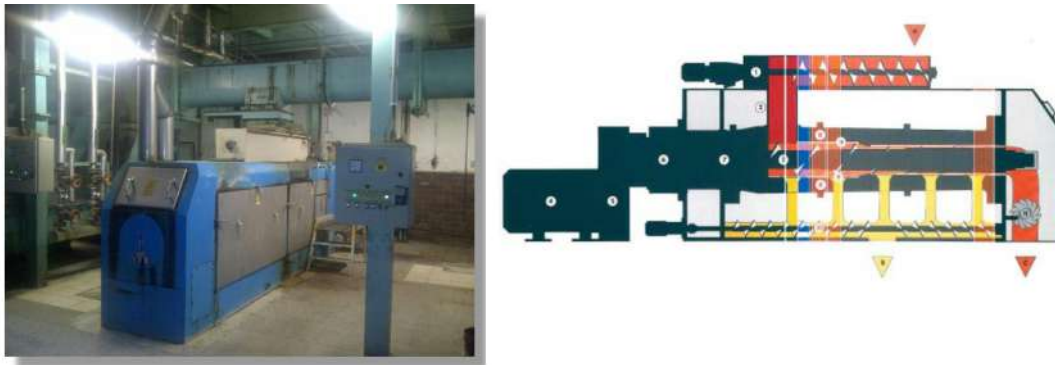


Рис. 1. Прес Krupp EP20 – загальний вигляд

Технічні характеристики пресу Krupp EP20 [8] представлено в таблиці 1.

Існуюча збірка працює задовільно, але виникає високий тиск в місцях де зменшується діаметр камери (на рисунку 2 це зазначено: дросельне кільце та перехідна втулка) – точки високого зносу, також «тугі» дросельні втулки викликають високе енергоспоживання.

Дуже велике стиснення негативно відображається на продуктивності пресу.

Нами запропоновано і здійснено конструктивні зміни пресу Krupp EP20 шляхом заміни розроблених дросельних кілець, які представлено на рис. 3, 4.

Шнековий тракт змонтований на валу з 14 секцій, до складу якого входять чотири модифіковані дросельні втулки з профілем поверхні зубчастої форми. Така конструктивна форма забезпечує позитивний технологічний ефект від впровадження запропонованого рішення.

На шнековому тракті представлено:

- декілька зон зниження стиснення для мінімізації енергоспоживання;
- зони скидання тиску та перемішування для максимізації продуктивності;
- найкращі показники олійності та дефекту помелу (важливий фактор для секції екстракції).

Для виготовлення дросельних кілець з новим дизайном використовували сталь Gold Star. Вона є спеціалізованим зносостійким сплавом, що використовують для виготовлення робочих деталей олійних пресів, зокрема дросельних (конусних) кілець. Цей матеріал розроблений для

Таблиця 1

Технічні характеристики пресу Krupp EP20

Технічні характеристики	Технічні характеристики
Напруга живлення: 400 В, 50 Гц	Ширина отворів зерна (за напрямком руху маси):
Маса близько 17 000 кг	0,72–0,57–0,57–0,37–0,37–0,57–0,37–0,28–0,28–0,28–0,17
Маса в робочому стані ~ 19 000 кг	Приводна потужність 4 кВт
Приводна потужність 500 кВт	Частота обертання двигуна 1/хв
Частота обертання двигуна 1500 1/хв	Частота обертання приводу при 50 Гц: 64 1/хв
Частота обертання приводу 64 1/хв	Набивний шнек (опція)
Номер редуктора: 242559/112, 242559/114, 242559/113	Приводна потужність 5,5 кВт
Передавальне число 20	Частота обертання двигуна 1/хв
Витрата масла редуктора близько 60 л	Частота обертання приводу при 50 Гц: 83 1/хв
Клиновий ремінь 12 шт. ХРСх4500 мм	Дробарка жмиху (опція)
Шків клинового ремня – Ø	Приводна потужність ___ кВт
(з боку редуктора) $D = 630$ мм	Частота обертання двигуна 1/хв
Шків клинового ремня – Ø	Шнек відбору масла
(з боку двигуна) $D = 540$ мм	Приводна потужність 0,75 кВт
Витрата холодної води ~ 1,5 м ³ /год	Частота обертання двигуна 1380 1/хв
Дозувальний шнек (опція)	Частота обертання двигуна 62 1/хв

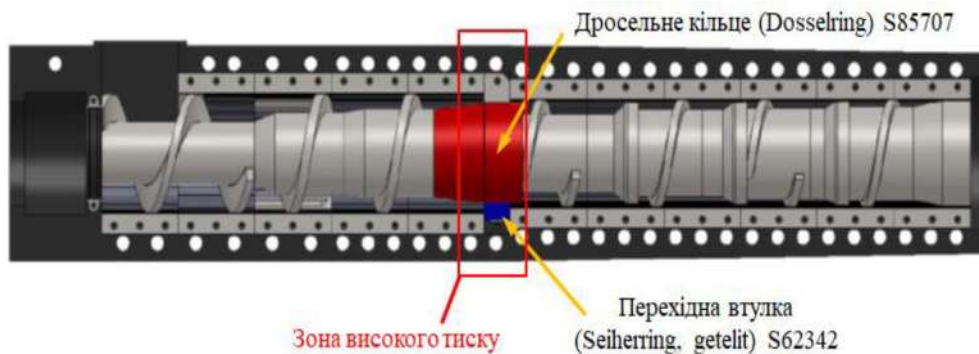


Рис. 2. Шнековий тракт: існуюча збірка



Рис. 3. Зовнішній вигляд модифікованих дросельних кілець

роботи в умовах екстремального абразивного зносу та високого тиску, що виникають під час віджиму олійних культур.

Основні характеристики сталі Gold Star:

– висока твердість: після термічної обробки робоча поверхня досягає показників 58–62 HRC – це забезпечує тривалий термін експлуатації в порівнянні зі стандартними інструментальними сталями;

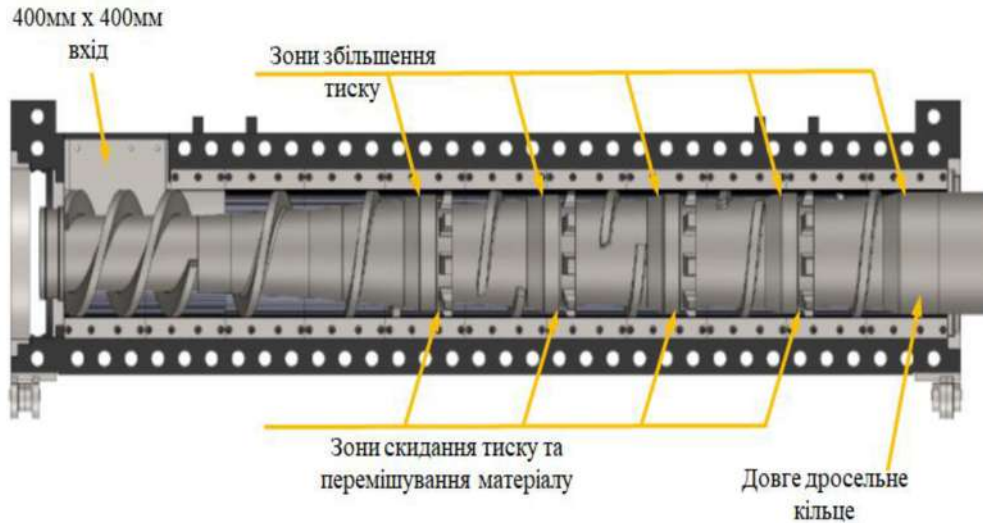


Рис. 4. Модель шнекового тракту з удосконаленою конструкцією

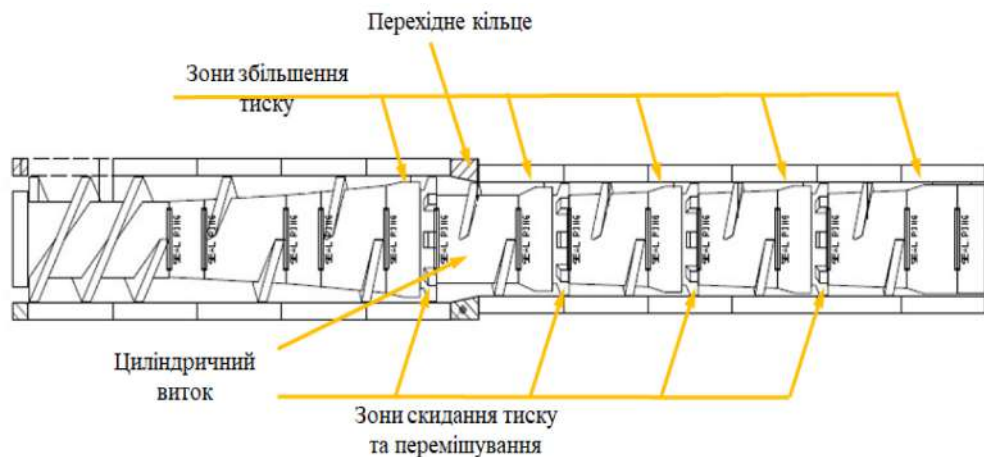


Рис. 5. Конструктивна схема шнекового тракту з удосконаленою конструкцією

– зносостійкість: сплав містить підвищену кількість хрому та спеціальні легуючі добавки (вольфрам, ванадій), що створюють стійку структуру карбідів – це критично важливо для дросельних кілець, які постійно контактують з абразивною макухою під тиском;

– термічна стабільність: матеріал зберігає свої механічні властивості при нагріванні до температур 200–250 °С, які є типовими для процесу інтенсивного пресування;

– ударна в'язкість: попри високу твердість, сталь має достатню міцність серцевини, що запобігає розтріскуванню кільця при різких перепадах тиску або потраплянні сторонніх твердих часток.

Дросельні кільця зі сталі Gold Star дозволяють:

– збільшити міжремонтний інтервал обладнання в 1,5–2 рази;

– підтримувати стабільний зазор виходу макухи, що напряму впливає на залишковий вміст олії та продуктивність преса;

– зменшити ризик «залипання» або заклинювання конуса завдяки високій якості обробки поверхні та низькому коефіцієнту тертя після притирання.

Висновки.

1. У результаті виконаного дослідження, спрямованого на оптимізацію конструкції шнекового преса шляхом чергування зон стиску та перемішування маси у шнековому тракті, досягнуто поставлену мету та вирішено комплекс взаємопов'язаних науково-технічних завдань.



2. Проведений аналіз існуючих конструкцій шнекових пресів засвідчив, що традиційні технічні рішення, як правило, орієнтовані переважно на забезпечення процесу ущільнення матеріалу за рахунок поступового зменшення кроку шнека або зміни діаметра витків. Водночас у більшості конструкцій недостатньо уваги приділяється інтенсифікації процесів перемішування та вирівнювання фізико-механічних властивостей маси, що призводить до нерівномірності навантаження, локальних перевантажень та зниження загальної ефективності процесу пресування.

3. Розроблено конструкцію шнекового пресу та шнекового тракту, яка включає 14-секційний вал із чотирма модифікованими дросельними втулками з зубчастим профілем. У ході дослідження встановлено, що геометричні параметри шнека (крок, діаметр, висота витків, профіль поверхні) суттєво впливають на характер руху матеріалу, ступінь його ущільнення та інтенсивність внутрішніх зсувних деформацій. Обґрунтовано, що раціональне поєднання ділянок з різними геометричними характеристиками дозволяє керувати процесами транспортування, стиску та перемішування маси, забезпечуючи більш стабільний і керований технологічний режим роботи преса.

4. Доведено доцільність застосування принципу чергування зон стиску та перемішування у шнековому тракту. Зони стиску забезпечують необхідне підвищення тиску та формування щільної структури матеріалу, тоді як зони перемішування сприяють руйнуванню агломератів, вирівнюванню вологості, температури та структурних характеристик маси. Така організація робочого процесу дозволяє уникнути різких градієнтів тиску, зменшити ймовірність закупорювання каналу та підвищити стабільність роботи обладнання.

5. На основі проведених теоретичних узагальнень та конструктивного аналізу розроблено удосконалену конструкцію шнекового пресу, в якій передбачено функціональне зонування шнекового тракту. Запропоноване технічне рішення забезпечує поетапний вплив на оброблювану масу з чергуванням процесів ущільнення та активного перемішування, що створює передумови для більш повного використання потенціалу матеріалу та підвищення ефективності його обробки.

6. Оцінка впливу запропонованих конструктивних змін показала, що їх впровадження сприяє зниженню питомих енергетичних витрат за рахунок більш рівномірного розподілу навантаження по довжині шнека та зменшення пікових навантажень. Одночасно відбувається підвищення продуктивності преса, що зумовлено покращенням умов транспортування матеріалу та зменшенням витрат часу на усунення можливих технологічних збоїв.

7. Важливим результатом є також підвищення зносостійкості робочих органів шнекового пресу. Завдяки зменшенню нерівномірності навантаження та зниженню інтенсивності локальних контактних напружень забезпечується більш рівномірний характер зношування деталей, що подовжує термін їх експлуатації у 1,5–2 рази та зменшує витрати на технічне обслуговування і ремонт. Досягнуто зниження енергоспоживання на 10 % та підвищення ефективності процесу пресування, що проявляється у збільшенні виходу олії близько 5 %. Отримані результати підтверджують доцільність впровадження запропонованих конструктивних рішень та їх позитивний вплив на техніко-економічні показники роботи шнекового пресу.

Список використаних джерел

1. Kachur O., Korendiy V., Havran V. Designing and simulation of an enhanced screw-type press for vegetable oil production. *Computer Design Systems. Theory and Practice*. 2023. V. 5 № 1. P. 128–136. DOI: <https://doi.org/10.23939/cds2023.01.128>

2. Singh J., Bargale P.C. Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. *Journal of Food Engineering*. 2000. V. 43 № 2. P. 75–82. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00134-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00134-X)



3. Bogaert L., Mathieu H., Mhemdi H. Characterization of oilseeds mechanical expression in an instrumented pilot screw press. *Industrial crops and products*. 2018. V. 121. P. 106-113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.039>
4. Паславський Б. Гвинтовий маслопрес з системою охолодження. *Вісник Львівського національного екологічного університету. Серія Агроінженерні дослідження*. 2018. № 22. С. 92–98. DOI: <https://doi.org/10.31734/agroengineering2018.01.092>
5. Korendiy V., Havran V. Analysis of the oil extraction process and prospects of automation of screw press operation. *Scientific Bulletin of UNFU*, 2024. V. 34 № 1. P. 85–90. DOI: <https://doi.org/10.36930/40340112>
6. Chapuis A., Blin J., Carré P., Lecomte D. Separation efficiency and energy consumption of oil expression using a screw-press: The case of *Jatropha curcas* L. seeds. *Industrial Crops and Products*, 52. 2014. P. 752–761. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.046>
7. Mursalykova M., Kakimov M., Kassenov A., Iskakov B., Sergibayeva Z. Mathematical Modeling of Screw Press Configuration for Processing Safflower Oil. *Applied Sciences*. 2023. V. 13(5). 3057. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13053057>
8. Пугач А.М., Бровко Р.С. Розробка конструкції та обґрунтування параметрів шнекового пресу. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2025. № 4 (119). С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2025-4-1>

Дата першого надходження статті до видання: 29.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 18.05.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



R. Brovko, A. Puhach
Dnipro State Agrarian and Economic University

OPTIMIZATION OF THE SCREW PRESS DESIGN BY ALTERNATING COMPRESSION AND MIXING ZONES IN THE SCREW CHANNEL

Summary

The article addresses the optimization of the screw press design through the alternation of compression and mixing zones in the screw channel. An analysis of existing designs showed that traditional solutions mainly focus on material compaction by reducing the screw pitch or changing the thread diameter, while insufficient attention is paid to intensifying mixing and equalizing the physico-mechanical properties of the material, which leads to uneven loading, local overloads, and reduced pressing efficiency. The study examined the influence of screw geometric parameters (pitch, diameter, thread height, surface profile) on material flow, compaction degree, and intensity of internal shear deformations. The feasibility of functional zoning of the screw channel was justified, where alternating compression and mixing zones stabilize the technological process, break agglomerates, equalize moisture, temperature, and structural properties, and prevent abrupt pressure gradients and channel blockage. A screw press and screw channel design has been developed and proposed, featuring a 14-section shaft with four modified throttle sleeves with a toothed profile, providing staged influence on the material, increasing productivity, improving material transport, reducing energy consumption, and enhancing wear resistance of working elements. It was found that the proposed solutions increase component service life by 1.5–2 times, reduce energy consumption by 10 %, and increase oil yield by approximately 5 %. The results confirm the effectiveness and feasibility of implementing these improvements and their positive impact on the technical and economic performance of the screw press.

Keywords: oil press, screw channel, modified design, throttle rings, pressing efficiency, wear resistance of parts.