

ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГВИНТОВИХ НАСАДОК ДВОГВИНТОВОГО ПРЕСЕКСТРУДЕРА НА ВИХІД ОЛІЇ

М. М. ГУДЗЕНКО, кандидат технічних наук,
асистент кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК
<https://orcid.org/0000-0001-7959-3627>
E-mail: gudzenkomax@ukr.net

В. П. ВАСИЛИВ, кандидат технічних наук, доцент кафедри процесів
і обладнання переробки продукції АПК
<https://orcid.org/0000-0002-2109-0522>
E-mail: vasiliv-vp@ukr.net

М. М. МУШТРУК, кандидат технічних наук, доцент кафедри процесів
і обладнання переробки продукції АПК
<https://orcid.org/0000-0002-3646-1226>
E-mail: mixej.1984@ukr.net

М. М. ЖЕПЛІНСЬКА, кандидат технічних наук, доцент кафедри
процесів і обладнання переробки продукції АПК
<https://orcid.org/0000-0002-7286-3003>
E-mail: jeplinska@ukr.net

І. П. ПАЛАМАРЧУК, доктор технічних наук, професор кафедри процесів
і обладнання переробки продукції АПК
<https://orcid.org/0000-0002-0441-6586>
E-mail: vibroprocessing@gmail.com

З. А. БУРОВА, кандидат технічних наук, доцент кафедри процесів
і обладнання переробки продукції АПК
<https://orcid.org/0000-0002-4712-6298>
E-mail: zi-na@ukr.net

В. В. САРАНА, кандидат технічних наук, доцент кафедри процесів
і обладнання переробки продукції АПК
<https://orcid.org/0000-0002-5102-2264>
E-mail: saranavv@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. У сучасних економічних умовах велике значення за виробництва олії мають обрана технологія переробки сировини та вибір необхідного устаткування як лінії загалом, так і олівідтискного преса. У цехах невеликої потужності використовують різноманітні за конструкціями шнекові преси. певну нішу серед пресового обладнання продуктивністю 150-500 кг/год зайняли двогвинтові пресекструдери.

Їхнє використання дає можливість суттєво спростити технологію переробки насіння олійних культур. У них поєднано операції теплової обробки, подрібнення та відтискання рослинної олії. Актуальним є дослідження впливу геометричних параметрів олієвідтискного тракту і гвинтових насадок на вихід олії. У двогвинтових пресекструдерах змінними геометричними параметрами раціонально обрати крок черв'яка, ширина каналу між витками, ширину гребня витка та довжину насадки. Проведено аналіз та підбір геометричних параметрів робочих органів двогвинтового пресекструдера на основі теоретичних розрахунків. Виготовлено два комплекти експериментальних робочих органів зі зміненими геометричними параметрами. Визначено їх теоретичну ступінь стискування, яка становить, відповідно, 5,50; 4,69 та 4,33. Експериментально підтверджено, що вихід олії залежить від ступеня стискування, обумовленого геометричними параметрами гвинтових насадок. Виявлено вплив різкого перепаду вільного об'єму гвинтових насадок на енергетичні показники та продуктивність пресекструдера. Загальний характер зміни вільного об'єму в зонах груп насадок супроводжується нерівномірним зменшенням 40-80% в сторону виходу макухи. Характер зміни вільного об'єму витків по довжині шнекового валу характеризує правильність його конструкції. Підбір раціональних геометричних параметрів робочих органів слід розглядати в комплексі з іншими конструкційними параметрами, що дозволить інтенсифікувати процес відтискання олії.

Ключові слова: виробництво олії, двогвинтовий пресекструдер, удосконалення, геометричні параметри

Актуальність.

За останні десять років площі під олійними культурами в Україні значно зросли. Починаючи з 1998 по 2020 рік виробництво соняшнику зросло в 6,7 раза (з 2,26 до 15.254 млн т.) зі скороченням експорту насіння майже в 17 раз. Потужності з переробки насіння олійних культур збільшилися в 9,2 раза (з 2,6 млн т. до 24,0 млн т. на рік) і продовжують зростати внаслідок будівництва нових заводів і реконструкції та модернізації існуючих. Виробництво соняшникової олії зросло в 16,3 рази (з 432,8 тис. т. до понад 7,0 млн т.). Олійно-жирова галузь України орієнтована на експорт. На внутрішньому ринку споживається до 10 % від загального виробництва олії в Україні. (Association «Ukroliyarom», 2021). Створені в

Україні потужності з переробки олійних культур дають змогу переробляти весь вирощений урожай (соняшник соя, ріпак). Однак, через постійне нарощування виробничих потужностей та масовий експорт насіння сої, ріпаку та частковий експорт насіння соняшнику переробні підприємства не повністю завантажено, що створює на внутрішньому ринку конкуренцію за сировину. (Boiko & Geiko, 2020).

Переробкою насіння олійних культур в Україні займаються 1200 суб'єктів господарювання. Водночас галузь характеризується досить високою концентрацією виробництва: понад 90 % олії виробляє 51 спеціалізоване підприємство великої та середньої потужності (Garbar, 2018). У цехах невеликої потужності зазвичай здійснюють виробництво нерафінованої олії пресовим способом. В ос-

новному, ці цехи створені аграрними підприємствами для отримання додаткового прибутку від переробки власної сільгосппродукції. А їхня продукція орієнтована в основному для потреб населення сіл та райцентрів. З середини 90-х років XX століття асортимент на ринку серед обладнання для виробництва олії стрімко збільшувався. Пресове обладнання невеликої продуктивності (від 50 до 450 кг/год) було дуже різноманітне за конструкціями пресів і комплектистю ліній. Однак, у більшості з них, використовували невиправдано енергоємні, трудомісткі та габаритні комплекси машин і пресів для виробництва олії. Тому, через певний період часу, багато виробників економічно невиправданого пресового обладнання вибули з ринку. Поміж небагатьох виробників обладнання для виробництва олії, які залишилися затребуваним переробними підприємствами утрималися виробники двогвинтових пресекструдерів. Вони зайняли певну нішу серед пресового обладнання продуктивністю 150-500 кг/год. При експлуатації двогвинтових пресекструдерів відпала необхідність використання допоміжного обладнання для підготовки насіння олійних культур: рушки, вальцові верстати, жаровні. Це дало можливість суттєво спростити технологію переробки насіння олійних культур за рахунок поєднання операцій теплової обробки, подрібнення, формування (гранулювання) макухи та відтискання рослинної олії в одній машині, що безумовно вигідно при малих обсягах переробки сировини. Серед інших переваг подібних пресекструдерів, слід зазначити, що вони не вимагають складного монтажу і великих приміщень, можуть обслуго-

уватися некваліфікованими працівниками, а упродовж 2 годин їх можна переобладнати на інші види олійних культур. Крім того, двогвинтовими пресекструдерами можна відтискати олію необрушеного насіння соняшника (Gudzenko et al., 2020).

Олієвідтискні шнекові преси належать до групи машин безперервної дії, основним робочим органом яких є циліндр із вміщеним у ньому одним або кількома набірними шнековими валами. Числові значення геометричних параметрів робочого тракту преса значною мірою впливають на характеристики процесів відтискання олії: продуктивність, вихід олії, довготривалість роботи та затрати питомої потужності. Тому дослідження геометричних параметрів робочих органів залишається досить актуальним питанням для подальшого обґрунтування їхніх раціональних величин та визначення економічної доцільності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Головний принцип роботи шнекового преса – переміщення насіння олійних культур вздовж робочої камери та стиснення його шнековим валом. Стискання сировини здійснюється за рахунок зменшення вільного об'єму каналів робочої зони шнекового вала, що досягається завдяки зміщенню кроку, зменшення глибини каналу і внутрішнього діаметра зєрного циліндра. Водночас є велике розмаїття конкретних поєднань цих геометричних параметрів (Kopeikovskiy & Danilchuk, 1982, Gudzenko et al., 2020).

У роботі (Nischenko, Kovalishin, & Tom'yuk, 2010) доведено вплив конструктивних параметрів шнекового

вала, гвинтова канавка якого виконана у формі криволінійного трикутника, на енергетичні показники шнекового олійновідтискного преса. Наведені теоретичні залежності дозволяють розрахувати сумарну споживану потужність олійновідтискного преса.

Вихід олії є однією з найважливіших змінних у процесі відтискання олії, тому вивчення цього параметра є надзвичайно важливим. Праці (Bako, Obetta, & Umogbai, 2020, Foppa Pedretti et al. 2019, Ezeoha & Akubuo, 2021) присвячені моделюванню та оптимізації технологічних та конструктивних параметрів для видобутку олії. Розроблені математичні моделі враховують параметри управління процесом відтискання з вдосконаленими характеристиками пресів. Визначені оптимальні геометричні параметри конструкції шнекового вала.

Дефіцит економічно ефективних варіантів олієвідтискних пресів є дуже помітним у сільськогосподарських країнах. Науково обґрунтовані вдосконалені преси є ідеальним рішенням цієї специфічної проблеми. У роботі (Chowdhury & Mahmud, 2020) покращено параметри конструкції шнекового преса. Виявлено, що довжина шнека, діаметр кроку, температура нагріву та швидкість обертання мають значний вплив на ефективність виходу олії.

Механічний пресовий спосіб видобування олії є найпоширенішим у світі. Однак більшість шнекових пресів, які використовуються для цього, залишають близько 8–14 % олії в макусі. Для підвищення ефективності вилучення олії було сконструйовано та розроблено модифікований прес на основі нового принципу двоступінчастого стиснення з однією подачею (Singh & Bargale, 2000).

Заслужовує уваги робота (Uitterhaegen & Evon, 2017) яка містить аналіз застосування двогвинтових екструдерів. У ній надано вичерпний огляд ключових параметрів, які впливають на продуктивність процесу відтискання олії. Водночас значна увага приділяється розробці інноваційних процесів із використанням двогвинтових екструдерів.

З проведеного літературного пошуку встановили, що в науковій літературі більше уваги приділено вдосконаленню одnogвинтових олієвідтискних пресів аніж двогвинтових (Gudzenko et al., 2020). Досить багато робіт у яких добре описана реологія поведінки матеріалу в геометричному просторі каналу, приведені формули розрахунку двогвинтових екструдерів, описаний ефект змішувальних та подрібнювальних робочих органів двогвинтових екструдерів, відносяться до переробки гумових сумішей та пластмас. З точки зору математичного моделювання двочерв'ячні екструдери набагато складніші, ніж одночерв'ячні, а тому довгий час вибір геометричних параметрів і режимів переробки базувались на практичному досвіді та експериментальних даних, і, крім цього, вони мали обмежене застосування внаслідок більш складної конструкції (Kudrin, 1997).

Проблемі дослідження впливу геометричних параметрів олієвідтискного тракту і гвинтових насадок на процес отримання олії в шнекових пресах поміж вітчизняної наукової літератури приділяється мало уваги. Недостатнє висвітлення питань, пов'язаних з науковим обґрунтуванням раціональних параметрів та конструкційного виконання робочих органів в двогвинтових екструдерах значною мірою

стримує їхній технічний розвиток, призводить до появи недосконалого обладнання та зайвих витрат на його виготовлення і експлуатацію. Тому існує потреба у доповненні існуючих уявлень про взаємодію спеціальних подрібнювальних робочих органів з транспортувальними і стискаючими гвинтовими насадками та розробленні подрібнювальних вузлів для двогвинтових пресекструдерів.

Метою дослідження є визначення раціональних геометричних параметрів гвинтових валів двогвинтових пресекструдерів завдяки теоретичному аналізу та проведенням експериментальним дослідженням. Основним завданням роботи було запропонувати кращі конструктивно-технологічні рішення з урахуванням характеристик відомих аналогів пресекструдерів для відтискання олії та раціональних геометричних параметрів сучасних гвинтових насадок.

Матеріали та методи дослідження.

Для визначення раціональних геометричних параметрів гвинтових валів двогвинтових пресекструдерів на ефективність процесу відтискання олії були проведені експериментальні дослідження у виробничих умовах на пресекструдерах виробництва НВП „Екструдер” (м. Харків). Методика досліджень включала проведення підготовчих однотипних робіт і дослідів, а саме – встановлення граничних режимів роботи екструдера для насіння соняшника, ріпаку та сої, визначення вологості відібраної партії насіння для дослідів. Під час виконання дослідів користувалися загальноприйнятими методиками з літературних джерел і розробленими в процесі досліджень.

Конструктивно-технологічні параметри пресекструдера контролювали різними вимірювальними приладами. Вибір приладів і вимірювальної апаратури робили за умовою, що вони забезпечують регламентовану стандартизованими методиками точність вимірів. Опрацювання експериментальних даних та графічне оформлення роботи здійснено, застосовуючи комп’ютерне програмне забезпечення: Microsoft Office Excel.

Виклад основного матеріалу.

За час освоєння і експлуатації гвинтових пресів різних конструкцій накопичений великий досвід. Від початку пресування насіння переходить з одного фізичного стану в інший аж до виходу олії і макухи. Для дослідження цих процесів використовується метод їх роз’єднування (декомпозиції) і розгляду по частинах. Треба відмітити, що таке роз’єднування в більшості випадків є чисто умовним, оскільки такі частини взаємопов’язані і роблять вплив на попередні і подальші процеси. Водночас кожний з протікаючих процесів у складній системі переробки може відбуватись одночасно (паралельно) або паралельно – послідовно, що і реалізовується всередині пресувального тракту екструдера, де олійне насіння, поряд з транспортуванням, подрібненням, перемішуванням піддається нагріванню і відтисканню.

Підвищення якості відтискання олії в пресекструдерах, на відміну від класичних олійних пресів, досягається заміною традиційних витків (гвинтових насадок) з двома конструктивно-технологічними зонами (живлення, стискання) гвинтовими валами з чотирма основними зонами:

живлення, стискання, подрібнення та перемішування, остаточного відтискання. У результаті, двогвинтові пресекструдери відрізняються довшими гвинтовими валами, що пов'язано з введенням до їх конструкції спеціальних змішувальних та подрібнювальних елементів (Mushtruk et al., 2020).

Робочий вал двогвинтових екструдерів виготовляється набірним (рис. 1) і складається безпосередньо з вала-стержня 1, на який надівають гвинтові насадки 3, 4, 6, 7, трикутні кулачкові насадки 5, проміжні чи установочні кільця за необхідністю, які кріпляться на валу шліцьовим чи, переважно, шпоноквим з'єднанням.

Зовнішня поверхня гвинтових насадок і кулачків разом з внутрішньою поверхнею корпусу утворюють гвинтовий канал. Гвинтова насадка (черв'як, шнек) і канал характеризуються зовнішнім і внутрішнім діаметрами $D_{ш}$ і $d_{ш}$, кроком черв'яка t , висотою каналу h , шириною каналу b , шириною гребеня e , кутом підйому гвинтової лінії ϕ , зазором між стінкою циліндра та гребенями витків δ_1 , зазором між гребенями одного і осердям іншого черв'яка δ_2 , зазором між біч-

ними поверхнями гребенів витків δ_3 , довжиною гвинтових насадок і робочої ділянки вала тощо.

Під час описання шнекового пресувального механізму застосовують принцип його поділу на секції. Загалом секцією називають елементарний гвинтовий механізм з умовно постійними параметрами процесу пресування. Секція може закінчуватися матрицею або компресійним затвором – ділянкою механізму, на якому виток шнека переривається і прохідний переріз зменшується (Polishchuk & Sagitov, 1999).

У двогвинтових пресекструдерах із шнеками які зачіплюються, гвинтові канали розбиті витками спряжених шнеків на окремі С-подібні об'єми. Повне видавлювання С-подібних об'ємів за рахунок взаємного зачеплення гвинтових валів забезпечує рівність часу перебування матеріалу в каналах гвинтових насадок, а це є важливим чинником щоб олієвмісний матеріал не перегрівався. Але необхідність забезпечення геометричної сумісності шнеків передбачає наявність зазорів δ_1 , δ_2 , які порушують ізольованість С-подібних об'ємів і призводять до перетікання матеріалу між ними.

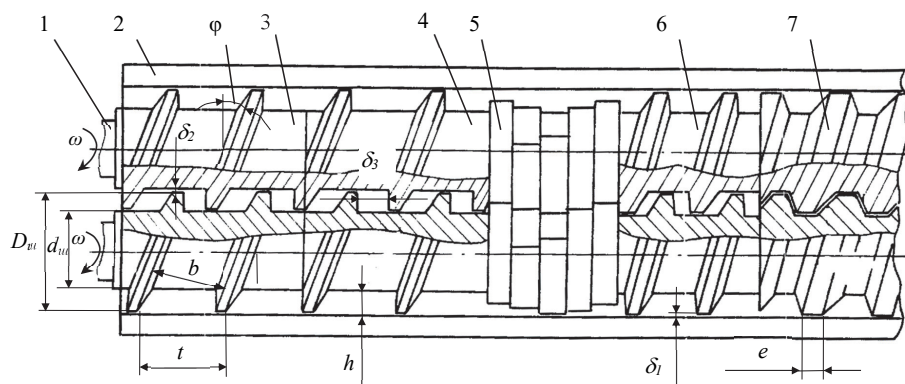


Рис. 1. Геометрія гвинтового каналу двогвинтового пресекструдера:

1 – вал; 2 – корпус; 3, 4, 6, 7 – гвинтові насадки; 5 – трикутні кулачкові насадки

Стискання олієвмісної сировини в шнековому пресі під час її просування через робочу камеру здійснюється внаслідок зменшення вільного об'єму каналів робочої зони шнекового вала. Різниця в принципах роботи двогвинтових і одnogвинтових екструдерів пов'язана з різними механізмами створення тиску в перероблюваному матеріалі. У двогвинтових екструдерах на відміну від одnogвинтових, має місце відтискування дія витків спряжених валів. Якщо у одnogвинтового екструдера здатність до наростання тиску визначається глибиною гвинтового валу, то у двогвинтовому екструдері – геометричним ступенем замкненості гвинтового каналу (ступенем стискування), який визначають з формули (Kim, 2005):

$$k_{cc} = \frac{ie}{t - ie}, \quad (1)$$

де e – ширина гребеня гвинтової насадки, t – крок черв'яка, i – число заходів гвинтової нарізки.

Величина k_{cc} показує, яка частина перерізу каналу перекривається, і характеризує примусовість транспортування перероблюваного матеріалу до формуючого інструменту екструдера і здатність шнеків розвивати тиск.

У шнековому пресі ступінь стискання олієвмісного матеріалу – це відношення вільного об'єму попереднього витка до вільного об'єму наступного.

$$k_{om} = \frac{V_{e1}}{V_{e2}} \quad (2)$$

де k_{om} – ступінь стискання олієвмісного матеріалу V_{e1} , V_{e2} – відповідно вільний об'єм першого (попереднього) витка та наступного, m^3 .

Насіннева маса у разі потрапляння на перший транспортувальний

виток має велику кількість пустот між собою, які повинні якнайшвидше бути ліквідовані. Тому вільний об'єм наступних насадок має різко зменшуватися. А на кінці валу вільний об'єм останніх насадок повинен змінюватися менш інтенсивно, так як внутрішня поверхня олієвмісного матеріалу зменшується за рахунок стискання капілярів гелевої частини, об'єм який відносно малий. Характер зміни вільного об'єму витків по довжині шнекового валу характеризує правильність його конструкції, а ступінь стискання олієвмісного матеріалу, створювана шнеком, характеризує її з кількісної сторони.

У двогвинтовому пресекструдері для відтискування олії з однострамованим обертанням валів величина діаметрів гвинтових насадок і циліндричної поверхні корпусу навколо них та висота витків гвинтових насадок постійна по всій довжині робочої частини шнекового валу. Відповідно, ущільнення маси здійснюється лише внаслідок зменшення об'єму С-подібної секції гвинтових каналів кожної наступної гвинтової насадки. Це здійснюється ступеневим зменшенням кроку витків гвинтових насадок та зміною ширини гребеня витка. Ширина гребеня витка може змінюватися від більшого до меншого й навпаки, а отже, є велика кількість варіантів зміни конфігурацій для пошуку раціональних параметрів. Від кроку гвинтової нарізки шнека залежить зусилля тиску, що створюють шнекові насадки. Більші зусилля тиску можна створювати, зменшуючи крок, але водночас знижується продуктивність.

Проведений аналіз **геометричних параметрів** трьох наборів (**комплексів**) робочих органів двогвинтового пресекструдера (набір № 1 – рекомендований заводом виробником та набори № 2 і № 3 – набрані з експе-

риментальних гвинтових насадок виготовлених на основі власних розрахунків та частково заводу виробника). Розрахунки виконані на основі їхніх **геометричних параметрів** щодо визначення вільного об'єму в кожній насадці (гвинтовій насадці «ГН» і кулачковій насадці «КН») та теоретичного ступеня стискання в робочій камері. Зазвичай їхня кількість, тип і розміри відрізняються в залежності від насіння олійних культур, які планують переробляти.

Результати визначення теоретичного ступеня стискання олієвмісного матеріалу в робочій камері для трьох комплектів робочих органів (для насіння соняшнику) пресекструдера ЕК 75/1200 (НВП «Екструдер» м. Харків) за формулою (2) наведені в таблиці 1.

Загальний ступінь стискання насіння, який дістали діленням величини вільного об'єму в зоні першої спряженої пари гвинтових насадок до величини вільного об'єму останньої пари гвинтових насадок є лише теоретичним, який певною мірою характеризує шнековий вал. Характер зміни вільного об'єму та ступеня стиснення сировини по довжині робочого тракту преса в кожній спряженій парі гвинтових насадок (ГН), кулачкових насадок (КН) трьох досліджуваних наборів (комплектів) робочих органів зображено на діаграмі (рис. 2) та графіку (рис. 3).

Різниця положення кривих ступеня стиснення сировини в межах спряжених пар гвинтових насадок наборів робочих органів по довжині відтискного тракту шнекового вала показує плавний (менший) чи більший кут характеру зміни геометричних параметрів (крок черв'яка t , ширина каналу b , шириною гребеня e) насадок.

Подальшим кроком дослідження було виявлення впливу розрахованих геометричних параметрів досліджуваних наборів робочих органів двогвинтових пресекструдерів на вихід олії експериментальним шляхом (рис. 4).

На основі попередньо проведених досліджень із режимами й можливими технологічними регулюваннями встановлено раціональні конструктивно-технологічні параметри модернізованого пресекструдера. Температура першої та другої зони обігрівання корпусів: для насіння соняшнику склала 125-130 °С. Величина зазору в матриці: для насіння соняшнику склала 5,0 мм. Кутова швидкість шнекового вала – 6-7 рад/с, час технологічного впливу на олієвмісний матеріал у тракті пресу 60-75 с. Їхнє застосування дало можливість збільшити продуктивність машини й зменшити енерговитрати на процес відтискання олії.

Проведені дослідження з комплектами робочих органів із різними геометричними параметрами підтвер-

Таблиця 1. Ступінь стискання насіння соняшнику по відтискному тракту шнекового вала робочих органів

Номер насадки													Загальний ступінь стискання	
ГН №1	ГН №2	КН №1	ГН №3	КН №2	ГН №4	ГН №5	КН №3	ГН №6	КН №4	ГН №7	ГН №8	ГН №9	ГН №1 / ГН №9	Набір
1	1,58	1,29	0,70	1,25	0,74	1,10	1,25	1,75	0,72	1,54	1,06	1,08	5,50	№1
1	1,70	1,29	0,80	1,25	0,80	1,12	1,11	1,86	0,67	1,49	1,06	1,08	4,69	№2
1	1,83	1,29	0,68	1,25	0,76	1,10	1,25	1,64	0,72	1,54	1,01	1,08	4,33	№3

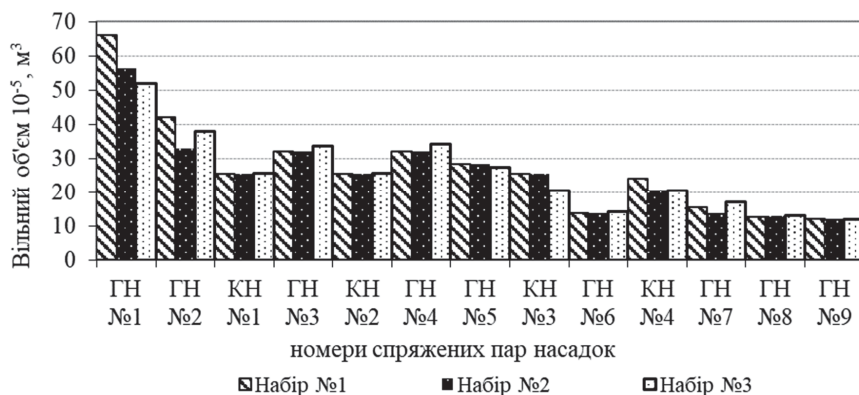


Рис. 2. Зміна вільного об'єму в межах спряженої пари гвинтових (ГН) та кулачкових насадок (КН) по відтисковому тракту шнекового вала

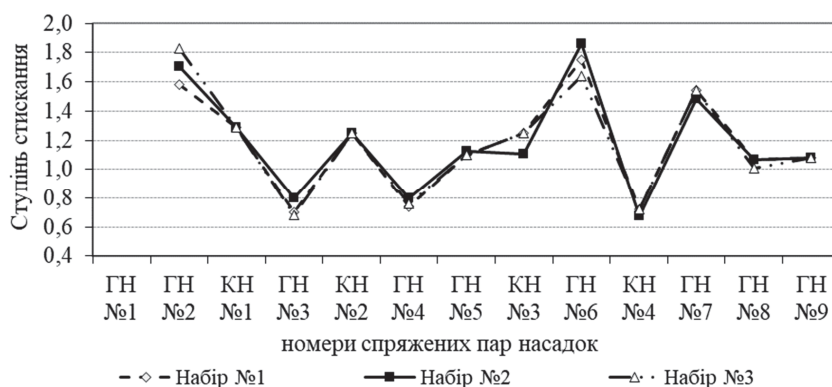


Рис. 3. Зміна ступеня стиснення сировини в межах спряженої пари гвинтових (ГН) та кулачкових насадок (КН) по відтисковому тракту шнекового вала



Рис. 4. Загальний вигляд експериментальних пресекструдерів ЕК 75/1200

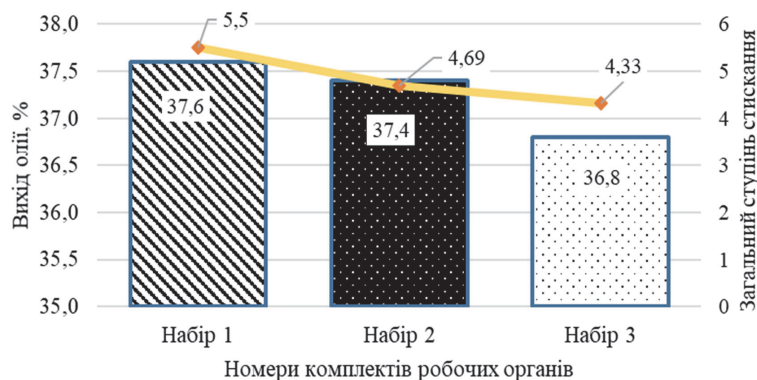


Рис. 5. Залежність виходу соняшникової олії та ступеня стиснення від набору робочих органів встановлених насадок.

дили їх вплив на вихід олії. Навіть за однакових режимів роботи й технологічних регулюваннях пресекструдера зміна геометричних параметрів першої та другої насадки вже впливає на пропускну здатність кількості насіння, яке захоплюється витками гвинтових насадок. Однак подальші зміни по тракту преса, а саме зменшення вільного об'єму в наступній гвинтовій насадці викликало зростання тиску на їхніх межах із подальшим зменшенням його в групах кулачкових насадок. Досить стрімке наростання тиску призводить до більшого навантаження на двигун. Слід зазначити й на зміну продуктивності пресекструдера, що теж вплинуло на вихід олії. Але її слід розглядати в комплексі з енерговитратами машини. Однак ці твердження можуть бути предметом подальших досліджень вдосконалення двогвинтових-пресекструдерів.

Висновки

Визначена теоретична ступінь стиснення для трьох наборів робочих органів двогвинтового пресекструдера для переробки насіння соняшнику згідно

з розрахунками становить відповідно 5,50; 4,69 та 3,33. Експериментально підтверджено, що вихід олії залежить від ступеня стиснення, зумовленого геометричними параметрами гвинтових насадок. Загальний характер зміни вільного об'єму в зонах груп насадок супроводжується нерівномірним зменшенням 40-80 % в бік виходу макухи. Підбір раціональних геометричних параметрів робочих органів треба розглядати в комплексі з іншими конструкційними параметрами, що дасть можливість інтенсифікувати процес відтискання олії.

Список літератури

1. Асоціація «Укроліяпром». Олійно-жирова галузь України за 30 років незалежності. URL: <https://ukroilprom.org.ua/news/oliyno-zhyrova-galuz-ukrayny-za-30-rokiv-nezalezhnosti-268/> (дата звернення: 14.10.2021).
2. Бойко О. С., Гейко Л. М. Сучасний стан підприємств олійно-жирової промисловості України. Економічний простір, 2020. № 157. С. 32-37. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/157-6>.
3. Гарбар В. А. Вплив галузевих особливостей на формування ринку олійно-жирової

- продукції в Україні. Економіка і суспільство. 2018. № 16. С. 114-120. URL: http://economyandsociety.in.ua/journals/16_ukr/18.pdf (дата звернення: 14.10.2021)
4. Копейковский В. М. Данильчук С. И. Технология производства растительных масел. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 416 с.
5. Науково-технічне обґрунтування параметрів олійних пресів : Монографія / М. М. Гудзенко та ін. Київ: ЦП «КОМПРИНТ», 2020. 336 с.
6. Ніщенко І. О., Ковалишин С. Й., Том'юк В. В. Вплив конструктивних параметрів шнекового вала на енергетичні показники олійновідтискного преса. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кіровоград, 2010. Вип. 40, ч. II. С. 62-65.
7. Bako T., Obetta S. E., Umogbai V.I. Mathematical modeling of mechanical horizontal screw oil extractor. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 2020. Vol. 22, No. 2. P. 244-254.
8. Foppa Pedretti, Del Gatto, Pieri, Mangoni, Ilari, Mancini, Feliciangeli, et al. Experimental Study to Support Local Sunflower Oil Chains: Production of Cold Pressed Oil in Central Italy. *Agriculture*, 2019. 9(11), 231. URL: <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture9110231> (дата звернення: 14.10.2021)
9. Ezeoha S. L., Akubuo C. O. Influence of palm kernel variables on the yield and quality of oil expressed using an expeller. *Res. Agr. Eng.*, 2021. 67. P. 92–99. URL: https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/99_2020-RAE.pdf
10. Chowdhury N., Mahmud F. Development and Performance Evaluation of an Optimized Screw Type Domestic Oil Expeller. *IEOM Society International*, 2020. P. 1730-1740. URL: <http://www.ieomsociety.org/detroit2020/papers/417.pdf> (дата звернення: 14.10.2021)
11. Singh J., Bargale P. Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. *Journal of food engineering*, 2000. Vol. 43. Is. 2. P. 75-82. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026087749900134X> (дата звернення: 14.10.2021)
12. Uitterhaegen E., Evon P. Twin-screw extrusion technology for vegetable oil extraction: A review. *Journal of Food Engineering*, 2017. Vol. 212. P. 190-200. URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01636030/document> (дата звернення: 14.10.2021)
13. Полищук В. Ю., Сагитов Р. Ф. Особенности шнекового прессующего механизма маслоотжимного пресса. *Вестник ОГУ*. 1999. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-shnekovogo-pressuyuschego-mehanizma-maslootzhimnogo-pressa> (дата звернення: 18.10.2021).
14. Ким В. С. Теория и практика экструзии полимеров. Москва: Колос, 2005. 568 с.
15. Кудрін Ю. П. Червячні машини в технології виробництва олії. Київ: ІЗМН, 1997. 144 с.
16. Mushtruk M., Gudzenko M., Palamarchuk I., Vasyliv V., Slobodyanyuk N., Kuts A., Nychyk O., Salavor O., Bober A. Mathematical modeling of the oil extrusion process with pre-grinding of raw materials in a twin-screw extruder. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2020. Vol. 14. P. 937-944.
-
- ### References
1. Association Ukroliyprom. (2021). Oil and fat industry of Ukraine for 30 years of independence. Retrieved from: <https://ukroilprom.org.ua/news/oliyno-zhyrova-galuz-ukrayny-za-30-rokiv-nezalezhnosti-268/>.
2. Boiko, O. S., Geiko, L. M. (2020) Current state of oil and fat industry enterprises of Ukraine. *Economic space*, (157). 32-37. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/157-6>
3. Garbar, V. A. (2018) Influence of branching features on formation of the market of fat product in Ukraine. Retrieved from: http://economyandsociety.in.ua/journals/16_ukr/18.pdf

4. Kopeikovskiy, V. M., Danilchuk, S. I. (1982) Technology for the production of vegetable oils. M.: Light and food industry. 416.
5. Gudzenko, M. M., Stefan, E. V., Yastreba, S. P., Vasylyv, V. P., Mushtruk, M. M., Slobodyanyuk, N. M. (2020) Scientific and technical substantiation of oil press parameters. Monograph. K.: Comprint. 336.
6. Nischenko, I., Kovalishin, S., Tom'yuk, V. (2010). Influence structural parameters of screw billow on power indexes oil auger press. Retrieved from: http://www.kntu.kr.ua/doc/zb_40_2/stat_40_2/11.pdf
7. Bako, T., Obetta, S., Umogbai V. (2020). Mathematical modeling of mechanical horizontal screw oil extractor. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 22(2): 244-254.
8. Foppa Pedretti, Del Gatto, Pieri, Mangoni, Ilari, Mancini, Feliciangeli, et al. (2019). Experimental Study to Support Local Sunflower Oil Chains: Production of Cold Pressed Oil in Central Italy. Agriculture, 9(11), 231. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture9110231>
9. Ezeoha, S., Akubuo, C. (2021). Influence of palm kernel variables on the yield and quality of oil expressed using an expeller. Res. Agr. Eng., 67. 92–99.
10. Chowdhury, N. M., Mahmud, F. (2020). Development and Performance Evaluation of an Optimized Screw type Domestic Oil Expeller. Retrieved from: <http://www.ieom-society.org/detroit2020/papers/417.pdf>
11. Singh, J., Bargale, P. (2000). Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. Journal of food engineering, 43(2). 75-82.
12. Uitterhaegen, E., Evon, P. (2017) Twin-screw extrusion technology for vegetable oil extraction: A review. Journal of Food Engineering. 212. 190-200. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfood-eng.2017.06.006>
13. Polishchuk, V. Yu., Sagitov, R. F. (1999). Features of the screw pressing mechanism of the oil press. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-shnekovogo-pressuyuschego-mehanizma-maslootzhimnogo-pressa>
14. Kim, V. S. (2005) Theory and practice of polymer extrusion. M.: Kolos. 568.
15. Kudrin, Yu. (1997) Worm machines in oil production technology. K.: IZMN. 144.
16. Mushtruk, M., Gudzenko, M., Palamarchuk, I., Vasylyv, V., Slobodyanyuk, N., Kuts, A., Nychyk, O., Salavor, O., Bober, A. (2020). Mathematical modeling of the oil extrusion process with pre-grinding of raw materials in a twin-screw extruder. Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences. 14. 937-944.

M. M. Gudzenko, V. P. Vasylyv, M. M. Mushtruk, M. M. Zheplinska, I. P. Palamarchuk, Z. A. Burova, V. V. Sarana (2021). INFLUENCE OF GEOMETRIC PARAMETERS OF SCREW NOZZLES OF TWIN-SCREW EXTRUDER-PRESS ON OIL YIELD. ANIMAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY, 12(3): 5-17. <https://doi.org/10.31548/animal2021.03.001>.

Abstract. In modern economic conditions, the chosen technology of raw material processing and the choice of the necessary equipment for both the line as a whole and the oil press are of great importance in oil production. In small-capacity workshops, screw presses of various designs are used. The twin-screw extruder occupied a certain niche among the press equipment with a productivity of 150–500 kg/h. Their use can significantly simplify the technology of oilseed processing. They combine operations of heat treatment, grinding, and pressing of vegetable oil. It is important to study the influence of geometric parameters of the oil pressure path and screw nozzle on the oil yield. In twin-screw extruders, it is rational to choose the pitch of the worm, the width of the channel between the turns, the width of

the crest of the turn and the length of the nozzle with variable geometrical parameters. The analysis and selection of geometrical parameters of working bodies of a twin-screw extruder on the basis of theoretical calculations are carried out. Two sets of experimental working bodies with the changed geometrical parameters are made. Their theoretical degree of compression is determined, which is 5.50, 4.69, and 4.33, respectively. It is experimentally confirmed that the oil yield depends on the degree of compression due to the geometric parameters of the screw. The effect of a sharp drop in the free volume of the screw on the energy performance and press extruder performance has been revealed. The general nature of the change in the free volume in the areas of nozzle groups is accompanied by an uneven decrease of 40–80% towards the release of oil cake. The nature of the change in the free volume of turns along the length of the screw shaft characterizes the correctness of its design. The selection of rational geometric parameters of the working bodies should be considered in combination with other design parameters, which will intensify the process of oil pressing.

Keywords: oil production, twin-screw extruder, improvements, geometric parameters
