

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Магістр»
на тему:

**Обґрунтування технології та обладнання для
видалення оболонки з насіння сої**

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу,
групи МГХТ-3-22
освітньо-професійної програми «Харчові
технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Іван БОБОШКО

Керівник: _____ Олександр ПІВОВАРОВ

Рецензент: _____ Олексій МАРЧЕНКО

Дніпро 2023

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«09» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Бобошко Івану Олексійовичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології та обладнання для видалення оболонки з насіння сої».

Керівник роботи: Півоваров Олександр Андрійович, доктор технічних наук, професор, затверджені наказом закладу вищої освіти від «09» листопада 2023 року № 3423.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 08 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія та обладнання для забезпечення процесу лущення насіння сої. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Стан питання. 2 Теоретичні дослідження процесу видалення оболонки з насіння сої. 3 Методика проведення експериментальних досліджень. 4 Результати експериментальних досліджень. 5 Охорона праці та захист навколишнього середовища. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Стан питання. 2 Мета роботи і завдання досліджень. 3 Теоретичні дослідження процесу видалення оболонки з насіння сої. 4 Методика проведення експериментальних досліджень. 5 Результати експериментальних досліджень. 6 Кошторис витрат на проведення досліджень. 7 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	професор ПШОВАРОВ Олександр	09.11.2023	08.12.2023
5	професор ПШОВАРОВ Олександр	09.11.2023	08.12.2023
6	професор ПШОВАРОВ Олександр	09.11.2023	08.12.2023

7. Дата видачі завдання 09 листопада 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	09.11-10.11.23	виконано
2	Стан питання	13.11-15.11.23	виконано
3	Теоретичні дослідження процесу видалення оболонки з насіння сої	16.11-17.11.23	виконано
4	Методика проведення експериментальних досліджень	20.11-22.11.23	виконано
5	Результати експериментальних досліджень	23.11-28.11.23	виконано
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	29.11-30.11.23	виконано
7	Організаційно-економічна частина	01.12-04.12.23	виконано
8	Загальні висновки та бібліографія	05.12-06.12.23	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	07.12.2023	виконано

Здобувач вищої освіти

Іван БОБОШКО

(підпис)

Керівник роботи

Олександр ПШОВАРОВ

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської роботи містить 81 сторінку друкованого тексту, 21 рисунок та ілюстрацій, 19 таблиць та використано 41 літературне джерело посилання.

Метою дипломної роботи є удосконалення процесу і розробка обладнання для ефективного видалення оболонки насіння сої і забезпечення зниження втрат оброблюваної сировини, максимальне збереження його цінних кормових і харчових властивостей.

Об'єктом дослідження є технологічний процес видалення оболонки з насіння сої методом зрушення сім'ядоль.

Предметом дослідження є обладнання для видалення оболонки з насіння сої.

Відмітною рисою насіння сої є високий вміст повноцінного білка, що має всі незамінні амінокислоти. По вмісту окремих незамінних амінокислот соєвий білок навіть перевершує тваринні білки. Повноцінний, збалансований по амінокислотному складу він представляє реальну альтернативу харчовим білкам тваринного походження. Винятково корисні для тваринних ліпіди насіння сої, називані рослинними оліями. На відміну від тваринних жирів рослинні олії містять «есенційні» жирні кислоти – ленолеву, ліноленову й арахідонову. З останньої в організмі тварин синтезуються гормоноподібні речовини – простогландіни, що володіють дуже широким спектром біологічної дії. Серед різних класів ліпідів, що втримуються в насіннях сої, найбільше корисні фосфоліпіди, з яких утворюються оболонки кліток – біологічні мембрани. клітковина, що втримується в сої, впливає на перистальтику й мікрофлору кишечника.

Ключові слова: СОЯ, ЛУЩЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ, ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ, ВИХІДНІ ВИМОГИ, ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ, ДОСЛІДНИЙ ЗРАЗОК, ВИПРОБУВАННЯ, ОБЛАДНАННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 СТАН ПИТАННЯ	9
1.1 Існуючі технології підготовки насіння сої й інших зернобобових культур до переробки на кормові цілі для тваринництва	9
1.2 Корми із соєвого насіння і способи підвищення їх поживності	11
1.3 Технічні засоби для видалення насінневої оболонки насіння сої і інших бобових культур	16
Висновки до розділу	20
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИДАЛЕННЯ ОБОЛОНКИ З НАСІННЯ СОЇ	22
2.1 Теоретичні передумови підвищення ефективності видалення оболонки з насіння сої з використанням методу зрушення сім'ядоль	22
2.2 Теоретичне обґрунтування конструктивних параметрів і кінематичних режимів обладнання для видалення оболонки з насіння сої	30
Висновки до розділу	39
3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	40
3.1 Загальні положення	40
3.2 Визначення фізико-механічних властивостей перспективних сортів насіння сої і продуктів їх лущення	41
3.2.1 Методика визначення розмірних характеристик насіння сої	41
3.2.2 Методика вивчення аеродинамічних властивостей насіння сої і продуктів їх лущення	44
3.3 Методика визначення залежності якості видалення насінневої оболонки від параметрів обладнання і властивостей сировини	46
3.3.1 Залежність якості видалення насінневої оболонки від характеристик поверхонь деки і вальця	46
3.3.2 Залежність якості видалення насінневої оболонки від довжини контактної зони лущення	48

3.3.3	Визначення швидкості і рівномірності повітряного потоку по перетину камери при сепарації продукту лушення	49
3.4	Методика лабораторно-виробничих випробувань дослідного зразка лущильника насіння сої	51
	Висновки до розділу	55
4	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	56
4.1	Залежність якості видалення насінної оболонки від вологості вихідної сировини	56
4.2	Вплив довжини контактної зони і фізико-механічних властивостей вихідної сировини на якісні показники роботи обладнання для лушення насіння сої	57
	Висновки до розділу	65
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	66
5.1	Розробка карти безпеки праці	66
5.2	Утилізація відходів виробництва	67
	Висновки до розділу	68
6	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	69
6.1	Організація проведення дослідження	69
6.2	Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	71
6.3	Розрахунок вартості дослідження	74
	Висновки до розділу	74
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	75
	БІБЛІОГРАФІЯ	77

ВСТУП

Соя відіграє значну роль у народному господарстві. Вона дає важливу промислову сировину, високобілковий корм для тваринництва. По своєму хімічному складу соя унікальна, що обумовлене порівняно високим вмістом у насінні біологічно активного білка й жиру [41].

Відмітною рисою насіння сої є високий вміст повноцінного білка, що має всі незамінні амінокислоти. По вмісту окремих незамінних амінокислот соєвий білок навіть перевершує тваринні білки. Повноцінний, збалансований по амінокислотному складу він представляє реальну альтернативу харчовим білкам тваринного походження. Винятково корисні для тваринних ліпіди насіння сої, називані рослинними оліями. На відміну від тваринних жирів рослинні олії містять «есенційні» жирні кислоти - ліноливу, ліноленову й арахідонову. З останньої в організмі тварин синтезуються гормоноподобні речовини - простагландини, що володіють дуже широким спектром біологічної дії. Серед різних класів ліпідів, що втримуються в насіннях сої, найбільше полезні фосфоліпіди, з яких утворюються оболонки кліток - біологічні мембрани. клітковина, що втримується в сої, впливає на перистальтику й мікрофлору кишечника [33].

У результаті проведених досліджень виявлена ефективність видалення насінневої оболонки сої з використанням методу зрушення сім'ядоль, обґрунтовані оптимальні конструктивні параметри й кінематичні режими обладнання для видалення насінневої оболонки сої і проведені його виробничі та лабораторні випробування. Лабораторні й виробничі випробування дослідного зразка лущильника насіння сої (ШСС-1) показали, що він забезпечує необхідну якість роботи при зниженні втрат у відходи мілкоподрібненого насіння сої в порівнянні із лущильником ГРП-1 на 14 %.

Метою дипломної роботи є удосконалення процесу і розробка обладнання для ефективного видалення оболонки насіння сої і забезпечення зниження втрат оброблюваної сировини, максимальне збереження його цінних кормових і харчових властивостей.

Відповідно до мети роботи визначили наступні завдання дослідження:

1. Обґрунтувати найбільш ефективні методи видалення соєвої оболонки.
2. Теоретичними дослідженнями виявити основні закономірності процесу видалення соєвої оболонки з урахуванням фізико-механічних властивостей насіння сої й факторів, що впливають на ефективність луцення.
3. Експериментально перевірити виявлені теоретичні залежності і обґрунтувати конструктивні параметри і кінематичні режими роботи обладнання для видалення оболонки насіння сої методом зрушення сім'ядоль.
4. Розрахунок вартості досліджень.

Об'єктом дослідження є технологічний процес видалення оболонки з насіння сої методом зрушення сім'ядоль.

Предметом дослідження є обладнання для видалення оболонки з насіння сої.

1 СТАН ПИТАННЯ

1.1 Існуючі технології підготовки насіння сої й інших зернобобових культур до переробки на кормові цілі для тваринництва

Соя відіграє значну роль у народному господарстві. Вона дає важливу промислову сировину, високобілковий корм для тваринництва. По своєму хімічному складу соя унікальна, що обумовлене порівняно високим вмістом у зерні біологічно активного білка і жиру [41].

Відмітною рисою насіння сої є високий вміст повноцінного білка, що має всі незамінні амінокислоти. По вмісту окремих незамінних амінокислот соєвий білок навіть перевершує тваринні білки. Повноцінний, збалансований по амінокислотному складу він представляє реальну альтернативу харчовим білкам тваринного походження. Винятково корисні для тварин ліпіди насіння сої, які називаються рослинними оліями. На відміну від тваринних жирів рослинні олії містять «есенційні» жирні кислоти – лінолеву, ліноленову і арахідонову. З останньої в організмі тварин синтезуються гормоноподібні речовини – простагландини, що мають дуже широкий спектр біологічної дії. Серед різних класів ліпідів, що містяться в насінні сої, найбільше корисні фосфоліпіди, з яких утворюються оболонки кліток – біологічні мембрани. Клітковина, що міститься в сої, впливає на перистальтику і мікрофлору кишечника [33].

Насіння сої багате вітамінами групи В (В₁, В₂, В₅, В₆, В₁₂) і біотином. Особливо високий вміст у сої вітаміну Е – найважливішого антиоксиданту організму.

Численні дослідження і практичне використання зерна сої в приготуванні кормів для худоби і птахів переконливо доводять, що вони добре засвоюються організмом тварин

Підготовку соєвого зерна до переробки на кормові цілі здійснюють на стадії її біологічної зрілості.

Найбільшу практику мають у виробництві сирієї соєвої основи, соєвого молока колектив рисунок 1.1.

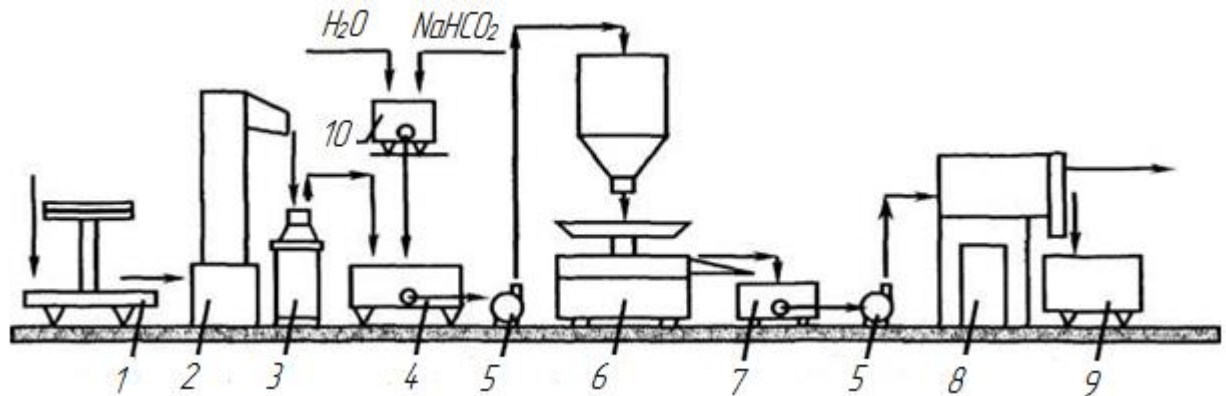


Рисунок 1.1 – Технологічна схема «морого» методу відділення соєвої оболонки на етапі одержання сирієї соєвої основи

1 – ваги; 2 – мийна машина; 3 – фляга; 4 – ванна для замочування бобів сої;
5 – насос відцентровий; 6 – бункер для сої; 7 – ємність для соєвої емульсії;
8 – центрифуга; 9 – ємність для соєвої маси; 10 – бачок для розчину 10 % харчової соди.

Була створена технологічна лінія для одержання напівзнежиреного соєвого борошна, продукція якої використовується як білкова добавка в приготуванні кормів для різних статевовікових груп тварин у фермерських господарствах рисунок 1.2.

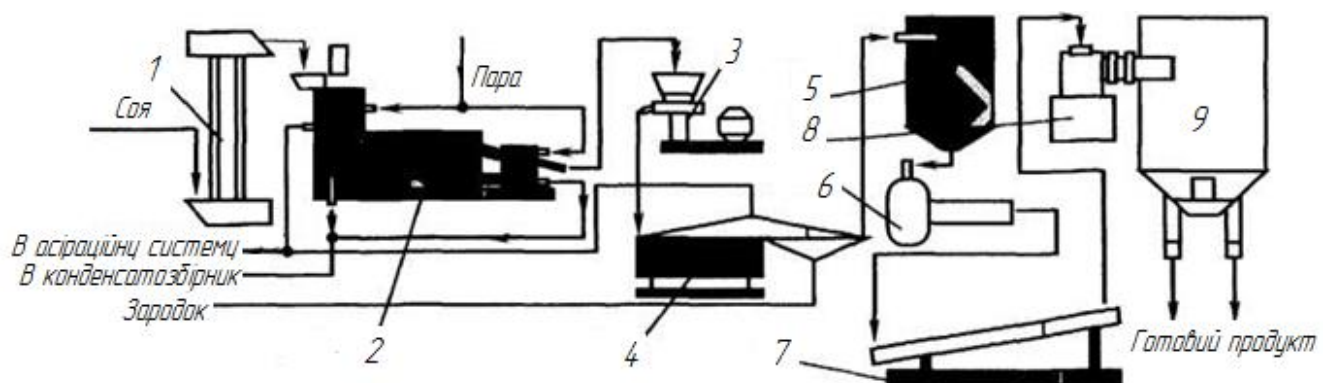


Рисунок 1.3 – Технологічна лінія одержання напівзнежиреного соєвого борошна

1 – норія; 2 – агрегат для обробки сої; 3 – луцильна машина; 4 – сепаратор;
5 – бункер накопичувач; 6 – прес-екструдер; 7 – транспортер-охолоджувач;
8 – млин вихровий; 9 – циклон-розвантажувач.

Для підвищення поживності кормів і їх збалансованості по мікроелементах для різних статевовікових груп тварин у кормоприготуванні використовуються різні соєві добавки у вигляді продуктів, отриманих у результаті переробки соєвого зерна рисунок 1.3.

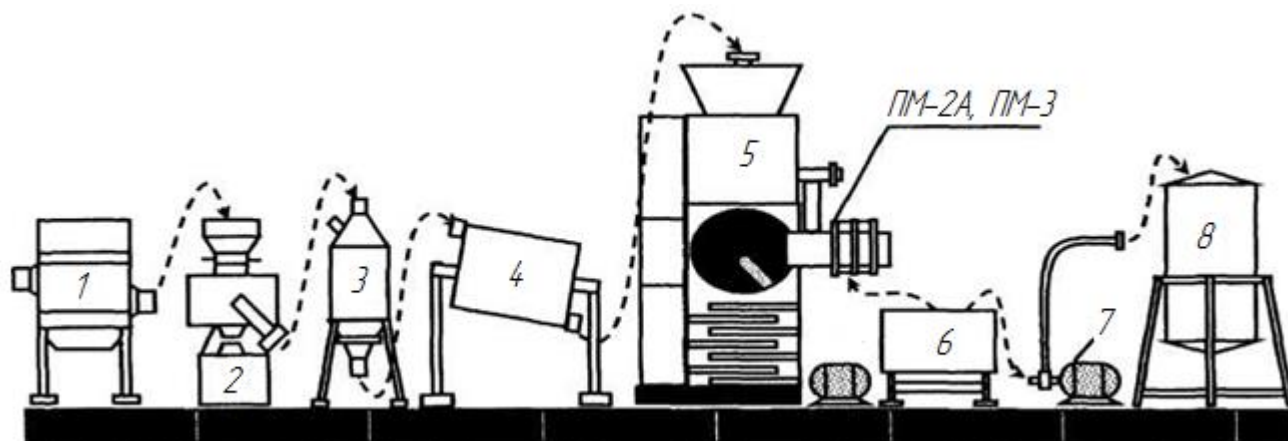


Рисунок 1.3 – Лінія одержання рослинної олії КМЗ-308

1 – скальператор; 2 – луцильник КМЗ-80; 3 – аспіратор повітряного типу;
4 – жаровня КМЗ-90; 5 – прес екструдер КМЗ-2У; 6 – проміжний бак; 7 – насос;
8 – бак для готової продукції.

1.2 Корми із соєвого насіння і способи підвищення їх поживності

В умовах наших широт тварини і особливо молодняк мають нестачу повноцінного білка. Дефіцит його в раціонах великої рогатої худоби в середньому коливається від 30 до 50 %. Компенсація відсутнього білка в раціонах сільськогосподарських тварин можлива за рахунок широкого використання насіння сої і відходів їх переробки.

У соєвому насінні міститься від 40 до 50 % білка, 20 % жиру, найважливіші незамінні амінокислоти (таблиця 1.1) [1].

Використання насіння сої без відповідної їхньої підготовки до згодовування неефективно всім видам тварин і птахів [1]. У зв'язку із цим, у цей час у багатьох господарствах насіння сої згодовують тваринам, попередньо пропарюючи протягом 2 – 2,5 годин. Такий спосіб підготовки насіння сої до згодовування

тваринам є енерговитратним і не забезпечує ефективність ведення тваринництва в сучасних умовах.

Хімічний склад соєвого молока і нерозчинного залишку (при співвідношенні води і зерна сої 5:1).

Таблиця 1.1 – Хімічний склад соєвого молока і нерозчинного залишка (при співвідношенні води і зерна сої 5:1)

Показники	Соєве молоко	Нерозчинний залишок
Суша речовина, %	10,32	23,81
Жир, %	1,76	9,24
Білок, %	2,84	4,58
Кислотність, Т	13	не визначали
Вуглеводи, %	2,76	6,23

Найбільш ефективно з насіння сої і відходів від їхньої переробки виготовляти соєве молоко (рідка фракція) і нерозчинний залишок (гуща). Для цього розроблена спеціальна технологія. У даній технології гарантована висока якість одержуваного корму для тварин, він багатofункціональний, тобто його можна згодовувати телятам 3 рази в день із 16 денного віку по 0,5 літра за одну годівлю. Потім поступово об'єм молока можна збільшувати згідно схеми випойки телятам, поросятam. Нерозчинний залишок, отриманий у процесі одержання молока, може бути використаний у годівлі великої рогатої худоби і молодняку свиней з 3-х місячного віку. По поживності соєва гуща прирівнюється до концентрованих кормів.

У цей час відомий ряд способів, що підвищують загальну і протеїнову поживність кормів з насіння сої. Основними з них є термічна обробка, екструдкування, автоклавування, гранулювання, інфрачервоне, ультрафіолетове і мікрохвильове (НВЧ) опромінення, обробка з використанням хімічних речовин. Доцільність використання в практиці того або іншого способу визначається витратами, насамперед енергетичними.

Основна мета підготовки насіння сої до згодовування тваринам і птахам – зниження негативного впливу інгібіторів і підвищення засвоюваності поживних речовин. Підвищення протеїнової поживності кормів із соєвого зерна у всіх випадках зводиться до збільшення кількості доступних амінокислот таблиця 1.2.

В 1 кг соєвого зерна міститься жиру – 173 г і мінеральних речовин,(мг): натрію – 440, калію – 160, кальцію – 3480, магнію – 1910, фосфору – 5100, заліза – 3950. Крім зазначених вище мікроелементів у них міститься марганець і кобальт, які необхідні для біологічно повноцінного харчування тварин.

В 1 кг соєвого зерна міститься, мг: каротин – 1,52, тіамін 10 – 18, рибофлавін 3 – 3,8, ніацин 20,8 – 35,0, піридоксин 7 – 13, пантотенова кислота 13 – 22,3, біотин 07 – 0,9, фолієва кислота 1,8 – 2,0, інозит 2 – 2,5, холін 3,2 – 3,6, альфа-токоферол 4,8 – 7,8, вітамін К 1,8 – 2,0.

Такий набір мінеральних речовин і вітамінів при згодовуванні сільськогосподарським тваринам насіння сої суттєво підвищує біологічну цінність раціонів і забезпечує підвищення продуктивності.

Проте, цінність натуральної сої, як протеїнового корму, відносно низька, тому що в ній містяться біологічно активні речовини антипоживної спрямованості які негативно впливають на засвоєння поживних речовин і, у першу чергу азотистих [61].

Крім того, білок натуральної сої більш ніж на 80 % представлений водосолерозчинними фракціями, що приводить їх до швидкого гідролізу в рубці, тому згодовування зерна сої жуйним тваринам без попередньої обробки не ефективно.

Основні антипоживні речовини, що входять до складу зерна сої це: інгібітори протеаз (трипсину і хімотрепсина); гемаглютиніни (лектини, сапоніни); фермент уреаза, а також речовини що викликають алергічні, ендокринні і рахітичні розлади.

Використання в годівлю тварин сирої сої веде до вповільнення темпів їх росту й розвитку. Хоча фізіологічна реакція на поїдання сирої сої в різних видів тварин не однакова, у цілому більшість тварин реагує на присутність у кормах інгібітору трипсину виділенням великої кількості травних ферментів, що

приводить до гіертрофування підшлункової залози. Однак підвищений вміст інгібіторів протеаз поліпшує схоронності зерна сої при зберіганні, тобто вони є консервуючим агентом у процесі кормоприготування.

Таблиця 1.2 – Вміст амінокислот у насінні сої і у продуктах їх переробки (г/кг)

Показники	Корм						
	Соевий				Шрот		Зелена маса
Вміст протеїну, %	37,7	41,1	40,5	17,4	43,0	41,5	4,7
Амінокислоти							
Лізін	28,6	24,2	26,7	5,4	29,2	27,8	4,4
Метіонін	4,9	4,9	4,9	4,5	4,7	4,6	1,0
Цистин	4,5	4,9	6,5	2,3	6,4	7,0	-
Триптофан	4,1	5,7	4,9	1,7	4,7	4,1	0,9
Аргінін	28,5	32,5	31,5	8,0	36,1	31,9	3,2
Гистидин	5,6	9,4	11,7	3,5	11,6	11,8	1,3
Лейцин-ізолейцин	40,3	57,5	48,6	18,8	51,6	49,4	8,3
Фенілаламін	10,9	21,8	15,8	9,0	12,9	14,1	3,2
Треонін	19,2	17,3	16,2	-	16,8	15,8	3,1
Валін	17,0	21,0	20,2	10,3	21,1	18,3	3,2
Гліцин	-	-	15,8	3,3	13,8	12,4	3,4

Соеві інгібітори протеаз, гемаглютеніни, фермент уреаза можуть бути знижені до безпечних концентрацій шляхом обробки зерна сої температурою, тиском, інфрачервоними променями, мікронізацією, хімічними способами і т.д. [61].

Основним показником достатнього ступеня інактивації антипоживних речовин є досягнута активність уреази, яка повинна перебувати в межах 0,1 – 0,3 (по різниці pH).

Існує два основні шляхи до зниження антипоживних речовин, що містяться в насінні сої – це технологічний і селекційний.

Перспективним технологічним прийомами зниження вмісту антипоживних речовин у насінні сої є видалення соєвої оболонки. За дослідно-експериментальними даними в оболонці насіння сої акумулюється від 15 % до 20 % антипоживних речовин, що містяться у соєвому зерні (рис. 1.4.).

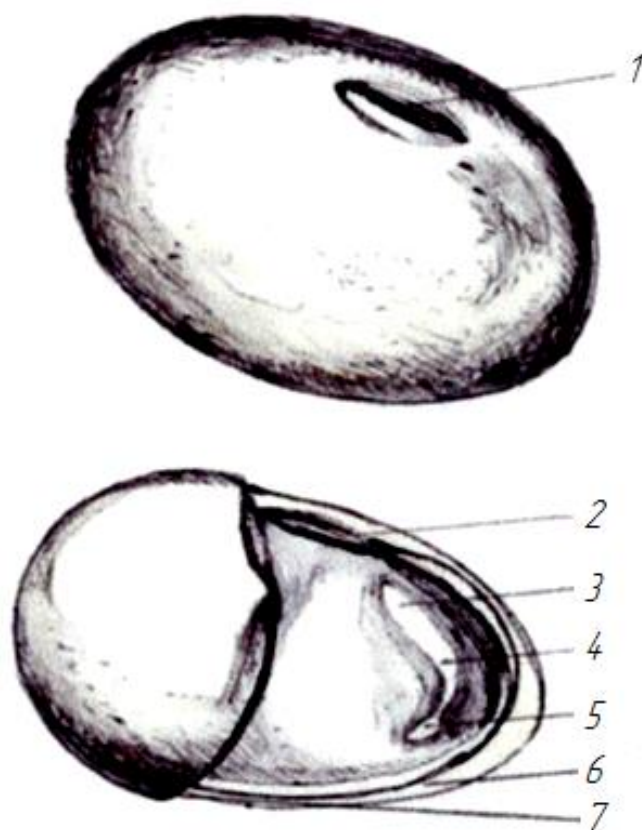


Рисунок 1.4 – Поздовжній переріз насіння сої.

1 – рубчик; 2 та 7 – сім'ядолі; 3 – корінець; 4 – стеблик; 5 – брунька;
6 – насіннева оболонка.

Крім цього, зняття оболонки насіння сої методом зрушення сім'ядоль, розробленим обладнанням, дозволяє вилучити разом з нею забруднення і патогенну мікрофлору. Попереднє видалення оболонки насіння сої перед проведенням інактивації антипоживних речовин значно знижує енерговитрати.

1.3 Технічні засоби для видалення насіннєвої оболонки насіння сої і інших бобових культур

У виробничій практиці роботи підприємств і організацій харчової промисловості широке застосування одержала технологічна лінія КМЗ-308, призначена для одержання рослинної олії з насіння зернобобових культур (рис. 1.3).

Широко використовується в підготовці і переробці насіння зернобобових культур технологічна лінія одержання рослинної олії. Яка являє собою комплект машин для зрушення олієнасіння, відділення оболонки від ядра, механічного руйнування його, термічної обробки м'які, віджиму олії на пресі, фільтрації і накопичення в спеціальній ємності.

Відповідно до технології олійне насіння подаються в завантажувальний бункер, місткістю 8 м³, з якого норією завантажуються в машину для зрушення насіння. В аспіраторі оболонка відділяється від ядра і по воздуховоду подається в бункери. Ядра або сім'ядолі надходять у вальцьовий верстат і далі в бункери накопичувачі. З бункерів м'ятка направляються на термообробку у чотири жаровні, де вони нагріваються до температури 70 °С при безперервному перемішуванні і зволоженні. Після термообробки м'ятка подається шнековим конвеєром у прес для віджиму олії. Пресова олія самопливом надходить у ванну і далі перекачується насосом у фільтр і збірник для олії. Макуха відводиться від преса шнековим транспортером у спеціальний бункер. Продуктивність такої технології по насінню відповідає 10 – 12 тонн на добу.

У господарських цілях широке застосування одержало соєве борошно. При помелі насіння сої в борошно направляють тільки здрібнений ендосперм. У цей час вчені і фахівці намагаються знайти ефективний спосіб попереднього видалення соєвої оболонки перед помелом. У цьому випадку процес одержання соєвого борошна повинен суттєво спроститися. Разом з тим особливості будови зерна, міцність алейронового шару, не завжди повною мірою з низькими витратами, дозволяє розв'язати це важливе інженерне завдання. Тому поки застосовують

попереднє неповне лущення насіння сої з використанням системи машин для лущення круп'яних культур, а також експериментальних і дослідних зразків лущильників насіння сої. Одним, з яких є лущильник зерна ГРП-2, що працює по методу зрушення сім'ядоль. (рис. 1.5.)

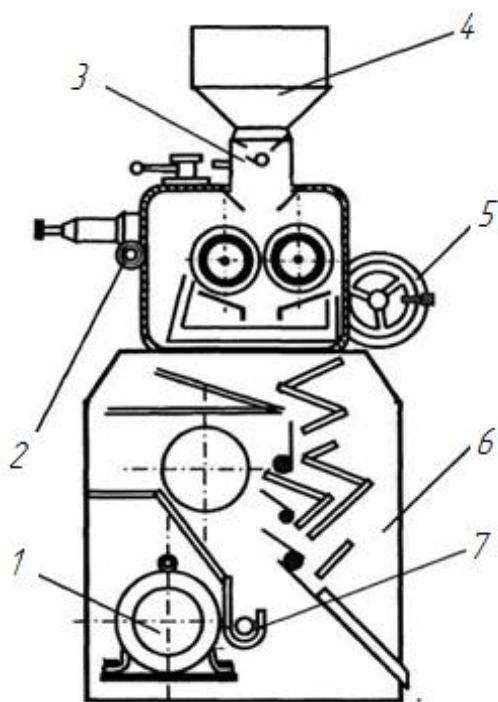


Рисунок 1.5 – Лущильник з прорезиненими вальцями ГРП-2.

- 1 – електропривід; 2 – корпус із прорезиненими вальцями з механізмом регулювання зазору і привалу-відвалу; 3 – регульований живильник; 4 – завантажувальний бункер; 5 – вентилятор; 6 – аспіраційна колонка; 7 – шнек для відводу дробленого продукту.

У технології одержання соєвої основи, приготування соєвого білка по «китайському» або «тайваньському» способам обов'язковою умовою є зняття соєвої оболонки «мокрим» методом. При цьому спостерігаються більші матеріальні й енергетичні витрати [28].

Так для одержання соєвої основи використовуються 25 одиниць технологічного устаткування, в тому числі для відділення оболонки від сім'ядоль сої задіяно 1/3 установок і механізмів. Крім цього по витратах часу процес виробництва збільшується на 12 – 18 годин [24].

Таким чином, проведений аналіз існуючих технічних засобів, що брав участь у відділенні соєвої оболонки від сім'ядоль, зробити висновок про наявні більші можливості пошуку і розробки більш ефективних обладнань для лушення насіння сої.

Проведений аналіз якості вихідної сировини, технологій і технічних засобів для підготовки насіння сої і інших зернобобових культур до переробки на кормові і харчові цілі показав, що якість переробки і одержання продуктів, приготовлених із сої залежить у чималому ступені від якісних показників вихідного матеріалу. У технологіях як вітчизняного, так і закордонного виробництва соєвих продуктів використовуються різні методи видалення соєвої оболонки, що мають переваги і недоліки. Технічні засоби потокових технологічних ліній вимагають удосконалювання з метою одержання високотехнологічних багатофункціональних кормів із сої.

Лушильні машини ГРП, насіннерушка МРН (рис. 1.6. і 1.7) не в достатньому ступені забезпечують якісне видалення насінневої оболонки і необхідний технологічний процес максимального збереження продуктів переробки із сої.

У цей час віддається особливе значення виробництву і глибокій переробці сої. Цільова галузева програма розвитку виробництва і глибокій переробці сої в Україні на період до 2019 року передбачає будівництво нових заводів по переробці сої. Це у свою чергу ставить більші завдання по технічному переозброєнню системи машин, що забезпечують як підготовку насіння сої до переробки на кормові і харчові цілі, так і в цілому їхню глибоку переробку.

В Україні є значні можливості розширення посівів сої, створення нових соєпереробних підприємств. Соя має високий ступінь адаптації до різних ґрунтово-кліматичних умов, що при використанні ранньостиглих сортів дозволяє її обробляти на значних територіях з помірним кліматом.

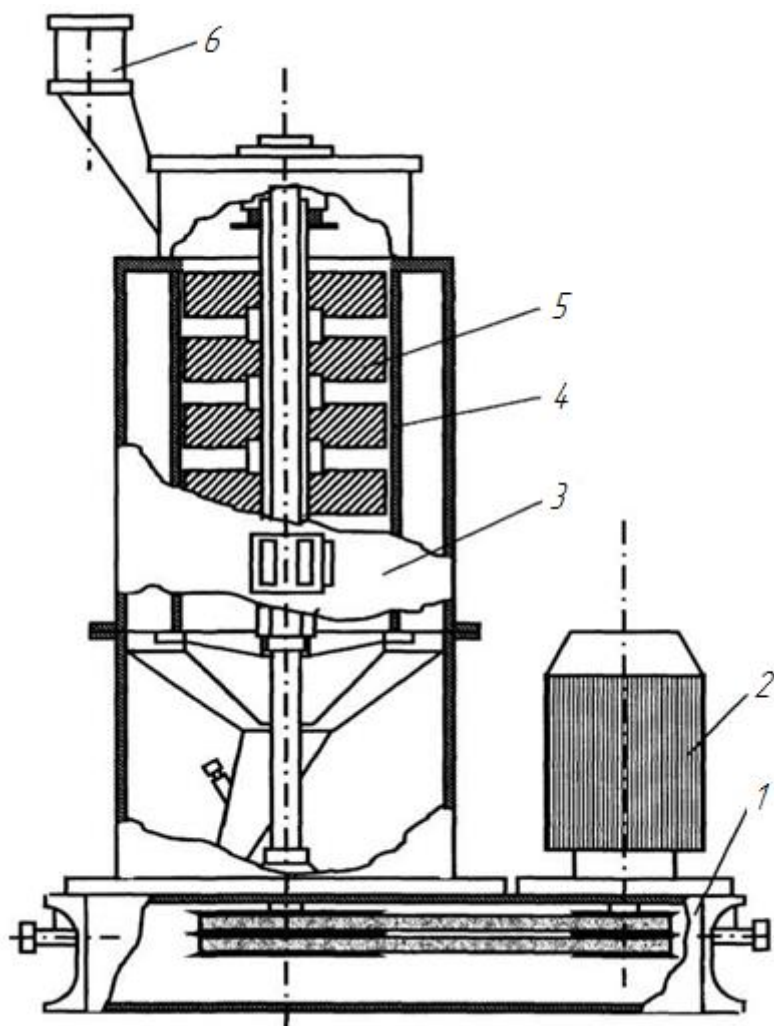


Рисунок 1.6 – Машина луцильно-шліфувальна ГРП-4

1 – рама, 2 – електропривід, 3 – корпус, 4 – ситовий циліндр, 5 – вал абразивними
 кругами, 6 – живильник.

Проведені наукові дослідження і широка виробнича перевірка Асоціацією переробників сої «АССОЯ» підтверджують, що в Україні сою можна вирощувати не менше ніж на 1 млн. га, одержувати близько 10 млн. тон валового її збору за рік [24].

У цей час виробництво сої в Україні розділено по багатьом господарствам, що перешкоджає освоєнню оптимальних сівозмін, приводить до порушення агротехніки, знижує товарність виробництва. Розміщення посівів не пов'язане з потенційними зонами переробки соєвого зерна, що приводить до значних транспортних витрат.

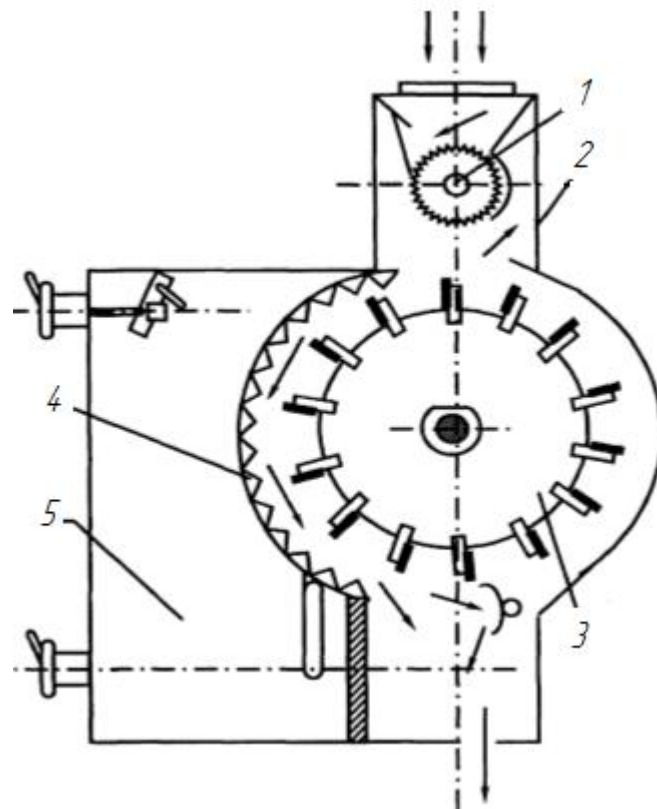


Рисунок 1.7 – Насіннерушка МРН

1 – живильний механізм із валиком; 2 – приймальна коробка; 3 – бичевий барабан; 4 – дека; 5 – корпус.

Дніпропетровська область має дуже слабку соєпереробну базу. У цілому за рік її переробляється 25 – 30 тисяч тон насіння сої або 6 – 8 % від усього виробництва. Виробництво на підприємствах ведеться за пресовою технологією, з одержанням сирової соєвої олії 2 тисячі тон і макухи, що йде на корм для тваринництва.

Висновки до розділу

Аналіз існуючих технологій підготовки соєвого зерна з використанням технічних засобів видалення оболонки насіння сої свідчить про їхню енергоємність, при цьому допускаються чималі втрати поживних речовин. У зв'язку із цим потрібна розробка обладнання для видалення оболонки насіння сої, що підвищує ефективність технології використання зерна сої в кормовиробництві.

Це підтверджується багатьма авторами наукових праць, що досліджували питання використання зерна сої на кормові цілі і підвищення поживності кормів для тваринництва шляхом використання соєвого білка. [1].

Метою дипломної роботи є удосконалення процесу і розробка обладнання для ефективного видалення оболонки насіння сої і забезпечення зниження втрат оброблюваної сировини, максимальне збереження його цінних кормових і харчових властивостей.

Виходячи з результатів аналізу і відповідно до мети роботи визначили наступні завдання дослідження:

1. Обґрунтувати найбільш ефективні методи видалення соєвої оболонки.
2. Теоретичними дослідженнями виявити основні закономірності процесу видалення соєвої оболонки з урахуванням фізико-механічних властивостей насіння сої й факторів, що впливають на ефективність луцення.
3. Експериментально перевірити виявлені теоретичні залежності і обґрунтувати конструктивні параметри і кінематичні режими роботи обладнання для видалення оболонки насіння сої методом зрушення сім'ядоль.
4. Провести розрахунок вартості досліджень.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИДАЛЕННЯ ОБОЛОНКИ З НАСІННЯ СОЇ

2.1 Теоретичні передумови підвищення ефективності видалення оболонки з насіння сої з використанням методу зрушення сім'ядоль.

Теоретичні дослідження процесу видалення оболонки насіння сої і зернобобових культур з використанням методу зрушення сім'ядоль показують, що від міцності сім'ядоль і специфічної властивості насіння і їх оболонки, а також від ступеня з'єднання оболонки з ендоспермом залежать результати ефективності процесу луцення. Сучасні конструкції для луцення насіння сої методом зрушення сім'ядоль своїми робочими органами, впливаючи на насіння, деформують оболонку і зрушують сім'ядолі по лінії їх розділу. За принципом механічного впливу робочих органів луцильних машин їх можна розділити на три групи в яких переважають різні процеси методу відділення соєвої оболонки від сім'ядоль. Перша група машин у яких переважають такі механічні впливи як: стиск і зрушення, що викликає сколювання і розриви оболонки у вальцедековому верстаті, верстаті з гумовими вальцями і луцильній машині та інше. Друга: тертя об абразивну і сталеву поверхні, що викликають при тривалому впливі ковзання оболонок (голендри, луцильники ЗШН, ЗРД та інші). І третя група: удар, що викликає розколювання оболонок і відповідний йому фрикційний вплив абразивної або металевої терткової поверхні (оббивальні і бичеві машини) [22]. Різноманіття машин, що застосовують для процесу луцення, викликане головним чином різною анатомічною будовою зерна окремих культур і відмінностями в структурно-механічних властивостях ядра і оболонок. Дослідження і виробнича практика визначили можливості луцильних конструкцій, які можуть бути придатні для луцення однієї, двох або рідше трьох культур і не придатні для луцення інших [6].

Міцність сім'ядоль різних сортів може коливатися в значних межах. Підвищений ефект луцення залежить від міцності зв'язку зовнішньої оболонки із сім'ядолями міцносні зв'язки соєвої оболонки із сім'ядолями різних сортів мають

відмінності [6]. Технологічні властивості насіння сої, легкість луцення і їх міцність установлені в результаті експериментального луцення на початку на установці із двома прорезиненими вальцями (рис.2.1).

Для відділення оболонки добре виповненого великого насіння сої потрібно затратити менше енергії, ніж для такої ж кількості дрібної сої. Віддільність оболонки, виповненого великого насіння сої вище, а оболонка такого насіння менше, ніж у насіння дрібних і особливо щуплих. Тому у великого, добре виповненого насіння сої ефективність луцення підвищується. Для чого роблять роздільне луцення насіння сої, розсортованого на фракції по крупності, забезпечивши відповідний режим луцення для кожної з них [5].

Роздільне, пофракційне луцення слід застосовувати тоді, коли соя готується для використання на харчові цілі.

При луценні насіння сої на експериментальній установці виявлено, що поряд, із соєю, яка надходить у вигляді вихідної сировини можна переробляти також продукти повторного луцення («сходові» продукти), у яких міститься в певній кількості сім'ядолі менш міцні, ніж ціла соя, тому що вони не забезпечені оболонкою і уже зазнали деформації. Необхідно стежити за тим, щоб на луцення надходила мінімальна кількість сходового продукту, а режим луцення на машині, що переробляє цілу сою в суміші із сім'ядолями слід встановлювати менш інтенсивний.



Рисунок 2.1 – Вид експериментального обладнання для луцення насіння сої методом зрушення сім'ядоль.

Ефект луцнення погіршується при підвищеній вологості, а також при переробці пересушеного насіння сої з вологістю менше 12 %.

При переробці насіння сої на харчові цілі значення має диференційована вологість оболонки і сім'ядолі. Чим сухіше оболонка насіння сої тим вона більш тендітна і тим легше відділення від сім'ядолі, а чим вологіше сім'ядолі, тим воно менш тендітне й більш стійке до дроблення. При луцненні вологого насіння сої підвищується витрата енергії і знижується продуктивність. Відомо, що у повітряно-сухого насіння сої вологість оболонки нижче вологості сім'ядоль, а чим сухіше оболонка, тим ефективніше луцнення. Необхідно, щоб уся партія насіння сої була рівномірна по вологості. Сортуння по величині і відбір дрібного і щуплого (звичайно більш вологого) насіння сої сприяє добору партії, вирівняної по вологості.

Узимку можна успішно переробляти охолоджене насіння сої, тому що при їх луцненні спостерігається підвищена «розколюваність» оболонок, що збільшує продуктивність луцильника і вихід сім'ядоль. Восени при сирій погоді внаслідок гігроскопічності оболонки.

Технологічний ефект роботи луцильної машини може бути встановлений після визначення кількості луцненого насіння сої і отриманій при цьому кількості цілих сім'ядоль.

Величина цих показників визначається коефіцієнтами луцнення і цілісності сім'ядоль.

Коефіцієнт луцнення $E_{луц}$ – дозволяє визначити відсоток луцненого насіння сої відносно кількості, що надійшло на луцильник.

$$E_{луц} = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100 = 100 \cdot \left(1 - \frac{n_2}{n_1} \right) \quad (2.1)$$

де n_2 – відсоток луцненого насіння сої;

n_1 – відсоток луцненого насіння сої після луцнення.

Коефіцієнт лушення визначають по відсотку зниження вмісту не лушеного насіння сої, у вихідній сировині, тому що на лушення може надходити продукт, що містить лушене і дроблене насіння сої. Природно, що ефективність лушення зростає, чим вище вміст нелушеного насіння сої у вихідній сировині.

Коефіцієнт цілісності сім'ядоль $E_{ц.н.}$ – показник вилучення цілих сім'ядоль відносно сумарної кількості сім'ядоль (сім'ядолі + дроблені сім'ядолі + мучка), вилучених після проходу насіння сої через лущильник

$$E_{ц.н.} = \frac{K_2 - K_1}{(K_2 - K_1) + (d_2 - d_1) + (m_2 - m_1)} = \frac{K}{K + d + m} \quad (2.2)$$

де K – вихід сім'ядоль, вилучених після лушення рівний $K = K_2 - K_1$, тобто різниці вмісту цілих сім'ядоль у продукті після (K_2) і до (K_1), в % лушення;

d – вихід дробленого насіння сої рівний $D = d_2 - d_1$, тобто різниці вмісту дробленого насіння у продукті після лущильника (d_2) і до (d_1) лушення;

m – вихід мучки, $m = m_2 - m_1$, тобто різниці вмісту мучки в продукті після (m_2) і до (m_1) лушення.

Коефіцієнт цілісності сім'ядоль вказує, з яким ступенем точності проведене лушення. Чим вище вихід цілого насіння сої й, отже, менше дроблених сім'ядоль і мучки, тим краще проведене лушення насіння сої, тим вище коефіцієнт цілісності сім'ядоль, який доповнює коефіцієнт лушення, тому що коефіцієнт лушення вказує кількість лушеного насіння сої, а коефіцієнт цілісності сім'ядоль – якісну сторону проведеної операції виділення цілих сім'ядоль зерна сої.

Технологічний ефект роботи лущильної установки $\eta_{луц}$ може бути виражено одним загальним коефіцієнтом, що враховує як кількісну, так і якісну сторону проведеної операції:

$$\eta_{луц} = E_{луц} \cdot E_{ц.н.} \quad (2.3)$$

Теоретичні передумови підвищення ефективності видалення оболонки насіння сої, з використанням методу зрушення сім'ядоль, розглянемо на схемі робочих органів луцильника і обґрунтуємо теоретично величини, що визначають ступінь механічного впливу вальців на насіння сої, як важливих показників визначальних ефективність відділення соєвої оболонки (рис. 2.2).

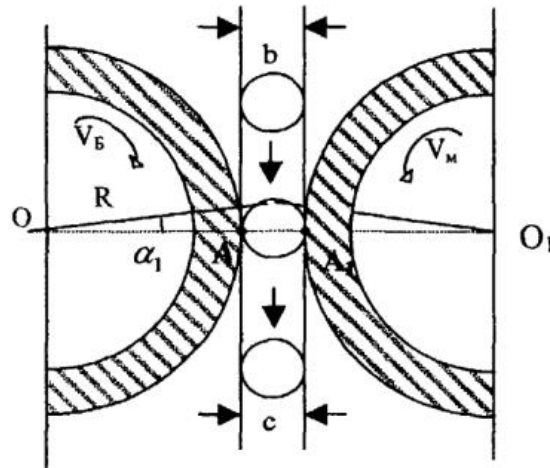


Рисунок 2.2 – Схема робочих органів луцильника насіння сої

Насіння сої живильним пристроєм подаються в робочу зону між обертовими назустріч один одному, вальцями. У точках A і A_1 , починаючи з точок контакту, насіння сої є під впливом вальців до їхнього виходу з робочої зони. Косинус захоплення кута α_1 утвореного лінією центрів OO_1 і радіусом R , проведеним через одну з точок дотику насіння із вальцем рівний:

$$\cos \alpha_1 = \frac{R + \frac{c}{2}}{R + \frac{b}{2}} = \frac{d + c}{d + b}, \quad (2.4)$$

де R – радіус вальців у мм,

d – діаметр вальців у мм,

c – зазор між вальцями в мм,

b – розмір насіння сої в мм.

Таким чином,

$$\angle \alpha_1 = \arccos \frac{d+c}{d+b}. \quad (2.5)$$

Різниця в розмірі товщини насіння сої, що входять у зону лушення і вихідних після неї, дорівнює подвоєній товщині оболонки і не перевищує 0,5 мм. Повна довжина зони лушення від точки захоплення насіння сої вальцями до точки їх виходу буде дорівнювати довжині дуги окружності вальця і визначається:

$$\ell_{\lambda} = 2 \frac{\pi D}{360} \arccos \frac{d+c}{d+b}. \quad (2.6)$$

Звідси, довжина зони лушення ℓ_{λ} залежить від діаметра вальців, розміру насіння сої і відстані між вальцями по лінії центрів OO_1 . При лушенні насіння сої певної крупності (розміром b) і встановленого для їхнього зазору c , де $b > c$ зі збільшенням діаметра вальців подовжується зона лушення. Відповідно до умов експериментальних досліджень, час затримування на проходження насіння сої через робочу зону ℓ_{λ} зі швидкістю V_c буде рівним:

$$t = \frac{\ell_{\lambda}}{V_c}. \quad (2.7)$$

За цей же час t валець, що повільно обертається, кругова швидкість якого рівна V_M , пройде шлях $\ell_{\lambda} - \ell_{OP}$, де ℓ_{OP} – шлях випередження швидкообертового вальця і повільно обертового вальця. У такий спосіб:

$$t = \frac{\ell_{\lambda} - \ell_{OP}}{V_e}. \quad (2.8)$$

Тому що час стиску оболонки сої в зоні лушення один і той самий, тоді:

$$\frac{\ell_{\text{л}}}{V_{\text{в}}} = \frac{\ell_{\text{л}} - \ell_{\text{оп}}}{V_{\text{М}}}, \quad (2.9)$$

$$\ell_{\text{л}} V_{\text{М}} = V_{\text{в}} (\ell_{\text{л}} - \ell_{\text{оп}}),$$

$$\ell_{\text{оп}} = \frac{\ell_{\text{л}} (V_{\text{в}} - V_{\text{М}})}{V_{\text{в}}}. \quad (2.10)$$

З формули (2.10) випливає, що шлях випередження залежить, крім геометричних параметрів, також і від кругової швидкості вальців.

Дослідження показують, що $\ell_{\text{оп}}$ є величиною, що визначає ступінь механічного впливу вальців на насіння сої і визначає ефективність лущення.

Проведення дослідів на експериментальній установці двовальцевого луцильника насіння сої, підтвердили необхідність удосконалення робочих органів даної конструкції. Теоретичні і експериментальні дослідження принципу роботи даної установки виявили основні фактори, що впливають на результативність лущення насіння сої.

При силовій взаємодії робочих органів експериментальної установки на насіння сої при їх лущенні, насіння не повинні перевантажуватися вище своїх природніх меж, тобто не повинна порушуватися умова міцності, необхідна для одержання цілих сім'ядоль.

$$\sigma \leq \sigma_{\text{г}}, \quad (2.11)$$

де σ – діючі напруження в насінні сої;

$\sigma_{\text{г}}$ – граничні характеристики міцності насіння сої.

Не дотримання цієї вимоги веде до місцевого або загального руйнування насіння сої – до їх дроблення. Величина граничних напружень ($\sigma_{\text{г}}$) насіння сої

залежить від їх фізико-механічних властивостей і обумовлюється вологістю, сортом, розмірами та іншими природними факторами [8].

Величина діючих напруг (σ) виникаючих у насінні сої, залежить в основному від режиму роботи луцильника і його конструктивних особливостей. У ряді теоретичних робіт [12] і інших, у яких на основі вивчення силової взаємодії робочих органів машин із зерном виявлені основні фактори, що беруть участь у технологічному процесі.

Найпоширенішим видом впливу робочих органів на зерно є – стиск, удар. На підставі теорії Герца, було встановлено [23], що величина максимальної контактної сили при ударі, стиску, зрушенні зерна в робочих поверхнях залежить від багатьох факторів, що впливають на місцеву міцність насіння при силовому контакті [7]. (рис.2.3).

$$P = f(V, m, E_1, E_2, \mu_1, \mu_2, \sum K), \quad (2.12)$$

де E_1, E_2 – модуль пружності зерна і матеріалу робочого органа;

V – швидкість співударяння;

m – маса одиничного насіння;

μ_1 – коефіцієнт поперечної деформації насіння;

μ_2 – коефіцієнт поперечної деформації матеріалу робочого органа;

$\sum K$ – сума головної кривизни насіння і робочого органа на площині контакту.

Розглядаючи механізм силової взаємодії насіння і робочого органа з позицій контактної завдання теорії пружності в [6] побудовано схему взаємозв'язку факторів, що впливають на місцеву міцність зерна при силовому контакті (рис. 2.3). Цією схемою скористаємося для подальшого розв'язку завдання, пов'язаного з роботою зі зняття оболонки з насіння сої на експериментальній установці.

Таким чином, ми одержали ряд математичних формул, що визначають умови, необхідні для дотримання з тим, щоб провести якісно процес видалення оболонки насіння сої методом зрушення сім'ядоль.

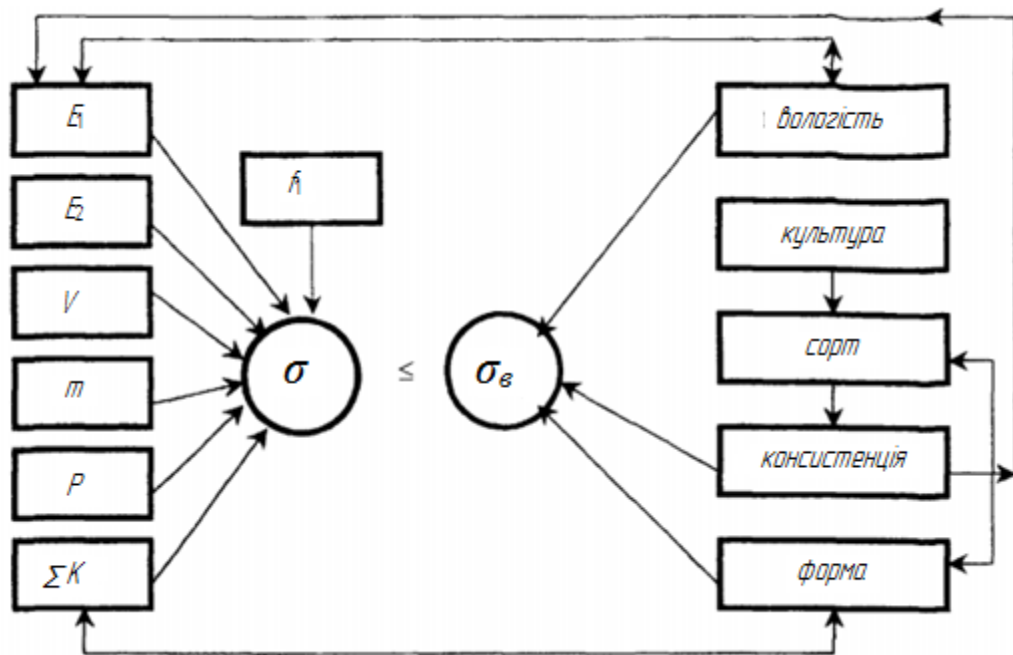


Рисунок 2.3 – Схема взаємодії факторів, що визначають міцність зерна при силовому контакті

2.2 Теоретичне обґрунтування конструктивних параметрів і кінематичних режимів обладнання для видалення оболонки з насіння сої

Установимо залежність довжини контакту насіння сої від довжини дуги лушення при охоплюючому положенні робочих органів лушення. Схема контактної взаємодії насіння сої з робочими органами лущильника представлена на рисунку 2.4.

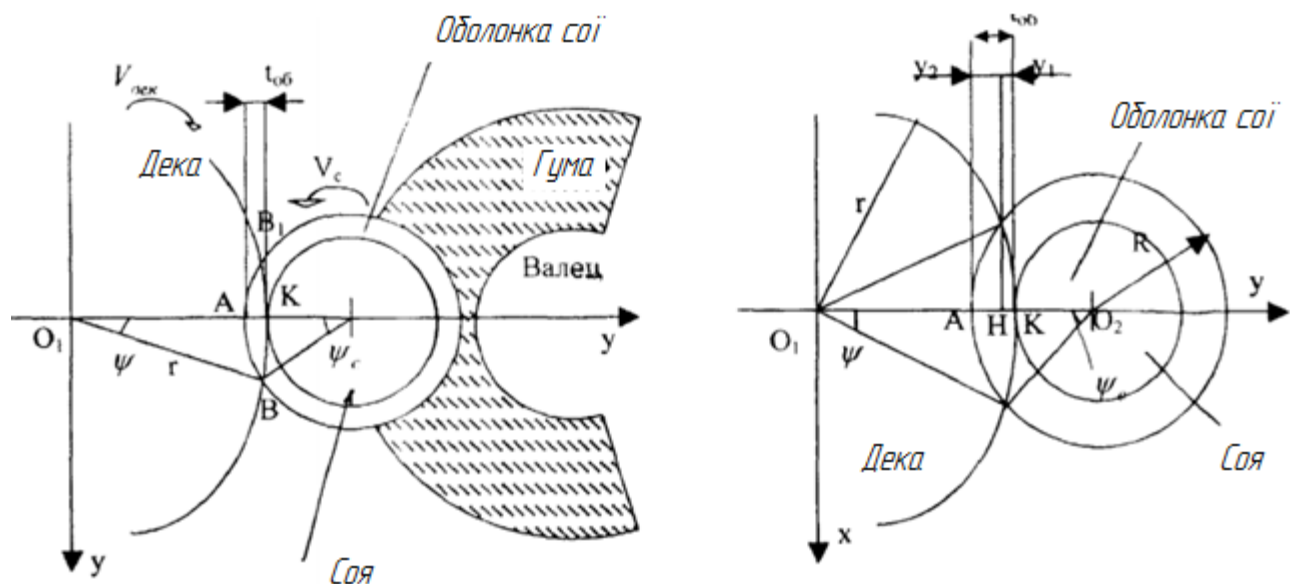


Рисунок 2.4 – Схема для розрахунку довжини дуги контакту при знятті соєвої оболонки

Будемо вважати, що один валець нерухомий, і назвемо його декою, а процес контакту насіння сої з іншим вальцем відбувається з проковзуванням і крім того контактна поверхня деки рухається рівномірно (відносно насіння сої і вальця) і має рівномірне обертання (миттєве).

У результаті зазначених рухів (рис.2.4) траєкторія точки дотику деки з оболонкою сої (на рис.2.4 це точки B_1) при вальцьовому луценні опишеться наступною системою рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} x &= r \sin \psi + V_{\psi} \\ y &= r(1 - \cos \psi) \end{aligned} \right\} \quad (2.13)$$

де V_{ψ} – переміщення насіння сої уздовж осі O_1X за час повороту деки на кут ψ ,

r – радіус деки.

Для координати x узятий знак «+» тому що, вважаємо, що насіння сої має таке ж обертання, що і дека. Величина V_{ψ} з достатньою точністю може бути визначена з відношення:

$$\frac{V_\psi}{V_0} \approx \frac{\psi}{2\pi}, \quad V_\psi = \frac{V_0}{2\pi} \cdot \psi. \quad (2.14)$$

V_0 – відносна швидкість руху точки B_1

Для визначення V_0 задану швидкість насіння сої V_c (м/хв) запишемо, як відношення до частоти обертів деки n_δ

$$V_\psi = \frac{V_c}{2\pi} \cdot \psi = \frac{V_c}{60n_{\deltaек} \cdot 2\pi} \cdot \psi = \frac{V_c}{60n_{\deltaек}} \cdot \frac{r}{r} \cdot \psi = r \frac{V_c}{60V_{\deltaек}} \cdot \psi. \quad (2.15)$$

Отримане значення підставимо в (2.13) і отримаємо:

$$x = r \left(\sin \psi - \frac{V_c}{60V_{\deltaек}} \psi \right), \quad (2.16)$$

$$y = r(1 - \cos \psi).$$

Елементарна довжина кривої контакту деки з насінням сої при контактній взаємодії рівна:

$$d\ell'_n = \sqrt{dx^2 + dy^2} = \sqrt{r^2 \left(\cos \psi - \frac{V_c}{60V_{\deltaек}} \right)^2 + r^2 \sin^2 \psi} d\psi. \quad (2.17)$$

У зв'язку з досить малою величиною кута ψ приймаємо $\cos \psi = 1$ $\sin \psi = 0$ і після перетворення (2.17) отримуємо:

$$d\ell'_n = r \sqrt{\left(1 \pm \frac{V_c}{60V_{дек}}\right)^2} d\psi = r \left(1 \pm \frac{V_c}{60V_{дек}}\right) d\psi. \quad (2.18)$$

Повна довжина кривої контакту деки з насінням сої після інтегрування (2.18)

$$\ell'_n = r \sqrt{\left(1 + \frac{V_c}{60V_{дек}}\right)^2} = r \left(1 + \frac{V_c}{60V_{дек}}\right) \cdot \psi. \quad (2.19)$$

Якщо врахувати, що кут контакту ψ малий, порядку $10 - 25'$. то можна прийняти

$$\psi \approx \sin \psi = \sqrt{1 - \cos^2 \psi}.$$

В свою чергу

$$\cos \psi = \frac{r - y_1}{r}.$$

Тоді

$$\psi \approx \sin \psi = \sqrt{1 - \left(\frac{r - y_1}{r}\right)^2} = \sqrt{\frac{2y_1}{r} - \frac{y_1^2}{r^2}} \approx \sqrt{\frac{2y_1}{r}}. \quad (2.20)$$

Із співвідношення отримуємо:

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{r(1 - \cos \psi)}{R(1 - \cos \psi_c)} = \frac{r \sin^2 \frac{\psi}{2}}{R \sin^2 \frac{\psi_c}{2}} \approx \frac{R \cdot r^2}{R^2 \cdot r} = \frac{r}{R},$$

$$y_1 = y_2 \frac{R}{r} = (t_{об} - y_1) \frac{R}{r} = \frac{Rt_{об}}{r + R}, \quad (2.21)$$

де $t_{об}$ – товщина оболонки насіння сої.

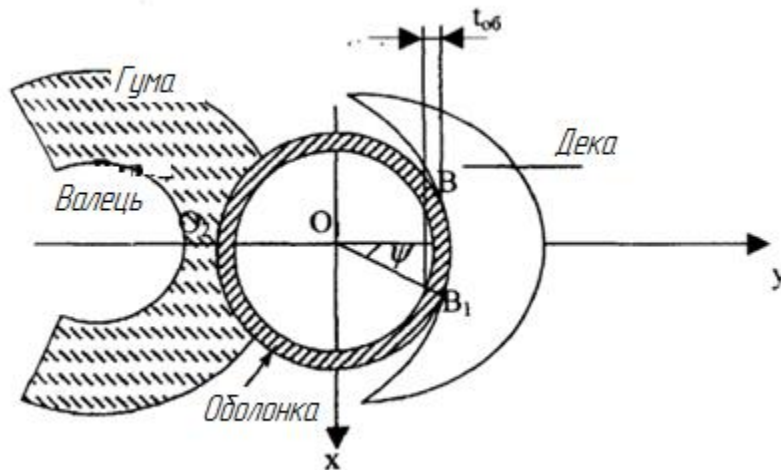


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема

У свою чергу отримане значення y_1 , підставляємо в рівняння (2.20)

$$\psi = \sqrt{\frac{2y_1}{r}} = \sqrt{\frac{2Rt_{об}}{r(r+R)}} = 2\sqrt{\frac{Dt_{об}}{d(d+D)}}, \quad (2.22)$$

де D – діаметр насіння сої,

$t_{об}$ – товщина оболонки,

d – діаметр деки.

Значення довжини кривої ℓ'_n контакту деки із соєю одержимо після підстановки (2.21) в (2.15)

$$\ell'_n = r \left(1 - \frac{V_c}{60V_{дек}} \right) \cdot 2\sqrt{\frac{Dt_{об}}{r(r+D)}} = \frac{V_{дек} - V_c}{V_{дек}} \sqrt{\frac{dD \cdot t_{об}}{d+D}}. \quad (2.23)$$

Якщо прийняти, що оброблюване насіння сої нерухоме, згідно з моделлю руйнування, тобто консольно закріплене ($V_c = 0$), то в цьому випадку з формули (2.23) одержуємо залежність, що визначає довжину дуги луцення:

$$\ell'_n = \sqrt{\frac{dD \cdot t_{об}}{d + D}}, \quad (2.24)$$

де ℓ'_n – довжина дуги луцення насіння сої.

Дана залежність (2.24) дає підставу для конструювання механізмів луцення, що мають сувору кінематику.

Приклад: Нехай $d = 300$ мм, $t_{об} = 0,25$ мм, $D = 5$ мм

$$\ell'_n = \sqrt{\frac{300 \cdot 5 \cdot 0,25}{300 + 5}} = \sqrt{1,23} = 1,11 \text{ мм}$$

При охоплюючому положенні деки, коли $R < r$, то можна вважати, що довжина зони контакту, при якому відбувається луцення ℓ''_n із достатньою точністю визначається рівняннями, заданими в системі координат:

$$\left. \begin{aligned} x &= R \left(\sin \psi - \frac{V_{дек}}{60V_c} \psi \right) \\ y &= R(1 - \cos \psi) \end{aligned} \right\} \quad (2.25)$$

У рівнянні для координати X знак «-» поставлений тому, що вважається, що обертання насіння сої збігається з напрямком обертання деки.

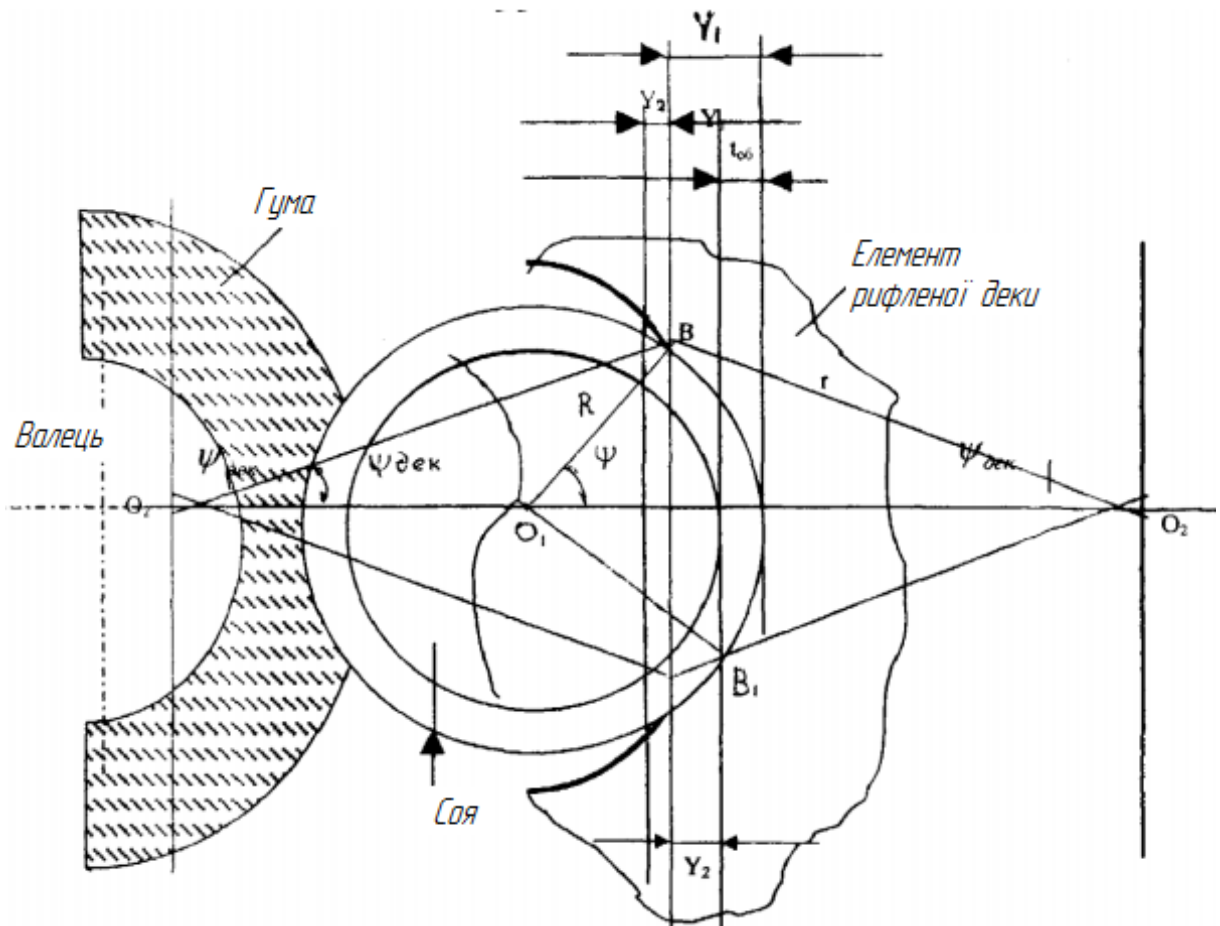


Рисунок 2.6 – Схема для визначення кута контакту ψ при охоплюючій контактній взаємодії насіння сої з рифленою декою

Тобто

$$\frac{r}{R} \approx \frac{y_1}{y_2} = \frac{y_1}{y_1 - t_{об}},$$

Звідси:

$$y_1 = \frac{r \cdot t_{об}}{r - R}, \text{ тут } r > R.$$

де r – радіус рифленої деки;

R – радіус насіння сої;

$t_{об}$ – товщина оболонки.

При вальцьовому луценні (дека гладка) $y_1 + y_2 = t_{об}$, луцення насіння сої з охоплюючим елементом – металевою рифленою декою $t_{об} = y_1 - y_2$.

Спираючись на попереднє дослідження (з вальцьовим луцильником), запишемо формулу для підрахунку l''_n із охопленням насіння сої декою,

$$l''_n = R \sqrt{\left(1 - \frac{V_{дек}}{60V_c}\right)^2} \cdot \int_0^{\psi} d\psi = R\psi \left(1 - \frac{V_{дек}}{60V_c}\right). \quad (2.26)$$

Формула виведена на підставі розрахункової схеми, представленій на рисунку 2.5. Враховуючи незначну величину кута контакту приймаємо

$$\psi \approx \sin \psi = \sqrt{1 - \cos^2 \psi}. \quad (2.27)$$

Відповідно до розрахункової схеми, одержуємо:

$$\psi \approx \sin \psi = \sqrt{1 - \cos^2 \psi} = \sqrt{1 - \left(\frac{R - y_1}{R}\right)^2} = \sqrt{\frac{2y_1}{R}}. \quad (2.28)$$

Далі, спираючись на вихідні положення:

$$r \gg R, \quad \frac{r}{R} \approx \frac{y_1}{y_2} = \frac{y_1}{y_1 - t_{об}}, \quad (2.29)$$

Знаходимо y_1 :

$$y_1 = \frac{r \cdot t_{об}}{r - R}.$$

Підставляючи (2.29) у вираз (2.28) і записуючи в загальному вигляді маємо:

$$\psi = \sqrt{\frac{2y_1}{R}} = \sqrt{\frac{2rt_{об}}{R(r-R)}} = 2\sqrt{\frac{d \cdot t_{об}}{D(d-D)}}. \quad (2.30)$$

Довжина дуги лушення при охоплюючому положенні контакту деки з насінням сої ℓ''_n визначиться наступною формулою:

$$\ell''_n = R\psi \left(1 - \frac{V_{дек}}{60V_c}\right) = \left(1 - \frac{V_{дек}}{60V_c}\right) \sqrt{\frac{d \cdot t_{об}}{D(d-D)}}, \text{ тут } d \rangle D. \quad (2.31)$$

Якщо

$$V_{дек} = 0, \text{ то } \ell''_n = \sqrt{\frac{d \cdot t_{об}}{D(d-D)}}. \quad (2.32)$$

Якщо зрівняти (2.32) з (2.24), бачимо що ℓ''_n більше ℓ'_n , тому що знаменник дроби (2.32) менше знаменника дроби (2.24).

Таким чином, при конструюванні деки з охоплюючими елементами з гніздами, довжина зони лушення свідомо збільшується. Це положення може послужити вихідним джерелом для формування конструкції деки з охоплюючими елементами.

Проведені теоретичні дослідження дозволили:

1. Визначити переваги і недоліки існуючих технологій, конструктивно-технологічних схем лушильників насіння сої і інших зернобобових культур вітчизняної і закордонної практики;
2. Вибрати найбільш ефективний і перспективний метод видалення насіннєвої оболонки насіння сої;

3. Визначити основні теоретичні положення для одержання формул розрахунків параметрів і режимів роботи обладнання для видалення оболонки насіння сої методом зрушення сім'ядоль і залежностей, що впливають на ефективність цього процесу.

Висновки до розділу

В результаті проведених теоретичних досліджень було визначено переваги й недоліки існуючих технологій, конструктивно-технологічних схем лушчильників насіння сої й інших зернобобових культур вітчизняної й закордонної практики.

Вибрано найбільш ефективний і перспективний метод видалення насінневої оболонки насіння сої.

Визначено основні теоретичні положення для одержання формул розрахунків параметрів і режимів роботи обладнання для видалення оболонки з насіння сої методом зрушення сім'ядоль і залежностей, що впливають на ефективність цього процесу.

Сформульовано завдання для уточнення отриманих теоретичних залежностей експериментальними дослідженнями.

3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Загальні положення

Теоретичні дослідження встановили ряд закономірностей досліджуваного процесу в реальних умовах і визначили оптимальні кінематичні і технологічні параметри лущення насіння сої методом зрушення сім'ядоль. Для підтвердження основних висновків теоретичних досліджень, були проведені експериментальні дослідження, які передбачали розв'язок наступних питань:

- визначення фізико-механічних властивостей вихідної сировини і готової продукції;
- дослідження впливу вологості оболонки і сім'ядоль сої на результати лущення насіння методом стиску і зрушення;
- вивчення процесу лущення насіння сої на експериментальній установці, з урахуванням підготовленості вихідної сировини, з метою визначення оптимальних параметрів і режимів її роботи; порівняльна оцінка робочих органів базової лущильної машини (ГРП-1) і експериментальної установки для лущення насіння сої методом зрушення сім'ядоль;
- проведення лабораторно-виробничих випробувань дослідного зразка лущильника насіння сої.

Для проведення експериментальних досліджень були розроблені методики, які ґрунтувалися на відомих методиках досліджень [13, 23]. В основу розроблених методик були закладені наступні основні принципи:

- метод повинен відповідати поставленій меті, а сформульовані завдання він повинен вирішувати простим і коротким шляхом;
- метод повинен відповідати сучасним уявленням про механізм досліджуваного процесу;
- метод повинен давати можливість суворого контролю всіх факторів сучасними вимірювальними приладами для забезпечення відтворюваності результатів експериментів.

3.2 Визначення фізико-механічних властивостей перспективних сортів насіння сої і продуктів їх лущення

Дослідження фізико-механічних властивостей вихідної сировини і продуктів лущення необхідно для виявлення найбільш значимих факторів, що впливають на результати відділення оболонки насіння сої методом зрушення сім'ядоль. Насамперед це розмірні характеристики (товщина, ширина, довжина), аеродинамічні властивості (критична швидкість), питома вага, абсолютна маса, форма, міцність [40]. Отримані результати фізико-механічних властивостей сировини і продуктів лущення оброблялися за допомогою відповідних методик і будувалися варіаційні криві, як розмірних характеристик так і критичних швидкостей компонента продукту лущення по досліджуваних сортах насіння сої. Результати досліджень фізико-механічних властивостей приймалися для вибору швидкості повітряного потоку аспіраційного каналу, при якій віддаляється соєва оболонка із продукту лущення. Результати фізико-механічних властивостей насіння сої і продуктів лущення використовувалися в проведенні складного багатфакторного експерименту.

Визначення фізико-механічних властивостей проводилося на основі досліджень перспективних сортів сої Жовтень, Зміна, Промінь надії, Соната, Даурія і Вега.

3.2.1 Методика визначення розмірних характеристик насіння сої

При вивченні розмірних характеристик вихідної сировини, кількість досліджуваного насіння сої приймається рівною 300 кожного сорту. Для вивчення розмірів насіння сої був спеціально виготовлений прилад для виміру лінійних розмірів насіння сої (товщина, ширина, довжина) (рис. 3.1).

Дослідженнями [5, 10] було встановлено, що для визначення характеру зв'язків, досить вивчити від 100 до 300 насінин сої. Для виявлення закономірності, яка оцінюється середнеквадратичним відхиленням і коефіцієнтом кореляції, необхідно брати 300 насінин із загальної сукупності вихідної сировини [53].

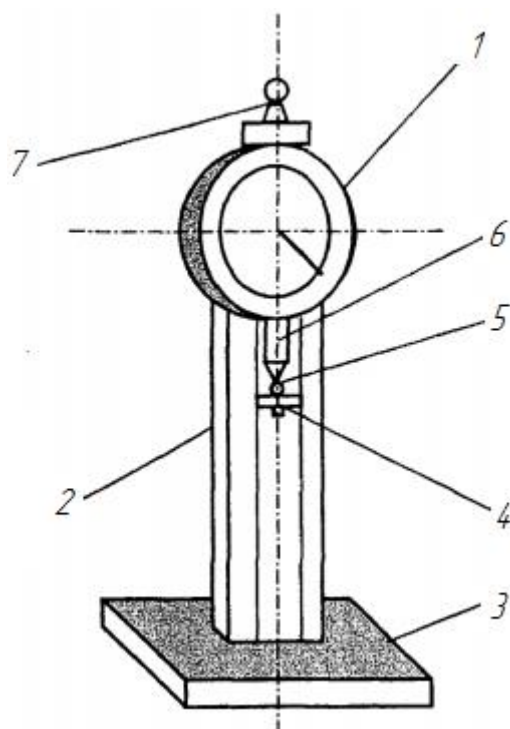


Рисунок 3.3 – Схема приладу для вимірювання лінійних характеристик насіння сої

Прилад складається з основи 3, стійки 2, на якій закріплюється індикаторна голівка 1 годинного типу ІЧ-1 з точністю виміру до 0,01 мм, столика 4, рухомого стержня індикатору 6, голівки рухливого стержня індикатору 7.

Можливості приладу для виміру дозволяють вивчати розмірні характеристики насіння зернових, круп'яних культур, сої, а також багатьох інших об'єктів дослідження.

Статистична обробка отриманих даних проводилася відповідно до відомих методик [3, 13]. Результати заносилися в таблицю і представлялися у вигляді варіаційних кривих.

Раніше проведені дослідження [24, 25] показують, що строки збирання і післязбиральної обробки зерна впливають на вологість вихідної сировини і її аеродинамічні властивості, враховуємо вологість при проведенні експерименту. Для цього керуємося вимогами ГОСТ 17109-88, де визначені наступні стани насіння сої по вологості:

Таблиця 3.1 – Стан насіння сої за вологістю

Стан	Вологість, %
Сухий	не більше 12,0
Середньої сухості	12,1 – 14,0
Вологий	14,1 – 16,0
Сирий	16,1 і більше

Соя підрозділяється на базисні і обмежувальні кондиції до 18 %. Виходячи з вимог ГОСТ 13979-68 і його методики була визначена вологість вихідного матеріалу.

З висушеного при 100 – 105 °С вихідної сировини беруть дві проби масою по 5 г кожна, зважуючи на вагах із записом результатів до 0,01 г. Масову частку вологи W у відсотках, обчислюють по формулі:

$$W = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m_1 - m_2}, \quad (3.1)$$

де m – маса порожньої бюкси в г;

m_1 – маса бюкси із пробною до висушування в г;

m_2 – маса бюкси із пробною після висушування в г.

За остаточний результат приймають середньоарифметичне двох визначень. Відносна похибка методу, знайдена в інтервалі від 2 до 20 %, становить 3,5 %. Припустимі розбіжності між максимальними і мінімальними значеннями при довірчій імовірності 0,95 не повинні перевищувати 10 % відносно середньоарифметичної величини. По цій же методиці визначаємо вологість оболонок насіння сої, попередньо перед сушінням знімається оболонка із сім'ядоль і зважується соєва оболонка. Потім результати зважування підставляються у формулу (3.1) і по ній визначається вологість оболонки насіння сої. Результати вологості сім'ядоль, соєвої оболонки й у цілому вихідної сировини заносяться в таблицю для використання при проведенні експериментальних досліджень.

3.2.2 Методика вивчення аеродинамічних властивостей насіння сої і продуктів їх лушення

Вихідна сировина для лушення в основному складається із цілого насіння сої середньої фракції з вологістю 10 – 12 %. А продукт лушення складається із сім'ядоль цілих і колотих, насінневої оболонки і мучки в наступному співвідношенні: 75 % – сім'ядолі, 14,9 % – соєва оболонка, 5 % – крупнодроблене насіння сої, 3 % – мілкодроблене насіння сої, 2 % – ціле не лушене насіння сої, 0,1 % – мучка. Усю роботу проводимо з використанням порціонного вітрильного класифікатора ППК, вагів ВЛТК-500, напороміру ТНТ-Н, секундоміра (рис. 3.2).

На практиці найбільше поширення одержали ознаки подільності компонентів, сировини і продукції по розмірах і коефіцієнту парусності [16]. Тому коефіцієнт парусності буде характеризувати аеродинамічні властивості компонентів вихідної сировини і продукції лушення, які нам необхідні для розрахунків оптимізації процесу аспірації для підвищення якості лушення насіння сої. Коефіцієнт парусності визначаємо по формулі:

$$k_{II} = \frac{KYF}{G}, \quad (3.2)$$

де G – маса частки;

K – коефіцієнт частки;

Y – щільність повітря (кг/с)/м²;

F – площа перетину частки.

Критичну швидкість $U_{кр}$ визначаємо по формулі:

$$U_{кр} = 4,04\sqrt{h_{д}}. \quad (3.3)$$

якщо $h_{д}$ в мм.рт.ст.

$$U_{np} = 1,28\sqrt{h_D} \quad (3.4)$$

якщо h_D в Па.

За дослідними даними будемо варіаційні криві по парусності компонентів продукту лущення. За допомогою варіаційних кривих у розділі 4 визначаємо робочу швидкість повітряного потоку, при якій буде забезпечуватися максимальне відділення домішок з найменшими втратами у відходи оболонки насіння сої і найменші втрати сім'ядоль [4, 8].

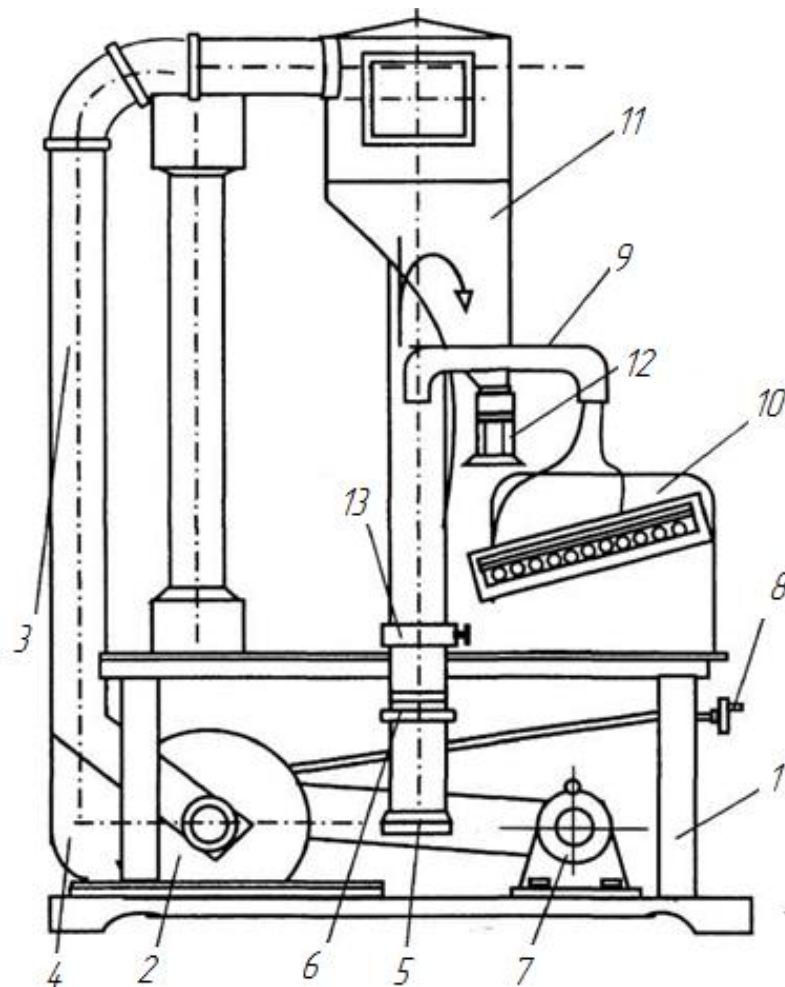


Рисунок 3.2 – Схема порціонного повітряного класифікатора

1 – стіл; 2 – вентилятор; 3, 4 – всмоктувальні і нагнітальні труби; 5 – робочий повітропровід; 6 – заслінка; 7 – електродвигун; 8 – регулятор напору; 9 – трубка Піто; 10 – тягонапомір; 11 – циклон; 12 – відстійник; 13 – обичайка.

3.3 Методика визначення залежності якості видалення насінневої оболонки від параметрів обладнання і властивостей сировини

3.3.1 Залежність якості видалення насінневої оболонки від характеристик поверхонь деки і вальця

Для проведення експериментальних досліджень нами була підготовлена експериментальна установка з одним прогумованим вальцем і рифленою металевою декою (рис.3.3).

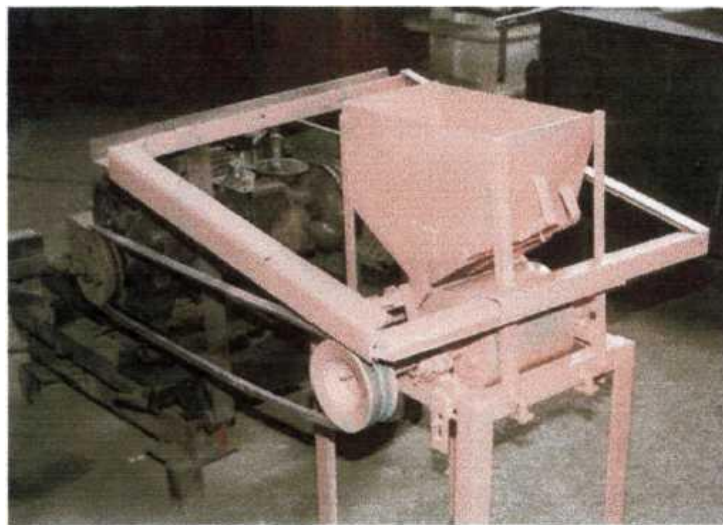


Рисунок 3.3 – Експериментальна установка для луцення насіння сої

Площа робочої зони металевої рифленої деки ми знаходимо по формулі, що визначає площа поверхні кульового сегмента:

$$S = \Pi(2r^2 + h^2). \quad (3.5.)$$

Робочі поверхні прогумованого вальця і рифленої металевої деки представлені на рисунку 3.4.

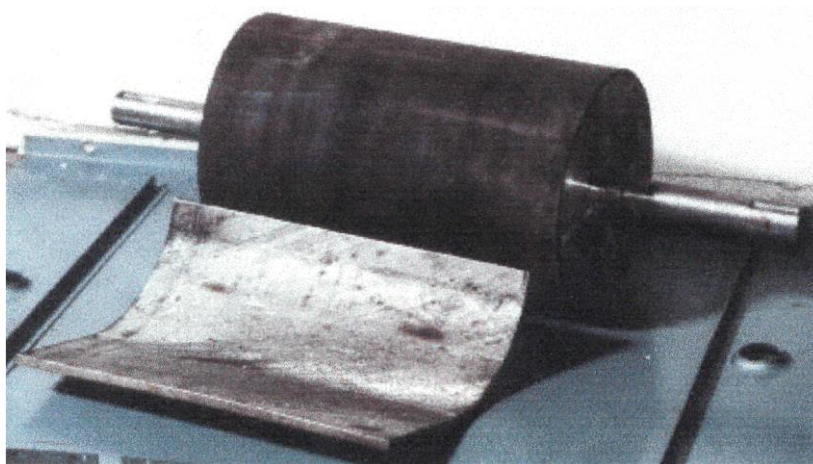


Рисунок 3.4 – Дека і валець луцильника насіння сої

1 – валець; 2 – дека; 3 – рифлена дека; 4 – прогумований валець.

При проведенні експерименту з металевою декою, що має гладку охоплюючу поверхню, у ході дослідів встановлено, що по площини деки йде проковзування насіння сої, що знижує ефект луцення. І тільки лише за рахунок збільшення коефіцієнтів тертя насіння сої при температурі 20 °С для гуми 0,36 і металевої деки (сталь) 0,178 [6] здійснюється відділення оболонки насіння сої з невисоким коефіцієнтом луцення.

Тому, для збільшення коефіцієнта луцення насіння сої, на площині деки наносилися рифлення радіусом 3 мм, тобто

$$\frac{1}{2}D_c + \frac{1}{2}d_p. \quad (3.6)$$

Враховуючи, занурення насіння сої при луценні у прогумовану частину вальця, зазор між вальцем і рифленою металевою декою, приймаємо для середньої фракції рівної 3 мм. При цьому необхідно врахувати твердість гуми, що також впливає на якість видалення насінневої оболонки. Підбираємо твердість гуми в межах 85 – 90 одиниць по Шору, що буде забезпечувати максимальну технологічну ефективність роботи прогумованого вальця 120 – 150 годин. Товщину гумового покриття вальця вибираємо з урахуванням технічних умов ГОСТ 17133-83. Для нашої конструкції приймаємо групу твердості підвищену (П) [29], у зв'язку з тим,

що передбачуване навантаження на установку складе 50 тон у рік. Керуючись всіма вихідними даними визначаємо оптимальну товщину гумового покриття вальця луцильника насіння сої рівну 10,5 мм. Оптимальним значенням коефіцієнта заповнення міжвальцевої зони вихідною сировиною слід вважати в межах 0,25 – 0,33. При цьому ефективність виділення соєвої оболонки складе не менше 94 %.

3.3.2 Залежність якості видалення насінневої оболонки від довжини контактної зони луцення

У розділі 2 теоретично обґрунтовані оптимальні розміри довжини контакту луцення насіння сої. Результати проведення лабораторних дослідів повинні підтвердити теоретичні дослідження пошуку оптимальної довжини контактної зони відділення соєвої оболонки, коли забезпечується ефективна робота луцильника насіння сої.

Керуючись формулою 2.4 ми можемо знайти час проходження насіння сої зони луцення:

$$t = \frac{\ell'''_л}{V_г}$$

Швидкість вальця регулювалася універсальним безступінчастим регулятором швидкості УРС-5 і вимірялася тахометром ІО-30. Зазори між робочими органами луцильника встановлювалися регулювальним обладнанням і вимірялися контрольними щупами 2, 3, 4 мм.

Сортування насіння сої по фракціях проводилася на насіннеочисній машині СВУ-5А. Маса наважки вихідної сировини і продукції після луцення визначалася за допомогою аналітичних вагів ВЛКТ-500М ГОСТ-24104-80.

Експерименти проводилися в наступній послідовності.

На початку встановлювалася дека з довжиною дуги 220 мм, потім 170 мм і 120 мм. (рис 3.4). Підготовлена вихідна сировина пропускала через робочі органи луцильника по фракціях для кожної деки. Для кожної деки змінювався швидкісний

режим роботи вальця і зазори між ними. Повторність дослідів трикратна. Статистична обробка отриманих результатів проводилася відповідно до прийнятої методики [13, 38].

За результатами експериментальних досліджень вибиралися оптимальні розміри деки і режими роботи лушильника, що забезпечують кращі умови для повноти відділення соєвої оболонки від сім'ядоль.

3.3.3 Визначення швидкості і рівномірності повітряного потоку по перетину камери при сепарації продукту лущення

При проведенні процесу лушення насіння сої на експериментальній установці, важливим елементом поділу проходової маси на лушпиння і сім'ядолі є спільна робота прогумованого вальця, деки і витяжного вентилятора (рис. 3.5)

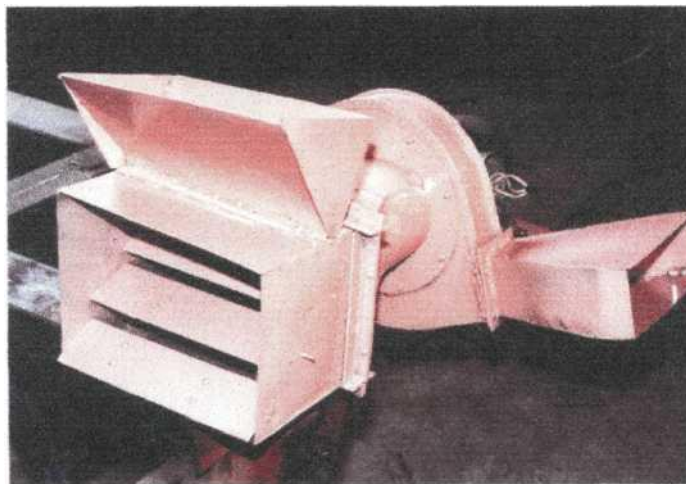


Рисунок 3.5 – Вентилятор витяжний

Повітряний потік перешкоджає влученню лушпиння, інших домішок, що мають меншу критичну швидкість ніж сім'ядолі насіння сої в одержувану продукцію.

Швидкість повітряного потоку – як один з факторів якості одержуваної продукції в ході лушення, регулювалась відкриттям заслінки на всмоктувальному вікні вентилятора, і вимірялася за допомогою рідинного напороміру типу ТНЖ і пневмометричних насадок (трубок Піто) (рис. 3.6).

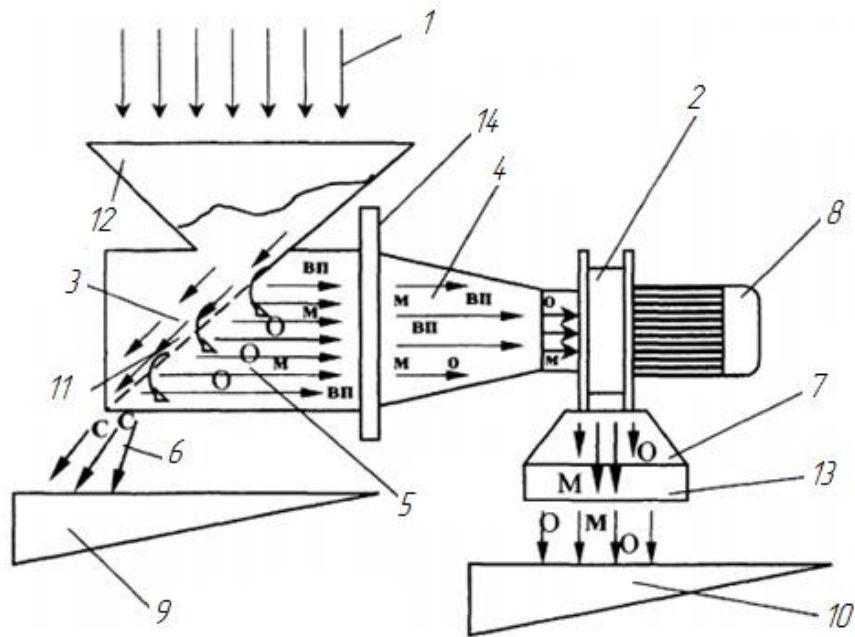


Рисунок 3.6 – Схема роботи витяжного вентилятора

1 – подача лушпильника переробленої маси; 2 – вентилятор; 3 – прохід маси через повітряний потік; 4 – повітряний потік з оболонкою насіння сої і мучкою; 5 – легкі домішки; 6 – сім'ядолі насіння сої; 7 – вихід легких домішок; 8 – електродвигун; 9 – бункер для готової продукції; 10 – бункер для соєвої оболонки і інших легких фракцій; 11 – заслінки; 12 – бункер для проходу соєвої маси по повітряному потоку; 13 – канал для виходу легких фракцій; 14 – канал подачі легких фракцій; С – сім'ядолі; О – оболонка; М – мучка; ВП – повітряний потік.

Рівномірність повітряного потоку по ширині робочого каналу визначалася відповідно до ГОСТ 710.2-83.

При знятті поля швидкостей повітряного потоку, площа конкретного перетину робочого каналу розбивалася на 12 ділянок. Виміри динамічного тиску по ділянках проводилися в 3-х кратній повторюванні. За середніми значенням динамічних напорів визначалася середня швидкість повітряного потоку в кожній точці перетину каналу по формулі:

$$V_{ср} = 4,04 \sqrt{hg_{ср}} \quad (3.7)$$

Критерієм оцінки якості поля швидкостей повітряного потоку ухвалюється коефіцієнт нерівномірності μ , обумовлений по формулі:

$$\mu = \frac{\delta}{V_{в.ср}}, \quad (3.8)$$

де δ – середнєквадратичне відхилення середнього значення вимірюваної швидкості ($V_{в.ср}$) потоку в перетині каналу.

Таким чином, за отриманими результатами вимірів і даним при обчисленні, по формулам (3.7), (3.8) будемо графічну залежність граничної відносної швидкості переміщення часток по сходах від швидкості повітряного потоку залежно від їхніх фізико-механічних властивостей, режимів роботи луцильника і вентилятора.

3.4 Методика лабораторно-виробничих випробувань дослідного зразка луцильника насіння сої

Лабораторно-виробничі випробування дослідного зразка луцильника для видалення оболонки насіння сої проводилися з метою вивчення його експлуатаційно-технологічних показників. Дослідний зразок стаціонарного типу використовувався в порівнянні з базовим луцильником ГРП-1 для рису із продуктивністю до 1 т/год., і встановленою потужністю 5,5 кВт. Схема дослідного зразка дана на рисунку, процес луцення описано в розділі 1.4.

Дослідний зразок луцильника складається з: живильника, прогумованого вальця, сталеві деки, аспіраційного каналу, вентилятора і приводу робочих органів. Привід робочих органів електричний, питома витрата електроенергії 1,5, кВт/год, продуктивність проходу насіння через робочі органи до 100 кг/год. Маса дослідного зразка 35 кг. Луцильник повинен забезпечувати вихідну сировину одержання очищеного матеріалу із припустимим матеріалом не очищеного насіння не більше 10 %. Втрати мілкодробленого насіння сої при аспірації не повинні

перевищувати 3 %. Залишок насінневої оболонки насіння сої в очищеному матеріалі при аспірації не перевищувати 5 %. Допускається дроблення сім'ядоль (ендосперму) насіння сої не більше 15 %.

Конструкція луцильника повинна відповідати вимогам ДСТ 146081-79 «Машини і устаткування для післязбиральної обробки, зберігання і переробки насіння».

Місця відбору проб для визначення якісних показників дані на рисунку 3.7. Проведення аналізів відібраних проб на якість лушення виконувалося відповідно до вихідних вимог «Обладнання для видалення оболонки насіння сої» [13]. Економічна оцінка дослідного зразка визначалася на основі результатів випробувань відповідно до методичних рекомендацій [75].

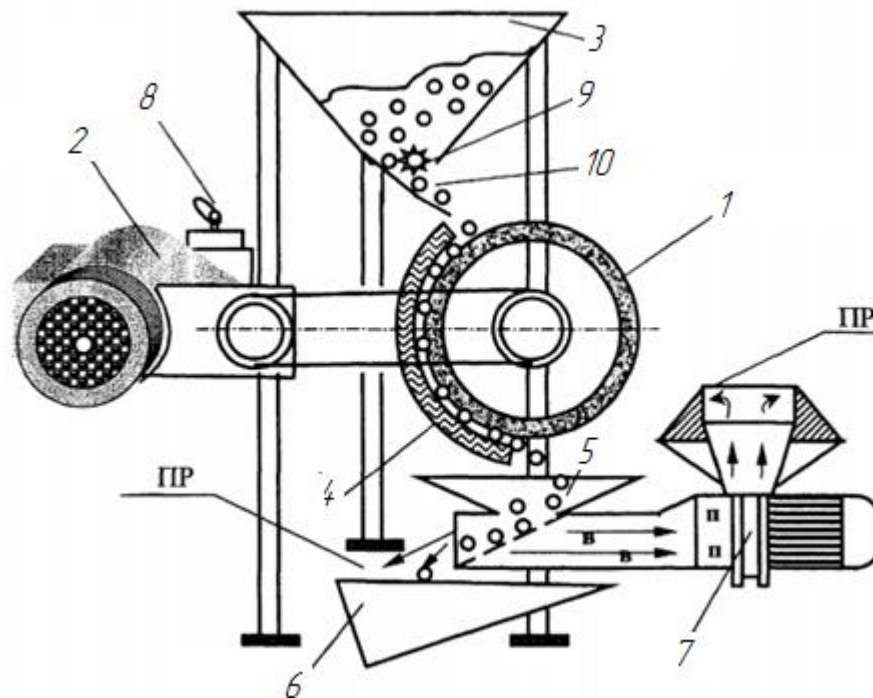


Рисунок 3.8 – Схема дослідного зразка обладнання для відділення оболонки насіння сої

1 – прогумований валець; 2 – електродвигун; 3 – бункер подачі вихідної сировини; 4 – рифлена металева дека; 5 – бункер приймання продукції лушення;
6 – бункер приймання лущеного насіння сої; 7 – витяжний вентилятор;
8 – регулятор обертів УРС-5; 9 – живильний вал; 10 – напрямна поверхня; ПР – місця відбору проб.

В експериментальних дослідженнях були використані наступні прилади (рис. 3.8):

- ваги лабораторні класу точності 2 з найбільшою межею зважування 200 г;
- шафа сушильна лабораторна з терморегулятором, що забезпечують погрішність підтримки температури не більше 3 °С;
- термометр технічний на 150 °С;
- стаканчики для зважування (бюкси) типу СН із конусом горловини 45/13 за ГОСТ 25336-82 або алюмінієві діаметром 50 мм і висотою 50 мм по нормативно-технічній документації;
- ексикатор 2-190 або 2-250;
- класифікатор з набором решіт;
- тахометр ІО-30;
- рівень ВУС5-1-11;
- рулетка 2 м.;
- секундомір;
- скло збільшувальне 3-х і 5-ти кратне;
- штангельциркуль;
- вимірник 1 метр;
- щупи 2, 3, 4 мм.;
- сушильна шафа СЕШ-3М (рис. 3.9).



Рисунок 3.8 – Прилади та інструменти, що були використані при проведенні експериментальних досліджень



Рисунок 3.9 – Сушильна шафа СЕШ-3М

Висновки до розділу

В даному розділі дипломної роботи було запропоновано програму та методику проведення експериментальних досліджень, до яких входило визначення фізико-механічних властивостей сортів насіння сої і продуктів їх лушення, визначення залежності якості видалення насінневої оболонки від параметрів обладнання і властивостей сировини, а також методика проведення лабораторно-виробничих випробувань дослідного зразка луцильника насіння сої

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Залежність якості видалення насінної оболонки від вологості вихідної сировини

Експериментальні дослідження проводилися відповідно до розроблених методик розділу 3.2. Досліджувалося насіння сої сортів Жовтень, Зміна, Промінь «Надії», Соната, Даурія, Вега врожаю 2022 року. Отримані результати представлені у вигляді таблиць.

Для проведення дослідів на експериментальній установці по визначенню впливу вологості насіння сої на результати лущення, готували вихідний матеріал з вологістю 8, 10 та 12 %. Після проведення 27 дослідів, основні характерні результати зводимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Порівняльний аналіз впливу вологості на якість лущення

№ досліду	Вихідний матеріал	Вологість, %	Розмір насіння, мм	Показники лущення					
	Насіння сої середньої фракції			Не лущеного насіння, %	Лущеного насіння, %	Половинок сім'ядоль, %	Кололих, %	Мучка, %	Лущиння, %
1	Без обробки	12	5	14	21	26,3	21,4	12,6	4,7
3	Середні без сушіння	12	5	-	48,6	39,2	0,4	0,6	11,2
6	Середні сушені	8	5	-	6,4	35,8	33,1	18,3	6,4
8	Середні зволожені сушені	10	5	26,5	14,3	21,7	23,4	11,8	2,3
18	Середні сушені	10	5	3,9	12,2	34,9	25,5	17,9	25,5
20	Середні зволожені сушені	8	5	29,8	15,1	18,8	24,3	17,9	4,1

Аналіз отриманих результатів свідчить, що оптимальним показником ефективного видалення насінневої оболонки є вологість насіння сої рівна 12 %.

Середні зволожені сушені насіння сої з різницею по вологості в 2 % мають різні показники після проходу через установку. Так в досліді № 8 при вологості вище на 2 % ніж в досліді № 20, відділення оболонки відбувається трохи гірше, у той час колотих сім'ядоль менше, а цілих сім'ядоль більше. У досліді № 3 найвищі показники лущеного насіння і половинок сім'ядоль. Результати досліду № 1 при вологості насіння сої 12 %, також вище ніж в досліді № 6, 8, 18, 20. У такий спосіб зниження вологості вихідної сировини нижче 12 % не поліпшує показники лущення насіння сої.

4.2 Вплив довжини контактної зони і фізико-механічних властивостей вихідної сировини на якісні показники роботи обладнання для лущення насіння сої

Важливим фактором у процесі лущення є контактна зона насіння сої між робочими органами лущильника, при якій забезпечується момент зрушення сім'ядоль. Експериментальні досліді проводили з метою визначення довжини зони контакту насіння сої з робочими органами лущильника. В експерименті досліджували і використовували результати роботи двох лущильників, один з яких із двома вальцями, інший з одним прогумованим вальцем і рифленою металевією декою. Вибір оптимальних розмірів робочих органів лущильника насіння сої дозволить оптимізувати процес лущення і підтвердити ряд пропозицій, що складають завдання досліджень.

Використовуючи результати експериментальних дослідів (таблиця 4.2), а також враховуючи основні параметри лущильних машин для лущення і шліфування круп'яних культур [35] вибираємо діаметр прогумованого вальця рівним 235 мм і ширину 385 мм.

Радіус рифлення на металевій деці приймаємо рівний $\frac{1}{2}$ діаметра насіння сої ($D = 2,5 - 3$ мм) [8, 9]. Враховуючи, занурення насіння сої при лущенні у футеровку вальця, зазор між прогумованим вальцем, що охоплює поверхнею рифленої металевією деки, приймаємо для середньої фракції насіння сої рівний 3 мм.

Поверхня гуми в межах 85 – 90 одиниць по Шору забезпечує максимальну технологічну ефективність і тривалість роботи прогумованого вальця 120 – 150 годин. Товщину гумового покриття вальця вибираємо з урахуванням технічних умов ГОСТ 17133-83. Товщину гумового покриття вальця лушильника насіння сої вибираємо рівну 10,5 мм. Оптимальними значеннями коефіцієнта заповнення міжвальцедекової зони насінням сої слід вважати 0,25 – 0,33 [48].

Експериментальні дослідження проводимо відповідно до методики, викладеної в розділі 3. Схема експериментальної установки показана на рисунку 2.2. і дослідного зразка на рисунку 3.7, а загальний вид у додатку 1.

Вихідну сировину готуємо із сорту сої «Вега» на машині СВУ-5А по фракціях: велика, середня, дрібна і несортована таблиця 4.2. Вологість насіння сої 9 – 12 %.

Таблиця 4.2 – Розміри насіння сої сорту «Вега» по фракціям (мм)

	Фракції			Насіння сої не сортоване
	Крупна	Середня	Дрібна	
l	7 – 8	6 – 7	5 – 6	6,9 – 8,0
b	6 – 7,3	5 – 6	4 – 5,7	6,4 – 7,3
t	6 – 7,5	5 – 5,5	4 – 5	5,7 – 7,5

де l – довжина, b – ширина, t – товщина насіння сої.

При деякому припущенні насіння сої мають форму кулі. Досліджувана сировина рівномірно подавалося на лушення з бункера живильним валиком, при деякому припущенні, розніманням сім'ядоль паралельно дотичним до поверхонь вальця і деки. Маса наважки становила 100 г. При проведенні експерименту величинами, що задаються (факторами) були: зазор між вальцем і декою R ; швидкість вальця (V_g); питома завантаження (H); площа деки (S_g). Маса 1000 насінин сої сорту «Вега» рівна 168 г.

Таблиця 4.3 – Фракційний склад вихідної сировини для луцення на експериментальній установці

Фракція насіння сої сорту «Вега»	Якісний склад насіння сої, %			
	Наявність лущеного насіння сої	Наявність не лущеного насіння сої	Наявність половинок сім'ядолей	Наявність колотого насіння сої
Крупна	99,0	0,5	0,3	0,2
Середня	99,6	0,1	0,1	0,2
Дрібна	99,9	-	-	0,1
Не сортована	98,5	0,5	0,2	0,2

Площа Міделевого перетину F насіння сої сорту «Вега» знаходимо [10] по формулі:

$$F = \frac{\Pi}{4} \cdot l \cdot b, \quad (4.1.)$$

де l – довжина насіння сої;

b – ширина насіння сої.

Дані беремо з таблиці 4.1 і підставляємо у формулу (3.20) одержуємо:
 $F = 34,7 \text{ мм}^2$.

Час проходження робочої зони визначається з формули (2.4). Швидкість вальця луцильників установлюємо 2,5 м/с, 3,5 м/с, 4,5 м/с. Зазори між вальцем і декою – 2, 3, 4 мм.

З таблиці 4.2 видно, що результати луцення насіння сої обладнанням із двома прогумованими вальцями не значно залежать від діаметра вальців. Разом з тим, використовуючи один прогумований валець і металічну деку з рифленнями, що його облягає, можна значно збільшити довжину контакту насіння сої без особливого збільшення прогумованого вальця. Використовуючи формулу (2.18):

$$\ell''_n = \sqrt{\frac{dD \times t_{об}}{d - D}},$$

де $D = 5$ мм або 6мм; $t = 0,25$ мм; $d = 6$ мм або 7 мм, тобто в залежності від розмірних характеристик насіння сої, збільшуємо діаметр рифлення на 1 – 2 мм у порівнянні з діаметром насіння сої. Підставляючи у формулу (2.18) абсолютні значення такі ж як у розділі 2 і одержуємо:

$$\ell''_л = \sqrt{\frac{5 \times 6 \times 0,25}{6 - 5}} = 2,74 \text{ мм}$$

Таким чином, довжина контакту $\ell''_л$ насіння сої з рифленням деки в 2, 5 рази більше ніж довжина її контакту при луценні двухвальцевим обладнанням (з формули 2.9) за умови діаметра вальця не більше 300 мм, товщина соєвої оболонки $t_{об} = 0,25$ мм і діаметра насіння сої $D = 5$ мм.

Таблиця 4.4 – Результати експериментальних досліджень процесу луцення насіння сої з використанням дослідного зразка із двома прогумованими вальцями

№ п/п	d вальця, мм	Показники луцення насіння сої (%)						Коефіцієнт луцення, %
		Нелущеного насіння сої	Лущеного насіння сої	Половинок сім'ядолей сої	Колотого насіння сої	Мучки від насіння сої	Оболонка насіння сої	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	220	-	39,8	25,1	24,0	5,9	5,2	94,7
2	220	-	7,8	27,7	32,5	27,1	4,8	94,1
3	220	9,7	17,7	23,6	22,4	21,9	4,8	84,6
4	220	11,1	34,8	23,0	16,3	9,8	4,9	82,9
5	220	-	16,1	34,9	25,5	17,9	5,5	94,0
6	220	-	24,8	15,6	45,5	6,7	5,0	92,2

Продовження таблиці 4.4

7	220	38,6	18,5	24,1	8,2	7,2	3,4	57,6
8	220	40,8	15,2	31,7	3,1	5,1	3,8	55,0
9	220	24,0	30,0	17,6	16,0	6,0	3,5	69,5
10	235	38,6	18,5	24,1	8,2	7,2	3,4	57,6
11	235	-	39,8	25,1	24,0	5,9	5,2	94,7
12	235	-	7,8	27,7	32,5	27,1	4,8	94,1
13	235	9,7	17,7	23,6	22,4	21,9	4,8	84,6
14	235	11,1	34,8	23,0	16,3	9,8	4,9	82,9
15	235	-	16,1	34,9	25,5	17,9	5,5	94,0
16	235	-	24,8	15,6	45,5	6,7	5,1	92,2
17	235	24,0	30,0	17,6	16,0	6,0	3,5	69,5
18	235	40,8	15,2	31,7	3,1	5,1	3,8	55,0

Таблиця 4.5 – Результати експериментальних досліджень процесу луцення насіння сої з використанням дослідного зразка з прогумованим вальцем і рифленою металевою декою

№ п/п	<i>d</i> вальця, мм	Показники луцення насіння сої (%)						Коефіцієнт луцення, %
		Нелущеного насіння сої	Лущеного насіння сої	Половинок сім'я долей сої	Колотого насіння сої	Мучки від насіння сої	Оболонка насіння сої	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	220	-	39,8	25,1	24,0	5,9	5,2	94,7
2	220	-	7,8	27,7	32,5	27,1	4,8	94,1
3	220	9,7	17,7	23,6	22,4	21,9	4,8	92,2
4	235	11,1	34,8	23,0	16,3	9,8	4,9	94,0
5	220	-	16,1	34,9	25,5	17,9	5,5	94,0
6	220	-	24,8	15,6	45,5	6,7	5,0	92,2
7	235	-	32,2	42,2	9,7	11,7	4,3	95,4
8	235	-	61,0	35,0	-	-	4,0	94,5
9	235	-	6,0	36,7	35,4	16,7	5,2	93,8

Основним показником ефективності луцення насіння сої є (2.1), (2.2), (2.3). Користуючись цими формулами і результатами експериментальних досліджень по визначенню оптимальної довжини зони луцення насіння сої (додаток 1) здійснюємо розрахунок ефективності луцення. Результати заносимо в таблицю 4.5. У ході експериментальних досліджень установлені залежності впливу змін довжини робочої зони луцильника насіння сої (ℓ'''_l) на результати роботи обладнання (таблиця 4.1).

З результатів експериментальних досліджень випливає, що найбільш оптимальною є довжина зони луцення рівна 235 мм, тобто довжині дуги металеві деки. У цьому випадку, при графічній побудові результатів луцення насіння сої (рис. 4.1), ми бачимо, що ефективність відділення соєвої оболонки характерна для всіх фракцій підготовленого соєвого вихідного матеріалу. Вихідний матеріал проходячи цей шлях між робочими органами луцильника трансформується в складову продукту луцення: сім'ядолі і соєву оболонку.

Таблиця 4.6 – Результати експериментальних даних за коефіцієнтом луцення насіння сої з прогумованим вальцем і рифленою металеві декою

ℓ'''_l мм	А	Б	В	Г
	Коефіцієнт луцення, %			
220 двовальцевий (ШШС)	87,1	80,8	71,1	86,4
235 двовальцевий (ШШС)	91,4	91,2	90,7	93,8
235 вальцедековий (ШШС1)	95,9	94,0	92,0	93,5

А залежно від фізико-механічних властивостей вихідної сировини, його підготовленості, параметрів і режимів роботи обладнання для луцення насіння сої, у продукті луцення можуть бути крупнодроблені, мілкодроблені сім'ядолі, мучка

і ціле насіння сої. Отримані експериментальні дані використовуємо для побудови графічних схем, що показують залежності, що впливають на результати лушення насіння сої їхні взаємозв'язки.

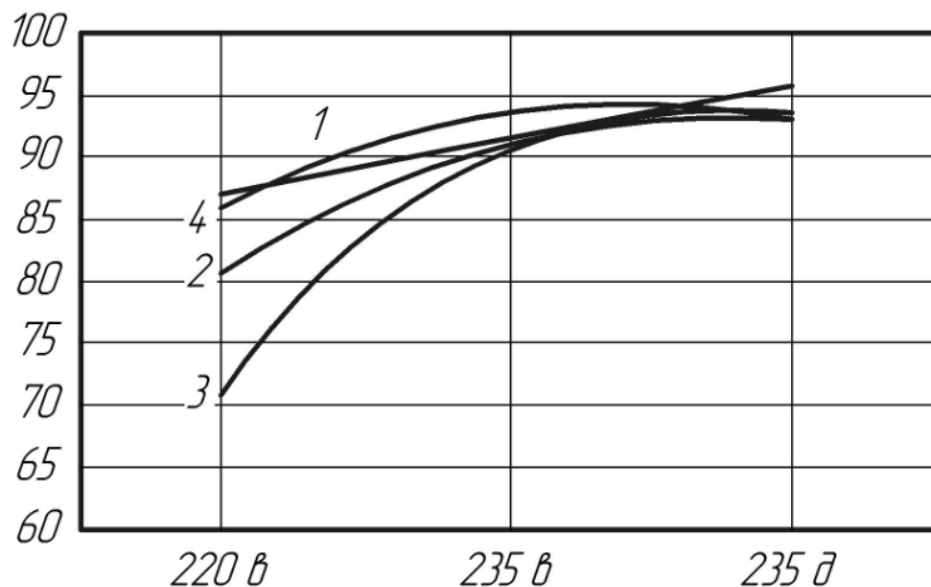


Рисунок 4.1 – Графік залежності коефіцієнта лушення від довжини дуги деки
1 – велика фракція насіння сої; 2 – середня; 3 – дрібна; 4 – несортоване насіння сої.

Результати лушення насіння сої сорту Вега показані на рисунку 4.2. Дослідження продукту лушення насіння сої показують, що в його складі містяться:

- 0,01 % – соєвої оболонки;
- 0,9 % – мучки;
- 8 % – мілкодроблених сім'ядоль;
- 10 % – крупнодроблених сім'ядоль;
- 76 % – цілих сім'ядоль;
- 5,0 % – цілого, не лущеного насіння сої.

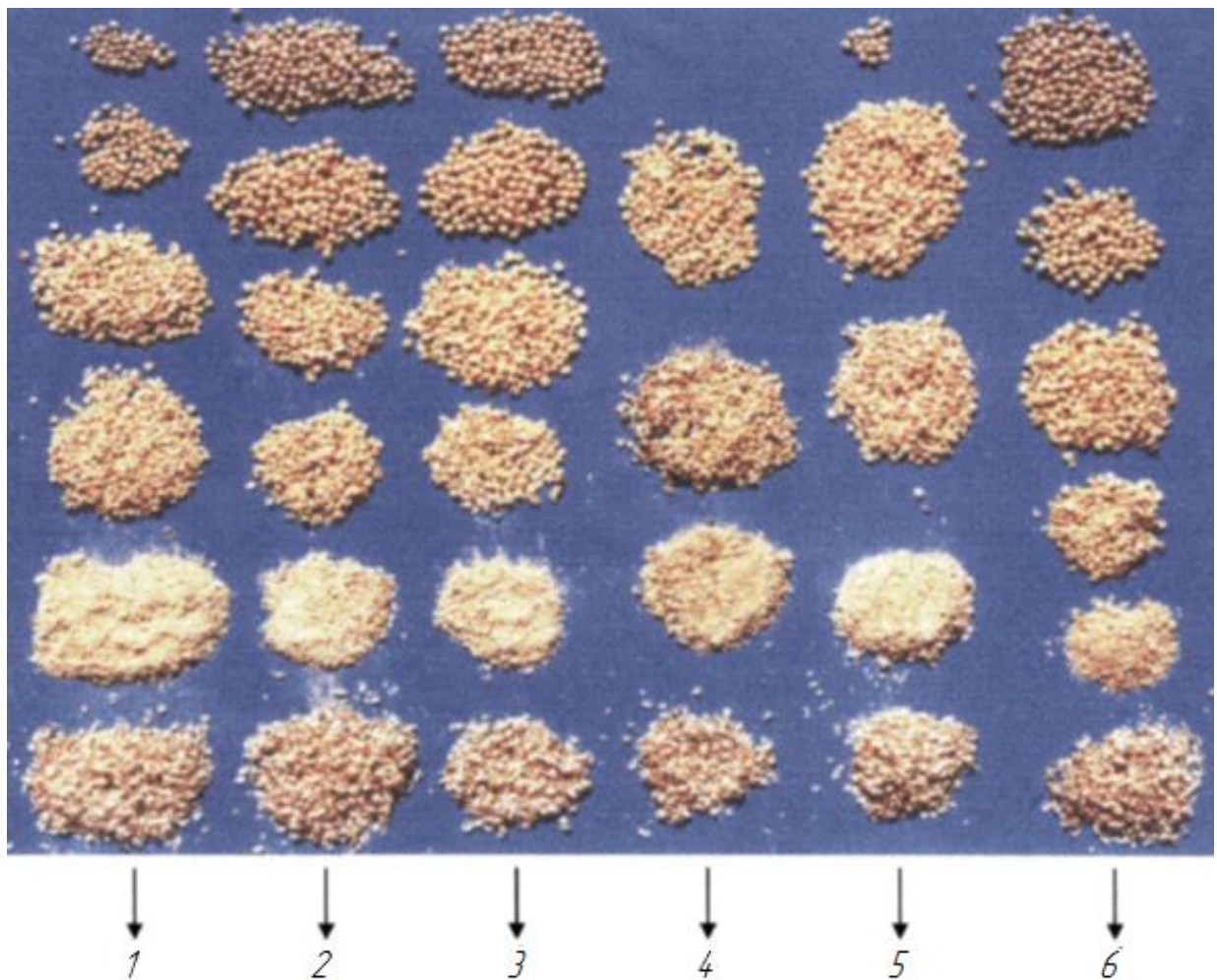


Рисунок 4.2 – Результати дослідження процесу лущення насіння сої сорту Вега при наступних показниках якості підготовки вихідної сировини і зазору між вальцем і декою:

1 – соя не сортована без сушіння, зазор між вальцем і декою 2 мм; 2 – соя не сортована без сушіння, зазор між вальцем і декою 3 мм; 3 – соя крупна без сушіння, зазор між вальцем і декою 3 мм.; 4 – соя крупна сушена, зазор між вальцем і декою 3 мм; 5 – соя середня, зволожена, сушена, зазор між вальцем і декою 2 мм; 6 – соя середня, зволожена, сушена, зазор між вальцем і декою 3 мм.

Найкращі результати лущення насіння сої отримані при експериментальних дослідженнях лущення насіння сої на дослідному зразку лущильника з прогумованим вальцем і рифленою металевою декою довжиною дуги 235 мм.

Висновки до розділу

За результатами лабораторних досліджень можна зробити наступні висновки:

Лабораторні випробування підтверджують теоретичні передумови про ефективність використання методу зрушення сім'ядоль при видаленні насіннєвої оболонки насіння сої.

Дослідження фізико-механічних властивостей насіння сої підтвердили необхідність їх сортування, ефективність застосування при луценні відмінностей між ними по їхніх розмірних характеристиках, особливо по товщині, для проведення оптимальних регулювань зазору між прогумованим вальцем і рифленою металевою декою. При дослідженні сорту Вега при середньому розмірі насіння сої по товщині відповідно 5,73 і 5,64 мм установлені для них розміри зазору між вальцем і декою 3,0, і 3,5 мм, а радіуси рифлень на деці 2,55 – 3,14 і 2,63 – 3,17 мм. При дотриманні цих умов коефіцієнт луцення насіння сої становив 94 %. Відмінність між насінням сої за розмірними характеристиками, за формою поверхні, аеродинамічними властивостям використовувалося при сепарації продукту луцення. Встановлено, що роздільне використання аеродинамічних властивостей і розмірних характеристик малоефективне для одержання якісних результатів луцення насіння сої.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка карти безпеки праці

Розробка карток безпеки працівників є важливим кроком у забезпеченні безпеки на робочому місці. Основне завдання картки безпеки – надати співробітникам необхідну інформацію про потенційні ризики та заходи безпеки, яких необхідно дотримуватися при роботі на заводі.

Основні елементи, які можуть бути включені в картку безпеки персоналу заводу з переробки насіння сої, показані на рис. 5.1.

<p>I. Характеристика умов праці</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Місце роботи – ділянка очистки зерна лінії з підготовки насіння сої на продовольчі потреби; 2. Вид робіт – очищення насіння сої сторонніх домішок; 3. Кваліфікація – оператор зерноочисного обладнання. 	<p>II. Вимоги технічних умов забезпечення безпеки праці</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Застосовувати засоби індивідуального захисту; 2. Освітленість робочого місця – 150 лк; 3. Повітряний обмін – 1000 м³/год.
<p>III. Індивідуальні засоби захисту на робочому місці</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Костюм, комбінезон бавовняний; 2. Ботинки шкіряні; 3. Головний убір; 4. Одяг повинен бути застебнутий на всі гудзики. 	<p>IV. Показники технологічного режиму та міри безпеки</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ефективність очистки – 95 %; 2. Частота коливань ситового корпусу – 125 кол/хв; 3. Наявність захисних кожухів обов'язкова; 4. Не допускається виконувати регулювання при увімкненому електродвигуні.
<p>V. Вимоги безпеки праці перед початком робіт</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Починаючи роботу працівник повинен перевірити справність машини; 2. Перевірити наявність та справність захисних огорожень приводів робочих органів; 3. Перед включенням зерноочисної машини переконатись, що нікому із присутніх біля машини не загрожує небезпека від рухомих частин і механізмів 	<p>VI. Вимоги безпеки при виконанні операції очистки зерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Роботи повинні виконуватись згідно заходів безпеки встановлених ДНАОП та існуючої на підприємстві документації. 2. До роботи на сепараторі допускаються, що досягли 18 років, пройшли навчання та всі види інструктажу з охорони праці, стажування і мають досвід роботи на даному обладнанні. 3. Забороняється проводити ремонтні роботи і очистку сепаратора не вимкнувши його від мережі і без повної зупинки робочих органів. 5. Дотримуватися правил електробезпеки, здійснювати контроль допоміжних захисних пристроїв та захисних огорожень.

Рисунок 5.1 – Картка безпеки праці оператора відділення очищення зерна лінії з переробки насіння сої для харчових потреби

Важливо, щоб всі співробітники були ознайомлені з картою безпеки і дотримувалися всіх рекомендацій і правил для забезпечення безпеки і запобігання можливих небезпек на підприємстві.

Фінансування заходів з охорони праці здійснюється за рахунок підприємства. Кошти будуть витрачені на оновлення протипожежного обладнання, засобів індивідуального захисту та спецодягу, а також на навчання працівників безпечним умовам праці. Для забезпечення нормального функціонування служби її фінансування становить 0,5% від фонду заробітної плати.

5.2 Утилізація відходів виробництва

Виробничий процес на підприємствах з виробництва харових продуктів має значний вплив на навколишнє середовище. Цей ефект можна охарактеризувати такими основними аспектами, як забруднення повітря в результаті викиду пилу і токсичних речовин, забруднення зернових продуктів, викиди стічних вод, промисловий шум.

1. Одним з найважливіших завдань у системі природоохоронних заходів ТОВ «ДАлекс» є забезпечення чистоти повітря, оскільки забруднення повітря є основною загрозою.

В процесі очищення зерна від домішок, а також при переміщенні зерен утворюється значна кількість мінерального та органічного пилу. Пил утворюється також при луценні насіння сої. Щоб запобігти винесення і забруднення пилу в атмосферу навколишньої території підприємства, на заводі передбачена система всмоктування, яка всмоктує пил з усіх точок випуску. Повітря надійно очищається циклонами і фільтрами різних конструкцій.

Прибирання пилу на підприємстві, включаючи дах будівлі, проводиться за графіком із зазначенням періодичності прибирання конкретної виробничої ділянки (щозміни, щодня, щомісяця, щокварталу та інше). Графік прибирання пилу затверджується директором підприємства.

Заходи з охорони навколишнього середовища ТОВ «ДАлекс» в першу чергу спрямовані на створення здорових і безпечних умов праці та побуту для співробітників, а також є ключовим фактором підвищення продуктивності праці.

Висновки до розділу

У цьому розділі кваліфікаційної роботи було розроблено карту безпеки праці для операторів зерноочисного цеху ТОВ «ДАлекс», обговорено та визначено методи утилізації відходів виробництва та вплив на екологічну безпеку в даній місцевості.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організація проведення дослідження

Метою проведення економічних розрахунків для демонстрації ефективності проведених досліджень є оцінка отриманих результатів і здійсненності проектів, що демонструють технології та обладнання для видалення оболонки з насіння сої з метою зниження втрат сировини, що переробляється і збереження їх корисних властивостей.

В результаті дослідження найбільш дорогими статтями кошторису є витрати на організацію дослідження: вартість прокатних станів, вартість дослідних зразків насіння, витрати на електроенергію, амортизацію і заробітну плату співробітників. Перелік завдань, передбачених в ході дослідження для встановлення впливу технологічних параметрів і режимів роботи вальцевої машини, наведено в таблиці 6.1.

Відповідно до плану дослідження будується мережевий графік – графічна модель, яка відображає майбутню роботу або процеси у вигляді окремих етапів і дозволяє розрахунками визначити оптимальний варіант її реалізації. На етапі впровадження мережеве розклад надає можливість оперативного управління ходом робіт (рис. 6.1).

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1	2	3
1-2	Обґрунтування вибраного напрямку досліджень	2
2-3	Літературний пошук	18
3-4	Розробка методик та послідовності виконання дослідів	5
4-5	Підготовка дослідних зразків насіння сої	2
5-6	Підготовка дослідного устаткування	23
6-7	Визначення розмірних характеристик насіння сої	2

Продовження таблиці 6.1

1	2	3
6-8	Визначення аеродинамічних властивостей оболонки насіння сої	2
6-9	Визначення впливу вологості на ефективність виділення оболонки	4
6-10	Визначення впливу довжини дуги деки верстата на ефективність процесу луцення	6
7-11	Обробка матеріалів експериментальних досліджень	1
8-11		1
9-11		3
10-11		2
11-12	Підготовка матеріалу до публікації	5
12-13	Формування демонстраційного матеріалу	4

Відповідно до плану проведення дослідження будується мережевий графік. На стадії реалізації сітьовий графік забезпечує можливість оперативного управління ходом виконання роботи (рис. 6.1).

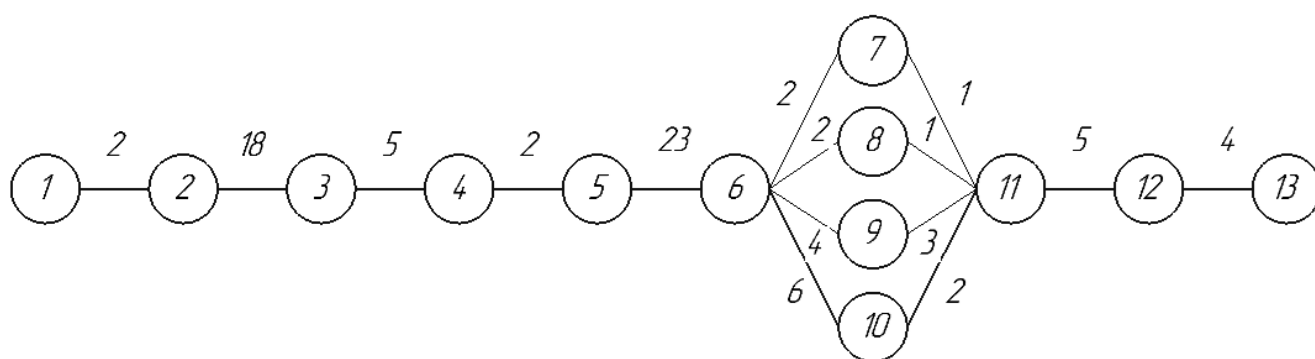


Рисунок 6.1 – Мережевий графік проведення дослідної роботи

Використовуючи сітьовий графік, знаходять повний шлях – тривалість послідовних робіт від початкової події до кінцевої.

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-11-12-13}^1 = 3 + 15 + 3 + 4 + 2 + 25 + 1 + 1 + 5 + 4 = 63;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-11-12-13}^2 = 3 + 15 + 3 + 4 + 2 + 25 + 3 + 1 + 5 + 4 = 65;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-11-12-13}^3 = 3 + 15 + 3 + 4 + 2 + 25 + 8 + 3 + 5 + 4 = 72;$$

Шлях з максимальною тривалістю називається критичним. У нашому випадку важливий 72-й прохід з періодом в 3 дні.

6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (6.5)$$

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_i – – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Насіння сої, кг	100	9,00	900,00
Всього			900,00

Заробітна плата людей, що приймали участь у дослідженнях, визначається множенням середньочасового заробітку працівника на кількість витраченого часу. Результати розрахунку наведені в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	8000	47,62	20	952,40
Всього				952,40

Нарахування на заробітну плату складають:

$$H = \frac{952,40 \cdot 22}{100} = 209,53 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (6.6)$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

K – коефіцієнт використання потужності ($K = 0,9$);

T – час роботи на установці, год;

a – тариф за електроенергію, грн/(кВт/год).

Затрати енергії на привід вальцедекового верстату складають:

$$E_{\text{вд.в.}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 1,68 = 43,55 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на привід аспіраційної установки складають:

$$E_{\text{а.у.}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 1,68 = 32,66 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на роботу персонального комп'ютера:

$$E_{\text{п.к.}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 56 \cdot 1,68 = 76,21 \text{ грн.}$$

Загальні витрати електроенергії складуть:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{вд.в.}} + E_{\text{а.у.}} + E_{\text{п.к.}} = 43,55 + 32,66 + 76,21 = 152,42 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію устаткування, що використовується в процесі проведення досліджень, розраховуємо за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (6.7)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість устаткування, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

12 – кількість місяців у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в табл. 6.6.

Таблиця 6.6 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Вальцедековий верстат	18380,00	20	3	30,21
Аспіраційна установка	5600,00	20	3	9,20
Персональний компютер	10800,5	20	7	41,42
Всього				80,83

Накладні витрати становлять:

$$\frac{(952,40 \cdot 80)}{100} = 761,92 \text{ грн.}$$

Кошторисвитрат на проведення дослідження наведений в табл. 6.7.

Таблиця 6.7 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	900,00
Заробітна плата	952,40
Нарахування на заробітну плату	209,53
Електроенергія	152,42
Амортизація	80,83
Накладні витрати	761,92
Всього	3057,10

Аналіз показав, що на першому місці стоять витрати на заробітну плату і витрати на основні матеріали.

6.3 Розрахунок вартості дослідження

Ціну досліджень розраховуємо за виразом:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.8)$$

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

P – нормативна рентабельність ($P = 30$), %.

$$Ц = 3057,10 + \frac{30 \cdot 3057,10}{100} = 3974,23 \text{ грн.}$$

Витрати на проведені дослідження становлять 3974,23 грн.

Висновки до розділу

Найбільшими є витрати на основні матеріали та витрати на заробітну плату, які складають 900,00 грн та 952,40 грн. Загальна вартість досліджень становить 3974,23 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведене вивчення вітчизняної й іноземної літератури досвіду у виробничій практиці підготовці насіння сої для переробці на кормові цілі теоретично підтвердили необхідність удосконалювання технології відділення соєвої оболонки методом зрушення сім'ядоль як перспективного й мало витратного методу.

Встановлено, що для підготовки насіння сої до проведення інактивації антипоживних речовин доцільно використовувати попереднє видалення соєвої оболонки, що дозволяє на 15 – 20 % знизити вміст антипоживних речовин у соєвому зерні.

В результаті проведених теоретичних досліджень було визначено переваги й недоліки існуючих технологій, конструктивно-технологічних схем лушчильників насіння сої й інших зернобобових культур вітчизняної й закордонної практики.

Вибрано найбільш ефективний і перспективний метод видалення насінневої оболонки насіння сої. Визначено основні теоретичні положення для одержання формул розрахунків параметрів і режимів роботи обладнання для видалення оболонки з насіння сої методом зрушення сім'ядоль і залежностей, що впливають на ефективність цього процесу.

Експериментальні дослідження процесу підготовки насіння сої для переробки на кормові цілі методом зрушення сім'ядоль виявили комплекс фізико-механічних, аеродинамічних властивостей і значення розмірних характеристик, необхідних для відділення соєвої оболонки насіння і одержання продукту лушення у вигляді різних фракцій готових до використання на кормові цілі. Це дозволило, використовуючи комплекс фізико-механічних, аеродинамічних властивостей і розмірних характеристик, що забезпечує якісне й продуктивне лушення соєвого насіння.

Лабораторні випробування підтверджують теоретичні передумови про ефективність використання методу зрушення сім'ядоль при видаленні насінневої оболонки насіння сої.

Дослідження фізико-механічних властивостей насіння сої підтвердили необхідність їх сортування, ефективність застосування при луценні відмінностей між ними по їхніх розмірних характеристиках, особливо по товщині, для проведення оптимальних регулювань зазору між прогумованим вальцем і рифленою металевою декою. При дослідженні сорту Вега при середньому розмірі насіння сої по товщині відповідно 5,73 і 5,64 мм установлені для них розміри зазору між вальцем і декою 3,0, і 3,5 мм, а радіуси рифлень на деці 2,55 – 3,14 і 2,63 – 3,17 мм. При дотриманні цих умов коефіцієнт луцення насіння сої становив 94 %.

Лабораторно-виробничі випробування підтвердили, що спільна робота прогумованого вальця, рифленої металевої деки й повітряного потоку забезпечує ефективно і якісно відділення соєвої оболонки й поділ продукту луцення на дві фракції: 1-ша – це ендосперм у вигляді луценого цілого насіння сої, сім'ядоль їх половинок і мучки; 2-га, що виділяється у відходи, оболонка насіння сої. Повнота відділення соєвої оболонки від ендосперму здійснюється при оптимальних значеннях зазору між прогумованим вальцем й рифленою металевою декою рівного 2 мм, кругової швидкості прогумованого вальця – 2,5 м/с і швидкості повітряного потоку витяжного вентилятора аспіраційного каналу – 3 м/с. Зі збільшенням зазору між прогумованим вальцем й рифленою металевою декою до 4 мм., при товщині соєвого зерна 5,5 мм, знижується ефективність луцення на 25 - 35 відсотків. Зі збільшенням подачі повітряного потоку понад 4,5 м/с у відходи починають надходити до 27 % мучки, колотого насіння сої й сім'ядоль.

Найбільшими є витрати на основні матеріали та витрати на заробітну плату, які складають 900,00 грн та 952,40 грн. Загальна вартість досліджень становить 3974,23 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Сирохман І.В. Безпечність і якість харчових продуктів (проблеми сьогодення) : підручник. Львів : Вид-во Львів. торг.-екон. ун-ту, 2019. 394 с.
2. Методи контролю продукції тваринництва та рослинних жирів: Навчальний посібник за заг. ред. Л. М. Крайнюк. 2-ге вид., перероб. і доп. Суми: ВТД «Університетська книга», 2009. 300 с.
3. Мерко І. М. Наукові основи і технології переробки зерна / І. М. Мерко, В. О. Моргун. Одеса, 2001. 280 с.
4. Богомолів О.В., Верешко Н.В., Сафонова О.М. Зберігання та переробка сільськогосподарської продукції: підручник. Харків: Еспада, 2008. 542 с.
5. Осокіна Н.М., Герасимчук О.П., Матвієнко Н.П. Технологія зберігання та переробки зерна: книга. ТОВ «Книга-плюс», 2012. 320 с. Управління якістю: навч. посіб. 2-е вид. / Д.П. Лойко, О.П. Вотченікова, О.П. Удовіченко, М.А. Котляр. Львів: «Магнолія – 2006», 2010. 240 с.
6. Жемела Г. П. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва / Жемела Г. П., Шемавньов В. І., Олексюк О. М. Полтава, 2003. 420 с.
7. Дацишин О.В. Технологічне обладнання зернопереробних та олій-них виробництв. Вінниця: Нова Книга, 2009. 488с.
8. Самойчук К.О., Паляничка Н.О., Верхованцева В.О. Технологічне обладнання галузі: конспект лекцій. Мелітополь: видавничо-поліграфічний центр «Forward press». 2020. Ч. 1. 255 с.
9. Ялпачик В.Ф., Ломейко О.П., Циб В.Г., Ялпачик Ф.Ю., Самойчук К.О., Олексієнко В.О., Шпиганович Т.О. Монтаж, експлуатація і ремонт машин та обладнання переробних підприємств: Навчальний посібник. Практикум. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2014. 320 с.
10. Aliiev E., Pavlenko S., Aliieva O., Morhun O. Accelerated biothermal composting of manure-compost mixture. *Agraarteadus, Journal of Agricultural Science*, 2021, XXXII (2): 169–181. DOI: 10.15159/jas.21.30

11. Aliiev E., Paliy A., Kis V., Paliy A., Petrov R., Plyuta L., Chekan O., Musiienko O., Ukhovskiy V., Korniiien L. (2022). Establishing the influence of technical and technological parameters of milking equipment on the efficiency of machine milking. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (115)), 44–55. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.251172
12. Sahay K.M. Unit operations in agricultural processing / K.M. Sahay, K.K. Singh // Vikas Publishing House Pvt Ltd, New Delhi. – 1994.
13. Singh K.K. Physical properties of sunflower seeds / K.K. Singh, T.K. Goswami // Physical properties of cumin seed. *J. Agric. Eng.* – 1996 – Vol. 64 – P. 93-98.
14. Lockett James F. (1982). Univeisal sorting apparatus. Патент США, кл. В 07 С. 5/342, НКИ 209/564, N4344539. Заявл. 05.05.78, N 903050. Опубл. 17.08.82.
15. Mohammad Reza Seifi, Reza Alimardani. (2010). Moisture-Dependent Physical Properties of Sunflower Seed (SHF8190). *Modern Applied Science*. Vol. 4, No. 7. Published by Canadian Center of Science and Education. P. 135-143.
16. Ghodsevali A., Vafaei, A. (2008). Studying of physical properties of sunflower in Golestan province. The fifth conference of agricultural machinery and mechanization, Mashad, Iran, 306 p.
17. Gupta R. K., Das, S. K. (1997). Physical properties of sunflower seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*. № 66. P. 1-8.
18. Sahebeh Jafari, Javad Khazaei, Akbar Arabhosseini, Jafar Massah, Mohammad Hadi Khoshtaghaza. (2011). Study on mechanical properties of sunflower seeds. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*. Volume 14. Issue 1. P. 1-11.
19. Chavoshgoli Es., Abdollahpour, Sh., Abdi, R., Babaie, A. (2014). Aerodynamic and some physical properties of sunflower seeds as affected by moisture content. *Agric Eng Int: CIGR Journal*. Vol. 16. No.2. P. 136-142.
20. Jafari S. (2008). Design and construction a laboratory sunflower seed dehuller machine. A thesis submitted to Graduate Studies Office in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Mechanic of Agricultural Machinery. Tehran, Iran, (in farsi).

21. Khodabakhshian R., B. Emadi, M. H. Abbaspour Fard. (2009). Aerodynamic properties of sunflower seed, kernel and its hull affected by moisture content and size, azargol variety as a case study. International Agricultural Engineering Conference, Bangkok, Thailand.
22. Clien C., Chiang, Y. P., Pomeranz, Y. (1989). Image analysis and characterization of cereal grains with a laser range finder and camera contour extractor. *Cereal Cliem.* № 6. P. 466-470.
23. Thomson, W. H., Pomeranz, Y. (1991). Classification of wheal kernels using three-dimensional image analysis. *Cereal Chem.* 68. № 34. P. 357-361.
24. Kiratiratanapruk K., Sinthupinyo, W. (2011). Color and texture for corn seed classification by machine vision. *Int. Symp. Intell. Signal Process. Commun. Syst. "The Decad. Intell. Green Signal Process. Commun. ISPACS.* P. 7-11.
25. Ronge R. V., Sardeshmukh, M. M. (2014). Comparative analysis of Indian wheat seed classification. *Icacci'14.* P. 937-942.
26. Mira Park, Jesse S. Jin, Sherlock L. Au, Suhuai Luo, Yue Cui (2009). Automated Defect Inspection Systems by Pattern. Recognition International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition. Vol. 2. No. 2. P. 31-41.
27. Відходи та безвідходне виробництво в харчовій промисловості : наук.-допом. бібліогр. покажч. двома мовами 1956 – 2020 рр. / [упоряд. І. М. Мельничук]; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. Київ, 2021. 110 с. Режим доступу: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/34268/1/Waste_and_waste-free_production_in_the_food_industry.pdf.
28. Aliiev Elchyn, Gavrilenko Alexander, Tesliuk Hennadii, Tolstenko Alexander, Koshul'ko Vitaliy (2019). IMPROVEMENT OF THE SUNFLOWER SEED SEPARATION PROCESS EFFICIENCY ON THE VIBRATING SURFACE. *ACTA PERIODICA TECHNOLOGICA (APTEFF)*, 50, 12 – 22. DOI: <https://doi.org/10.2298/APT1950012A> (Scopus).
29. Nykyforov, A., Antoshchenkov, R., Halych, I., Kis, V., Polyansky, P., Koshulko, V., Tymchak, D., Dombrovska, A., Kilimnik, I. (2022). Construction of a regression model for assessing the efficiency of separation of lightweight seeds on

vibratory machines involving measures to reduce the harmful influence of the aerodynamic factor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (116)), 24–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253657> (Scopus).

30. Землеробська механіка. Інноваційні технології харчових виробництв / А.С. Кобець, С.П. Сокол, А.М. Пугач, Ю.О. Чурсінов, О.А. Півоваров, С.Ю. Миколенко, О.С. Ковальова, В.С. Калина, В.С. Кошулько, Д.О. Тимчак, Н.А. Сова, К.А. Худайбердієва. Дніпро: «Свідлер А.Л.». 2022. Том 4. 460 с. (наукова монографія, ISBN 978-617-627-174-1).

31. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва / О.А. Півоваров, О.С. Ковальова, В.С. Кошулько. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с. (посібник, ISBN 978-617-95201-3-6).

32. ДСТУ 2240-93. (1993). Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови. Київ: Держстандарт України. 74 с.

33. Кириченко В. В., Петренкова, В. П., Кривошесєва, О. В., Рябчун, В. К., Маркова, Т. К. (2007). Ідентифікація морфологічних ознак соняшнику (*Helianthus L.* посібник). Харків: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УААН. 78 с.

34. ДСТУ 4138-2002. (2002). Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держстандарт України. 173 с.

35. Gorohivets N. A., Vedmedeva, E. V. (2016). Inheritance of epidermis pigmentation in sunflower achenes, *Cytol Genet.* Vol. 50, no. 2. P. 116-120. DOI: 10.3103/S0095452716020031.

36. Poliakova N.A., Vedmedeva, E.V. (2016). Inheritance of Anthocyanin Coloration Trait in Pericarp of Sunflower Seeds. *HELIA*. P. 81–90. DOI: 10.1515/helia-2016-0005

37. Заїка П. М. (2006). Теорія сільськогосподарських машин. Очистка і сортування насіння. Харків: Око. 407 с.

38. . Адамчук В. В., Прилуцький, А. Н., Заришняк, А. С., Степаненко, С. П. (2014). Концепція комплексного вирішення проблеми післязбиральної обробки і зберігання зерна в сільськогосподарських підприємствах України. В зб.:

Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ». Вип. 99. С. 40-56.

39. Бредихін В. В. (2003). Обґрунтування параметрів процесу вібропневмовідцентрового розділення насінневих сумішей за густиною насіння. Автореф. дис. канд. техн. наук. Харків. 20 с.

40. Дерев'янку Д. (2015). Дослідження ударної взаємодії травмування насіння поверхнею циліндричного решета вібросепаратора після його сходження з диска розподільника. Техніка і технології АПК. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, № 6 (69). С. 9-12.

41. Заїка П. М., Бакум, М. В., Михайлов, А. Д., Козій, О. Б. (2012). Сепарація насіння льону на вібраційних сепараторах. Вібрації в техніці та технологіях. № 3 (67). С. 106-111.