

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМЕНІ ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

ДИПЛОМНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: **“Обґрунтування конструкції і параметрів роботи
шнекового преса при виробництві рослинної олії”**

Виконав: студент VI курсу групи Аін-62
Спеціальності 208 „Агорінженерія”
(шифр і назва)

Зубрицький Максим Ігорович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: Буртак В.В.
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: Гуменюк Р.В.
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМЕНІ ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Зав. кафедри _____
(підпис)
к.т.н., доцент Шарибура А.О.
“ _____ ” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту
Зубрицькому Максиму Ігоровичу

1. Тема роботи: **“Обґрунтування конструкції і параметрів роботи шнекового преса при виробництві рослинної олії”**

Керівник роботи: Буртак Володимир Володимирович, к.т.н., доцент
Затверджена наказом по університету від 28.02.2025 року № 140/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 12.12.2025 року

3. Вихідні дані: методичні рекомендації до виконання дипломної роботи, довідкова література, каталоги, методика планування та проведення експериментальних досліджень, довідкова література, патентний пошук, інструкції з охорони праці.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Аналіз стану питання та завдання дослідження.

2. Теоретичні дослідження.

3. Програма і методика проведення досліджень.

4. Результати проведених досліджень.

5. Охорона праці та захист навколишнього середовища.

6. Економічна ефективність.

Висновки та пропозиції.

Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): графічна частина до дипломної роботи оформляється у вигляді презентації.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,4,6	Буртак В.В. к.т.н., доц. кафедри агроінженерії та технічного сервісу імені Олександра Семковича			
5	Кохана Т.М., к.е.н., доцент кафедри інженерної механіки			

7. Дата видачі завдання: 28.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор.	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання розділу: «Аналіз стану питання та завдання дослідження»</i>	28.02.25-28.03.25	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Теоретичні дослідження технологічних процесів та машин при транспортуванні сільськогосподарської продукції»</i>	31.03.25-30.04.25	
3.	<i>Виконання третього розділу: «Програма і методика проведення досліджень»</i>	01.05.25-02.06.25	
4.	<i>Виконання четвертого розділу: «Результати проведених досліджень»</i>	03.06.25-01.09.25	
5.	<i>Написання розділу «Охорона праці та захист навколишнього середовища»</i>	02.09.25-30.09.25	
6.	<i>Виконання розділу: «Економічна ефективність»</i>	01.10.25-31.10.25	
7.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i>	03.11.25-01.12.25	

Студент _____ Максим Зубрицький
(підпис)

Керівник роботи _____ Володимир Буртак
(підпис)

УДК 629.979:664.69

Обґрунтування конструкції і параметрів роботи шнекового преса при виробництві рослинної олії.

Зубрицький М.І. Дипломна робота. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу імені Олександра Семковича. –Дубляни, ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького, 2025.

73 с. текст. част., 28 рис., 12 табл., 23 джерела.

Обґрунтовано й теоретично досліджено шляхи удосконалення конструкцій та підвищення продуктивності шнекового преса для виробництва олії.

Визначені мета та задачі дослідження.

Здійснено технологічні та конструктивні розрахунки. Досліджено технологічні параметри шнекового преса, зокрема впливу тиску і конструкційних параметрів зони завантаження на продуктивність преса, проведено обґрунтування на основі аналізу існуючих конструктивних рішень технологічні параметри, обґрунтовано раціональні геометричні та енергетичні параметрів шнекового преса.

Проведено аналіз виробничих небезпек та захисту навколишнього середовища, розроблено логіко-імітаційну модель виникнення травматизму.

Здійснено розрахунок економічної ефективності результатів.

ЗМІСТ

	ВСТУП	
1	АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	8
1.1	Аналіз та класифікація рослинних олій	8
1.2	Аналіз технологічних схем отримання олії	10
1.3	Шнекові преси у процесах виробництва рослинної олії	16
1.4	Мета та завдання досліджень	20
2	ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
2.1	Аналіз структурно-функціональних схем шнекових пресів	21
2.2	Дослідження кількості заходу шнекових витків на процеси пресування	24
2.3	Дослідження впливів тисків та особливостей робочих органів на продуктивності пресів	27
3	ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	31
3.1	Програма здійснення досліджень	31
3.2	Опис загальної характеристики досліджуваного преса	33
3.3	Методика проведення дослідження по фізико-механічних властивостях	36
3.4	Методика по визначенню продуктивності досліджуваного преса	38
3.5	Методика по визначенню комплексного індексу щодо якості олії	40
4	РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	42
4.1	Фізико-механічні властивості олійної сировини	42

4.2	Результати по визначенню впливу конструктивних та кінематичних параметрів на продуктивність	43
4.3	Визначення впливу конструктивних і кінематичних параметрів на вихід олії	47
4.4	Визначення впливу конструктивних і кінематичних параметрів на енергоємність процесу виробництва олії	50
4.5	Визначення раціональних параметрів роботи шнекового преса	53
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	54
5.1	Аналіз виробничих небезпек під час виробництва	54
5.2	Паспортизація санітарно-технічного стану та моделювання процесу виникнення травм та аварій	56
5.3	Розробка логічно-імітаційної моделі процесу виникнення травм під час виробництва	61
5.4	Розробка заходів щодо захисту навколишнього середовища	65
6	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	67
	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	70
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	71

Вступ

Рослинна олія має дуже різноманітне призначення, зокрема споживається людиною безпосередньо в їжу, має широке застосовується у різних промисловостях. Сировиною для виробництва олії є насіння соняшнику, льону, озимого ріпаку, арахісу, бавовнику, гірчиці, рицини, сої, маку та інших культур.

Насіння олійних культур, крім жирів, містить значну кількість білків, що робить їх високоцінним продуктом харчування.

Підвищення ефективності виробництва, створення сучасних технологій та машин нового покоління є одним із факторів, що забезпечують стабільну роботу сільськогосподарських підприємств.

Стандартні способи отримання олії, що застосовуються в даний час, відрізняються тривалістю підготовчих операцій, підвищеними енерговитратами і наявністю канцерогенних речовин, що одержуються в процесі виробництва, які негативно впливають на якість кінцевих продуктів. Одним із способів зменшення розглянутих вище явищ є використання сучасного обладнання, що дозволить зменшити температуру готового продукту на виході.

Конструктивні особливості пресів та різні якісні характеристики сировини, що використовуються, дозволяють у широких межах комбінувати параметри процесу пресування, що створює умови для якісного процесу одержання олії з насіння соняшника.

Застосування "холодного" пресування харчових олій забезпечує збереження біохімічних показників, поживних речовин, що сприяє підвищенню їх засвоюваності та одержанню продукту гарної якості. В даний час одним із способів отримання рослинної олії є пресування.

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз та класифікація рослинних олій

Рослинну олію відносять до харчових або технічних продуктів, отриманих з рослинної сировини, основними компонентами якого є тригліцериди жирних кислот, а також супутні сполуки, які складаються із фосфоліпідів, вільних жирних кислот, восків, стеролів, барвникових речовин та інших біологічно активних компонентів [1].

Класифікація рослинних олій може здійснюватися за різними ознаками, зокрема за консистенцією, жирнокислотним складом, здатністю утворювати плівки при висиханні, способом віджиму та ступенем рафінації.

Згідно фізичної консистенції рослинну олію поділяють на:

1. Тверда, до складу яких переважають насичені жирні кислоти. До цієї групи відносять кокосові, какао- та пальмові олії.
2. Рідка, що характеризується високими вмістами (ненасичені жирні кислоти), зокрема:
 - мононенасичені кислоти — оливкові, арахісові олії;
 - поліненасичені жирні кислоти — соняшникові, кунжутні, соєві, рапсові, кукурудзяні, бавовняні олії [2].

Класифікуються згідно вмісту певних типів жирних кислот.

Жирнокислотний склад визначає біологічну цінність та фізико-хімічні властивості олій. За переважанням певних жирних кислот виділяють такі групи:

1. Лауринові — олія, у склад якої входить лауринові і інші низькомолекулярна жирні кислоти (кокосові, пальмоядрові).
2. Ерукові — олії, у склад якої входить ерукові, нервонові та ейкозенові групи кислот (високоерукові рапсові, гірчичні, сурепні).
3. Пальмітинові — олії із високими вмістами пальмітинових кислот (пальмові, бавовняні).

4. Олейнові — характеризується переважанням олеїнових кислот (оливкові, високоолеїнові соняшникові, вівсяні, арахісові, абрикосові, сафлорові, рисові, фісташкові).

5. Олейново-лінолеві — у складі яких у рівних кількостях присутні олеїнова та ліолева кислоти (кунжутні, вишневі).

6. Лінолеві — переважають лінолеві кислоти (соняшникові, кукурудзяні, конопляні, гарбузові, кедрові).

7. α -Ліноленові — містить підвищену кількість α -ліноленових кислот (лляні, гірчичні, пшеничні, соєві) [3].

По здатності до утворення плівки згідно висихання, залежно від хімічної структури ненасичених кислот, що визначає здатність до полімеризації, олії поділяють на:

1. Висихаюча — утворення при взаємодії із повітрям щільних, прозорих, еластичних плівок, нерозчинних органічними розчинниками (лляні, конопляні, тунгові).

2. Напіввисихаюча — окиснення повільніше, характеризується формуванням м'яких, липких плівок (соняшникові, кукурудзяні, соєві, макові).

3. Невисихаюча — не утворюють плівки, а також не відбувається загущення при нагріванні (оливкові, рапсові, арахісові, гірчичні, пальмові, пальмоядрові).

Класифікацію згідно способу отримання (віджим), згідно технології отримання розрізняють такі типи рослинних олій:

1. Холодний віджим — найцінніші за біохімічним складом, оскільки зберігають максимальну кількість вітамінів і біоактивних сполук.

2. Гарячий віджим — отримуються після попереднього нагрівання сировини, що підвищує вихід продукту, але знижує його харчову цінність.

3. Екстракційний метод — видобуваються із використанням органічних розчинників, які згодом видаляються під час рафінації.

Класифікацію згідно ступеня рафінації, за глибиною очищення від механічних і хімічних домішок виділяють такі види олій:

1. Нерафінована — проходять лише механічну очистку, зберігають природний колір, запах і біологічну активність.
2. Гідратована — очищаються шляхом розпилення гарячої води, характеризуються прозорістю та відсутністю осаду.
3. Рафінована — додатково очищаються від фосфоліпідів, вільних кислот і барвників, мають слабо виражений смак і запах.
4. Дезодорована — проходить обробку гарячою парою у вакуумі, позбавлені кольору, запаху та смаку, відзначаються високою стійкістю до зберігання [3].

Таким чином, класифікація рослинних олій базується на їхньому фізико-хімічному складі, технології виробництва та функціональних властивостях. Знання класифікаційних характеристик має важливе значення для вибору сировини, визначення напрямів її промислового використання й оптимізації технологічних процесів у виробництві олієжирових продуктів.

1.2 Аналіз технологічних схем отримання олії

Технологічна схема виробництва рослинної олії складаються із взаємопов'язаних підготовчих і основних операцій, що забезпечують отримання основної продукції (олії), а також допоміжної (макухи) із високою харчовою та кормовою цінностями [14, 23]. Структурний аналіз насіння олійних культур показує, що розподіл олії є нерівномірним — основна її кількість зосереджена у ядрі, тоді як у плодових та насінних оболонках міститься незначна кількість олії з дещо іншим хімічним складом. Саме тому під час переробки багатьох культур важливо здійснювати відділення оболонок від ядра, що дає змогу підвищити якість готової продукції та ефективність роботи технологічного обладнання [4, 9].

Щодо плодових та насінних оболонок, то вони характеризуються високою механічною міцністю та пористістю, що зумовлює їх здатність до

інтенсивного поглинання й утримувати олію. Наявність оболонок під час пресування призводить до підвищених втрат продукту та до надмірного зношування робочих органів машин. Тому однією з ключових операцій є обрушення насіння, у результаті якого отримується рушанка, що далі розділяють та відділяється ядро від лузги. Ефективність процесів обрушення характеризується здійсненням калібрування та регулювання вологості оболонки і ядра — оптимальним є стан, коли ядро має вищу вологість, ніж оболонка, оскільки це запобігає його руйнуванню під час дроблення.

У сучасному виробництві широкого застосовування набули три основних способів виробництва рослинної олії [4, 14, 22]:

- механічного, який характеризується пресуванням підготовлених олійних мас;
- хімічного (екстракційного), суть якого полягає у розчиненні олії з використанням органічних розчинників (гексану, бензину);
- комбінованого, що характеризується поєднанням механічного пресування та екстракцією із макухи.

Найдавнішим і найпоширенішим є використання механічного способу, технологічна послідовність якого включає:

- очищення та злущування насіння (шеретування);
- подрібнення олійної фракції до утворення м'ятки;
- волого-теплову обробку для отримання мезги,;
- подальше пресування;
- очищення олії від механічних домішок шляхом відстоювання або фільтрації.

Такий спосіб забезпечує отримання нерафінованої олії.

Для деяких культур — ріпак, гірчиця, льону, редька олійна — злущування не проводиться, а насіння подрібнюють безпосередньо, що сприяє руйнуванню клітинних оболонок і підвищенню виходів олії [9, 17, 18, 21].

Екстракційний спосіб характеризується високим коефіцієнтом вилучення олії — у шроті залишається не більше 1 %, тоді як із використанням механічних способів пресування в макусі може утримуватися 6–16 % залишкової олії. Однак цей метод потребує складного, енергомісткого і дорогого обладнання, а також важливим аспектом являється ретельне відділення із готового продукту залишків розчинника. Тому екстракція застосовується переважно на великих промислових підприємствах, тоді як у малих переробних цехах аграрного сектору переважає механічне відтискання [17, 18].

Важливим етапом технологічного процесу є підготовка насіння, що включає механічну та гідротермічну обробку з метою підвищення ефективності вилучення олії, а саме правильна підготовка сприяє інтенсифікації подальших процесів пресування або екстракції [7, 13, 14, 15, 17].

Сучасні спеціалізовані підприємства по виробництву рослинної олії використовують технологічні схеми, які здійснюють одноразове або багаторазове пресування [11, 14]. Пресування із використанням одноразової схеми (рис.1.1) відбувається шнековими пресами і передбачає очищення, сушіння насіння до вологості близько 8 %, подрібнення, волого-теплову обробку, пресування та первинне очищення олії. Такий процес є менш енергоємним, а також забезпечує нижчий вихід і якість продукції.

Дворазове (багаторазове) пресування (рис. 1.2) включає попереднє пресування (на форпресі), подальше доочищення олії та повторне відтискання макухи (в еспеллерах). Використання цієї схеми забезпечує вищий вихід олії, проте потребує більшої кількості обладнання й енерговитрат.

Зарубіжні технології, зокрема схема фірми Cimbria Sket (рис.1.3), передбачають комплексну механізацію процесу, що включає очищення, сушіння, шеретування, подрібнення, кондиціонування та пресування. Такі технології відзначаються високою ефективністю, але через значну енерго- та

матеріаломісткість їх впровадження доцільне переважно у великих виробництвах.

Здійснення процесів отримання рослинної олії малими переробними підприємствами розробляються спрощені технологічні схеми (рис. 1.4), що забезпечують меншу собівартість і енерговитрати, зберігаючи при цьому належну якість кінцевої продукції. Такі схеми базуються на одноразовому або багаторазовому відтисканні із мінімізацією кількості технологічного обладнання [19, 20].

Отже, аналіз сучасних технологічних процесів свідчить, що найпоширенішими способами переробки олійної сировини є механічний, хімічний (екстракційний) і комбінований. У промислових умовах перевага надається комбінованим схемам, що забезпечують максимальний вихід олії, тоді як для малих переробних цехів найбільш доцільним є механічний спосіб, який поєднує простоту, економічність та високу якість продукту.



Рисунок 1.1 - Технологічна схема отримання олії одноразовим пресуванням.

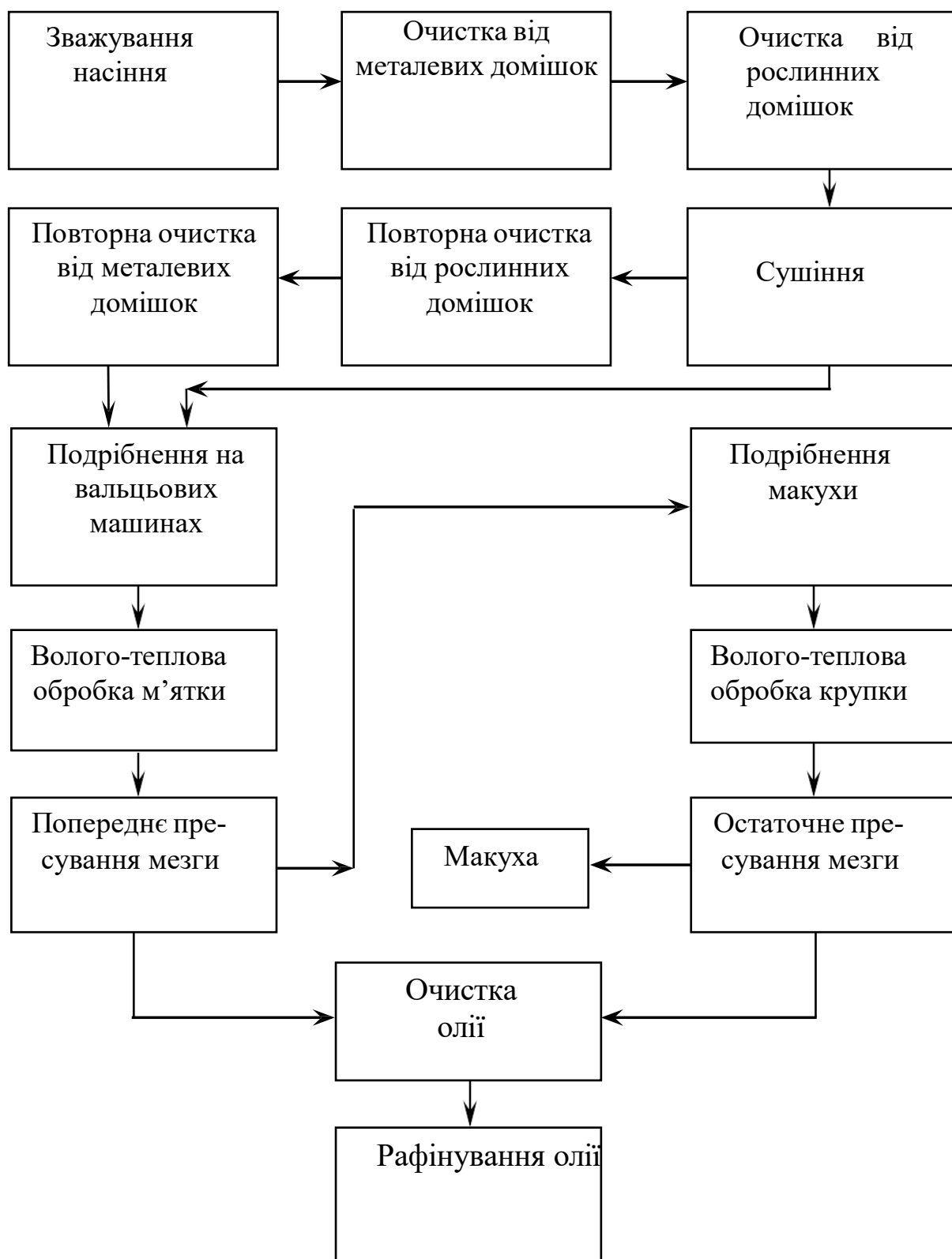


Рисунок 1.2 - Технологічна схема отримання олії дворазовим пресуванням.

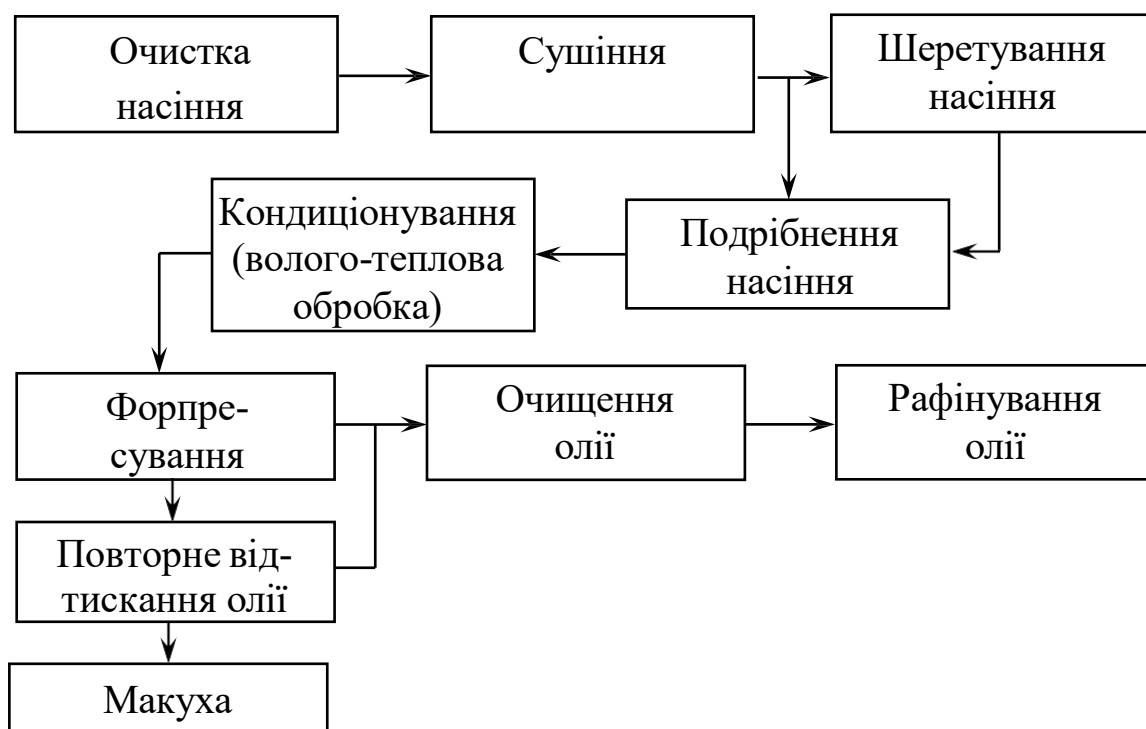


Рисунок 1.3 - Технологічна схема переробки олійного насіння, запропонована фірмою Cimbria Sket.

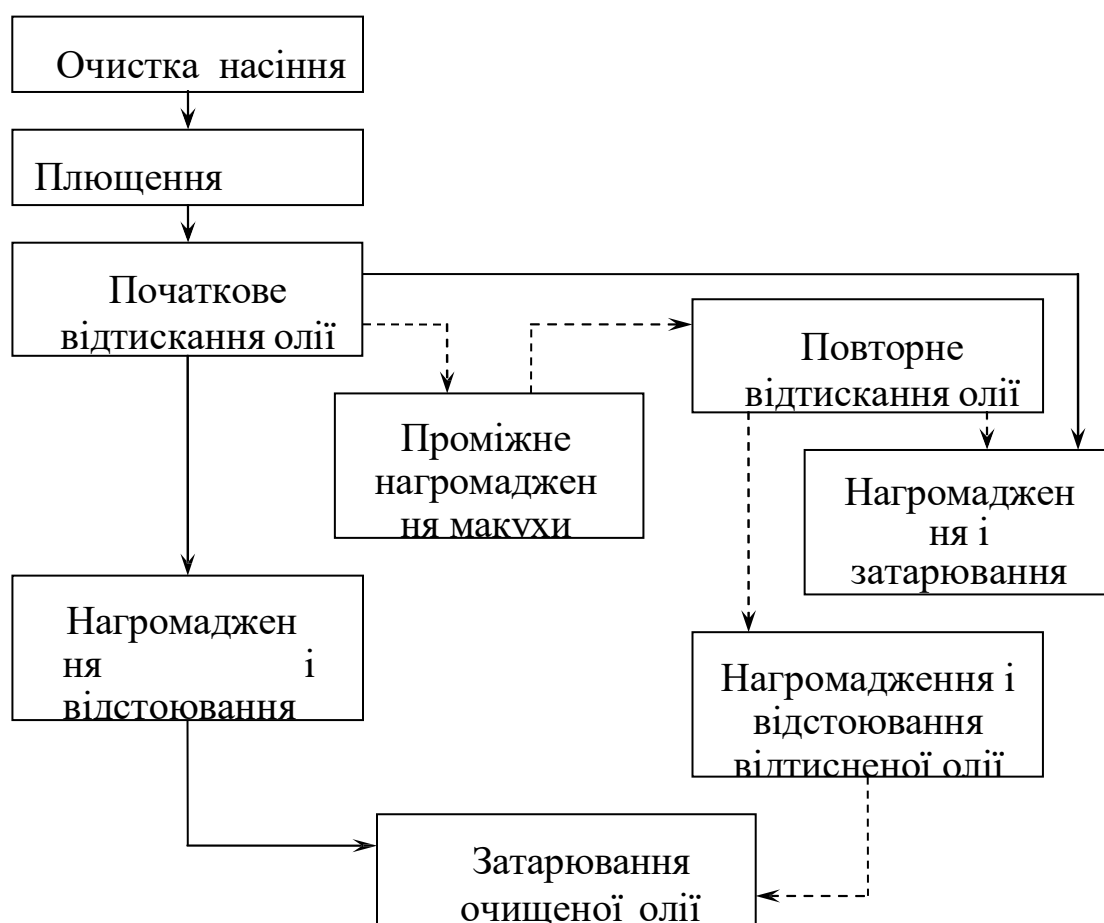


Рисунок 1.4 - Технологічна схема отримання олії в умовах малих переробних виробництв сільськогосподарських підприємств.

1.3 Шнекові преси у процесах виробництва рослинної олії

Шнекові преси є основним типом обладнання для механічного вилучення олії з олійної сировини, забезпечуючи високий ступінь відтискання жировмісної маси за рахунок поступового стискання мезги уздовж робочої камери.

За технологічним призначенням до шнекових пресів відносять такі основні групи:

- форпрес (ФП, МП) – здійснює попереднє відтискання;
- експелер (ЕП, МД, МПЕ) – здійснює остаточного відтискання;
- прес подвійної дії (МПЕ-2, МП-21) – здійснення попереднього та остаточного відтискання відбувається у одному апараті.

Шнековий олійний прес МП-68 (рис. 1.5) належить до шнекових пресів і має геометричні параметри робочих органів, аналогічні до форпреса ФП. Даний тип пресів містить наступні основні вузли:

- Станину (7) — лита, з'єднана зварними трубами і швелерами; на ній розміщено підсилений корпус завзятим підшипником;
- Шнекового вала — який містить дев'ять окремих витків (6) і перехідні кільця (8), закріплені гайкою. Вісь вала спирається на дворядні сферичні підшипники.
- Живильник (5) — обертовий трубчастий механізм із шкребками для очищення стінок від налиплої сировини та приводиться в дію через ланцюгову передачу.
- Зеєрну камеру (9) — містить дві половини, що розкриваються вертикально за допомогою клинового з'єднання та лебідки. Усередині камери встановлені ножі, які запобігають провертання мезги поряд із шнековим валом.
- Механізму регулювання товщини макухи (10) — дозволяє змінювати зазор між вихідним кільцем і конусом за допомогою підйомної системи та черв'ячного механізму.

- Систему збору олії (12) — включає зливальний лист і збірник, розташовані між опорними стійками станини.

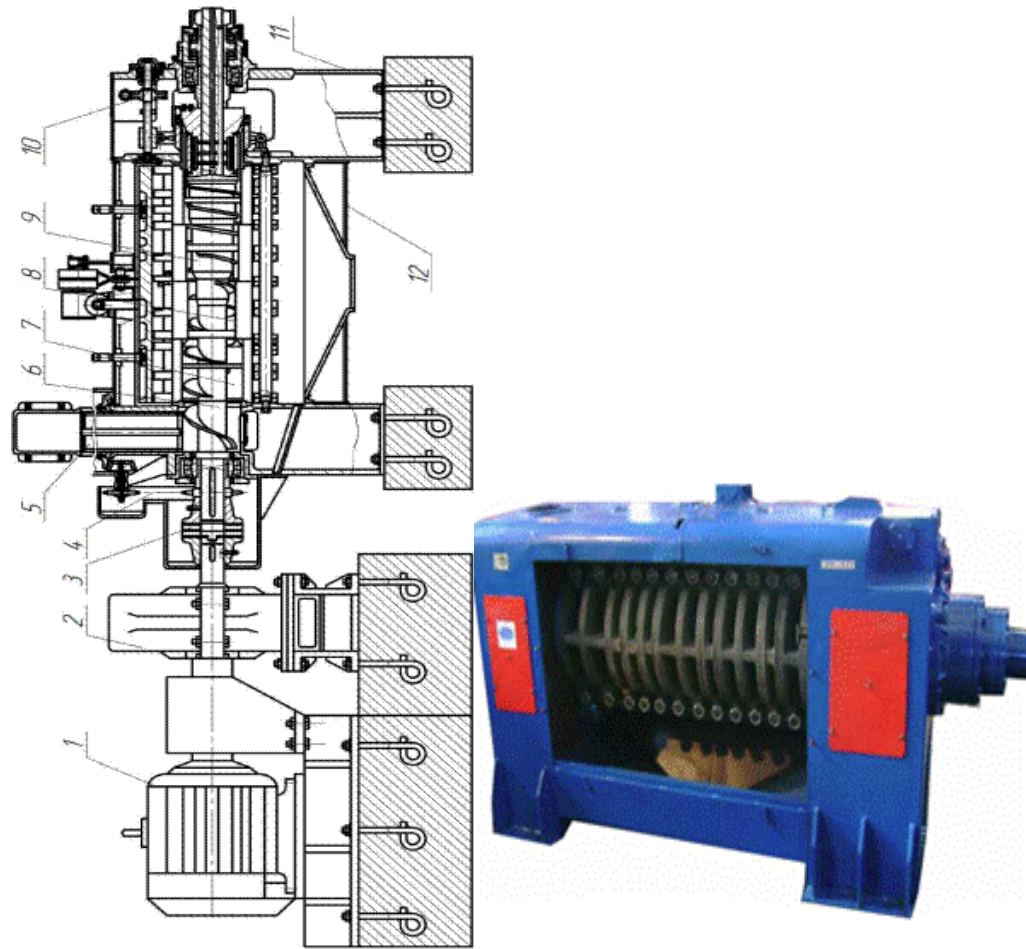


Рисунок 1.5 – Олійний прес МП-68

Привід — складається з тришвидкісного електродвигуна (1) та редуктора (2), з'єднаних запобіжною хрестовою муфтою (3), що оберігає механізм від перевантаження шляхом зрізання штифтів.

Прес ЕТП-20, фірми Cimbria SKET (ФРН), є універсальним шнековим пресом, який може працювати як у режимі форпресування, так і остаточного відтискання, а його конструктивні особливості дозволяють зміни геометрії шнековогоих валів (комплект витків, зазори між пластинами) та регулювання частот обертання шнека у межах 5–9 а також 25–32 об/хв при замінах шестерень у редукторі.

Важлива особливість є можливість використання подовженого зєсра довжиною 1800 мм, який місить два діаметри:

- 250 мм - живильна стадія;
- 200 мм - наступні.

Вал обладнаний каналом для підігріву або охолодження теплоносієм (парою чи водою). Прес комплектується шнековим живильником із варіаторним приводом та шестичанною жаровнею Ж-230/6.



Рисунок 1.6 – Фото олійного преса ЕТП-20.

Агрегат РЗ-МОА об'єднує високопродуктивний шнековий прес, із семичанною жаровнею (Ø 3000 мм) та кран-укосина для обслуговування важких вузлів. Його габарити становлять 8330 × 5400 × 3910 мм, маса — 38 т, тоді як маса самого преса — 8,2 т.

Основні переваги:

- наявність привідного шнекового живильника (10 кВт);
- універсальний механізм регулювання товщини макухи, який може бути замінений на матрицю для гранулювання;
- збірний шнек олії і механізоване розбирання зерної камери двома операторами за 20 хв.

За техніко-економічними показниками прес РЗ-МОА перевищує МП-68 згідно наступних показників:

- продуктивність на одиницю площі — у 1,87 раза;

- енерговитрати — у 1,24 раза нижчі;
- металоємність — у 1,74 раза нижча;
- продуктивність праці — у 2 рази вища.

Для малих підприємств розроблено енергоефективну технологічну лінію (рис. 1.7) з виробництва сиродавленої рослинної олії продуктивністю до 190 кг/год за споживання електроенергії 100–150 Вт/кг і виходах готової продукції 40–42% при вмісті олії у сировині 47–49%.

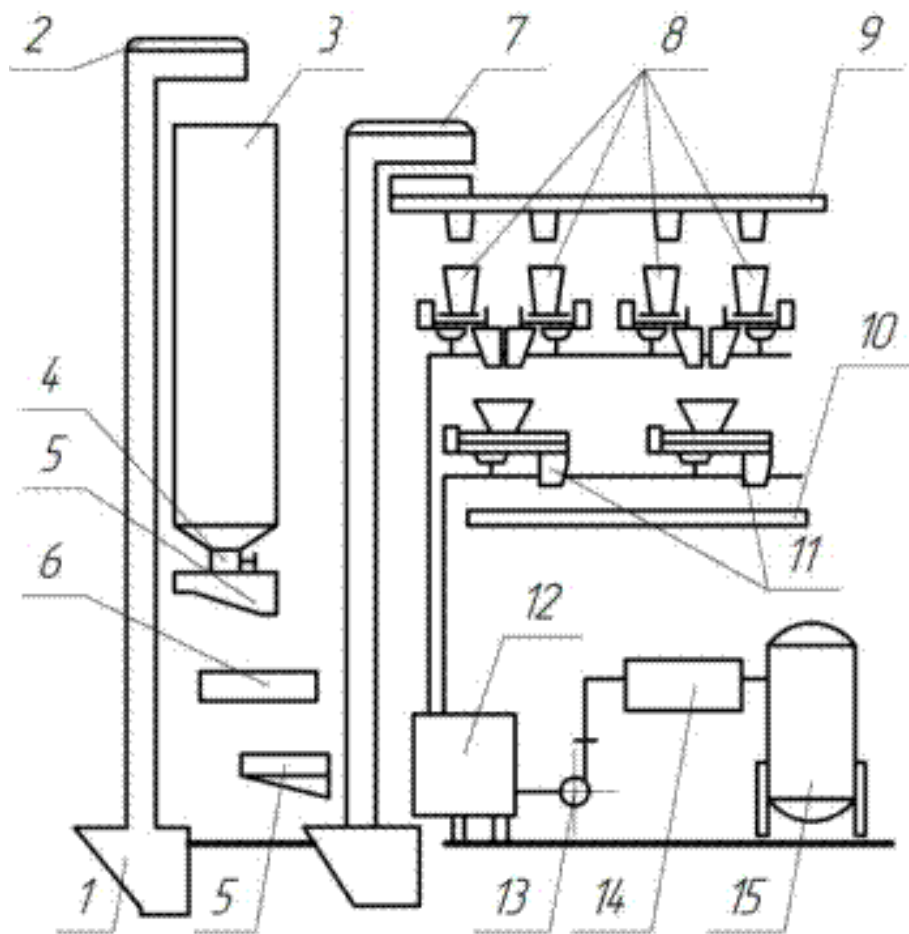


Рисунок 1.7 - Схема лінії виробництва сиродавленої олії:

1 – приймальний бункер; 2, 7 – норії; 3 – бункер місткістю 25м³; 4 – дозатор; 5 – сепаратор з магнітною пасткою; 6 – насіннерушка; 8 – екструдери первинного віджиму; 9 – роздавальний шнек; 10 – транспортер для видалення гранул; 11 – преси остаточного віджиму; 12 – бак-нагромаджувач; 13 – насосна установка; 14 – фільтр; 15 – бак-відстійник.

1.4. Мета та завдання досліджень

Мета досліджень – дослідження процесу отримання рослинної олії із використанням двозахідного шнекового преса.

Завдання досліджень:

1. Здійснити аналіз технологічних особливостей виробництва рослинної олії, конструктивних особливостей шнекових пресів та запропонувати перспективну конструкцію двозахідного шнекового преса.
2. Провести теоретичні обґрунтування закономірностей технологічного процесу двозахідного шнекового преса для обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи.
3. Провести дослідження на двозахідному шнековому пресі отримання олії.
4. Експериментально визначити конструктивно-технологічні параметри та режими роботи двозахідного шнекового преса.
5. Здійснити аналіз стану охорони праці і виробничих небезпек, та обґрунтувати техніко-економічні показники.

Об'єкти досліджень. Отримання рослинної олії у двозахідному шнековому пресі.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Аналіз структурно-функціональних схем шнекових пресів

Оцінювання ефективності функціонування шнекових пресів для вилучення рослинної олії доцільно здійснювати на основі системи узагальнених критеріїв, які враховують як кількісні, так і якісні показники процесу пресування. Основними з них є критерії:

1. U_1, U_2, U_3 — характеризують продуктивність, потужність приводу та енергоємність машин і обладнання у процесі виробництва рослинної олії;
2. U_4, U_5 — визначають якісні параметри отриманої олії, такі як ступінь очищення, кислотне число, вміст домішок тощо.

Крім зазначених показників, на роботу шнекових пресів впливають зовнішні (вхідні) фактори, які узагальнено позначаються як $f_1, f_2 \dots f_n$. До них належать статистично змінні параметри, що характеризують стан сировини (вологість, температура, вміст олії, ступінь подрібнення), а також технологічні умови процесу.

До внутрішніх факторів, що визначають ефективність роботи пресів, відносять конструкційні та кінематичні параметри — геометрію шнекового вала, крок гвинтових витків, довжину зеєрної камери, частоту обертання вала, параметри дозаторів тощо.

Головним завданням є визначення оптимальних та раціональних значень узагальнених параметрів:

X^D — параметри дозатора;

X_{pres} — параметри шнекового преса;

X_v — параметри волого-теплової підготовки сировини.

Оптимізація здійснюється з метою досягнення бажаних значень критеріїв:

- мінімізації енергоємності процесу ($y_3 \rightarrow \min$);
- максимізації продуктивності ($y_1 \rightarrow \max$);
- підтримання потужності приводу (y_2) в межах раціональних значень для забезпечення стабільного режиму пресування та високої якості кінцевого продукту (рис. 2.1).

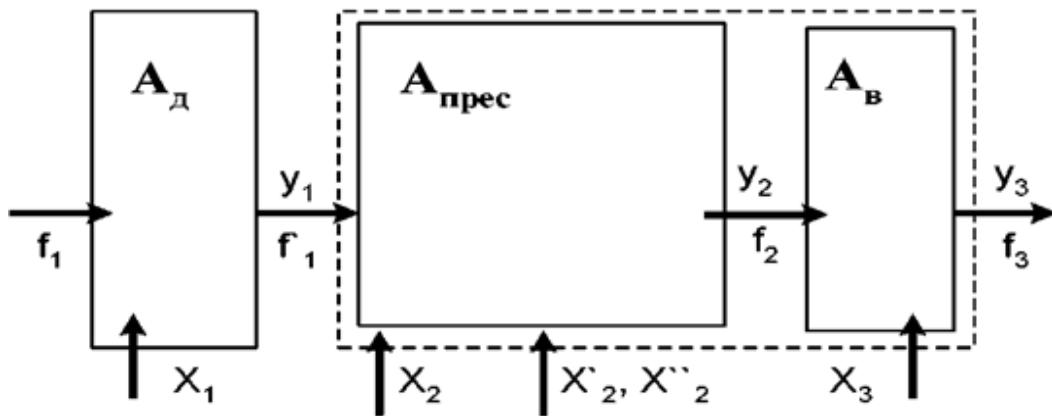


Рисунок 2.1 - Схема роботи шнекового пресу.

A_d – дозатор сировини; $A_{прес}$ – пресувальний пристрій; A_v – фільтрний пристрій; f_1, f'_1, f_2, f_3 – значення узагальнених статистичних показників, при стисненні та гомогенізації, та значення фізико-механічних властивостей; $X_1, X_2, X'_2, X''_2, X_3$ – узагальнені показники значень при дозуванні, пресуванні, стисненні та гомогенізації, y_1, y_2, y_3 – узагальнені показники результуючих факторів, щодо продуктивності, потужностей приводу, енергоємкісних показників процесів, показників покращення якості; показники матеріалоємності та надійності $Y_{мн}$.

Згідно здійснених досліджень встановлено, що ефективність роботи шнекових пресів визначається двома ключовими групами факторів:

1. Кількісних факторів, які безпосередньо впливають на продуктивності обладнання (масова витрата сировини, швидкість подачі, тиск у зерній камері тощо).

2. Енергетичних факторів, що формують потужність приводу та енергоємність процесів пресування, від яких залежить економічна доцільність роботи установки.

Таким чином, основними критеріями оптимізації процесу вилучення олії за допомогою шнекових пресів є продуктивність (як кількісний показник) та енергоємність (як енергетичний показник). Їх взаємозалежне регулювання дозволяє забезпечити підвищення ефективності роботи обладнання, стабільність технологічного процесу та покращення якісних характеристик отриманої рослинної олії.

Схему шнекового преса представлено на рисунку 2.2

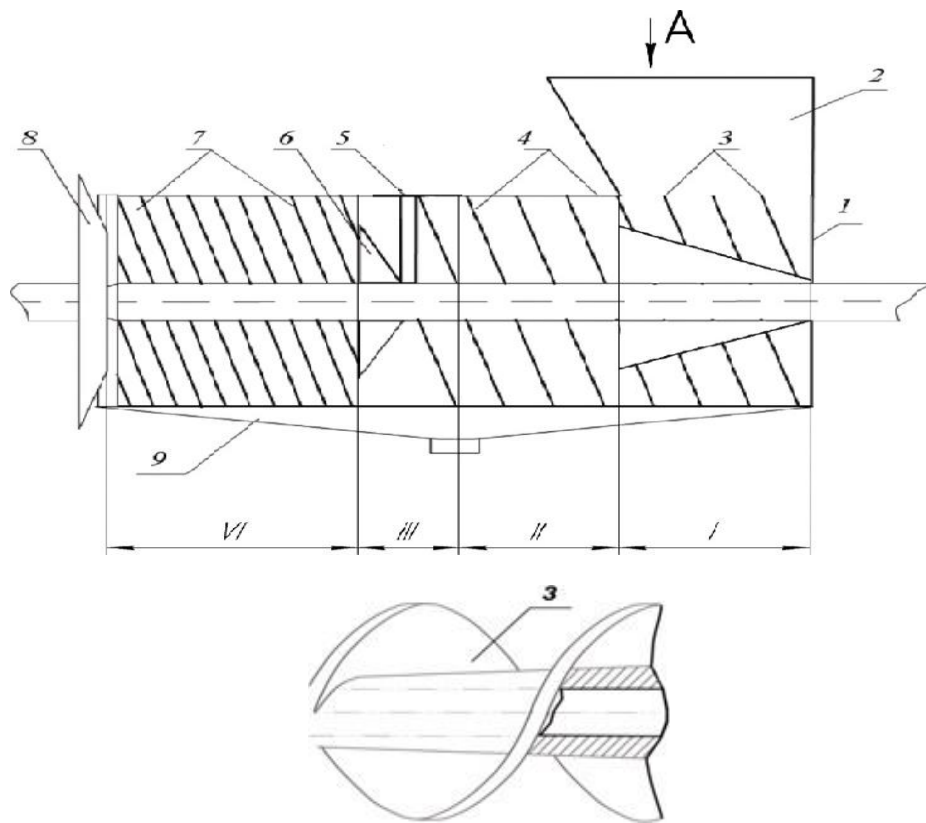


Рисунок 2.2 - Загальний вигляд конструктивної схеми шнекового преса

Складається із 1 - корпуса; 2 – завантажувального бункера; 3 – завантажувального шнека; 4 – пресувального шнека; 5 – розпушувача; 6 – конусної шайби; 7 – шнека; 8 – регулятора тиску; 9 – збирача масла. Конструктивну схему поділено на зони I – завантаження, II – первинне пресування, III – стабілізації тиску, IV – кінцеве пресування.

2.2 Дослідження кількості заходу шнекових витків на процеси пресування

Під час проведення дослідження встановлено, що визначальним конструкційним фактором, який впливає на динаміку процесів пресування, є кількісні показники заходу (витків) шнекового вала. Саме цей параметр визначає характер руху сировини в робочому каналі, рівномірність її ущільнення та інтенсивність формування тиску в зоні пресування.

Запропоновану модифіковану конструкцію зони подач у шнекових пресів забезпечує низку переваг порівняно з традиційними схемами, а саме вона дає змогу:

- суттєво підвищити щільності вихідних матеріалів в початковій стадії пресування;
- зменшити навантаження на підшипникові вузли за рахунок більш рівномірного розподілу осьових зусиль;
- покращити якість процесу пресування за рахунок зменшення коливань тиску вздовж зеєрного циліндра;
- підвищити експлуатаційну надійність та довговічність обладнання [3, 7, 9, 16, 17].

Оптимальні параметри у зонах завантаження визначаються згідно аналізу взаємозв'язків між конструкційними характеристиками шнека та технологічними показниками роботи. Насамперед розглядають:

- максимальну подачу сировини у зону пресування;
- максимальний тиск, який створюється у зеєрному каналі;
- питомі енерговитрати на привід шнекового вала.

Підвищення подачі матеріалу або надмірне збільшення тиску призводить до зростання енергетичних витрат і навантаження на привідний механізм, а тому визначення раціональних параметрів шнека є критично важливим для енергоефективної роботи системи.

Порівняльний аналіз показав, що двоходовий шнек має низку суттєвих переваг над одноходовим аналогом, а саме:

- наявність додаткового гвинтового витка, що подвоює осьову силу та сприяє підвищенню тиску у зоні ущільнення;
- зменшення швидкості руху сировини вздовж осі, що забезпечує інтенсивніше пресування і рівномірніше виділення олії;
- збільшення площі контакту між сировиною та стінками шнекового каналу, що підвищує ефективність зневоднення і віджиму олії.

Таким чином, застосування двоходових шнеків у конструкції олійних пресів дозволяє підвищити тиск у зоні пресування, зменшити енергоспоживання приводу та забезпечити стабільні умови формування макухи, що безпосередньо покращує якість кінцевого продукту та збільшує ресурс роботи обладнання.

Для даного дослідження вибрано двозахідний конусний шнек (рис. 2.3)

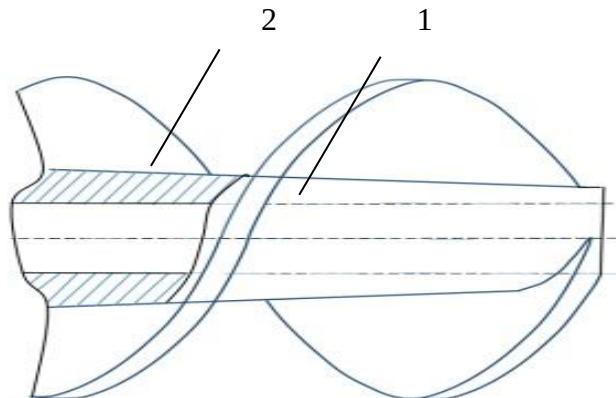


Рисунок 2.3 - Схема двозахідного конусного шнека.

1 – конічна направляюча, 2 – виток шнека.

Середнє значення поточної подачі сировини (кг/с) згідно рівномірного завантаження визначається згідно із рівнянням 2.1:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{d\rho}{dt}V + \rho \frac{dV}{dt} \quad (2.1)$$

m - поточні значення маси вихідної сировини, кг; ρ - щільність сировини, кг/м³; V – значення об'єму сировини, м³; t - час, с.

У реальних процесах показники відображені у рівнянні не можуть дорівнювати нулю, тому подальші перетворення здійснюємо згідно виразу:

$$\frac{\rho_{\infty} - \rho}{\rho_{\infty} - \rho_0} = \exp(-c_1 \cdot p), \quad (2.2)$$

де ρ_{∞} - граничне значення щільності добре спресованої маси, кг/м³;

ρ - щільність при тиску p , кг/м³;

ρ_0 - початкова щільність маси, кг/м³;

c_1 - емпіричний коефіцієнт, м²/Н.

Здійснивши перетворення отримують значення виразу щодо зміни щільності сировини.

$$\Delta\rho = c_1(\rho_{\infty} - \rho_0) \cdot p. \quad (2.3)$$

Відповідно до цього динаміка процесів рівняння адекватна при будь-яких заданих значеннях кутів конуса.

На рисунку 2.4 відображено сили що діють на сільськогосподарські матеріали у міжвитковому просторі.

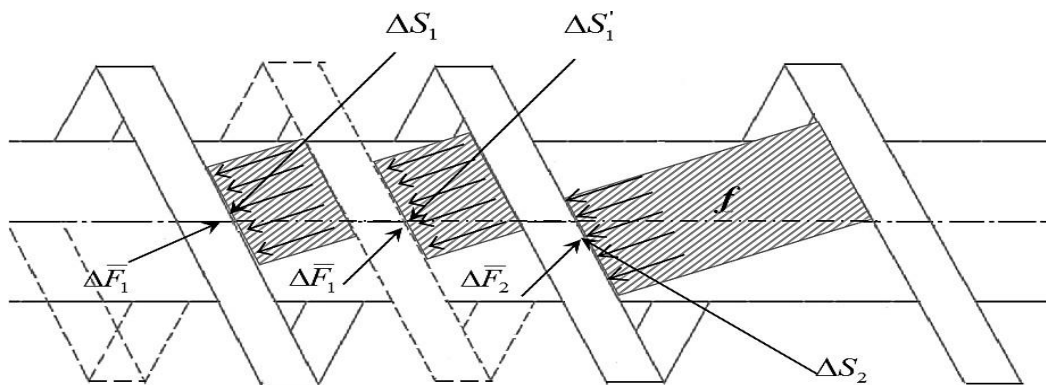


Рисунок 2.4 - Сили, що діють на сільськогосподарські матеріали між витками шнека

ΔF_1 , ΔF_2 – сили що діють на матеріал між 1 і 2 витками, ΔS_1 , ΔS_2 – площа контактної поверхні, f – динамічний опір.

2.3. Дослідження впливів тисків та особливостей робочих органів на продуктивності пресів.

Процес отримання олії з насіння соняшнику у даному дослідженні передбачається здійснювати двоходовим шнековим пресом, конструкція якого передбачає наявність модифікованої зони завантаження. На роботу такого преса важливий вплив буде мати комплекс взаємопов'язаних процесів, що відбуваються між подачами сировини, утворенням тисків та зміною продуктивностей системи.

Зона завантаження відіграє ключову роль у забезпеченні стабільності процесу пресування, оскільки саме на цьому етапі формується початковий тиск та щільність матеріалу, що надходить у робочу частину шнека. Підвищення інтенсивності подачі сировини дозволяє підтримувати необхідний робочий тиск у зоні пресування, забезпечуючи безперервність потоку та рівномірність ущільнення матеріалу [3, 7, 9, 16, 17].

Вплив оптимізації параметрів зони при завантаженні полягає у визначенні впливу конструкційних характеристик (геометрії витків, кроку шнека, діаметра зони подачі, кута нахилу тощо) на значення максимальних показників подачі сировини та значення тиску, що створюється на вході в зону пресування.

У випадку надмірної подачі матеріалу або збільшення опору руху сировини, у системі виникають перенавантаження, що супроводжуються зростанням енергоспоживання приводу шнека, а це у свою чергу, може призвести до збільшення втрат потужностей, зниження ефективностей пресування та передчасного зношування робочих елементів приводу.

Таким чином, для забезпечення раціональної роботи двоходового шнекового преса необхідним є підбір оптимальних конструкційних параметрів зони завантаження, які забезпечують баланс між подачею сировини, створенням тиску та енергетичними витратами, що дозволяє підвищити ефективність процесу вилучення рослинної олії.

Середнє значення поточної подачі сировини (кг/с) при рівномірному завантаженні визначається рівнянням 2.4:

$$Q = \frac{dm}{dt} \quad (2.4)$$

де Q – значення поточної подачі (витрати) сировини, кг/с;

dm - поточні середні значення маси сировини, кг;

dt – значення поточного часу відведення із шнека сільськогосподарської сировини масою dm , с

Приймаємо, що при повному завантаженні сільськогосподарською сировиною конусної частини шнека виділяється елементарний перетин товщиною dl , на протязі часу dt здійснює прохід відповідна маса матеріалу dm (рис. 2.5).

Відповідно до цього максимальні значення продуктивності шнека на ділянці завантаження

$$Q_{MAX} = \frac{\rho \cdot \pi (d_K^2 - d_H^2)}{4} \cdot \frac{z \cdot t_1 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} = \frac{\omega \cdot \rho \cdot \pi \cdot (d_K^2 - d_H^2) \cdot z \cdot t_1}{8 \cdot \pi}, \quad (2.5)$$

Згідно із цим максимальні значення продуктивності шнека зростають із збільшеннями кількості заходів та кроку гвинта шнека.

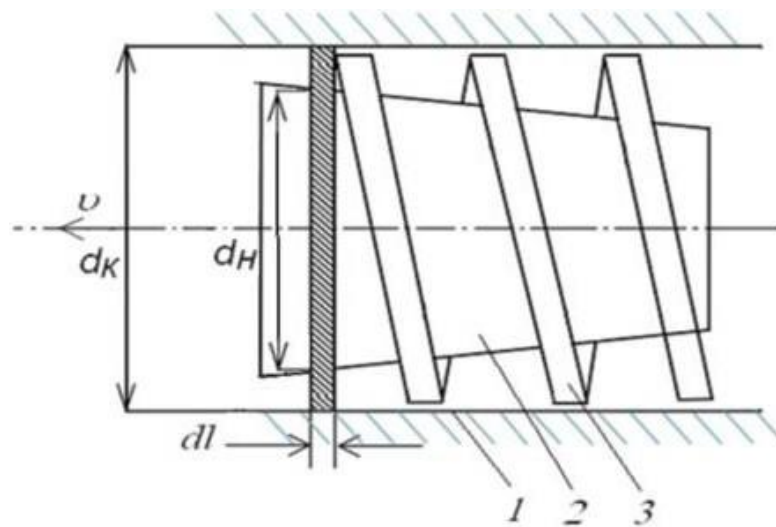


Рисунок 2.5 - Схема розрахункова конусної насадки шнека у зоні завантаження. Складається із: 1 - корпуса; 2 - конусної втулки; 3 - шнека;

Відповідно d_k – значення діаметра корпусу шнека; dl – значення товщини елементарного поперечного шару сировини біля конусної насадки, м; d_n – значення діаметру конусної втулки, ϑ – значення осьової швидкості сировини, м/с.

Процес отримання олії пресуванням здійснюється за рахунок руйнування органічної структури насіння та вивільнення олії, відповідно утворюється дві фази квазітверда (крихта) та рідка, у якій містяться жирні кислоти[2,7,20,23].

Згідно із теоретичним твердженням приймають значення масових витрат сировини, геометричні характеристики робочих органів та динаміку самого процесу, які відображено у роботах [2-5,8,9] (рис. 2.5).

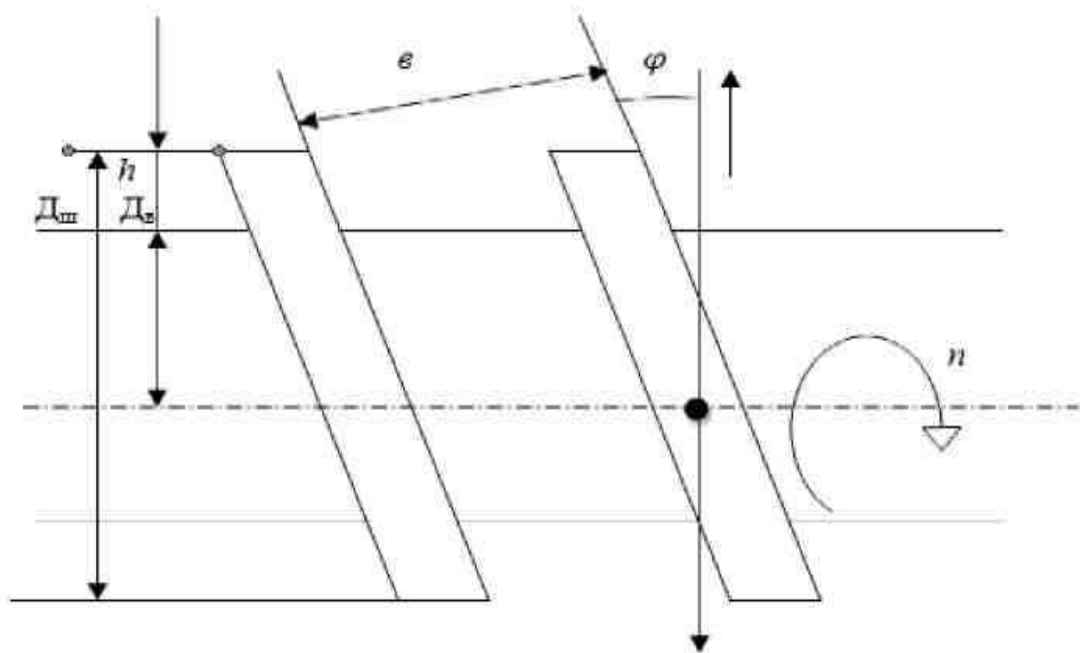


Рисунок 2.6 - Схема геометричних параметрів шнека

Відповідно D_v – значення діаметра вала, м; n – значення частоти обертання вала, об/хв.; $D_{ш}$ – значення діаметра шнека, м; e – крок витка, м; h – значення глибини каналу, м; φ – значення кута підйому гвинтової лінії, рад.; v_k – значення колової швидкості, м/с.

Здійснюємо визначення згідно 2.6 і 2.7:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\rho \cdot b \cdot h \cdot v_{окр}}{\cos \varphi} \cong \rho \cdot \pi^2 \cdot D_{ш}^2 \cdot h \cdot tg \varphi, \quad (2.6)$$

(2.7)

$$v_{окр} = D_{ш} \cdot n, \quad (2.7)$$

Здійснюємо визначення залежності витрати згідно із робочими параметрами:

$$\begin{aligned} \frac{dm}{dt} &= G - (C_2 - C_3 \cdot \exp(-c_1 \cdot p)) \cdot \pi^2 \cdot D^2 \cdot h \cdot tg \varphi = (C_2 - C_3 \cdot \exp(-c_1 \cdot p)) \cdot C_4 = \\ &= C_2 \cdot C_4 - C_3 \cdot C_4 \cdot \exp(-c_1 \cdot p) \cdot C_4 = C_2 \cdot C_4 - C_3 \cdot C_4 \cdot \exp(-c_1 \cdot p) = \\ &= K_1 - K_2 \cdot \exp(-c_1 \cdot p), \end{aligned}$$

де C_4 , K_1 і K_2 – значення константи.

Наведено залежність констант згідно із фізичними властивостями вихідної сировини та конструктивних параметрів шнека:

$$K_2 = (\rho_k - \rho_0) \pi^2 D^2 h tg \varphi \quad (2.9)$$

де ρ_k – значення щільності пресованої сировини, згідно із максимальною продуктивністю, кг/м^3 ; ρ_0 – щільність сировини, кг/м^3 ; D – значення діаметру твердого шару, м.

Згідно 2.5 бачимо прямий зв'язок продуктивності двозахідного шнекового преса та тиску.

Доцільно відобразити переваги двозахідного шнека у порівнянні із однозахідним:

- значення швидкості руху сировини є нижчим, але здійснюється додатковий приріст тиску;
- додатковий виток дозволяє майже удвічі збільшити осьове зусилля, що дозволить значно підвищити тиск;
- контактна площа гвинтових каналів збільшиться за рахунок додаткових витків, як наслідок підвищиться заповнюваність каналів шнека.

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма здійснення досліджень

Програму експериментальних досліджень було спрямовано на комплексне вивчення процесів пресування насіння соняшника з метою підвищення ефективності роботи двоходового шнекового преса. Дослідження передбачали здійснення аналізу, зокрема - механічні властивості насіння, а також дослідити як конструктивні та режимні параметри пресів будуть впливати на основні показники його функціонування, зокрема:

- продуктивності обладнання;
- показники енергоспоживання приводу;
- енергоємність і вплив наробочі процеси.

У рамках реалізації програми було проведено аналіз існуючих методик дослідження процесів пресування, що дозволило обґрунтувати вибір оптимальних підходів до оцінки роботи шнекових систем. На основі цього аналізу було відібрана дослідна установка, яка забезпечує можливість варіювання основних конструктивних параметрів (кроку шнека, діаметра зони подачі, кількості витків тощо) та регулювання режимних показників (швидкості обертання, температури, вологості сировини).

Для забезпечення достовірності експериментальних даних у дослідну схему було включено додаткове вимірювальне обладнання (табл. 3.1), призначене для контролів тиску, температури, крутного моменту, частоти обертання вала та інших параметрів, що характеризують перебіг процесу пресування.

Результати експериментальних досліджень дозволяють оцінити вплив конструкційних і режимних факторів на ефективність процесу вилучення рослинної олії, встановити оптимальні параметри роботи двоходового шнекового преса та розробити рекомендації щодо вдосконалення його конструкції і режимів експлуатації.



Рисунок 3.1 - Схема проведення експериментальних досліджень.

Таблиця 3.1 - Вимірювальне обладнання

<i>Параметр визначення</i>	<i>Обладнання</i>
Лінійні розміри	Штангенциркуль ШЦ-2
	Лінійка
Тривалість	Секундомір
Маса	Аналітичні ваги ВК-1500
Потужність	Частотний перетворювач Altivar- 61
Тиск	Тензометричний датчик тиску ЛХ-417
Вологість	Сушильна шафа ШС-0,25-60, вологомір
Частота обертання	Датчик MYLB-6-36VDC*
Температура	Термометр

Проведення дослідів здійснювалось на насінні соняшника, а також враховувались фізико-механічні властивості сировини олійного виробництва

3.2 Опис загальної характеристики досліджуваного преса

Для реалізації експериментальної частини роботи, відповідно до розробленої програми дослідження і виконання теоретичні розрахунки, було реалізовано на дослідному зразку, призначеного для вилучення рослинної олії із насіння соняшнику (рис. 3.2).

Конструкція дослідного шнекового преса складається із таких основних вузлів:

- корпусу (1), у якому розміщено робочі елементи преса;
- приймального бункера (2) для подачі насіння;
- робочого циліндра (3) із встановленим у ньому шнеком лєсної камери (4);
- регульованих гвинтів (5) для зміни тиску у вихідній частині;
- лотка (6) для збору олії;
- демпфера (7) для дозування подачі сировини;
- електродвигуна (8), який приводить у дію шнек через систему передач.

Принцип роботи преса полягає в тому, що олійне насіння соняшника із приймального бункера через відкритий демпфер надходить у робочу зону шнека, де під дією сил тертя, тисків та деформаційного стискання відбувається виділення олії із клітин насіння. Отримана олія збирається в лотку, а макуха виводиться з робочої зони через регульований отвір.

Частота обертання електродвигуна та вимірювання енергоспоживання дослідну установку обладнано частотним перетворювачем Altivar-61, який дозволяє змінювати швидкості обертання шнека та підтримувати стабільний режим роботи приводу.

Система контролю параметрів експерименту реалізована на основі ноутбука, підключеного через шину CANopen, що забезпечує обмін даними

між електродвигуном, контролером та частотним перетворювачем. Контроль швидкості обертання шнека здійснювався за допомогою датчика постійного струму MYLB-6-36VDC, при цьому дослідження проводилися за трьох фіксованих режимів: 400 хв^{-1} , 450 хв^{-1} та 500 хв^{-1} (рис. 3.3).

Передача та обробка експериментальних даних здійснювалися за допомогою контролера TWDLMDA20DTK, який функціонував як модуль для підрахунків імпульсів каналом RS485. Отримані дані за використання середовища візуалізації RSVIEW32 на базі SCADA-системи, де виконувалася їх реєстрація з періодичністю одна секунда і збереження у базі даних ноутбука для подальшого аналізу.

Якісні, кількісні та енергетичні характеристики процесів пресування визначались із використанням розробленого плану експериментів (табл. 3.2), що враховував зміну конструкційних (крок шнека, геометрія зони подачі) та режимних параметрів (швидкість обертання, температура, тиск).

З метою оцінки впливу геометрії шнека на ефективність пресування було виготовлено три конусних шнеки з кроками 35 мм, 40 мм і 45 мм (рис. 3.4).

Контроль тисків у робочій камері здійснювався за допомогою тензодатчика LH-417, який забезпечував вимірювання в реальному часі з високою точністю, тоді як температура олії контролювалася високотемпературним пірометром, що дозволяло оцінювати тепловий режим процесу пресування.

Отримані результати експериментів стали основою для подальшого аналізу ефективності роботи двоходового шнекового преса, визначення оптимальних конструктивних параметрів та розроблення рекомендацій щодо енергозбереження і підвищення продуктивності обладнання.



Рисунок 3.2 - Загальний вигляд шнекового преса



Рисунок 3.3 - Схема контролю параметрів шнекового преса.

Таблиця 3.2 - План проведення експерименту

Дослідження	Конструктивні параметри	Режимні фактори	Критерії оцінки
Лабораторні дослідження	Крок конусного шнека, t , мм	35, 40, 45	Вихід олії, % Потужність P , кВт Енергоємність E , кВт·год/т
	Частота обертання шнека, n , хв^{-1}	400, 450, 500	
	Площа вихідного отвору, S , м^2	0,001; 0,0015; 0,002	



Рисунок 3.4 Двозахідні шнеки із кроком 35 мм, 40 мм і 45 мм.

3.3 Методика проведення дослідження по фізико-механічних властивостях

Важливими характеристиками олійного насіння є вплив фізичних, механічних та хімічних властивостей, що визначають ефективність процесу пресування та якість отриманої олії. Ці властивості залежать не лише від сортових особливостей культури, але й від агротехнічних умов вирощування, ступеня зрілості насіння, вмісту вологи та умов зберігання. Внаслідок цього зазначені параметри можуть варіюватися у досить широких межах.

Відомо, що якість та хімічний склад отриманої олії і шроту суттєво залежать від конструктивних характеристик шнекового преса, режимів його роботи та кінематичних параметрів подачі сировини. У процесі пресування двоходовими шнековими пресами між матеріалом (насінням або мезгою) та робочими елементами виникає значна сила тертя, яка має вирішальний вплив на температурні і силові режими процесу.

Сили тертя, що діють у системі "насіння – стінка циліндра" та "насіння – шнек", зумовлюють локальне підвищення температури, яке сприяє зниженню в'язкості олії, полегшуючи її виділення. Водночас надмірне нагрівання може призвести до погіршення якісних показників продукту (зокрема, окиснення ліпідів та руйнування токоферолів). Тому дослідження величин коефіцієнтів зовнішнього та внутрішнього тертя є необхідною умовою для оптимізації режимів роботи шнекового преса.

Методика визначення коефіцієнтів тертя

Для визначення коефіцієнтів зовнішнього та внутрішнього тертів проводилось за відомою методикою [16], що базується на використанні кільцевого зразка, який дозволяє моделювати процес деформації шару насіння між обертовими поверхнями.

Перед початком експерименту установку було попередньо відкалібровано шляхом зсуву незаповнених кілець згідно поверхні тертя та по зовнішній поверхні кілець (рис. 3.5). Після калібрування проміжок між кільцями (позиції 2, 3, 8) заповнювався насінням соняшнику, а на верхнє кільце встановлювалися наважка масою від 0,5 - 22 кг (позиція 6).

Після цього вмикався привід розсувний стрижень (позиція 5), який забезпечував зсув кілець із постійною швидкістю 0,02–0,03 м/с, при цьому товщина шару досліджуваного матеріалу становила 0,9 см.

У ході експерименту вимірювали зусилля, що виникають при зсуві, та визначали коефіцієнти тертя за наступним співвідношенням:

$$\tau_n = \frac{(p_n - p)}{G} \quad (3.1)$$

$$\tau = \frac{(p_{\text{в}} - p)}{F} \quad (3.2)$$

де p – показник стійкості до зсуву кілець згідно калібрування, $p_{\text{н}}$, $p_{\text{в}}$ – стійкість до зсуву поверхні і подолання внутрішнього тертя, Н; G – маса навантаження з урахуванням маси зразка, F – площа поверхні тертя, м^2 ;

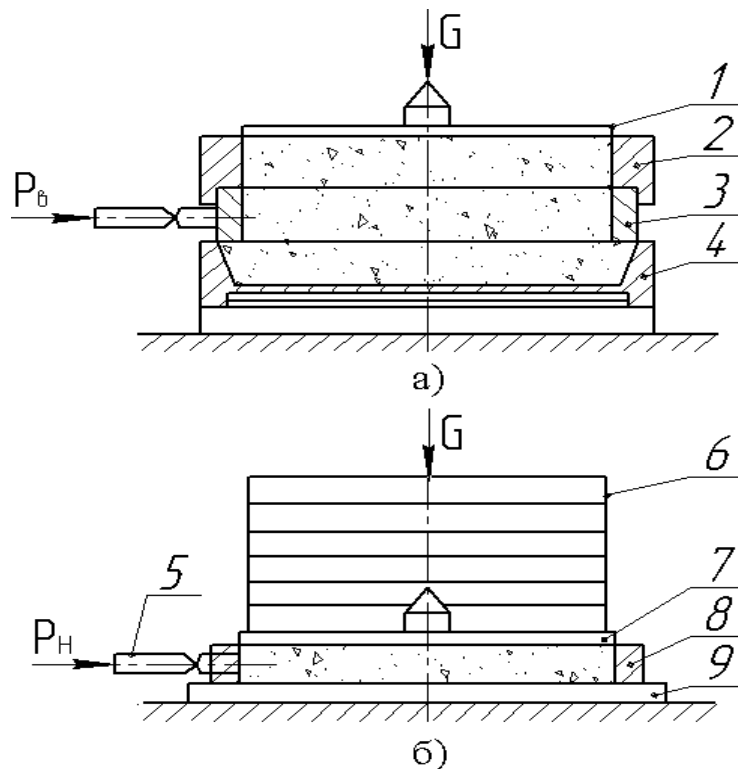


Рисунок 3.5 - Визначення коефіцієнтів тертя і зсувних напружень:

а) у досліджуваній сировині; б) на поверхні тертя

Складається із 1, 7 – кришки; 2, 3, 8 – кільців; 4 – корпус; 5 – зсуву стрижня приводу; 6 – навантаження, 9 – фрикційної поверхні.

Значення вологості насіння соняшнику визначались згідно відомої методики [19], при цьому використовували ваги ВК-1500 із значенням абсолютної похибки не більше 0,01 г та сушильної шафи ШС-0,25-60.

3.4 Методика по визначенню продуктивності досліджуваного преса

Основним показником, який охарактеризує ефективність роботи досліджуваного преса, є значення продуктивності Q , що визначається

кількістю сировини, переробленої за одиницю часу, і вимірюється у кг/год. Вона розраховується за формулою:

$$Q = \frac{M}{T} \quad (3.3)$$

де M – Значення маса олійного насіння, кг;

T – значення часу на переробку, год.

Продуктивність відображає кількісний результат роботи преса, тобто його здатність забезпечувати необхідну інтенсивність процесу віджиму олії при заданих конструктивних і режимних параметрах.

Основні кількісні показники технологічних процесів відображають виходи олії з насіння соняшнику, що відображається відсотками. За 100% приймається маса завантаженого насіння, а маса одержаної олії становить відсоткову частку виходу продукту, що характеризує врожайність процесу.

Для визначення фактичного виходу олії та продуктивності експеримент проводився у такій послідовності:

1. Визначалася маса насіння соняшнику, завантаженого у приймальному бункері досліджуваного преса.
2. Під розвантажувальний лоток встановлювався попередньо відкалібрований вимірювальний контейнер, який зважувався на електронних вагах ВК-1500.
3. За допомогою електронного секундоміра фіксувався час переробки сировини до моменту припинення виділення олії.
4. Отриману олію із контейнера знову зважували, після чого визначали масову частку виходу олії.
5. Отримані дані згідно формули (3.3) здійснювали розрахунок продуктивності.

Кожен експеримент проводився тричі для забезпечення достовірності результатів та подальшого усереднення експериментальних даних. Повторність вимірювань дозволила зменшити вплив випадкових похибок,

спричинених коливаннями вологості, щільності насіння та стабільності обертання шнека.

3.5 Методика по визначенню комплексного індексу щодо якості олії

Якісні показники олії, яку отримали механічним пресуванням визначаються відповідно до вимог технічних умов ГОСТ 1129–2013 «Олія соняшникова. Технічні умови». Перевірка якості здійснюється за рядом стандартизованих показників, які характеризують фізико-хімічні властивості продукту, зокрема:

- кислотне число (показник кислотності, що характеризує ступінь гідролізу тригліцеридів);
- масова частка нежирних домішок;
- масова частка фосфоровмісних речовин;
- показник перекисного числа (вміст первинних продуктів окиснення);
- кількість активного кисню (показник окисної стабільності олії);
- масові частки води та леткі речовини.

Для комплексної оцінки якості соняшникової олії необхідно розробити методику визначення узагальнених показників, що враховують взаємний вплив окремих властивостей продукту. Зокрема, така методика передбачає:

1. Визначення основних якісних показників соняшникової олії згідно відповідних методів хімічного аналізу.
2. Аналіз аналітичних залежностей між визначеними характеристиками з метою формування узагальненого коефіцієнта якості, який дозволяє об'єктивно порівнювати результати згідно різних умов експериментів.

Визначення узагальненого коефіцієнта якості за виразом:

$$K_{заг} = K_1 \times K_2 \times \dots K_n \quad (3.4)$$

При здійсненні дослідження можуть виникати необхідності розширення системи оцінювання за рахунок включення додаткових параметрів, які точніше характеризують якісні показники отриманих продуктів (наприклад, колір, щільність, вміст токоферолів чи залишкових фосфоліпідів). У такому випадку до узагальненого коефіцієнта $K_{заг}$ вводять додаткові часткові коефіцієнти із відповідними лімітуючими значеннями, що забезпечує комплексний підхід до оцінки якісних характеристик соняшникової олії.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Фізико-механічні властивості олійної сировини

Теоретичні і експериментальні дослідження роботи досліджуваного преса відображають важливий вплив на роботу даного преса, зокрема це стосується фізико-механічних властивостей олієвмісних культур (зокрема, насіння соняшнику) що впливають на ефективність та продуктивність процесу пресування.

Встановлено, що зміна вологості, щільності, фракційного складу та тертя між частинками сировини істотно впливає на характер руху матеріалу в робочій зоні шнека, формування тиску та інтенсивність виділення олії. Відповідно, підбір оптимальних конструктивних та режимних параметрів досліджуваного преса повинен здійснюватися з урахуванням цих властивостей, що забезпечить досягнення максимальної продуктивності при мінімальних енерговитратах.

Отримані результати підтверджують доцільність застосування двозахідного шнекового механізму, який завдяки збільшенню площі контакту робочих поверхонь і підвищенню рівномірності навантаження сприяє покращенню умов пресування, підвищенню коефіцієнта вилучення олії та загальній енергоефективності технологічного процесу.

Таблиці 4.1 відображає значення фізико-механічних показників олійного насіння.

Таблиця 4.1 - Фізико-механічні показники

Показник	Значення
Густина, кг/м ³	667
Кут природного скосу, λ	18,3
Коефіцієнт внутрішнього тертя	0,7
Коефіцієнт тертя до робочих органів	0,49
Вологість, %	7,6-8
Жирність, %	44-46

4.2 Результати по визначенню впливу конструктивних та кінематичних параметрів на продуктивність

Показники продуктивності у процесах одержання олії визначались шляхом побудови регресійної моделі та встановлення коефіцієнтів кореляції між теоретичними залежностями та експериментальними даними. Метою даного етапу було встановлення кількісних закономірностей впливу конструкційних і режимних параметрів досліджуваного преса на продуктивність процесу пресування.

Для побудови регресійної моделі було реалізовано комплексний факторний експеримент типу 3^3 , який дозволив оцінити взаємодію трьох основних незалежних факторів. На основі конструктивних особливостей преса та технологічних умов процесу були обрані рівні та інтервали варіювання незалежних факторів, що найбільш суттєво впливають на показники продуктивності. До них, зокрема, віднесено:

x_1 – частоту обертання шнека, хв^{-1} ;

x_2 – крок шнекової нарізки, мм;

x_3 – діаметр зони пресування, мм.

Вибір таких факторів зумовлений їх безпосереднім впливом на інтенсивність подачі матеріалу, створення тиску в робочій камері, рівень ущільнення сировини та, відповідно, на продуктивність Q (кг/год) і енергоємність процесу.

У ході експериментів отримано масив даних, на основі якого було проведено статистичну обробку результатів, розраховано коефіцієнти регресії, перевірено їх значущість за критерієм Стюдента та адекватність моделі за критерієм Фішера. Розроблена регресійна залежність дозволяє прогнозувати зміну продуктивності при різних комбінаціях конструктивних і режимних параметрів шнекового преса, а також визначати оптимальні режими роботи для забезпечення максимальної ефективності процесу пресування, що відображено у таблиці 2.

Таблиця 4.2 - Результати досліджень щодо продуктивності

№	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁ ²	x ₂ ²	x ₃ ²	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	x ₂ x ₃	$\frac{x_1 x_2}{x_3}$	Q, кг/год
1	1	35	400	0,001	0,33	0,33	0,33	1	1	1	-1	111
2	1	45	400	0,001	0,33	0,33	0,33	-1	-1	1	1	138
3	1	35	500	0,001	0,33	0,33	0,33	-1	1	-1	1	120
4	1	45	500	0,001	0,33	0,33	0,33	1	-1	-1	-1	146
5	1	35	400	0,002	0,33	0,33	0,33	1	-1	-1	1	114
6	1	45	400	0,002	0,33	0,33	0,33	-1	1	-1	-1	141
7	1	35	500	0,002	0,33	0,33	0,33	-1	-1	1	-1	119
8	1	45	500	0,002	0,33	0,33	0,33	1	1	1	1	148
9	1	35	450	0,0015	0,33	-0,67	-0,67	0	0	0	0	115
10	1	45	450	0,0015	0,33	-0,67	-0,67	0	0	0	0	143
11	1	40	400	0,0015	-0,67	0,33	-0,67	0	0	0	0	130
12	1	40	500	0,0015	-0,67	0,33	-0,67	0	0	0	0	136
13	1	40	450	0,001	-0,67	-0,67	0,33	0	0	0	0	133
14	1	40	450	0,002	-0,67	-0,67	0,33	0	0	0	0	137
15	1	40	450	0,0015	-0,67	-0,67	-0,67	0	0	0	0	135

Надалі дослідження проводились згідно методики проведення досліджень по рівнянню регресії, що найкраще здійснює опис продуктивності преса при пресуванні олії із насіння соняшнику.

$$Q = 131,07 + 13,7 X + 3,5Y + 1,1Z - 6,67 X^2 - 4,266Y^2 - 3,066Z^2 + 0,125XY + 0,375XZ - 0,625YZ + 0,375XYZ, \quad (4.1)$$

$$X = \frac{t - 40}{5} \quad Y = \frac{n - 450}{5} \quad Z = \frac{s - 0,045}{0,005} \quad (4.2)$$

t – крок шнека, мм; n – частота обертання шнека, хв^{-1} ; S – площа вихідного отвору, м^2 .

Підставивши (4.2) в (4.1) отримуємо рівняння регресії для продуктивності

$$Q = -892,97 + 25,646t + 1,803n + 98242 S - 0,2667t^2 - 0,0017n^2 -$$

$$-1,226 \cdot 10^7 \cdot S^2 - 0,004tn - 1200tS - 145nS + 3tnS. \quad (4.3)$$

При відповідних трьох значеннях:

$$Q^{t=35} = 1,663n + 56242S - 0,0017n^2 - 1,226 \cdot 10^7 \cdot S^2 - 40nS - 321,99;$$

$$Q^{t=40} = 1,643n + 50242S - 0,0017n^2 - 1,226 \cdot 10^7 \cdot S^2 - 25nS - 293,75;$$

$$Q^{t=45} = 1,623n + 44242S - 0,0017n^2 - 1,226 \cdot 10^7 \cdot S^2 - 10nS - 278,84.$$

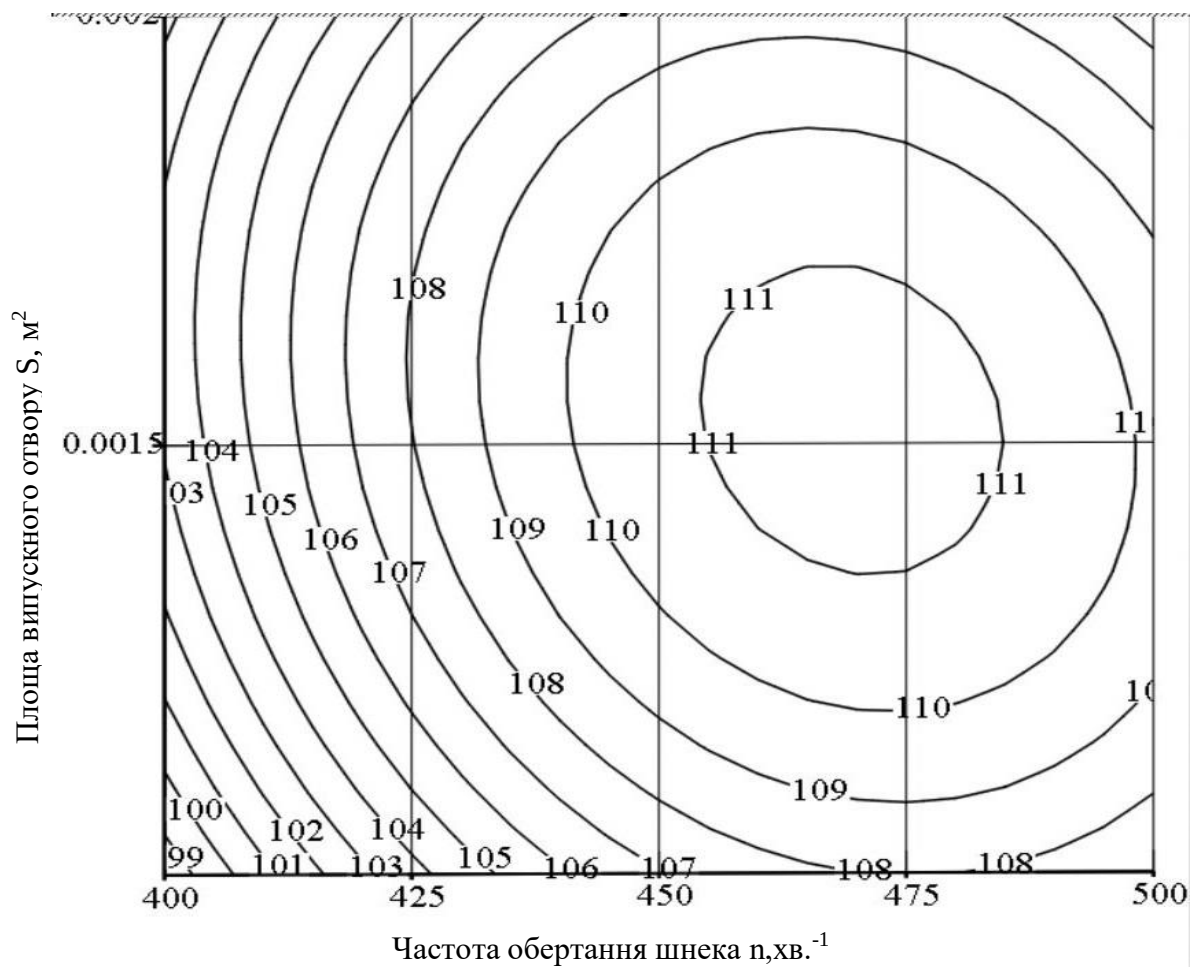


Рисунок 4.1 - Зміна продуктивності Q від частоти обертання шнека n та випускного отвору S при кроці шнека $t = 35$ мм

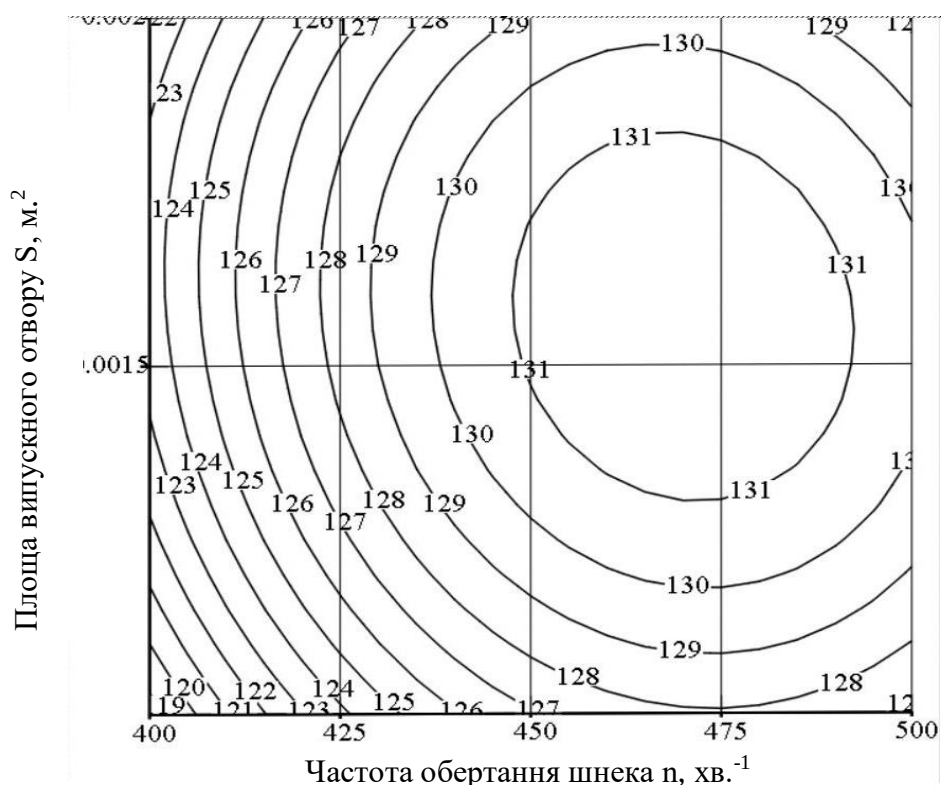


Рисунок 4.2 - Зміна продуктивності Q від частоти обертання шнека n та випускного отвору S при кроці шнека $t = 40$ мм

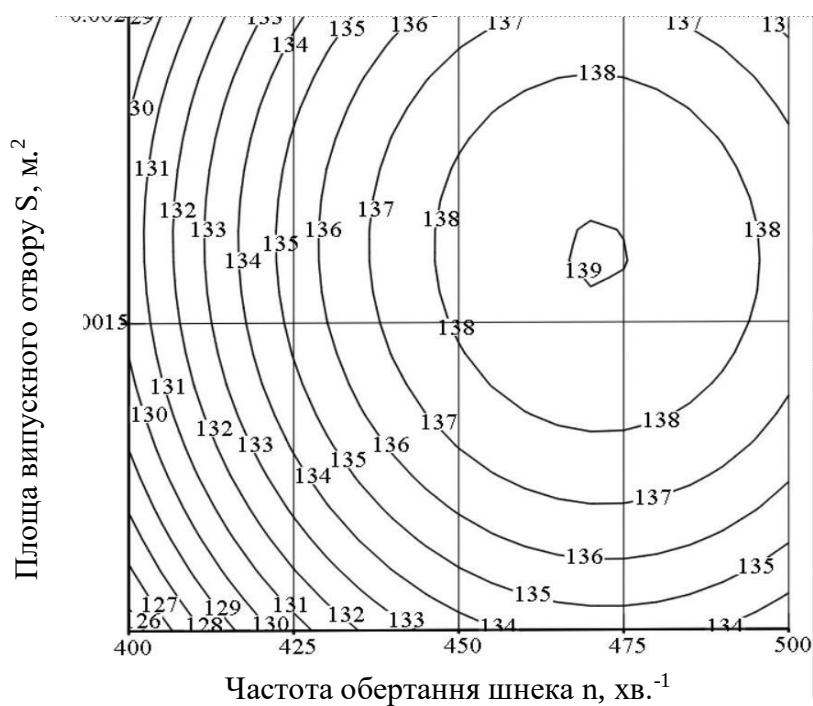


Рисунок 4.3 - Зміна продуктивності Q від частоти обертання шнека n та випускного отвору S при кроці шнека $t = 45$ мм

Згідно рисунків 4.3... 4.5 характер всіх трьох поверхонь схожий і чітко визначені ділянки із високою продуктивністю. Максимально можливі значення продуктивності знаходимо із використанням програми Mathcad 14.0, а результати зведено у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Продуктивність в залежності від різних параметрів

Значення	Продуктивність Q , кг/год	Конструктивні та інші параметри		
		Крок шнека t , мм	Частота обертання n , хв ⁻¹	Площа випускного отвору S , м ²
$Q_{\max}$	139,03	45	471	0,00161
$Q_{\min}$	98,28	35	400	0,001
Діапазон вимірювання	98,28..139,03	35..45	400..500	0,001..0,002
Оптимальні значення	139,03	45	471	0,00161

4.3 Визначення впливу конструктивних і кінематичних параметрів на вихід олії.

При проведенні визначення впливу конструктивних і кінематичних параметрів на вихід олії скористаємось рівністю:

$$M = 25,63 + 2,4 X + 10,45Y - 3,8Z - 0,313 X^2 - 1,063Y^2 - 0,713Z^2 - 0,3XY - 0,7 XZ + 0,1YZ + 0,5XYZ. \quad (4.4.)$$

Результати досліджень представлені у таблиці 4.4.

Підставивши натуральні значення отримаємо рівняння регресії:

$$M = 5,142t + 0,874n + 82356 S - 0,0125t^2 - 0,000425 n^2 - 2,852 \cdot 10^6 S^2 - 0,0072tn - 2080tS - 156nS + 4tnS - 332,47$$

Таблиця 4.4 - Результати по виходу рослинної олії

№	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁ ²	x ₂ ²	x ₃ ²	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	x ₂ x ₃	$\frac{x_1 x_2}{x_3}$	M, %
1	1	35	400	0,001	0,33	0,33	0,33	1	1	1	-1	34,1
2	1	45	400	0,001	0,33	0,33	0,33	-1	-1	1	1	35,1
3	1	35	500	0,001	0,33	0,33	0,33	-1	1	-1	1	36,7
4	1	45	500	0,001	0,33	0,33	0,33	1	-1	-1	-1	37,3
5	1	35	400	0,002	0,33	0,33	0,33	1	-1	-1	1	33,8
6	1	45	400	0,002	0,33	0,33	0,33	-1	1	-1	-1	34,2
7	1	35	500	0,002	0,33	0,33	0,33	-1	-1	1	-1	36,2
8	1	45	500	0,002	0,33	0,33	0,33	1	1	1	1	36,7
9	1	35	450	0,0015	0,33	-0,67	-0,67	0	0	0	0	36,0
10	1	45	450	0,0015	0,33	-0,67	-0,67	0	0	0	0	35,9
11	1	40	400	0,0015	-0,67	0,33	-0,67	0	0	0	0	35,2
12	1	40	500	0,0015	-0,67	0,33	-0,67	0	0	0	0	36,0
13	1	40	450	0,001	-0,67	-0,67	0,33	0	0	0	0	36,5
14	1	40	450	0,002	-0,67	-0,67	0,33	0	0	0	0	35,0
15	1	40	450	0,0015	-0,67	-0,67	-0,67	0	0	0	0	35,8

Відповідно до цього:

$$M^{t=35} = 0,622n + 9556S - 0,000425n^2 - 2,852 \cdot 10^6 S^2 - 16nS - 167,85;$$

$$M^{t=40} = 0,586n - 844S - 0,000425n^2 - 2,852 \cdot 10^6 S^2 + 4nS - 146,84;$$

$$M^{t=45} = 0,55n - 11244S - 0,000425n^2 - 2,852 \cdot 10^6 S^2 + 24nS - 126,45.$$

Згідно розрахунків у програмі Mathcad 14.0, отримали:

Таблиця 4.5 - Вихід олії в залежності від різних конструктивних параметрів

Значення	Вихід олії M, %	Конструктивні параметри		
		Крок шнека t, мм	Частота обертання n, хв ⁻¹	Площа випускного отвору S, м ²
M _{тах}	39,91	45	500	0,001
M _{мін}	7,69	35	400	0,002
Межа визначень	7,69..39,91	35..45	400..500	0,001..0,002
Раціональні значення	39,91	45	500	0,001

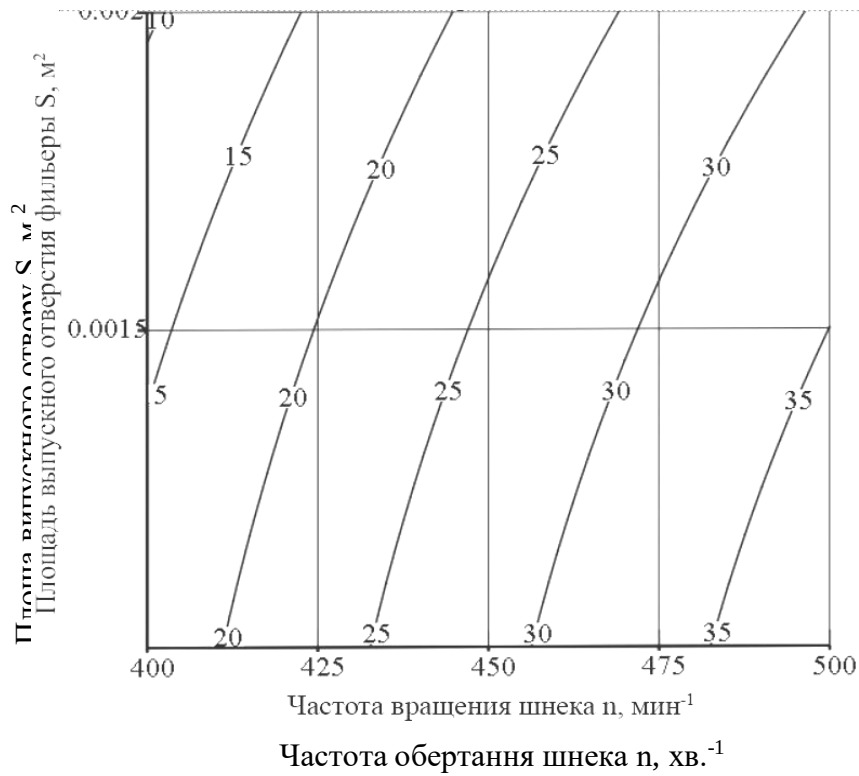


Рисунок 4.4 - Значення виходу олії M , від частоти обертання шнека n та випускного отвору S при кроці шнека $t = 35$ мм

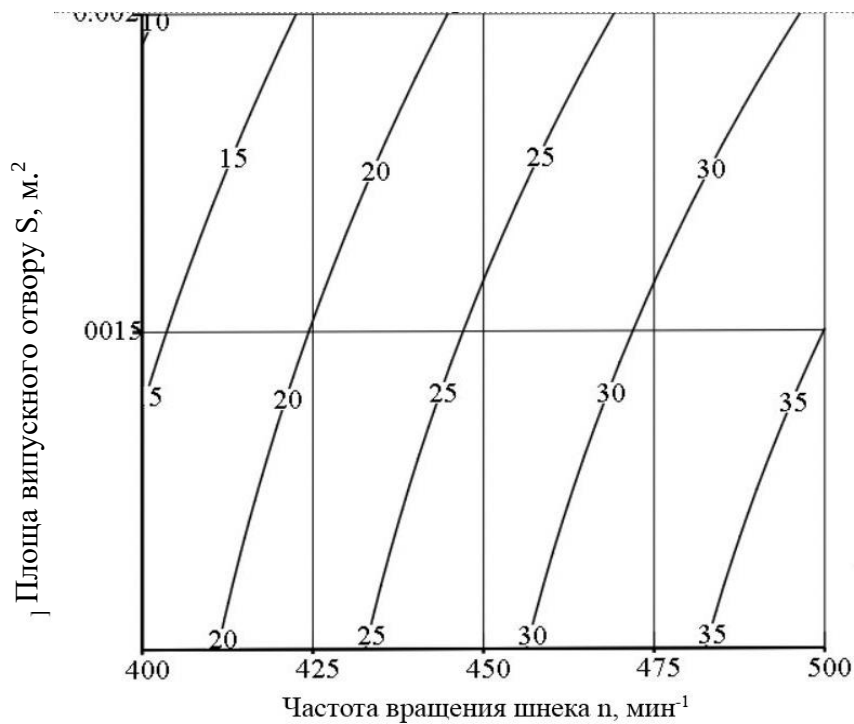


Рисунок 4.5 - Значення виходу олії M , від частоти обертання шнека n та випускного отвору S при кроці шнека $t = 40$ мм

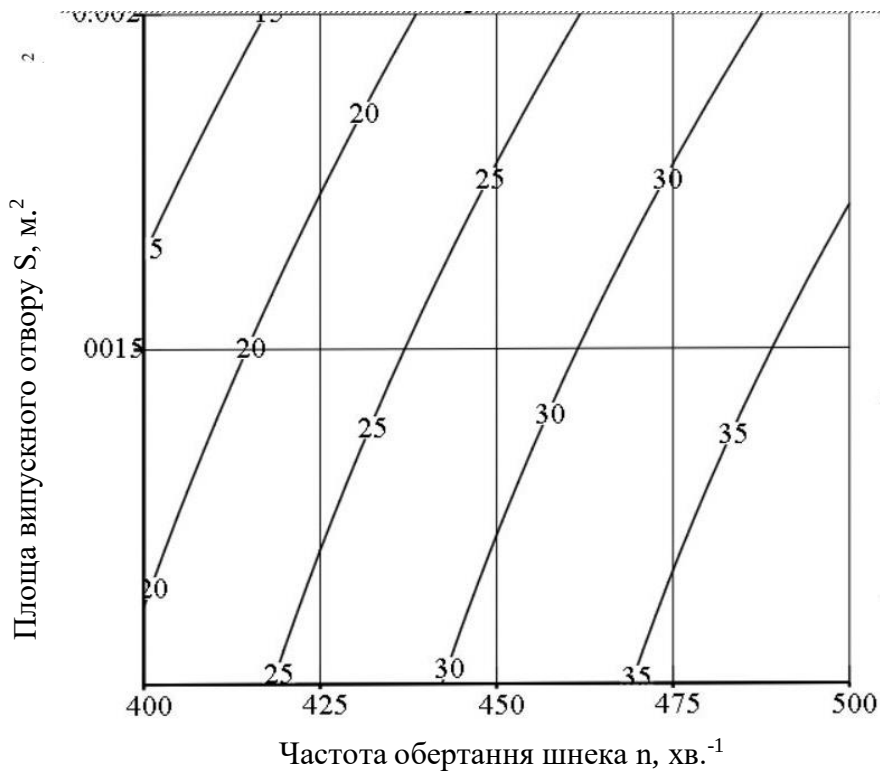


Рисунок 4.6 - Значення виходу олії M , від частоти обертання шнека n та випускного отвору S при кроці шнека $t = 45$ мм

4.4 Визначення впливу конструктивних і кінематичних параметрів на енергоємність процесу виробництва олії.

На основі отриманих значень енергоспоживання та фактичної продуктивності можемо отримати рівняння регресії для енергоємності:

$$E = 143,67 - 15X - 10Y - 13Z - 1,74X^2 + 3,26Y^2 + 0,261Z^2 + 2XY + 4XZ - 4YZ - 2XYZ. \quad (4.5)$$

Підставивши натуральні значення отримаємо:

$$E = 1111,9 - 14,235t - 2,414n - 309132S - 0,0696t^2 + 0,0013n^2 + 1,044 \cdot 10^6 S^2 + 0,032tn + 8800tS + 480nS - 16tnS$$

При відповідних трьох значеннях

$$E^{t=35} = 528,42 - 1,294n - 1132S + 0,0013n^2 + 1,044 \cdot 10^6 S^2 - 80nS$$

$$E^{t=40} = 431,16 - 1,134n + 42868S + 0,0013n^2 + 1,044 \cdot 10^6 S^2 - 160nS$$

$$E^{t=45} = 330,42 - 0,974n + 86868S + 0,0013n^2 + 1,044 \cdot 10^6 S^2 - 240nS$$

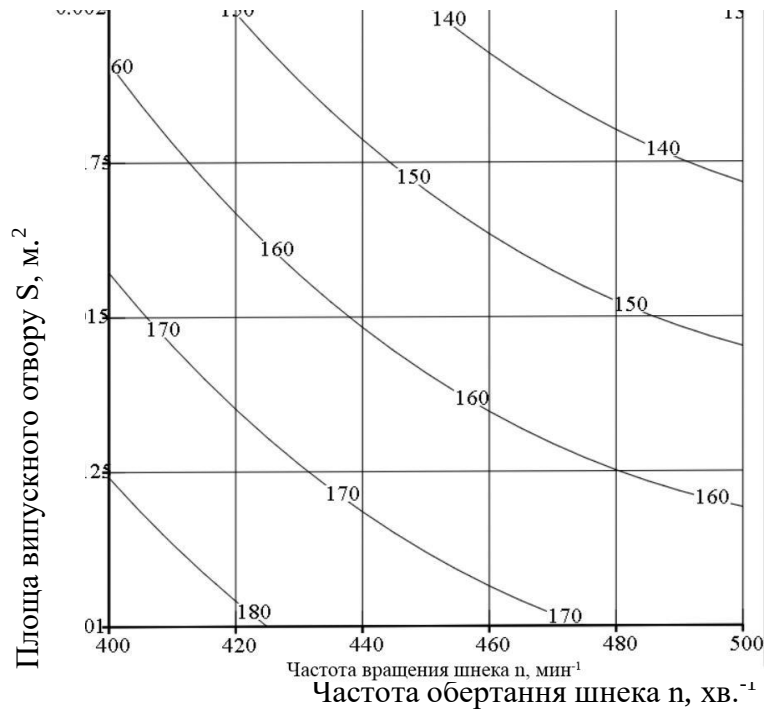


Рисунок 4.7 - Значення енергоємності E , від частоти обертання шнека n та випускного отвору S при кроці шнека $t = 35$ мм

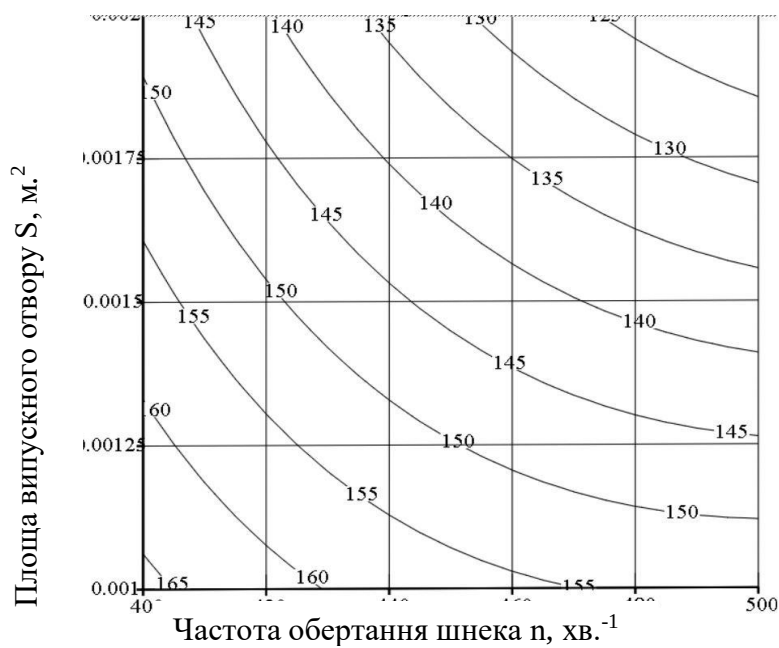


Рисунок 4.8 - Значення енергоємності E , від частоти обертання шнека n та випускного отвору S при кроці шнека $t = 40$ мм

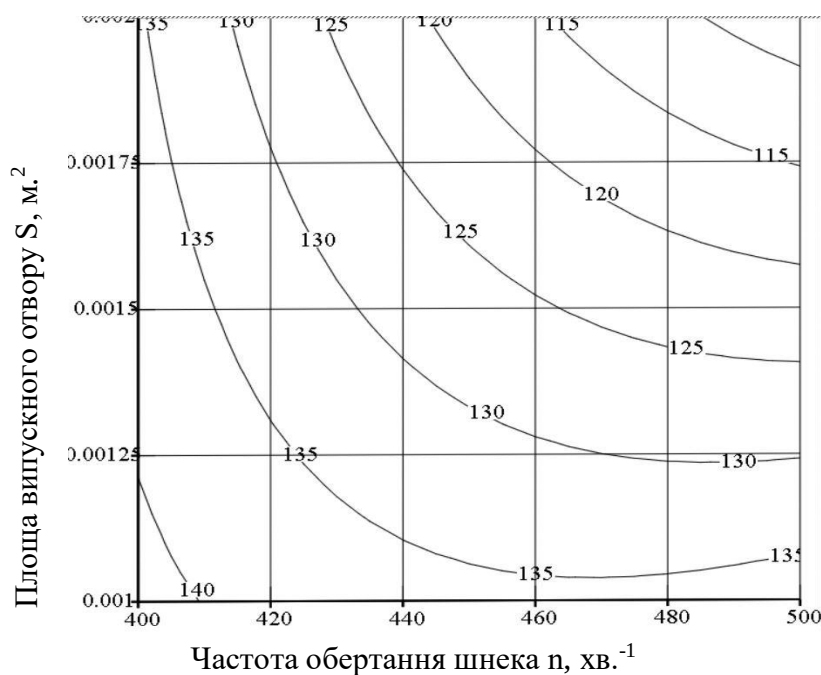


Рисунок 4.9 - Значення енергоємності E , від частоти обертання шнека n та випускного отвору S при кроці шнека $t = 45$ мм

Таблиця 4.6 - Значення енергоємності в залежності від різних параметрів

Значення	Енергоємність E , $Вт \cdot год/кг$	Конструктивні параметри		
		Крок шнека t , мм	Частота обертання n , $хв^{-1}$	Площа випускного отвору S , $м^2$
E_{max}	187,45	35	400	0,001
E_{min}	107,45	45	500	0,002
Межа вимірюван ня	107,45.. 187,45	35..45	400..500	0,001..0,002
Рациональні значення	107,45	45	500	0,002

4.5 Визначення раціональних параметрів роботи шнекового преса

На основі проведених досліджень можливо здійснити вибір раціональних параметрів преса для отримання рослинної олії.

Таблиця 4.7 - Раціональні режими роботи досліджуваного преса

Показники	Режими	Значення	Конструктивні параметри		
			Крок шнека t , мм	Частота обертання n , хв ⁻¹	Площа випускного отвору S , м ²
Продук- тивність	Межі вимірювання	98,28..139,03	35..45	400..500	0,001..0,002
	Оптимальне значення	139,03	45	471	0,00161
Енерго- ємність	Межі вимірювання	107,45.. 187,45	35..45	400..500	0,001..0,002
	Оптимальне значення	107,45	45	500	0,002
Вихід олії	Межі вимірювання	7,69..39,91	35..45	400..500	0,001..0,002
	Оптимальне значення	39,91	45	500	0,001

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Аналіз виробничих небезпек під час виробництва

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори у процесі трудової діяльності людини, відповідно до ГОСТ 12.0.003 – 74 поділяють на: фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні. При розробці заходів запобігання виробничому травматизму й захворюваності працюючих, спеціалістів найбільше цікавлять шкідливі та небезпечні виробничі фактори.

Небезпечні виробничі фактори поділяють на явні, якщо їх дія на людину очевидна і для її запобігання необхідні певні заходи і які потенційно можуть діяти на людину при певних її діях, виникненні аварій та в інших небезпечних умовах.

Так, спеціалісти в галузі безпеки праці стверджують, що виробнича небезпека – це загроза дії на працюючого небезпечних і шкідливих виробничих факторів, а виробнича шкідливість – дія на працюючого лише шкідливих виробничих факторів.

При встановленні причинно-наслідкових зв'язків між подіями, що призвели до травми працюючого, необхідно розрізняти поняття “нешасний випадок” і “травма”. Травма є випадковою подією внаслідок дії небезпечного виробничого фактора на людину. Поняття “нешасний випадок” пояснює достовірність факту виникнення травми, а тому його окремою подією вважати не можна.

У процесі роботи людина може потрапляти в небезпечну зону внаслідок відсутності там необхідного огороження, сигнальних пристроїв або попереджувальних знаків та написів, порушення відповідних правил, допущеної помилки або внаслідок аварії. При цьому виникає можливість дії на неї небезпечного виробничого фактора. Кожну дію, внаслідок якої людина потрапляє до небезпечної зони, позначено як небезпечну.

Вичерпні знання обставин, внаслідок яких виник нещасний випадок або може статися аварія, травм а чи більш важкі наслідки, необхідні для глибокого розуміння процесу зародження, нормування та виникнення небезпечних ситуацій – випадкових явищ, що передують травмам, аваріям, катастрофам.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини, та інші;
- спонукають працюючого допускати помилок у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- відсутність відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину дії будь-якого небезпечного фактора визначається як травма.

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії та катастрофи, мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому ці явища будуть описуватись паралельно (рис.5.1).

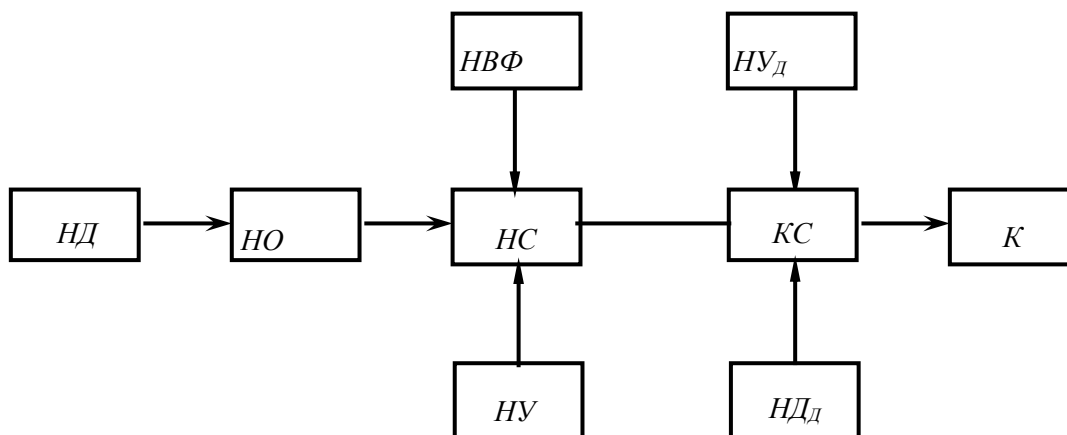


Рисунок 5.1 - Блок-схема формування та виникнення травмонебезпечних аварійних та катастрофічних ситуацій:

НВФ-небезпечний виробничий чинник; НУ-небезпечні умови; НД-небезпечні дії; НО-небезпечні обставини; НС-небезпечна ситуація; А-аварія; Т-травма; КС-критична ситуація; НУд-небезпечні умови додатково; НДд-небезпечні дії додатково; К-катастрофа.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає. Що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія(А), травми (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ.

5.2 Паспортизація санітарно-технічного стану та моделювання процесу виникнення травм та аварій

Метою паспортизації санітарно-технічного стану робочого місця є виявлення всіх, видів виробничої безпеки для розроблення проектів, інженерно-технічних та організаційних, рішень щодо створення безпечних і здорових умов праці.

Відповідно до типової структури сільськогосподарського виробництва (цех, ділянка, робоча зона бригади, робоче місце) одиничним елементом виробництва є робоче місце.

Базовим елементом паспортизації є карта умов праці, що відображає три групи факторів трудової, санітарно-гігієнічної і технічної безпеки.

Карта умов праці на робочому місці - це основа санітарно-технічного паспорту виробничої дільниці (бригади, майстерні, ферми тощо). До санітарно-технічного паспорта дільниці входить збірна інформація з карт умов праці на робочих місцях.

Складемо картку умов праці в подрібнювальному цеху, яку зобразимо в таблиці 5.1.

Послідовність заповнення картки умов праці:

- ГОСТ 12.1.005-88 визначається категорія робіт і оптимальні показники мікроклімату;
- за гігієнічною класифікацією праці та іншими джерелами визначається перелік умов праці на робочому місці, для яких з нормативних документів встановлюються гранично допустимий рівень або гранично допустима концентрація фактора (ГДК, ГДР), які заносяться в графу 2 таблиці 5.1; для кожного фактора умов праці проводиться за загально прийнятою методикою інструментальний замір фактичного значення фактора. Деякі фактичні дані можна взяти з матеріалів попередньо проведеної паспортизації у інженера з охорони праці;
- визначається коефіцієнт нормо-забезпеченості:

$$K_H = 1 \pm \frac{A_B + A_H}{A_H}, \quad (5.1)$$

де A_B – виміряне значення фактора умов праці; A_H – нормативне значення фактора.

Знак «+» ставиться для розрахунку за гранично допустимим значенням нормативного параметра A_H ; знак «-» - з мінімально допустимим значенням A_H . Результати заносимо в гр. 5 таблиці 5.1.

Гранично допустиме значення коефіцієнта нормо забезпечення має дорівнювати одиниці. Якщо воно менше одиниці, то це означає, що діючий фактор умови праці вищий за гранично допустимий рівень і слід вжити заходів для зниження дії цього фактора, тим самим поліпшити умови праці.

Таблиця 5.1 - Карта умов праці

№ фак- Тора	Фактори умов праці	Нормативне значення фактора		Фактичне значення фактора умов праці Ав	Коеф. Нормо забезпечення Кн.	Час дії фактора		Коеф. Небезпечності	
		ГДК, ГДР Ан	Нормативний документ			В год.	Тдф		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Температура повітря								
1.1	взимку	- 14	ГОСТ	0 – (-10)	0.71	8	1	0.71	0.089
1.2	влітку	+ 26	12.1.005-88	25 – 30	1.13	8	1	1.13	0.14
2	Вологість повітря, %	40-60	ГОСТ	50	1.25	8	1	1.25	0.16
3	Швидкість руху повітря, м/с	0,3	12.1.005-88	0,2	0.7	8	1	0.7	0.088
4	Виробничий шум, дБ	80	ГОСТ	80 – 82	1.03	4	0.5	0.515	0.064
5	Вібрація загальна, дБа	99	12.1.005-88	95	0.95	4	0.5	0.475	0.059
6	Освітлення:		ГОСТ						
6.1	природне, %	70	12.1.005-88	75	1.07	8	1	1.07	0.134
6.2	штучне, Лк	95	ГОСТ	96	1.01	8	1	1.01	0.126
7	Пил, мЛг/м³		12.1.003-86						
7.1	зерновий	3-4	ГОСТ	3	1	6	0.75	0.75	0.094
8	Робота стояча, %	30	12.1.012-78	35	1.16	6	0.75	0.87	0.109
			СНиП 2-4-79/85						

Відповідно до технології виконання виробничого процесу встановлюється тривалість дії кожного фактора і результати заносяться у гр. 7 і 8 табл. 5.1.

Визначається коефіцієнт небезпеки дії $K_{дф}$ від кожного фактора умов праці і від усіх діючих факторів K .

Ці коефіцієнти обчислюються за формулами:

$$K_{дф} = K_n * T_{дф}; \quad (5.2)$$

$$K = \frac{K_{дф}}{n}; \quad (5.3)$$

де $T_{дф}$ - тривалість дії фактора; n - кількість факторів умов праці.

Результати підрахунків заносяться у гр. 9 і 10 табл. 5.1 – карти умов праці у подрібнювальному цеху.

Метод логічного моделювання процесів формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків доцільно застосовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявленні при обстеженні робочих місць, окремих марок машин, агрегатів, а також різних споруд, будівель, виробничих процесів і технологій. Але, як показали дослідження, будь-яка аварія може бути наслідком однієї з багатьох потенційних небезпечних ситуацій або їх поєднання. Тому метод логічного моделювання не може бути застосований для моделювання складних аварій і катастроф. Обчислення рівняння небезпеки можна спрямувати на удосконалення конструкції технічних засобів, на зниження їх небезпеки, а також вживати термінових заходів для першочергового усунення небезпек з більш високим рівнем.

Аналіз умов, обставин та причин різних аварій, виробничих травм та деяких катастроф показав, що процеси формування та виникнення цих явищ можна заздалегідь моделювати, застосовуючи метод побудови “дерева відказів” та помилок оператора людино-машинних систем у сільському господарстві. Так, побудовані операторні або логіко-імітаційні моделі травм при роботі.

Основні принципи побудови моделі такі. Виявляється виробництво, на якому вже були раніше або можуть статися аварії, виробничі травми чи катастрофи. За своєю формою так модель нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву “дерево відказів і помилок”. Кінцеві події називають базовими.

Для побудови логіко-імітаційних моделей застосовують різні символи, що характеризують ті чи інші події. Як правило, побудова моделі починається з головної події, а наступні розміщують зверху вниз, аж до базових подій (рис. 5.2).

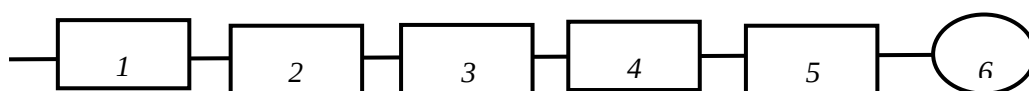


Рисунок 5.2 - Схема побудови логіко-імітаційних моделей:

1- головна подія; 2-5- проміжні події; 6- базова подія.

Кожен блок рисунку, позначений відповідним номером, означає подію або окремий етап побудови моделі:

- 1 – відмова (аварія, травма) системи – головна подія;
- 2 – послідовність подій, що приводять до відмови системи;
- 3 – послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів;
- 4 – усі вхідні і вихідні події, що входять до моделі, зображуються у вигляді прямокутників з відповідними написами всередині;
- 5 – послідовний підхід до базових подій, частоти виникнення яких відомі;
- 6 – базові події зображують у вигляді кружечків з написами всередині, вони є межею аналізу побудованої моделі.

5.3 Розробка логічно-імітаційної моделі процесу виникнення травм під час виробництва

Проаналізувавши кожну із логічних моделей процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, завжди можна знайти подію з якої починається небезпечний процес ще до виникнення небезпечних наслідків.

Методикою оцінки рівня безпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію рівня безпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварії, травми залежно від досліджуваного явища.

Для оцінки рівня безпеки певного об'єкта чи явища можна застосувати метод обчислення ймовірності виникнення будь-якого випадкового явища, який широко застосовують в зарубіжній інженерній практиці. Основні його принципи полягають в тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі небезпеки, можливі аварійні або травматичні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головною подією при побудові логічно-імітаційної моделі травми. Після цього будують модель “дерева відмов і помилок оператора”. При цьому важливе значення має правильний вибір головної події.

Головну подію (травма), модель якої нам необхідно побудувати, вибирають виходячи з оцінки відповідного об'єкта, виробництва чи окремої одиниці обладнання і змісту його найбільш небезпечного явища, яке за певних умов виробництва може виникнути.

Після вибору головного випадкового явища (події) розпочинаємо побудову моделі (“дерева”). Використовуючи оператора “і” та “або”, використовуємо набір ситуацій (відомих до цього), які можуть призвести до подій, вибраної як головна.

Після визначення відповідних травмонебезпечних ситуацій та їх кількості, визначаємо інші події, що входять до кожної такої ситуації, логічним аналізом із застосуванням операторів “і”, “або” та інших. Процес

побудови моделі триває, поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

Слід мати на увазі, що кожна випадкова подія, до якої входять базові події, може формуватися й виникати при входженні у неї двох, трьох і більше базових подій за допомогою відповідних операторів.

Повністю побудована і перевірена модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Ймовірність базових подій визначаємо за даними виробництва. Наприклад, базова подія “стан контролю з охорони праці”. Для визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (у відсотках) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об’єкті. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50% або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність “не здійснення контролю” становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідно ймовірність дорівнює 0.

Після обчислення ймовірності всіх подій, розміщених у ромбах, і базових подій, починаючи з лівої нижньої гілки “дерева”, позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до моделі.

На цьому можна вважати, що певна модель підготовлена до математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логічно-імітаційної моделі

Отже, для побудови логіко-імітаційної моделі процесу, формування і виникнення аварії та травми для випадку технологічного процесу виробництва складемо список базових подій. Вони лежатимуть у основі даної моделі. Кожному пункту списку присвоюємо певне значення ймовірності виникнення. Нижче подано сам список:

1. Стан контролю з охорони праці $P_1 = 0,2$;
2. Несерйозне відношення до проходження ТО $P_2 = 0,1$;
3. Відсутність комплектуючих $P_3 = 0,2$;

4. Невисока міцність $P_4 = 0,03$;
5. Застаріле обладнання $P_6 = 0,02$;
6. Попадання предметів з навколишнього середовища $P_7 = 0,4$;
7. Досвід роботи $P_{12} = 0,35$.
8. Професійний рівень робітника $P_{13} = 0,5$;
9. Психофізіологічний стан робітника $P_{14} = 0,083$;

На основі даного списку будуємо матрицю логічних взаємозв'язків між окремими пунктами, графічне представлення якої зображено на рис. 5.3.

Розрахуємо ймовірності виникнення подій, що входять у дану логіко-імітаційну модель процесу виробництва (на прикладі ймовірності травми робітника, пов'язаної з ударом корпусу дробарки).

Ймовірність виникнення події P_5 визначаємо наступним чином:

$$P_5 = 0,2 + 0,1 + 0,2 + 0,003 - 0,2 \cdot 0,1 - 0,2 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,03 - 0,1 \cdot 0,2 - 0,1 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,03 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,03 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,03 = 0,314$$

Ймовірність виникнення події P_{10} визначаємо так:

$$P_{10} = 0,2 + 0,1 = 0,3$$

Ймовірність виникнення події P_{11} визначаємо:

$$P_{11} = 0,02 \cdot 0,314 \cdot 0,4 \cdot 0,3 = 0,00075$$

Ймовірність виникнення події P_{15} визначаємо наступним чином:

$$P_{15} = 0,35 \cdot 0,5 \cdot 0,083 = 0,0145$$

Ймовірність події P_{18} :

$$P_{18} = 0,5 + 0,083 = 0,58$$

Ймовірність події P_{19} :

$$P_{19} = 0,0145 \cdot 0,083 = 0,0012$$

Ймовірність події P_{20} :

$$P_{20} = 0,00075 + 0,0012 = 0,00195$$

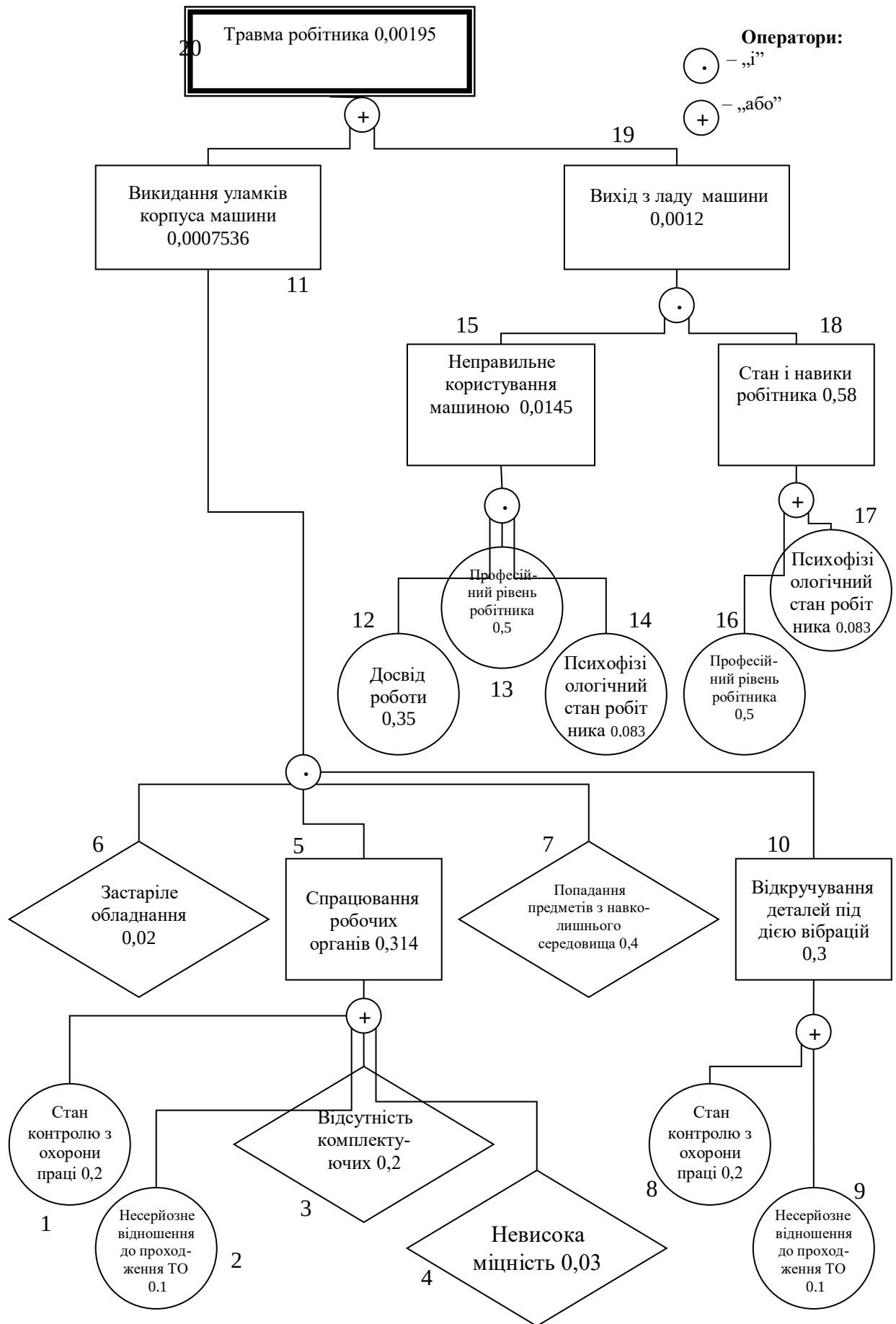


Рис. 5.3. Логіко-імітаційна модель процесу формування та виникнення аварії та травми під час виробництва.

Ймовірність травми рівна ймовірності виникнення аварії. Це пов'язано з тим, що остання можлива лише за умови контролю людиною роботи дробарки.

Логіко-імітаційні моделі аварій і травм допомагають зменшити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки будь-якого робочого місця, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які охоплюють як стан обладнання і самого робочого місця, так і поведінку працюючого і обчислити ймовірність виникнення травми.

Після аналізу результатів моделювання ймовірність виникнення травми можна звести до дуже малої величини – достатньо зменшити вплив ймовірностей вихідних факторів, які до неї призводять.

5.4 Розробка заходів щодо захисту навколишнього середовища

На даний час стоїть гостро питання щодо охорони навколишнього середовища і зменшення шкідливих виходів в атмосферу. Раціональне природокористування передбачає не лише зменшення шкідливих викидів у природне середовище, а й комплексне використання природних ресурсів, утилізацію відходів виробництва. Відходи виробництва — це матеріальні залишки виробничого процесу (сировини, матеріалів, засобів виробництва), які втратили свою споживну вартість, не є метою даного виробництва і не можуть бути використані за прямим призначенням через технологічні особливості підприємства. Звичайно відходи класифікують:

- 1) за сферою утворення;
- 2) за напрямом використання;
- 3) за способом залучення до утилізації.

Одні спеціалісти вважають, що ціни на відходи повинні бути пов'язані з ціною основної сировини, другі визначають їх за змінністю, треті — за споживними властивостями. Основна складність тут полягає в тому, що одержання відходів не є метою виробництва, і на їх створення спеціально

праця не витрачається. Вони виникають побічно і наперед включаються в собівартість вироблюваної продукції. Саме це і не враховується сьогодні при оцінці відходів. Для підприємства відходи— це зростання вартості продукції. Маловідходність і безвідходність є важливими показниками і факторами зростання продуктивності праці.

Проблема утилізації відходів виробництва пов'язана з проблемою охорони навколишнього середовища від забруднення. Кінцевою метою раціонального природокористування повинно бути максимальне залучення у виробництво сировини. Чим менша відходомісткість виробництва, тим вищий рівень розвитку продуктивних сил, економічніше виробництво.

Забезпечення захисту цивільного населення у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань, яке покладається на службу з охорони праці.

Захист населення базується на державній системі заходів, що забезпечують виконання організаційних, інженерно - технічних, санітарно - гігієнічних та інших заходів в сфері запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій має проводитись спеціальний комплекс заходів, а саме:

- оповіщення та інформування населення про надзвичайну ситуацію, яка може виникнути;
- спостереження і контроль за довкіллям , продуктами харчування і водою;
- створення захисних споруд та укриття в них усього населення відповідно до приналежності (працююча зміна, населення, яке проживає в небезпечній зоні);
- проведення медичного захисту для зменшення ступеня ураження людей, своєчасне надання допомоги та лікування.

6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект від застосування досліджуваного преса у порівнянні з базовим полягає у покращенні технологічного процесу пресування, зменшенні енерговитрат на процес пресування, а також у зменшенні матеріаломісткості.

Розрахунок економічної ефективності від зменшення енерговитрат на процес пресування.

Різниця потужності становитиме

$$N = M_{кр} \cdot \omega = M_{кр} \cdot \frac{\pi \cdot n}{30} = 1,6 \cdot \frac{3,14 \cdot 500}{30} = 100,5 \text{ Вт.} \quad (6.1)$$

При тривалості роботи за добу - 8 год і кількості робочих днів за рік 250, економія електроенергії становитиме

$$W = N \cdot 8 \cdot 250 = 100,5 \cdot 8 \cdot 250 = 201 \text{ кВт год.} \quad (6.2)$$

При середній ціні електроенергії за 1 кВтгод – 1,8024 грн, економічний ефект

$$E_1 = 201 \cdot 1,8024 = 362,28 \text{ грн.}$$

Розрахунок економічної ефективності від зменшення матеріаломісткості розробленого робочого органу.

Собівартість виготовлення робочого органу становить

$$C_0 = C_M + C_{\Pi} + C_p, \quad (6.3)$$

де C_M – вартість матеріалів в собівартості робочого органу, грн;

C_{Π} – вартість покупних виробів, що використовуються у робочому органі;

для нового $C_{\Pi} = 1190$ грн;

для базового $C_{\Pi} = 1360$ грн.

C_p – вартість технологічних операцій на виготовлення робочого органу

$$C_M = m \cdot l \cdot g, \quad (6.4)$$

де m – маса погонного метра робочого органу;

для нового $m_1 = 3,6$ кг;

для базового $m_2 = 4,4$ кг;

$l = 12$ м.

g - середня вартість 1 кг чистої маси матеріалів; $g = 28$ грн/кг.

Для нового: $C_{M1} = 3,6 \cdot 12 \cdot 28 = 1209,6$ грн.

Для базового: $C_{M2} = 4,4 \cdot 12 \cdot 28 = 1478,4$ грн.

$$C_p = m \cdot k, \quad (6.5)$$

де k – коефіцієнт переробки матеріалу, тобто вартість технологічних операцій у відношенні до вартості матеріалу; $k = 5$.

Даний коефіцієнт встановлений на основі аналізу вартості всіх технологічних операцій для виготовлення та складання робочого органу.

Для нового $C_{p1} = 3,6 \cdot 12 \cdot 5 = 216$ грн;

Для базового $C_{p2} = 4,4 \cdot 12 \cdot 5 = 264$ грн.

Тоді:

$$C_{o1} = 1209,6 + 1190 + 216 = 2615,6 \text{ грн};$$

$$C_{o2} = 1478,4 + 1360 + 264 = 3102,4 \text{ грн}.$$

Нормативний прибуток:

$$\Pi = \frac{C_o \times P_o}{100} \text{ грн.} \quad (6.6)$$

де C_o – собівартість робочого органу, грн.

$P_o = 14...16\%$ - нормативна рентабельність, приймаємо $P_o = 15\%$.

$$\text{Для нового } \Pi_1 = \frac{2615,6 \cdot 15}{100} = 392,34 \text{ грн};$$

$$\text{для базового } \Pi = \frac{3102,4 \cdot 15}{100} = 465,36 \text{ грн.}$$

Ціна робочого органу:

$$C_n = C_o + \Pi, \text{ грн.}, \quad (6.7)$$

для нового $C_{n1} = 2615,6 + 392,34 = 3007,94$ грн;

для базового $C_{n2} = 3102,4 + 465,36 = 3567,76$ грн.

Балансова ціна робочого органу становить:

$$C_{\delta} = 1,2 \cdot C_n; \quad (6.8)$$

для нового $C_{\delta1} = 1,2 \cdot C_{n1} = 1,2 \cdot 3007,94 = 3609,53$ грн;

для базового $C_{\delta2} = 1,2 \cdot C_{n2} = 1,2 \cdot 3567,76 = 4281,31$ грн.

Економічна ефективність від зниження матеріаломісткості становить

$$E_2 = C_{\delta2} - C_{\delta1} = 4281,31 - 3609,53 = 671,78 \text{ грн.}$$

Загальна економічна ефективність становить

$$E = E_1 + E_2 = 362,28 + 671,78 = 1034,06 \text{ грн.}$$

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Здійснено аналіз сировини, технологічні особливості та обладнання для виробництва рослинної олії.
2. На основі літературного пошуку робимо висновок, що найбільш перспективним способом отримання олії з насіння соняшнику для невеликих підприємств чи фермерських господарств є, на нашу думку, метод холодного пресування за спрощеною технологією за допомогою удосконаленого шнекового преса.
3. Удосконалено конструкцію двохзахідного шнекового пресу для отримання олії з насіння соняшнику, особливістю якого є те, що подача насіння соняшнику в циліндрі преса здійснюється двохзахідним конусним шнеком, встановленим співвісно прес-шнеку, а для очищення дренажних каналів перед зєрною камерою змонтований розпушувач мезги, що збільшує якість віджимання олії з меншими питомими затратами електроенергії.
4. Виконані теоретичні дослідження конструктивних і режимних параметрів запропонованого двохзахідного шнекового пресу дозволяють визначати залежність зміни продуктивності від впливу різних величин.
5. За проведеними дослідження двохзахідного шнекового пресу встановили оптимальні значення конструктивних і режимних параметрів його роботи: частота обертання 455 хв^{-1} , крок шнека 45 мм, площа вихідного отвору $0,0012 \text{ м}^2$, при цьому вихід олії складатиме близько 31,0%.
6. Здійснено аналіз стану охорони праці та захисту цивільного населення.
7. Розраховано економічні показники впровадження запропонованої розробки.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Белінська А. П., Кричковська Л. В., Зекунова Т. І. Розробка технологічних режимів рафінації олійних розчинів каротину.// Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. Одеса: ОНАХТ. 2010. Вип. 38. Том. 2. С. 89–92.
2. Біологічна хімія: Підручник / [Марінцова Н. Г., Журахівська Л. Р., Губицька І. І. та ін.]. Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 324 с.
3. Гевко І. Б. Гвинтові транспортно–технологічні механізми: розрахунок і конструювання. – Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. 307 с.
4. Горбенко О.А. Дослідження вітчизняних та зарубіжних технологій і обладнання для вилучення олії / Горбенко О.А., Стрельцов В.В. MOTPOL, MOTORYZACIA I ENERGETIKA ROLNICTWA/MOTORIZATION AND POWER INDUSTRI IN AGRICULTURE, TOM 12A, LUBLIN, 2010. С. 49-57.
5. Гриценко В. Т. Технології і лінії переробки олійного насіння з використанням екструдерного методу віджимання олії / В. Т. Гриценко, Ю. О. Дурін // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН. Запоріжжя, 2002. Вип. 7. С.181-183.
6. Гриценко В.Т. Технології і лінії переробки олійного насіння з використанням екструдерного методу відтискання олії / В.Т. Гриценко, Ю.О. Дурін // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН. Запоріжжя, 2002. Вип.7. С. 181-183.
7. Гудзенко М.М. Аналіз сучасних конструкцій одногвинтових пресів для відтискання олії / М.М. Гудзенко, Ю.Г. Сухенко, В.М. Захарієнко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Київ: НУБіП України, 2010. Вип. 144, ч. 2. С. 166-171.

8. Дацишин О.В. Тенденції розвитку олієвіджимних пресів / О.В. Дацишин, М.М. Гудзенко // Науковий вісник Національного аграрного університету. 2006. Вип. 95. С. 280-286.
9. Дацишин О. В. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв : навчальний посібник / О. В. Дацишин, А. І. Ткачук, О. В. Гвоздєв. Вінниця : Нова книга, 2008. 488 с.
10. Душинський В. В. Основи наукових досліджень. Теорія та практикум з програмним забезпеченням: навчальний посібник / В. В. Душинський. Київ: НТУУ “КПІ”, 1998. 408 с.
11. Калошин Ю.А. Технологія і устаткування масложирових підприємств. Київ: Видавничий центр «Академія», 2002. 363 с.
12. Камінський В.Д. Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції: навч. посібник для вузів / В.Д. Камінський, М.Б. Бабич. Одеса: Аспект, 2000. 460 с.
13. Кузнецов Ю. М. Теорія технічних систем / Ю. М. Кузнецов, І. В. Луців, С. А. Дубиняк. Київ-Тернопіль, 1997. 310 с.
14. Мікробіологія та фізіологія харчування : навчальний посібник / В. Д. Малигіна, О. А. Ракша-Слюсарєва, В. П. Ракова. Київ: Кондор, 2009. 242 с.
15. Машина та обладнання переробних виробництв: навч. посібник для студ. вузів / О.В. Дацишин [та ін.]; за ред. О.В. Дацишина. Київ: Вища освіта, 2005. 159 с.
16. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Навч. посібник/ О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогач, М.М. Сердюк. Київ: Вища освіта. 2006. 479 с.
17. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін. За ред. академіка УААН Гулого І.С. Вінниця : Нова книга, 2001. 576 с.
18. Подпратов Г.І. Технологія виробництва борошна, крупи та олії / Г.І. Подпратов, Л. Ф. Скалецька. Київ: НАУ, 2000. 202 с.

19. Потапов В.О. Моделювання технологічних процесів харчових виробництв. Навчальний посібник: Харків: ХДУХТ, 2008. 148 с.

20. Патент №47045 U України, МПК В02В 3/00. Плющилка насіння олійних культур / Р.С. Шевчук, В.В.Шевчук; заявник та патентовласник: Львівський національний аграрний університет. Заявл. 17.08.2009; опубл. 11.01.2010, бюл. №1. 6 с.

21. Патент №51354 U України, МПК В30В 9/18. Шнековий олійний прес / Р.С. Шевчук, заявник та патентовласник Шевчук Роман Степанович. – Заявл. 04.02.2010; опубл. 12.07.2010, бюл. №13. 4 с.

22. Патент UA №49079, В30В9/12. Комбінований шнековий прес для отримання рослинної олії / В.В. Стрельцов, О.А. Горбенко, О.О. Катрин ; заявл. 30.11.2009 ; опубл. 12.04.2010.

23. Шевчук Р.С. Комплекс обладнання для отримання рослинної олії в малих переробних цехах. / Р.С. Шевчук, В.О. Василькевич, В.В. Шевчук, В.В. Том'юк // Техніка і технології в АПК. 2011. № 9 (24) С. 11 - 13.