

**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 процесу сепарування насіння сої
на відцентровому конічному сепараторі**

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу,
групи МгХТз-1-22
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Віктор СЕРГІЄНКО

Керівник: _____ Вікторія КАЛИНА

Рецензент: _____ Світлана ЦИС

Дніпро 2024

**ДНПРОВСЬКИЙ 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)

«26» грудня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Сергієнку Віктору Федоровичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування процесу сепарування насіння сої на відцентровому конічному сепараторі».

Керівник роботи: Калина Вікторія Сергіївна, кандидатка технічних наук, доцентка, затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» грудня 2023 року № 4085.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 12 лютого 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: 1 Літературні джерела та періодичні видання. 2 Наукова та науково-технічна документація, що стосується питань післязбиральної обробки зернових та технічних культур, як насінневого так і харчового призначення, а саме що стосується питань високоефективного сортування насіння сої. 3 Нормативно-технологічна документація та правила ведення технологічних процесів на елеваторах. 4 Патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Стан питання і завдання дослідження. 2 Теоретичні дослідження процесу сортування насіння сої за сферичністю на відцентровому конічному сепараторі. 3 Методика 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 Аналіз стану питання. 2 Мета та задачі досліджень. 3 Теоретичні дослідження. 4 Обладнання та прилади для проведення 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	доцентка КАЛИНА Вікторія	26.12.2023	12.02.2024
5	доцентка КАЛИНА Вікторія	26.12.2023	12.02.2024
6	доцентка КАЛИНА Вікторія	26.12.2023	12.02.2024

7. Дата видачі завдання 26 грудня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	27.12-31.12.23	виконано
2	Стан питання і завдання дослідження	01.01-08.01.24	виконано
3	Теоретичні дослідження процесу сортування насіння сої за сферичністю на відцентровому конічному сепараторі	09.01-15.01.24	виконано
4	Методика експериментальних досліджень	16.01-22.01.24	виконано
5	Результати експериментальних досліджень	23.01-29.01.24	виконано
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	30.01-01.02.24	виконано
7	Організаційно-економічна частина	02.02-06.02.24	виконано
8	Загальні висновки та бібліографія	07.02-08.02.24	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	09.12.2024	виконано

Здобувач вищої освіти

_____ Віктор СЕРГІЄНКО
(підпис)

Керівник роботи

_____ Вікторія КАЛИНА
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи містить 76 сторінок друкованого тексту, 29 рисунків та ілюстрацій, 14 таблиць та використано 50 літературних джерела посилань.

Метою даної роботи є пошук способів інтенсифікації та підвищення якості процесу сортування насіння сої.

Об'єкт досліджень – процес сепарації насіння сої на конічній поверхні відцентрового сепаратора.

Предмет дослідження – встановлення закономірностей процесу виділення повноцінного насіння сої з врахуванням їх сферичності з конструктивно-технологічними параметрами обладнання.

Головною причиною зниження якості насіння сої є наявність в насінневому матеріалі роздрібнюваних, морозобійних, уражених плодожеркою та інших неповноцінних насінин, які за своїми розмірами та аеродинамічними властивостями мало відрізняються від повноцінного насіння сої, внаслідок чого виділення їх на існуючих зерноочисних машинах ускладнено. Наявність цього насіння веде до втрати врожаю до 20 %, що становить в середньому до 50 тис. тон зерна сої.

Для підвищення класності насіння сої в господарствах прагнуть збільшити число пропусків через комплекси, збільшити розміри підсівних решіт, підвищити швидкість повітряного потоку в пневмоканалі. Але цими заходами не в повній мірі вдається поліпшити якість насіння, збільшується кількість травмованого зерна, зменшується відсоток виходу повноцінного насіння, який в окремих господарствах не перевищує 40 %.

Ключові слова: РОБОТА, СЕПАНУВАННЯ, ВІДЦЕНТРОВИЙ КОНІЧНИЙ СЕПАРАТОР, НАСІННЯ СОЇ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ПОВНОЦІННЕ НАСІННЯ, ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА, СХОЖІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
1.1 Агротехнічні і технологічні вимоги, що висуваються до насіння сої	9
1.2 Стан післязбиральної обробки насіння сої	11
1.3 Машини та комплекси для післязбиральної обробки насіння	14
1.4 Фізико-механічні властивості насіння сої	17
1.5 Способи підвищення якості насіння і обґрунтування ознак подільності	21
1.6 Аналіз машин для розділення насіння за формою і станом їх поверхні	27
Висновки до розділу. Мета і завдання дослідження	31
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СОРТУВАННЯ НАСІННЯ СОІ ЗА СФЕРИЧНІСТЮ НА ВІДЦЕНТРОВОМУ КОНІЧНОМУ СЕПАРАТОРІ	33
2.1 Теоретичні основи процесу сортування соєвого насінневого матеріалу на конічному відцентровому сепараторі	33
2.2 Рівняння руху матеріальної точки по конічній поверхні відцентрового сепаратора	33
2.3 Порівняльна оцінка теоретичних і експериментальних результатів кута сходу частки β_c з конічної робочої поверхні	35
Висновки до розділу	36
3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	37
3.1 Методика визначення фізико-механічних властивостей насіння сої	37
3.1.1 Визначення розмірних характеристик насіння і коефіцієнта сферичності	37
3.1.2 Дослідження коефіцієнта опору руху насіння сої по площині	38

3.2	Методика досліджень характеру траєкторій насіння сої з різною сферичністю по конічному робочому органу	39
3.3	Методика визначення ступеня впливу основних чинників на процес сепарації	42
3.4	Оцінка ефективності роботи сепаратора	47
	Висновки до розділу	47
4	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	48
4.1	Фізико-механічні властивості насіння сої	48
4.1.1	Геометричні розміри і коефіцієнт сферичності насіння сої	48
4.1.2	Коефіцієнт опору руху зерна сої по площині	49
4.2	Характер траєкторій насіння сої різної сферичності по прогумованому відцентровому конічному робочому органу	51
4.3	Вплив кутової швидкості ротора на якість розділення насіння сої по сферичності	56
4.4	Оцінка ефективності роботи сепаратора	59
	Висновки до розділу	60
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	61
5.1	Розробка карти безпеки праці	61
5.2	Утилізація відходів виробництва на елеваторі ФГ «Фенікс-Агро»	62
	Висновки до розділу	63
6	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	64
6.1	Організація проведення дослідження	64
6.2	Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	65
6.3	Розрахунок вартості дослідження	69
	Висновки до розділу	69
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	70
	БІБЛІОГРАФІЯ	71

ВСТУП

Соя – одна з найстаріших сільськогосподарських культур в світовому землеробстві і відіграє важливу роль у вирішенні проблем дефіциту білка в харчуванні людей і тварин. Постійно зростаючі потреби промисловості в цій культурі диктують необхідність приділяти підвищену увагу виробництву сої в нашій країні і перш за все в Дніпропетровському регіоні. В останні три роки посівні площі під сою значно збільшилися, передбачається і подальше розширення посівів сої на Дніпропетровщині. Це дозволить довести виробництво цієї цінної культури до 350 тис. тон. Для виконання цього завдання необхідно впровадити інтенсивну технологію обробітку сої і підвищити якість насіння. Незаперечно, що врожайність сільськогосподарських культур в значній мірі залежить від якості посівного матеріалу. Насіння, як фактор врожаю, має свої особливості, головним з яких є те, що низька якість посівного матеріалу не може бути перекрито ніякими агротехнічними заходами. Більш того, при низькій якості насіння різко знижується ефективність всіх інших агроприйомів.

Якість насіння визначають чистою та біологічною вірівняністю, які досягаються в основному при з очищенні та сортуванні. Для посіву із загальної маси виділяють те насіння, яке відрізняється більш високою схожістю і енергією проростання, і при цьому дають одночасні сходи і високий урожай.

Головною причиною зниження якості насіння сої є наявність в насінневному матеріалі роздрібнюваних, морозобійних, уражених плодожеркою та інших неповноцінних насінин, які за своїми розмірами та аеродинамічними властивостями мало відрізняються від повноцінного насіння сої, внаслідок чого виділення їх на існуючих зерноочисних машинах ускладнено. Наявність цього насіння веде до втрати врожаю до 20 %, що становить в середньому до 50 тис. тон зерна сої.

Розробляються і удосконалюються зерноочисні та зерноочисно-сушильні комплекси для обробки насіння, однак питання повного виділення морозобійного,

ураженого плодожеркою та іншого неповноцінного насіння залишається до кінця не вирішеним.

Для підвищення класності насіння сої в господарствах прагнуть збільшити число пропусків через комплекси, збільшити розміри підсівних решіт, підвищити швидкість повітряного потоку в пневмоканалі. Але цими заходами не в повній мірі вдається поліпшити якість насіння, збільшується кількість травмованого зерна, зменшується відсоток виходу повноцінного насіння, який в окремих господарствах не перевищує 40 %.

Метою роботи є пошук способів інтенсифікації та підвищення якості процесу сортування насіння сої.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- обґрунтувати способи сортування насіння сої з метою виділення найбільш повноцінного насіння;
- розробити схему руху насіння сої по похилій поверхні сортувальної машини;
- провести експериментальні дослідження з обґрунтування технологічних і кінематичних параметрів процесу сортування насіння сої;
- виконати розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт досліджень – процес сепарації насіння сої на конічній поверхні відцентрового сепаратора.

Предмет дослідження – встановлення закономірностей процесу виділення повноцінного насіння сої з врахуванням їх сферичності з конструктивно-технологічними параметрами обладнання.

1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Агротехнічні і технологічні вимоги, що висуваються до насіння сої

З усіх культур, що вирощуються в нашому регіоні і надходять на післязбиральну обробку, соя є однією з найбільш засмічених.

Велика засміченість вороху призводить до низької якості очищення, сортування, високим механічним пошкодженням і великих втрат в відходи через 2 – 3 пропуски через очисні і сортувальні машини.

При підготовці насінневого матеріалу до вороху пред'являються наступні агротехнічні вимоги: наявність в купі насіння сої – (72 – 92 %), морозобійного насіння – (до 10 %), органічних домішок – (1 – 2 %), насіння смітних рослин – (2 – 5 %), подрібненого насіння сої – (4 – 8 %), мінеральних домішок – (9 – 18 %) [35].

Для отримання високоякісного насінневого матеріалу необхідно з купи виділити насіння сої, що володіють високими біологічними властивостями: гарною схожістю, достатньою енергією проростання і життєздатністю. У зв'язку з тим, що прибирання сої ведеться в пізні терміни при невеликій вологості насіння (10 – 15 %), зерно практично не сушать, а основними операціями є очищення і сортування. Для цього, згідно агротехнічним вимогам, посівний матеріал необхідно вирівняти за розмірами і абсолютній масі, очистити від сторонніх домішок: уражених плодожеркою, шкідниками і хворобами, морозобійного, битого насіння, а також насіння бур'янів та інших культурних рослин.

Винос повноцінного насіння у відходи при підготовці насінневого матеріалу не повинно перевищувати 10 %.

Па насіннеочисних приставках обробляють насіння, засмічені домішками до 3 %, зернових домішкою іншої культури до 5 %, вологістю до 20 %. Вміст повноцінного насіння основної культури у відходах не повинно перевищувати 5 % без використання пневматичного сортувального столу і 15 % при його використанні. Зниження схожості не допускається, дроблення насіння не повинно бути більше 0,2 % [35].

Опрацьований матеріал ділиться на наступні фракції: первинна обробка – (оброблене зерно, легкі і великі відходи); вторинна очистка – (очищене насіння, насіння другого сорту, фуражні відходи, сміттєві домішки з незерновими відходами).

Насіння посівних фракцій повинно бути затарене в мішки і забезпечено етикетками із зазначенням репродукції, сортової чистоти і класу посівних якостей.

Зберігають насіння на піддонах в складах з асфальтованою або бетонною підлогою. Висота штабеля не повинна перевищувати восьми мішків. Проходи від стін і між штабелями повинні бути не менше 0,7 метра, а з проходами для технічних операцій – не менше 1,5 метра. При зберіганні насіння насипом висота його не повинна перевищувати 1,5 метра [28].

Згідно ДСТУ 2240-93 за посівними якостями, насіння сої ділиться на три класи (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Посівні якості насіння сої (ДСТУ 2240-93)

Клас	Чистота насіння, %	Вміст насіння інших рослин на 1 кг, шт. не більше		Вміст насіння, % не більше, уражених		Схожість, % не менше	Вологість, % не більше
		всього	в т.ч. бур'янів	фузаріозом	сім'ядольні бактеріозом		
1	98	10	5	5	10	90	14,0
2	95	15	5	5	10	85	14,0
3	92	25	15	5	10	80	14,0

Клас встановлюється на основі показників чистоти, схожості і вологості, а також враховується ураженість насіння хворобами.

За сортовою чистотою насіння діляться на три категорії: 1, 2, 3, які повинні відповідати вимогам, зазначеним в таблиці 1.2 [28].

Таблиця 1.2 – Сортова чистота насіння сої (ДСТУ 2240-93)

Категорії	Сортова чистота, % не менше
1	99,6
2	98,0
3	95,0

Результати післязбиральної обробки багато в чому залежать від складу насіння сої, що надходить на очистку і від наявності в ньому важковідокремлюваних домішок (морозобійних, битих, виїдених шкідниками і уражених хворобами насіння сої, насіння гороху і насіння характерного для посівів сої бур'яну – нетреби). Наявність цих домішок в насінні сої може змінюватися у великих межах по роках і господарствам і залежить від природно-кліматичних умов року, культури землеробства, режимів обмолоту при збиранні та інших причин [22].

1.2 Стан післязбиральної обробки насіння сої

Використання для посівів високоякісного насіння має пріоритетне значення в підвищенні врожайності сільськогосподарських культур. Це доведено наукою і практикою землеробства і сьогодні є істиною. Тому, підвищення посівних якостей насіння є важливим завданням працівників агропромислового комплексу.

Головною умовою, що забезпечує отримання якісного насіннєвого матеріалу, є очищення від домішок і відбір для посіву найбільш повноцінного насіння.

Зернова маса, що надходить на обробку від комбайнів, може володіти високою вологістю, містити насіння основної культури, інших культурних і бур'янів, домішки органічного і мінерального походження, а також неповноцінні (щуплі, биті, подрібнені, морозобійні, уражені плодожеркою та ін.) зерна. Тому основне призначення обробки – доведення зернового матеріалу до необхідної

якості шляхом видалення зайвої вологи, насіння інших культур, неповноцінного зерна, бур'янів і різних домішок.

Прибирання сої проводиться зерновими комбайнами, конструкції яких не в повній мірі відповідають фізико-механічними властивостями насіння сої, тобто не повністю відповідають біологічним і агротехнічним вимогам збирання цієї культури [22].

За даними [26] насіння, що надходить від комбайнів, включає ціле зерно (74,0 – 84,2 %), насіння щуплі і недорозвинені (до 12 %), насіння биті уздовж (0,55 – 4,0 %), поперек (0,36 – 3,70 %), мілко подрібнене (0,35 – 4,18 %), насіння загнивші і виїдені шкідниками (до 10 %), морозобійне насіння (12 – 25 %), травмовані (15 – 20 %), створи бобів (0,07 – 0,79 %), насіння нетреби (1,03 – 4,16 %) до 400 шт/кг, невимолочених бобів (0,25 – 1,33 %), великі частини стебел 20 – 60 мм (0,12 – 0,66 %), полова і дрібна органічна домішка (0,12 – 1,20 %), пил і дрібне насіння трав (0,30 – 2,90 %), грудочки землі (0,22 – 1,15 %), культурні домішки (0,07 – 0,36 %).

Склад вороху за основними компонентами не залишається постійним і залежить від кліматичних умов, якості підготовки ґрунту, строків збирання, регулювання комбайна під час збирання, стану посівів та інших факторів.

В ході збирання чистота насіння сої може значно підвищуватися: на початку збирання вона становить 50 %, до кінця – 54 – 64 % [43]. Причина в тому, що до кінця збирання сої основна маса насіння бур'янів встигає дозріти і осипатися. Кількість же насіння, що загнило і виїдене шкідниками збільшується з 0,57 до 1,95 % [18], морозобійних до 20 % [17]. За даними [17, 26], найбільш важковідокремлюваними компонентами вороху сої є насіння биті поперек, недорозвинені, травмовані, морозобійні.

Аналіз робіт [17, 26] по післязбиральній обробці насіння сої показав, що насіння морозобійне, недорозвинене, уражене шкідниками і хворобами, незначно відрізняються за своїми розмірами і аеродинамічними властивостями від повноцінного насіння сої, внаслідок чого виділення їх на існуючих зерноочисних машинах ускладнено.

На існуючих зерноочисних машинах і комплексах шляхом підбору решіт можна виділити більшу частину (до 70 – 90 %) роздрібнюваного уздовж і поперек, дрібного і щуплого, а також частина морозобійного насіння [43]. Дрібне, дроблене уздовж і поперек зерно виділяють на решетах з довгастими отворами шириною від 3,5 до 5,0 мм з класом поділу 0,2 – 0,3 мм, згідно ДСТУ 2240-93.

Морозобійне насіння частково можна виділити на трієрах [42], а також на решетах з круглими отворами [43].

Внаслідок широкого застосування різних механізмів на всіх етапах збирання та післязбиральної обробки зернових культур і сої спостерігається великий відсоток механічно пошкоджених насіння. Зі збільшенням продуктивності агрегатів травмування зернового матеріалу зростає прямо пропорційно і доходить до 12 % за один пропуск, що може знизити врожайність насіння більш ніж на 1 ц/га [48]. Аналіз якості посівного зерна сої в господарствах області показав, що в насінневому матеріалі міститься від 10 до 23,3 % насіння з механічними пошкодженнями [19]. У великій кількості робіт розглядаються питання зниження травмування зерна і виділення його з насінневого матеріалу [1, 10].

Найбільш поширеними ознаками очищення і сортування, використовуваними в сучасних зерноочисно-сортувальних машинах, є розмірні і аеродинамічні властивості. Доведення посівного матеріалу до високих посівних кондицій, з використанням традиційних методів і засобів, пов'язане з певними труднощами, так як неповноцінне насіння незначно відрізняються за розмірами і аеродинамічними властивостями від повноцінного насіння культурних рослин.

Не завжди можна виділити ті чи інші домішки, використовуючи тільки один робочий орган. Але, використовуючи комбінацію цих властивостей [35], а також інші фізико-механічні властивості, як ознаку подільності, можна практично вирішити завдання відокремлення важковідокремлюваних домішок з невеликими втратами основного матеріалу. Важче виділити неповноцінне насіння основної культури. Дане насіння не приносять користі як насінневий матеріал, але мали б фуражну або продовольчу цінність.

Успішний переклад насінництва на промислову основу, збільшення виробництва і поліпшення якості насіння неможливо без дальшого розвитку матеріально-технічної бази для післязбиральної обробки насіннєвого зерна на основі індустріальних технологій з використанням досягнень науки, техніки і передового досвіду [11].

1.3 Машини та комплекси для післязбиральної обробки насіння

Розробками теоретичних основ для створення високопродуктивної зерноочисної техніки займалися багато вчених. Великий внесок у вирішення проблем сепарування зерна вніс основоположник вітчизняної землеробської механіки В.П. Гарячкін, а також його учень М.П. Летошнев, присвятивши свої праці проблемам виявлення закономірностей роботи сепарувальних органів зерноочисних машин.

Вітчизняна промисловість для очищення і сортування насіння випускала зерноочисні агрегати і комплекси ЗАВ-20, ЗАВ-40, КЗС-20Ш, КЗС-40Ш, КЗС-50, КЗС-100, КЗР-5, які можуть бути обладнані приставками СПЛ-5 і СП-10. У господарствах також є в невеликій кількості спеціальні насінняобробні поточкові лінії на базі машин німецької фірми «Петкус».

В даний час в ВАТ «Зерноочистка» випускаються комплекти вдосконалених зерноочисних агрегатів ЗАВ-20У і ЗАВ-40У [38], виготовляються зерноочисні машини ОЗС-50, МПУ-70, МВУ-1500, ЗД-10000А [12].

Післязбиральна обробка насіння сої вимагає до себе підвищеної уваги. Дана культура легко травмується, а наявність значної кількості морозобійного, уражених плоджеркою та травмованого насіння різко знижує його схожість.

На очищенні і сортуванні зерна використовують пересувні машини ОВС-25, ОВП-20Л, СМ-4 і пересувні машини, скомплектовані в поточні лінії, а також типові комплекси. Зазвичай машини пересувного типу використовують в період максимального надходження зерна з полів і обробляють ворох в буртах на відкритих майданчиках. Складніше справа відбувається з насінням сої. Комплекси

і агрегати виділяють різні домішки, але при цьому спостерігається значна кількість подрібненого насіння на виході і високий відсоток втрат повноцінного насіння в відходи, погано виділяється морозобійне насіння [17].

Зерноочисні машини ОВС-25, ОВП-20Л і СМ-4 мають специфічні недоліки при обробці насіння сої. Основні з них: недостатньо точна швидкість повітряного потоку в повітряних каналах аспірації, погана очистка решіт від нетреби звичайної, необхідність мати кінематичний режим роботи решітного стану більш спокійний, що пов'язано відривом насіння від решета, так як на сої використовуються решета з круглими отворами. Збільшення частоти коливання решітного стану призводить до вібрації решітних полотен і порушення процесу сепарації [36].

Технологія післязбиральної обробки сої включає:

- попереднє очищення вороху з використанням машин попереднього очищення (ЗД-10.000, К-525, К-527, МПО-50, ЗСМ-50, ЗСМ-100, ЗВ-50), а також ворохочосників (ОВП-20А, ОВС- 25);
- сушка вороху соєвого насіння;
- первинна очистка вороху з використанням зерноочисних машин (ЗАВ-10.30, ЗВС-20А, К-527, Р8-БЦС-50);
- трієрування насіння з використанням трієрних блоків (ЗАВ-10.90А, БТ-10, К-236);
- вторинна очистка насіння з використанням насінняочисних машин (СВУ-5, К-547А, СВУ-10, СВУ-517, СМ-4);
- очищення насіння на спеціальних машинах (пневмосортувальні столи ПСС-2,5, СПС-5, Б ПС-3,0 і пневмосепаратор СП-5) [22].

При обробці на агрегатах типу ЗАВ матеріал піддається дії 4 – 6 транспортерів, 2 – 3 сепараторів і 2 – 4 бункерів. Насіння основної фракції проходять сумарний шлях по насіннепроводу від 8 до 25 м, 11 – 16 разів змінюючи напрямок руху. Якщо насінневий матеріал обробляється на насінняочисних приставках, то його додатково травмують дві норії, три сепаратора і бункер. При цьому він додатково проходить по насінняпроводам до

25 м, 31 раз змінюючи напрямок потоку. На КЗС зерновий матеріал долає по зернопроводах до 60 м, зазнаючи до 80 змін напрямку потоку [48].

За прийнятою в нашій країні технології зерно і особливо насіння неодноразово очищаються на однотипних робочих органах, в зв'язку з чим, вихід насіння становить 40 – 50 %. За рахунок збільшення розмірів сортувальних решіт і швидкості повітря в повітряних каналах вдається трохи підняти схожість, але додаткові пропуски через транспортувальні робочі органи травмують сою, тому кількість некондиційних по виходу основної культури (подрібнені і травмовані) складають 25 – 30 % [15]. В окремі роки посівний матеріал має 70 – 80 % схожості, що не вкладається в агротехнічні вимоги навіть 3 класу [36]. У роки з несприятливими погодними умовами з усієї маси заготовленого насіння, лише 72 % відповідало 1 – 3 класів стандарту [34].

ВНДІ сої розробив спеціалізовану насіннеочисну лінію з набором машин, що забезпечують за один прохід очищення вороху від значної кількості хворого, битих, морозобійного насіння а також важковідокремлюваних домішок, специфічних для сої бур'янів, доведення насіння до кондиційної вологості і чистоти.

Дослідженнями встановлено, що посів неякісними насінням, навіть при дотриманні оптимальної норми, веде до різкого зниження густоти рослин і врожайності. За даними ВНДІ сої [26], зниження лабораторної схожості насіння сої на 12 % призводить до зниження урожайності на 3 ц/га.

За даними [28], зниження схожості тільки на 1 % призводить в цілому по області до додаткової витрати 450 т насіння сої. В господарствах, що мають якісне насіння, витрати по їх витраті на гектар посіву і собівартість виробництва нижче майже на 10 %, врожайність від збільшення висіву кондиційного насіння піднялася на 11,5 %.

Перспективними, у вишукуванні нових способів сортування насіння сої, можуть бути сепаратори, що розділяють сипучі суміші на фракції але формою і властивостями поверхні складових їх частинок (відцентрові сепаратори [26]).

1.4 Фізико-механічні властивості насіння сої

У зв'язку з тим, що впорядкувати насіння безпосередньо по біологічним властивостями практично не представляється можливим, проблему виділення біологічно цінного насіння вирішують побічно, за різними фізико-механічним ознаками, які найбільш яскраво виражають ці властивості.

Фізико-механічні властивості насіння змінюються в широких межах і залежать від багатьох факторів: виду і сорту культури, кліматичних умов, зони зростання, ґрунту і його обробітку, вологості зерна і інших чинників. На відмінності цих властивостей ґрунтується очищення і сортування насіння.

До фізико-механічними властивостями відносяться: товщина, ширина, довжина, питома вага, абсолютна маса, форма, парусність і, інші властивості поверхні.

Насіння можуть мати форму кулясту, округло-плоску, овальну, еліпсоїдну, ланцетну, тригранну, ниркоподібну.

Поверхня насіння може бути ребристою, зморшкуватою, шиповатою, горбкуватою, бороздчатою, ямчатою, гладкою, опущеною. Щуплі насіння мають велику шорсткість в порівнянні з нормальними і меншу питому вагу.

Найбільш повно і глибоко вивчені розмірні характеристики і аеродинамічні властивості повноцінного, морозобійного і подрібненого насіння сої. З смітних домішок вороха сої є дані по критичній швидкості великоплідних бур'янів (насіння нетреби) і частинкам стебел, створок бобів. Менш вивчені щільність, властивості поверхні, форма і інші характеристики цих фракцій [38].

Для визначення можливості поділу зерна на фракції, необхідно проаналізувати кореляцію ознак між собою [26]. Аналіз ознак подільності показує, що при роботі на решеті з продовгуватими отворами розміром 3,8 мм і швидкості повітряного потоку 10,6 м/с з 3,4 % втрат основної культури можна виділити 63,6 % морозобійного насіння.

Решето з круглими отворами діаметром 4,6 мм і швидкістю повітряного потоку 10,2 м/с дозволяє з 2,7 % втрат основної культури виділити 64,6 %

морозобійного насіння. Решета з продовгуватими отворами розміром 3,8 мм і з круглими отворами діаметром 4,6 мм з 3,1 % втрат основної культури дозволяє виділити 63,2 % морозобійного насіння сої.

Підібравши розміри решіт і швидкість повітря в повітряних каналах можна збільшити відсоток виділення насіння морозобійного і ураженого плодожеркою з одночасним зменшенням відсотка втрат основної культури. А домогтися повного виділення морозобійного і ураженого плодожеркою насіння за двома ознаками подільності, використовуваним в зерноочисних машинах, не представляється можливим. Для цього необхідно знайти нові ознаки подільності, розробляти нові робочі органи для післязбиральної обробки сої. Про необхідність удосконалення робочих органів для виділення насіння морозобійного і уражених плодожеркою кажуть графічні залежності приведені на рис. 1.1, 1.2, 1.3.

Аналізуючи вплив різних фізико-механічних властивостей насіння сої на її посівні якості виявлено, що поділ по ширині, товщині, аеродинамічним властивостям насіння на фракції на застосовуваних зерноочисних машинах не дає необхідного ефекту. Схожість насіння при обробці на таких машинах з підвищенням швидкості повітряного потоку і збільшенням розміру підсівних решіт змінюється незначно [43].

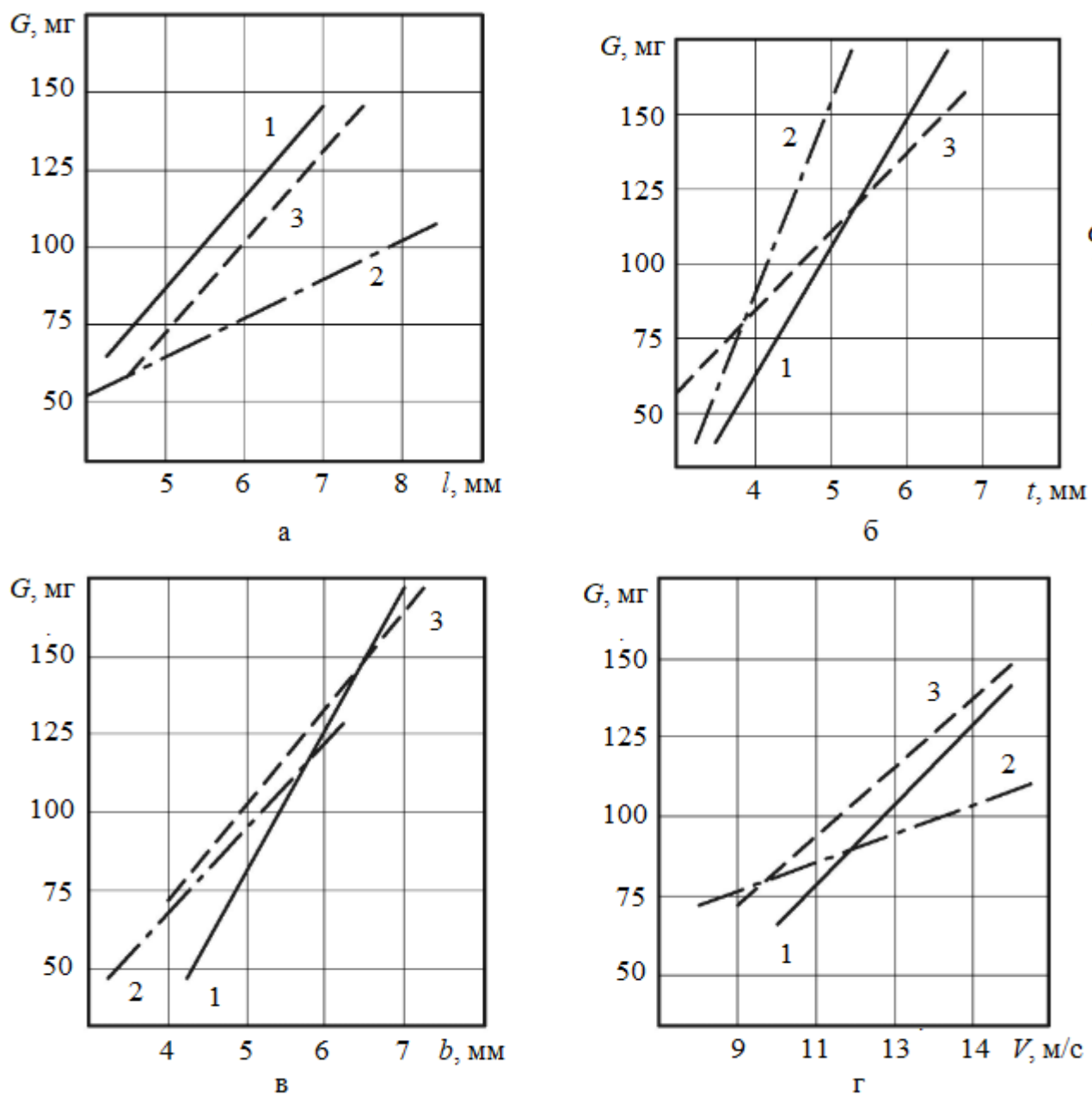


Рисунок 1.1 – Вплив довжини l , товщини t , швидкості витання V на абсолютну масу G насіння сої

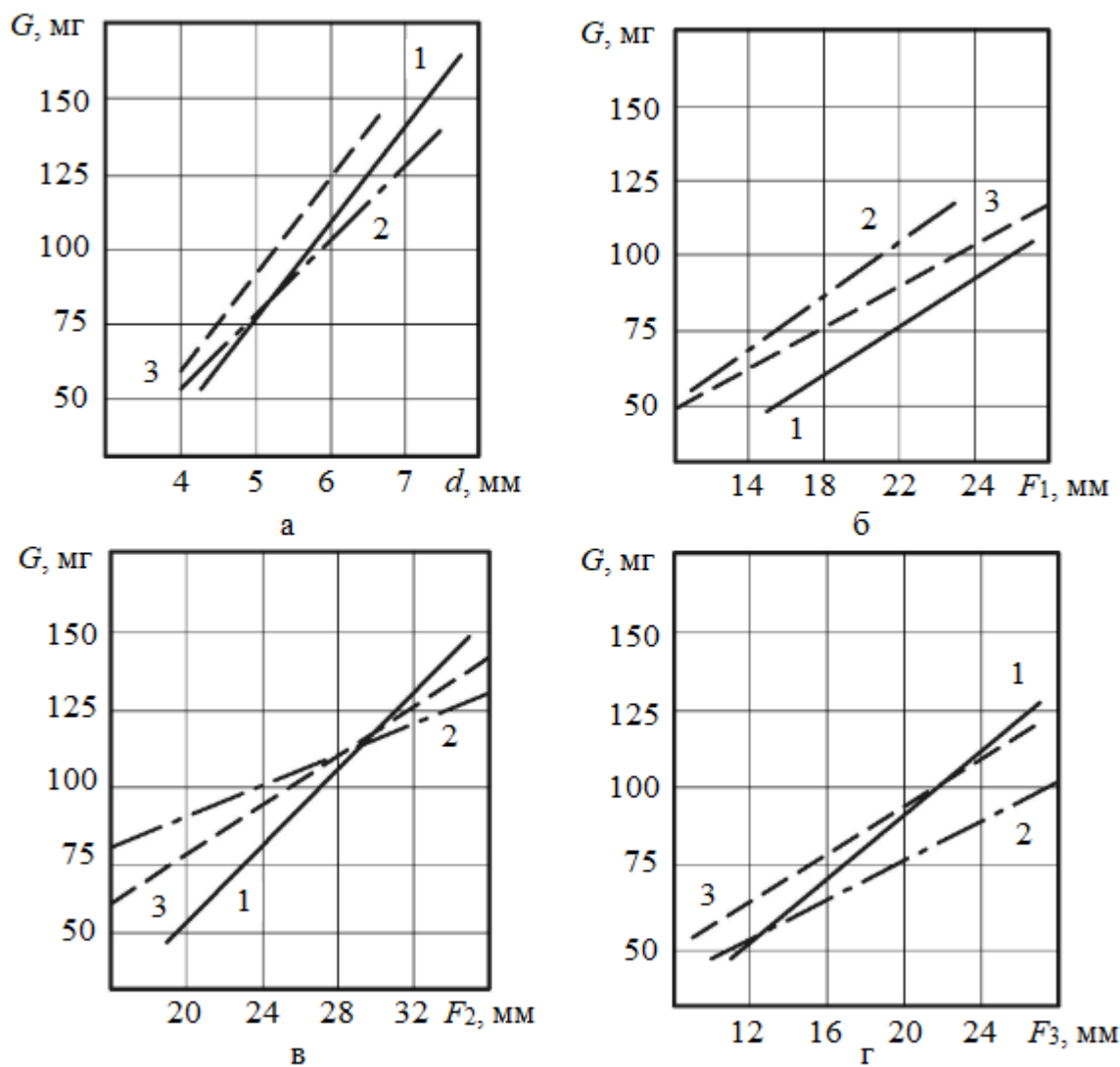


Рисунок 1.2 – Вплив середнього розміру d і площ перетину F_1, F_2, F_3 , на абсолютну масу G насіння сої

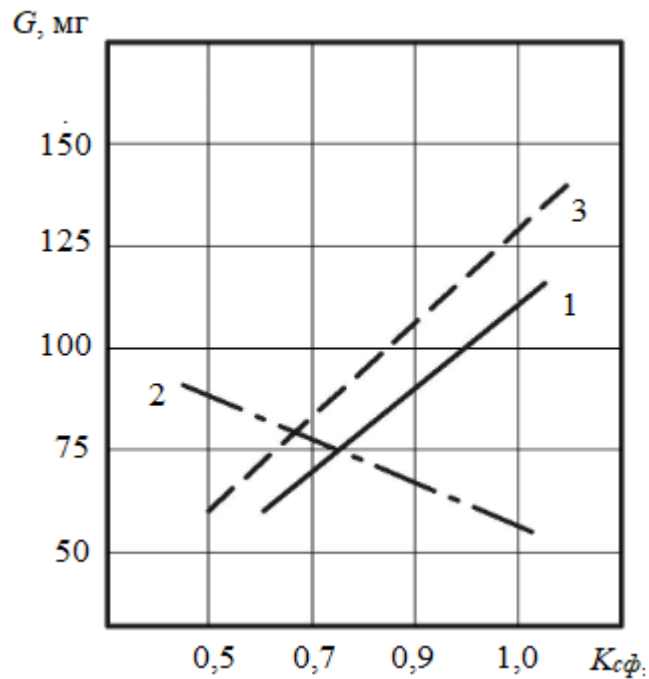


Рисунок 1.3 – Вплив коефіцієнта сферичності $K_{сф}$ на абсолютну масу G насіння сої

Аналіз зовнішніх ознак насіння сої різних сортів показує, що насіння володіють різною сферичністю, яка залежить від термінів дозрівання, сорту, кліматичних умов та інших факторів [37].

Застосовувані зерночисні та сортувальні машини не забезпечують поділу насіння за сферичністю, тому пошук і дослідження робочих органів для розділення насіння на фракції з виділенням несферичних представляє великий науковий і практичний інтерес [47].

1.5 Способи підвищення якості насіння і обґрунтування ознак подільності

Якість насіння – це сукупність врожайних, сортових і посівних якостей насіння, що відображають їх можливу продуктивність [18].

Врожайні властивості насіння обумовлюються генотипом сорту, спроможністю давати певну величину урожай [16].

Сортові властивості насіння характеризуються ступенем їх чистоти, приналежності до певного сорту.

Посівні якості насіння – це сукупність властивостей насіння, що характеризують ступінь їх придатності для посіву. До посівних властивостей відносяться: чистота, вологість, схожість, посівна придатність, енергія проростання, крупність, вирівняність, маса 1000 насінин, сила росту, наявність хвороб або шкідників, кількість повноцінного насіння та інше. Всі ці показники впливають на врожайність [33].

Схожість – один з найбільш важливих показників якості посівного матеріалу, який має важливе виробниче значення. По ньому визначають придатність насіння до посіву і норму висіву [37].

Багато дослідників приділяли увагу питанням підвищення якості насіння [2, 10, 11]. Впливу відбору кращого насіння на підвищення врожайності сільськогосподарських культур присвячена величезна кількість наукових робіт.

Дослідженнями доведено, що насіння однакового розміру забезпечують рівні, дружні сходи, вирівняність стеблостою, менші витрати при збиранні та підвищення врожаю в порівнянні зі звичайним несорттованим матеріалом. Тому при одній і тій же абсолютній масі, але при різному поєднанні однакового або різного за величиною насіння, насінневі партії можуть значно відрізнитися за своїми врожайним якостям [12].

На значення однорідності (вирівняності) посівного матеріалу вказується в роботах авторів [2], але до теперішнього часу не вирішено питання яким способом зробити відбір насіння однакової величини.

В роботі [12] був запропонований спосіб сортування зерна на фракції по товщині. Підвищення врожаю при такому способі сортування в порівнянні з несорттованим вихідним матеріалом становить від 10 до 30 %. Розмір надбавки урожаю залежить від ступеня вирівняності насінневої фракцій,

Насіння, розсортовані по товщині, одночасно вирівнюються і за іншими показниками (довжина, ширина, питома вага і об'ємна маса) [39]. За цією ознакою для поділу зерна на посів обумовлено значною кореляцією між товщиною і масою і дає найбільший ефект [2].

Сортування зерна на посів засноване на загальноприйнятому припущенні прямої залежності між урожаєм і певними геометричними і фізичними властивостями або точніше ознаками материнського зерна. Всі ці ознаки не можуть вважатися рівноцінними [2].

У практиці має місце поділ зерна за питомою вагою. Експериментальні дослідження даного питання дають досить суперечливі результати, виправдовуючи або спростовуючи необхідність використання цієї ознаки. Як вказано у [49], що сортувати посівний матеріал за питомою вагою можна тільки після того, як він буде очищений, висушений і вирівняний за розмірами, тобто відповідатиме вимогам ДСТУ. Даний спосіб сортування зерна поки не набув поширення.

Для виявлення причин низької схожості проводилися дослідження впливу різних фізико-механічних властивостей насіння на її посівні якості. В результаті дослідженні було виявлено, що поділ по ширині, товщині, аеродинамічним властивостям насіння на фракції не дає необхідного ефекту. Схожість насіння, при обробці на таких машинах, з підвищенням швидкості повітряного потоку і з збільшенням розміру підсівних решіт, змінюється незначно (рис. 1.4, 1.5, 1.6). Багаторазова обробка не дає ефекту, так як ростуть втрати повноцінного насіння в відходи і збільшується травмування насіння [36].

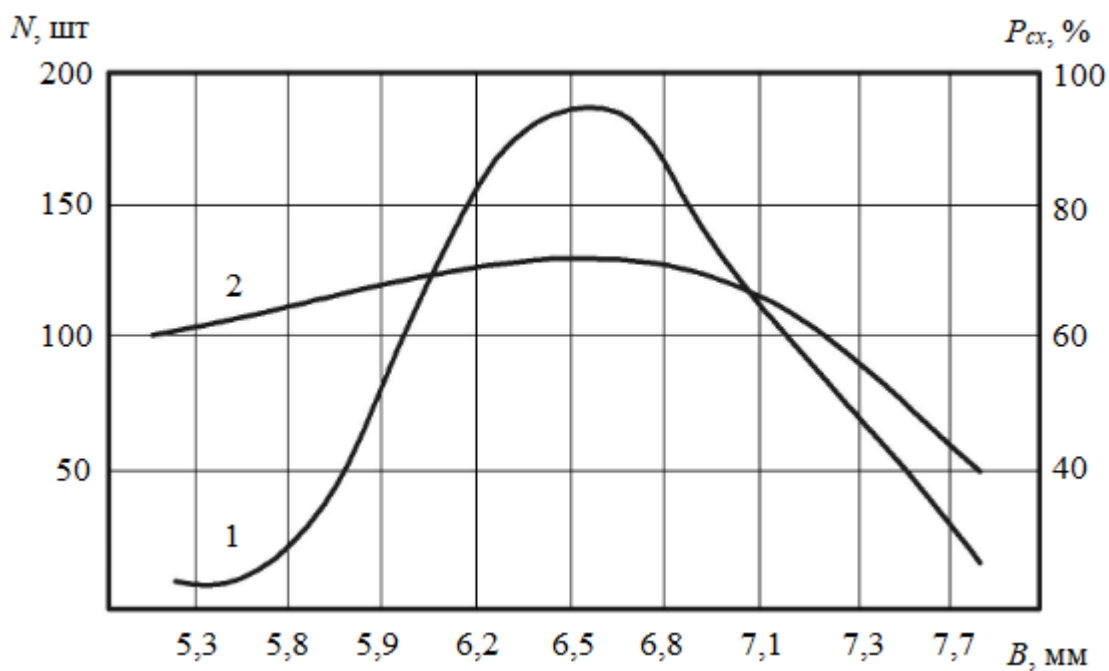


Рисунок 1.4 – Характеристика насіння сої по ширині, b мм:

1 – крива розподілу; 2 – схожість.

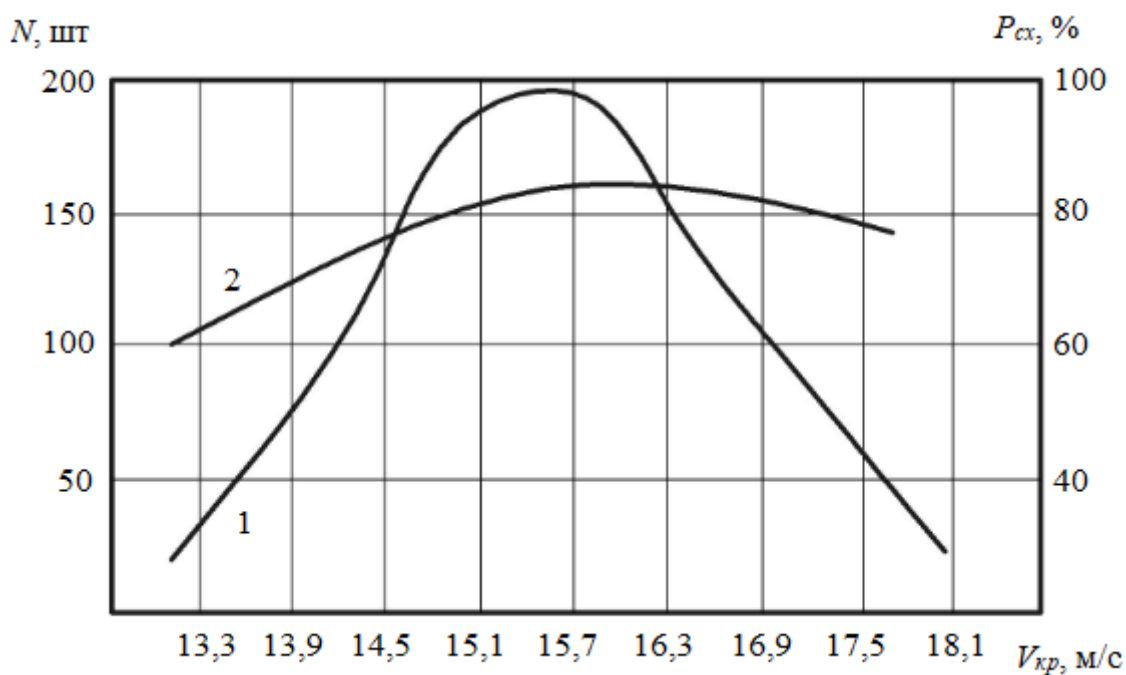


Рисунок 1.5 – Характеристика насіння сої за швидкістю витання, $V_{кр}$:

1 – крива розподілу; 2 – схожість.

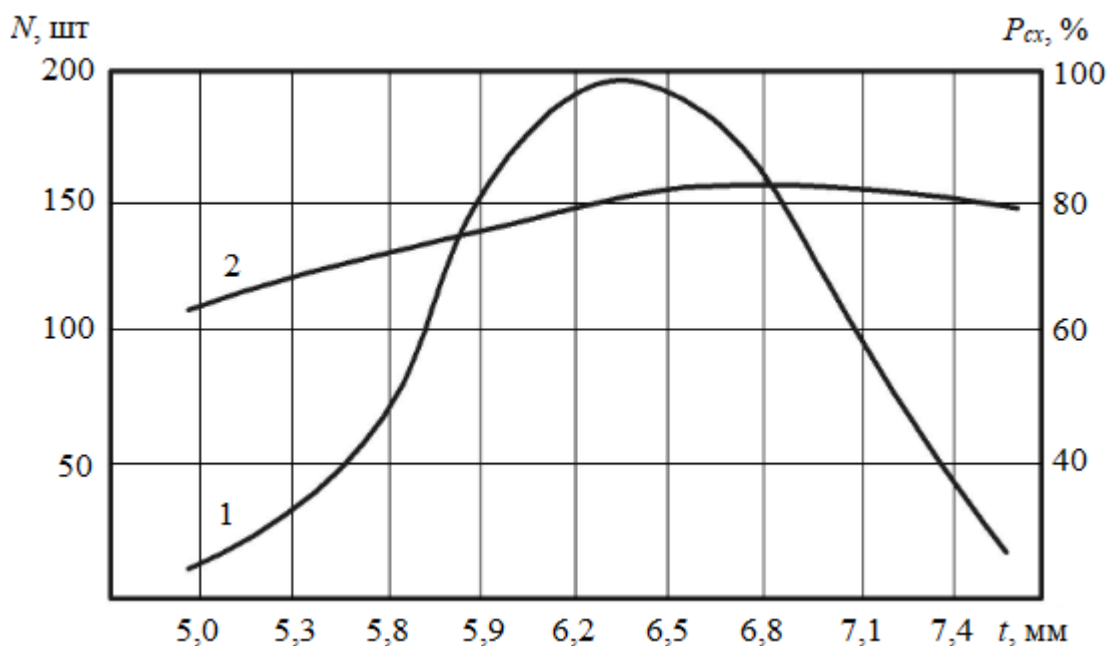


Рисунок 1.6 – Характеристика насіння сої по товщині, t :

1 – крива розподілу; 2 – схожість.

Аналіз зовнішніх ознак насіння сої різних сортів показує, що насіння володіють різною сферичністю, яка залежить від термінів дозрівання, сорти, кліматичних умов та інших факторів.

Лабораторні випробування показали, що на схожість насіння впливає її сферичність (рис. 1.7). Чим більше кругле зерно, тим воно має більшу схожість [20], відбираючи із загальної маси 80 – 85 % насіння, що володіють високим коефіцієнтом сферичності, можна збільшити їх лабораторну схожість на 15 – 18 %, що дозволить зменшити норми висіву і значно скоротити втрати. Повністю виділити фракцію з невеликою втратою повноцінної сої можна, якщо розділити насіннєвий матеріал за сферичністю [20].

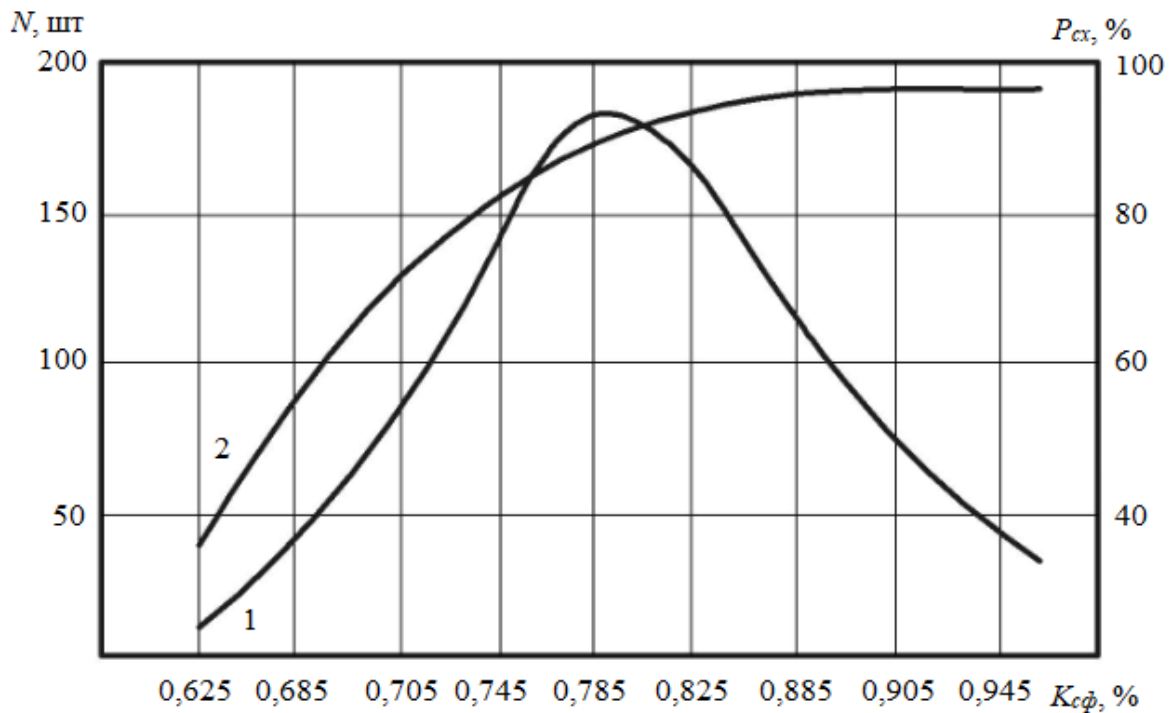


Рисунок 1.7 – Характеристика насіння сої за коефіцієнтом сферичності, $K_{сф}$:
1 – крива розподілу; 2 – схожість.

Дослідження наявності несферичного насіння у вихідному матеріалі показали, що взаємозв'язку між сферичністю і масою немає, тобто, не сферичність насіння дрібних і великих практично однакова. Коефіцієнт кореляції між сферичністю і масою насіння менше 0,1. Це підтверджує те, що збільшення розміру решіт не робить істотного впливу на схожість.

Дослідження в польових умовах показали, що врожайність насіння сої зі збільшенням сферичності зростає. Надбавка врожаю на різних сортах складала від 2,5 до 3 ц/га [50]. На підставі цих досліджень запропоновано спосіб виділення життєздатного насіння [39].

Для подальшого поділу круглого насіння сої на фракції за масою, що дуже важливо для точного висіву висіваючими апаратами, можна використовувати решета з круглими отворами [26].

Поділ насіння за сферичністю можливо за динамічному ознаками при розходженні форм і стану поверхонь насіння [27].

Таким чином, розділяючи насіння по сферичності, можна виділити насіння з найбільшою схожістю.

1.6 Аналіз машин для розділення насіння за формою і станом їх поверхні

Як показує практичний досвід очищення і сортування насіння на машинах з повітряно-решітно-трієрними робочими органами виявляється також не завжди ефективною. Це обумовлено незначною різницею розмірних характеристик і аеродинамічних властивостей повноцінного і неповноцінного насіння, а також насіння деяких бур'янів і насіння неосновної культури [22, 31, 32]. Однак це насіння може мати різну форму.

Фрикційне сепарування засноване на використанні відмінності форм і властивостей поверхні компонентів суміші. Поділ насіння по фрикційним властивостями, в ряді випадків, є необхідним технологічним процесом, так як розділити деякі суміші по іншим ознаками не є можливим.

При даному способі сепарації на різні компоненти суміші, що відрізняються за формами і властивостями поверхні, діють різні рушійні сили і сили опору руху, внаслідок чого характер руху частинок по розділовим поверхнях сепаратора виявляється різним. Рушійними силами можуть бути гравітаційні сили або сили інерції, а в деяких сепараторах вихідний матеріал переміщається в наслідок спільної дії цих сил [32].

Фрикційні сепаратори відрізняються великою різноманітністю конструктивних форм: від простих, з нерухомими робочими органами, до складних відцентрових вібраційних сепараторів [3, 15].

Дослідженнями процесу сепарації сипких матеріалів за формою і станом поверхні з використанням обертових робочих органів займалися П.М. Василенко, П.Е. Авдєєв, В.І. Бородай, О.Х. Кононенко, Ю.І. Зінов'єв.

У роботах І.І. Блехмана, Г.Д. Джанелідзе, І.Ф. Гончаревич, Д.А. Пліса, П.М. Заїки наведені дослідження процесу сепарації за допомогою вібрації робочого органу.

Питаннями вібровідцентрового сепарування суміші займалися А.Ф. Ульянов, А.І. Бочкар'єв, Е.С. Гончаров, І.А. Журавльов, Я.І. Лейкін [43], В.А. Барілли.

Велику увагу аналізу та класифікації існуючих конструкцій та нових розробок приділив Н.Е. Авдєєв. В основу запропонованої ним класифікації взято характер руху сипучого матеріалу по поверхні поділу і формі самої поверхні. Всі сепаратори діляться за динамічною ознакою на гравітаційні і інерційно-гравітаційні. Надалі сепаратори поділяються за формою і рухом поверхні поділу (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Класифікація сепараторів

Фрикційні сепаратори, у яких поділ суміші відбувається тільки з використанням гравітаційного поля, набули найбільшого розповсюдження. Такі сепаратори мають плоску форму робочої поверхні, яка встановлюється нерухомо або може здійснювати рівномірний рух. Прикладом такої машини може служити полотняна гірка.

Ефективність поділу сипучих матеріалів за фракційними властивостями залежить від ступеня відхилень кінематичних і геометричних характеристик руху частинок різних фракцій, які вони набувають до моменту сходження з розділовою поверхні. Зазначені відхилення обумовлені відмінностями в опорі, в якому перебувають частки, що відрізняються фрикційними властивостями. У гравітаційних фрикційних сепараторах, наприклад в стрічкових гірках, і рушійна сила і опір руху частки по розділовій поверхні пропорційні силі тяжіння частинки. Зазвичай для таких сепараторів збільшення складової сили тяжіння, яка зумовлює підвищення швидкості сепарованого матеріалу, призводить до зменшення сил опору, під дією якого відбувається диференціювання характеристик окремих частинок. Ця обставина накладає обмеження на гранично допустиму швидкість переміщення продукту.

До гравітаційних сепараторів відносяться також циліндри суцільні н ступінчасті, циліндрично-конічні гірки з внутрішньою робочою поверхнею, а також вальцеві гірки. Такі сепаратори найкраще виділяють шорсткі і мінеральні домішки, але дуже велика чутливість до регулювань частоти обертання робочих органів, куту нахилу до горизонту, швидкості подачі матеріалів значно ускладнює їх застосування. Використання швидкозношуваних ворсистих матеріалів зменшує міжремонтний термін роботи.

Також поділ насіння за формою здійснюють на решетах з отворами відповідної форми [30].

До інерційно-гравітаційних сепараторів можна віднести всі сепаратори у яких розділова поверхня рухається з постійним або знакозмінним прискоренням, а також сепаратори з нерухомою криволінійною розділовою поверхнею [3].

Прикладом інерційно-гравітаційного сепаратора може служити гвинтовий сепаратор «Змійка» [22, 31]. Він простий в устрої та обслуговуванні, не вимагає енергії для приведення в дію робочого органу.

Всі перераховані вище сепаратори малоефективні і в основному призначені для виділення плоского насіння і бур'янів.

Одним із способів інтенсифікації та поліпшення якості сепарації може служити створення відцентрових сепараторів з різною конструкцією розділового робочого органу – ротора. Залежно від конструкції ротора можна виділити наступні основні типи відцентрових сепараторів: конічні, циліндричні, лопатеві, дискові. До центрифуг з конічним ротором близько прилягають відцентрові сепаратори з криволінійною поверхнею ротора (параболоїд або гіперболоїд обертання).

У відцентрових сепараторах диференціювання геометричних і кінематичних характеристик руху частинок по їх фрикційним властивостям відбувається одночасно під дією відцентрових, коріолісових і гравітаційних сил, в результаті чого опір руху частинок з різними фрикційними властивостями змінюється не пропорційно їх коефіцієнтам опору.

З усіх інерційно-гравітаційних сепараторів з обертовою циліндричною розділовою поверхнею найбільшого поширення набули трієри, які успішно застосовують для поділу зернових матеріалів по довжині.

Підвищення продуктивності і ефективності відцентрового сепарування можна домогтися застосуванням конічних центрифуг. Оскільки нормальний тиск частки на поверхню ротора конічної центрифуги залежить від відцентрової сили, то, отже, в відцентрових конічних сепараторах можна одночасно збільшувати як рушійну силу, так і силу тертя, що діє на частинку продукту. Ця обставина вказує на перспективність розробок відцентрових фрикційних сепараторів з конічною розділовою поверхнею.

Сепарування насіння по шорсткості, формі та іншими ознаками (комплексу фізико-механічних властивостей) на різних неперфорованих поверхнях, які роблять різні коливання, запропоновано П.М. Заїкою. Для реалізації даного

способу автором розроблені різні пристрої, робочим органом яких може бути похила поверхня, яка здійснює спрямовані коливання, причому вона може бути нахилена в поздовжньому напрямку або мати поздовжньо-поперечний нахил до горизонту. Крім того, робоча поверхня може бути в формі диска або конуса, гвинтовою або циліндричною. Характер коливання робочих органів різних машин також неоднаковий. Коливання можуть бути прямолінійно-поступальні або з просторовою орієнтацією траєкторій кожної точки робочої поверхні.

У зв'язку з тим, що до цих пір до кінця не вирішено питання очищення та сортування насіння від багатьох поширених бур'янів і неповноцінного і хворого насіння, розробка нових сепараторів для поділу зернових сумішей за формою і властивостями поверхні представляє безперечний інтерес. Не всі описані вище пристрої досить розроблені і досліджені. Тому конструктивна розробка запропонованих схем, а також пошук найпростіших і високопродуктивних схем робочих органів є важливим завданням.

Виходячи з аналізу конструкцій машин для розділення насіння за формою і станом поверхні, можна зробити висновок, що найбільш перспективними в цьому напрямку є сепаратори з робочими органами, що створюють обертальний рух. Найбільший інтерес для інтенсифікації процесів сепарування зернових матеріалів представляють відцентрові сепаратори, у яких розділова поверхня виконана у формі конуса. При технологічності виготовлення такі сепаратори забезпечують отримання великого різноманіття робочих режимів. Зміною режиму роботи відцентрового конічного сепаратора можна регулювати як швидкість переміщення зернового матеріалу по сепарувальній поверхні, так і нормальний тиск частинок на поверхню ротора [3].

Висновки до розділу. Мета і завдання дослідження

Метою роботи є пошук способів інтенсифікації та підвищення якості процесу сортування насіння сої.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- обґрунтувати способи сортування насіння сої з метою виділення найбільш повноцінного насіння;
- розробити схему руху насіння сої по похилій поверхні сортувальної машини;
- провести експериментальні дослідження з обґрунтування технологічних і кінематичних параметрів процесу сортування насіння сої;
- виконати розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт досліджень – процес сепарації насіння сої на конічній поверхні відцентрового сепаратора.

Предмет дослідження – встановлення закономірностей процесу виділення повноцінного насіння сої з врахуванням їх сферичності з конструктивно-технологічними параметрами обладнання.

На підставі проведеного аналізу можна зробити наступні висновки:

1. Наявність в насіннєвому матеріалі несферичного насіння негативно впливає на схожість сої. До зниження врожайності призводить низька якість насіннєвого матеріалу (наявність в ньому морозобійного, ураженого плодожеркою, недорозвиненого насіння).
2. Існують в даний час сепаратори, що не забезпечують поділ насіння по сферичності, не в повному обсязі виділяють уражене і хворе насіння.
3. Пошук і дослідження робочого органу для розділення насіння з виділенням сферичної фракції представляє науковий і практичний інтерес, а також має важливе народногосподарське значення.
4. Виділення сферичної фракції сої розширює можливості отримання насіння високої якості і як наслідок цього – отримання високих врожаїв сої.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СОРТУВАННЯ НАСІННЯ СОІ ЗА СФЕРИЧНІСТЮ НА ВІДЦЕНТРОВОМУ КОНІЧНОМУ СЕПАРАТОРІ

2.1 Теоретичні основи процесу сортування соєвого насіннєвого матеріалу на конічному відцентровому сепараторі

Робоча поверхня сепаратора є внутрішньою поверхнею конуса, зверненого вершиною вниз і обертається навколо своєї вертикальної осі симетрії. За допомогою живильного гравітаційного пристрої насіннєвий матеріал подається в нижню частину конуса і за рахунок сил тертя і відцентрових сил виводиться через верхній край конічної поверхні. Сортування насіннєвого матеріалу відбувається внаслідок різниці індивідуальних характеристик зерен сої, зокрема так званого коефіцієнта сферичності форми зерна. Це призводить до різниці у характері взаємодії зерна з робочою поверхнею і, в кінцевому рахунку, до різниці у величині і напрямку швидкості сходу зерна з краю робочої поверхні, що дозволяє за допомогою додаткової поверхні розділяти вихідний матеріал на фракції. Найціннішим вважається насіннєвий матеріал, що складається з зерен, коефіцієнт сферичності яких близький до одиниці.

У першому наближенні даний процес описується теорією відносного руху матеріальної частинки по шорсткій поверхні – розділу теоретичної механіки [47]. Найбільш конкретно ці питання відображені в роботах [3, 8].

2.2 Рівняння руху матеріальної точки по конічній поверхні відцентрового сепаратора

Розглянемо відносний рух матеріальної частинки M по шорсткій конічній поверхні, що обертається навколо нерухомої осі симетрії Oz з постійною кутовою швидкістю ω (рис. 2.1). На частку діють сила тяжіння $G = mg$ (m – маса частинки, g – вектор прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с), нормальна реакція N і сила опору руху F .

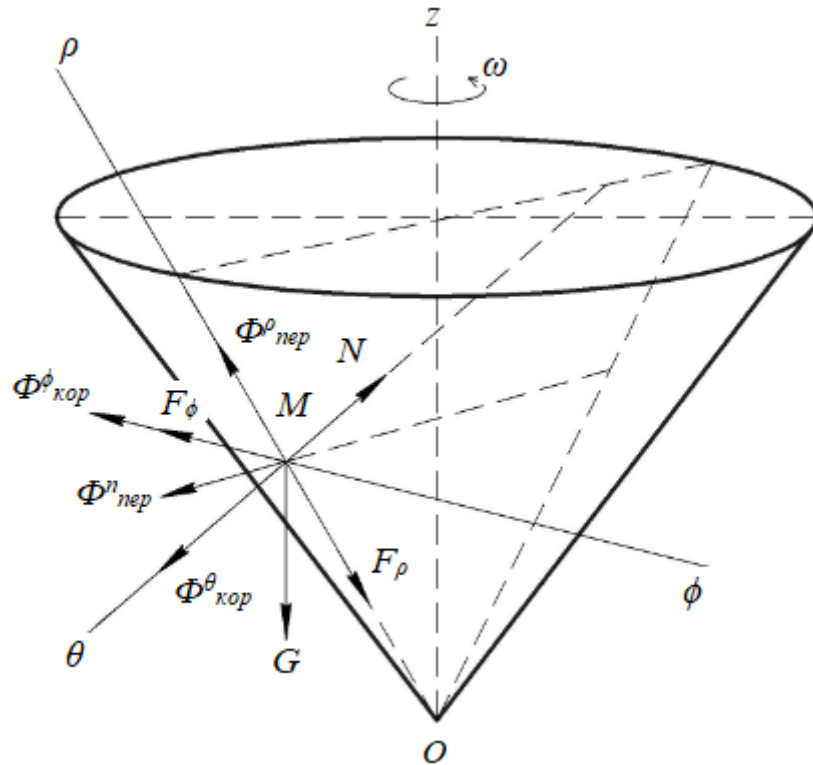


Рисунок 2.1 – Модель руху матеріальної частинки по конічній поверхні відцентрового сепаратора

У відповідність з загальною теорією відносного руху необхідно до всіх діючих сил додати переносну $\Phi_{пер}$ і Коріолісову $\Phi_{кор}$ сили інерції. Диференціальні рівняння відносного руху матеріальної частки запишемо у вигляді

$$ma = \sum_{k=1}^n F_k + \Phi_{пер} + \Phi_{кор}, \quad (2.1)$$

де a – відносне прискорення частинки;

$\sum_{k=1}^n F_k$ – сума всіх діючих сил на частинку, у нашому випадку

$$\sum_{k=1}^n F_k = G + N + F.$$

2.3 Порівняльна оцінка теоретичних і експериментальних результатів кута сходження частки β_q з конічної робочої поверхні

Для можливості оцінки кутів сходження зерна з робочої поверхні конічного ротора необхідно перейти в експериментальних результатах (на знімках) з проекції кута сходження на площину β' до кута сходження β (рис. 2.2).

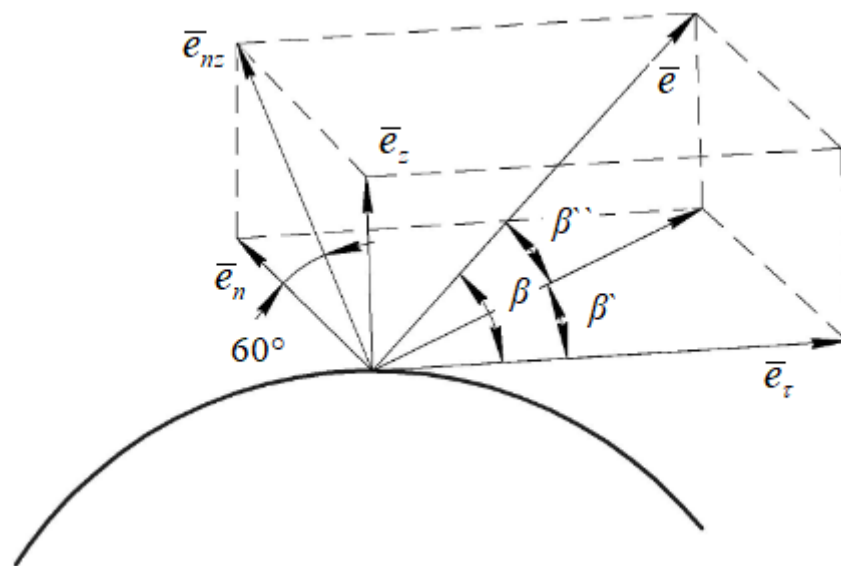


Рисунок 2.2 – Схема до визначення кута сходження

$$60^\circ \quad \bar{e}_r \quad \bar{e}_n \quad \bar{e}_z \quad \bar{e} \quad \bar{e}_{nz}$$

Виходячи з рисунка 2.2 видно, що при $|\bar{e}| = 1$

$$\begin{aligned} e_r &= \cos \beta = \cos \beta' \cos \beta'' \\ e_n &= \cos \beta'' \sin \beta' = \sin \beta \cos 60^\circ \end{aligned} \quad (2.1)$$

Звідси випливає

$$\operatorname{tg} \beta' = \operatorname{tg} \beta \cos 60^\circ \Rightarrow \operatorname{tg} \beta' = \frac{1}{2} \operatorname{tg} \beta \quad (2.2)$$

Висновки до розділу

Отримано диференціальні рівняння руху матеріальної точки по відцентровому конічному робочому органу, рішення яких дозволяє отримати відносні траєкторії руху частинок різної сферичності в залежності від кінематичних параметрів.

Дослідженнями встановлено, що форма траєкторій частинок залежить від їх сферичності, яка впливає на коефіцієнт опору руху.

Отримані залежності основних критеріїв поділу часу сходу, швидкості сходу і кут сходу частинок від їх коефіцієнта сферичності.

3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для перевірки результатів теоретичних досліджень, а також встановлення закономірностей досліджуваного процесу і визначення оптимальних режимів сортування насіння сої по сферичності, була складена програма експериментальних досліджень. У програмі передбачалось вирішення наступних питань:

- вивчення фізико-механічних властивостей насіння сої;
- дослідження характеру траєкторій насіння сої з різною сферичністю по кінчному робочому органу;
- вивчення процесу сортування насіння сої з урахуванням їх сферичності на експериментальній установці, з метою визначення впливу основних факторів на процес сепарації;
- вивчення і оцінка результатів експериментальних досліджень з метою визначення оптимальних параметрів і режимів роботи сепаратора.

3.1 Методика визначення фізико-механічних властивостей насіння сої

3.1.1 Визначення розмірних характеристик насіння і коефіцієнта сферичності

Геометричні розміри насіння сої визначалися за допомогою приладу ДОСМ-3 з похибкою вимірювання 0,01 мм, використовуючи [25]. Для цього виділялася наважка згідно з відомою методикою [45]. Виділення середнього зразка (300 зерен) з наважки здійснювалося методом послідовного хрестоподібного поділу. Коефіцієнт сферичності зерна визначався згідно рекомендацій [45].

3.1.2 Дослідження коефіцієнта опору руху насіння сої по площині

Існують різні методи визначення коефіцієнтів тертя [22, 24]. Нами при дослідженні був прийнятий метод похилої гірки, що дозволяє найбільш повно відобразити рух зерна сої по площині [32].

Тіла різної форми рухаються по площині неоднаково. У процесі руху на сферичне тіло діють сила тертя кочення спільно з силою тертя ковзання. Вплив цих сил на процес руху несферичного тіла змінюється моментами відриву тіла від площини.

Для дослідження кінематики тіла несферичної форми необхідно визначати узагальнений коефіцієнт опору руху, що враховує всі фактори, що впливають на процес руху.

В ході досліджень зерно встановлювали па похилу гору в початкове положення. У момент початку руху включався секундомір і фіксувалося час руху на відстані 400 мм.

Досліди проводилися з десятиразової повторністю в кожному класі зерен.

Коефіцієнт опору руху визначався але формулою (3.1):

$$f = \operatorname{tg} \alpha - \frac{2x}{gt^2 \cos \alpha}, \quad (3.1)$$

де α – кут нахилу площини, град;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

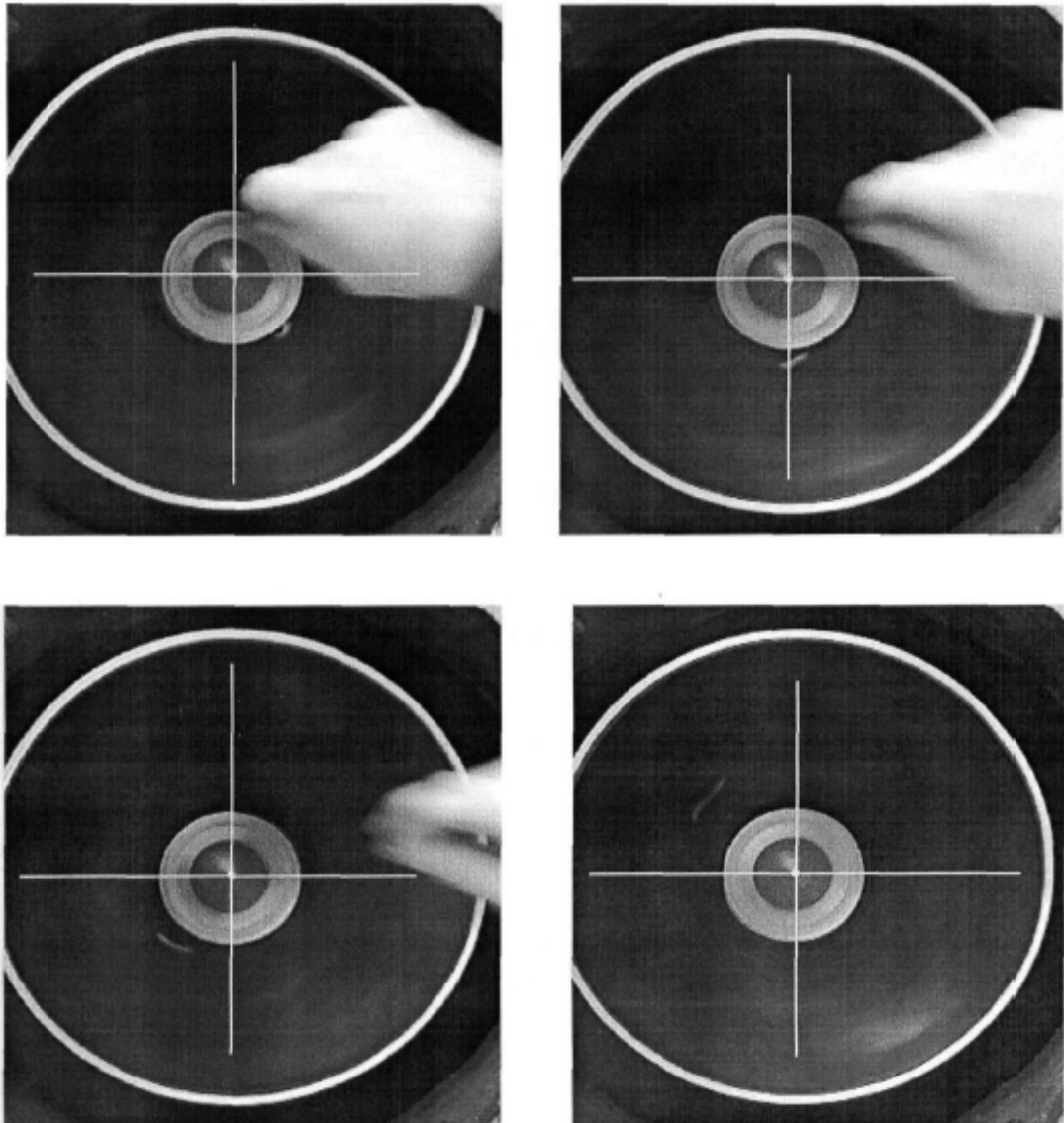
x – переміщення, м;

t – час досліду, с.

Коефіцієнт опору руху визначався в залежності від коефіцієнта сферичності зерна K_{cf} , на різних поверхнях (сталь, брезент, бавовняна тканина, гума).

3.2 Методика досліджень характеру траєкторій насіння сої з різною сферичністю по конічному робочому органу

Для вивчення характеру траєкторій насіння сої різної сферичності по конічному робочому органу був використаний метод цифрової зйомки. Зйомка проводилася відеокамерою Panasonic NV8MX. Відзнятий матеріал переносився в комп'ютер, де був розкладений по кадрам з використанням програм Ulead Media Studio PRO 7.0 і Video Paint 7.0, в одній секунді відзнятого матеріалу – 25 кадрів або один кадр за 0,04 с. В результаті були отримані знімки з окремими ділянками траєкторій (рис. 3.1).



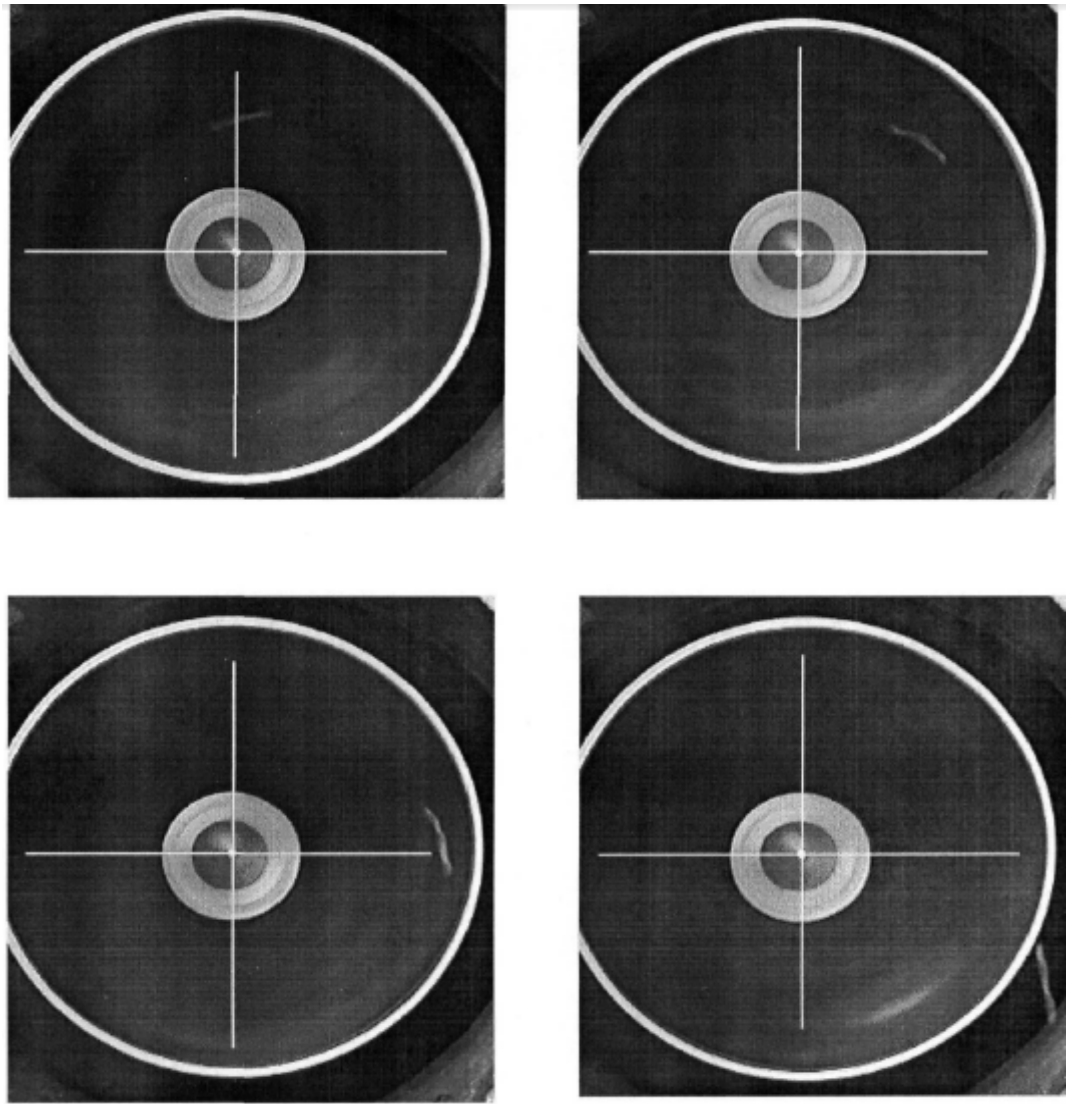


Рисунок 3.1 – Ділянки траєкторії руху насіння сої ($K_{сф} = 0,6$) по ротору відцентрового конічного сепаратора

Використовуючи комп'ютерну програму Corel PHOTO-PAINT-10 ділянки траєкторії були перенесені на один знімок, в результаті чого були отримані проекції траєкторій руху насіння сої різної сферичності на площину (рис. 3.2).

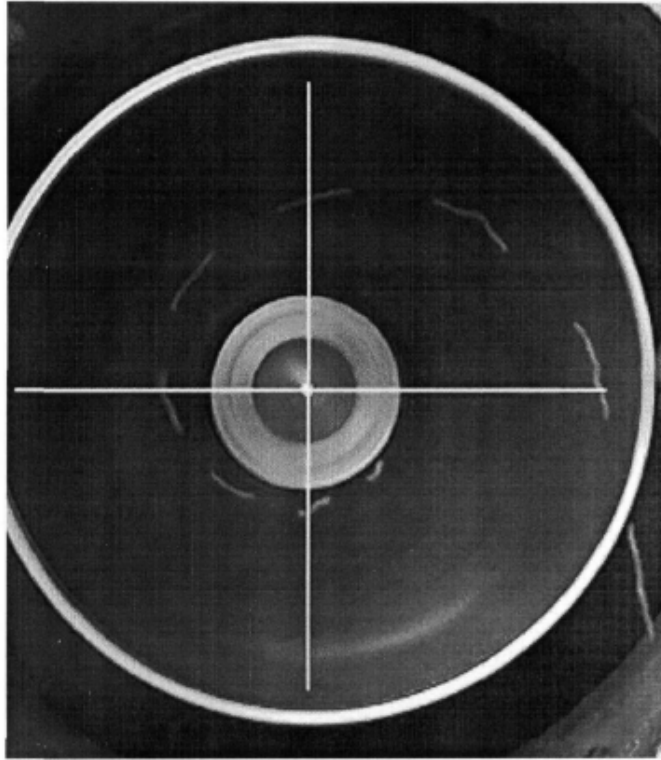


Рисунок 3.2 – Траєкторія руху частинки з коефіцієнтом сферичності

$$K_{сф} = 0,6$$

Для вивчення характеру і параметрів руху насіння сої був отриманий перевідний коефіцієнт, що показує відношення великого діаметра робочого органу до його аналогічного діаметру на знімку.

$$K_{пер.} = \frac{D_{oc.p.}}{D_{oc.p.c.}} \quad (3.2)$$

Швидкість руху частинки на окремих ділянках траєкторії визначалася за формулою:

$$V_t = K_{пер.} \cdot \frac{x_i}{t}, \quad (3.3)$$

де x_i – довжина ділянки траєкторії на знімку, м;

t – час руху частинки між двома фіксованими положеннями, с.

За результатами обчислень будувалися варіаційні криві залежності швидкості частки від її положення щодо центру робочого органу.

Кожен досвід виконувався в десятиразової повторності. Для цього відбиралися зерна по восьми класах з коефіцієнтом сферичності від 0,6 до 0,95 через 0,05 с допуском 0,01

3.3 Методика визначення ступеня впливу основних чинників на процес сепарації.

В ході вивчення літературних даних [3, 4] і попередніх експериментів було встановлено, що основними факторами, що впливають на якість розділення насіння, є: кутова швидкість ротора, кут нахилу твірної ротора, висота нерухомою розділової поверхні, місце подачі вихідного матеріалу, матеріал поверхні ротора і вологість насіння сої.

$$P = f(\omega, h_{p.n.}, Q, a_o, W, M), \quad (3.4)$$

де ω – кутова швидкість ротора;

$h_{p.n.}$ – висота розділової поверхні;

Q – кут нахилу твірної ротора;

a_o – місце подачі вихідного матеріалу;

M – матеріал поверхні ротора;

W – вологість насіння сої

Ступінь впливу цих факторів виявлялася в ході попередніх і пошукових експериментів на виготовленої експериментальній установці (рис. 3.3, 3.4).

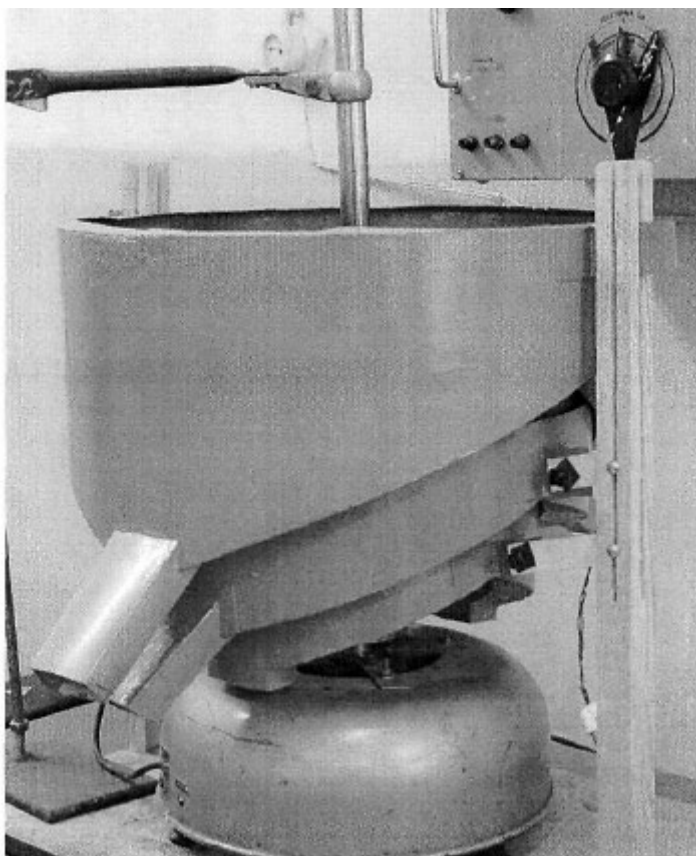


Рисунок 3.3 – Експериментальна установка відцентрового конічного сепаратора

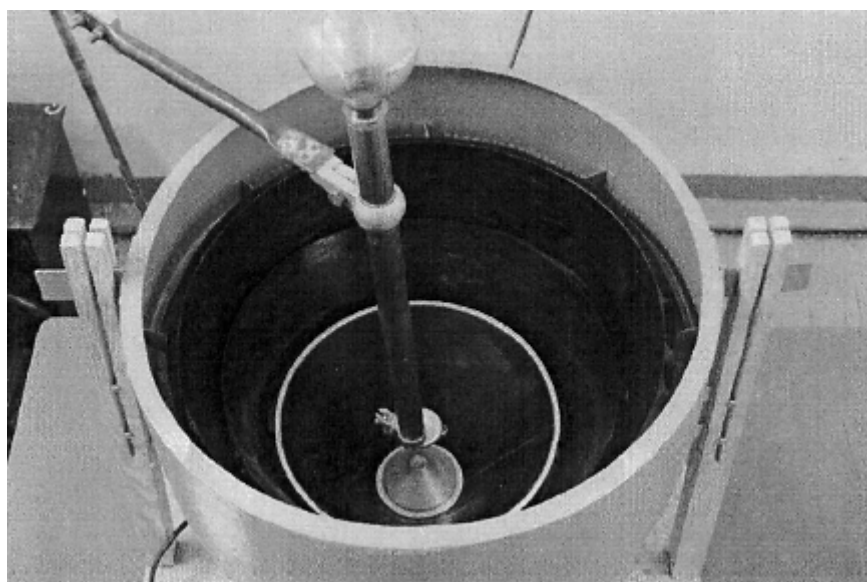


Рисунок 3.4 – Експериментальна установка (вигляд зверху)

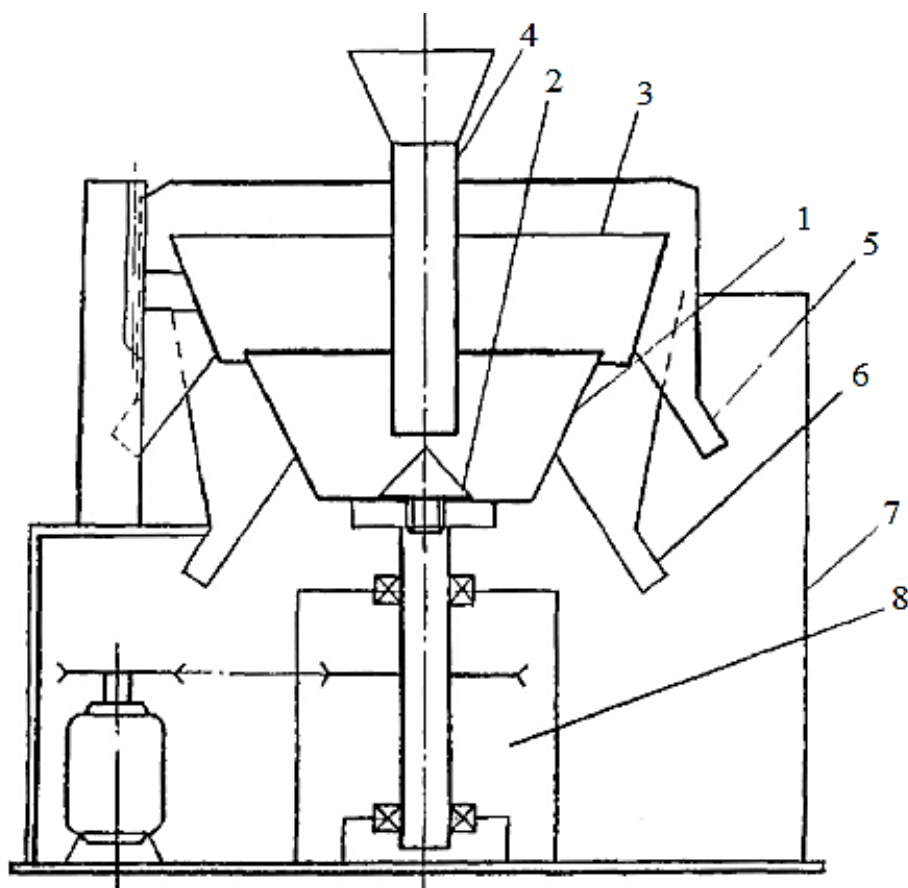


Рисунок 3.5 – Схема відцентрового конічного сепаратора

Установка складається з робочого органу – ротора (1), виконаного у вигляді усіченого конуса і встановленого на валу обертання більшою основою вгору, розподільного конуса (2), встановленого в нижній основі ротора, розподільчої поверхні (3), завантажувального пристрою (4), збірників продуктів (5, 6), корпусу (7) і приводного пристрою (8) рисунок 3.5.

Місце подачі вихідного матеріалу регулюється переміщенням навколо штатива на якому воно закріплене. Завантажувальний пристрій має обмежувач подачі, виконаний у вигляді заслінки. Кутова швидкість ротора змінюється за допомогою варіатора, наявного в приводному пристрої, в межах від 21 до 37 с^{-1} . Висота розподільчої поверхні, за рахунок її переміщення відносно робочого органу по напрямних, може збільшуватися на 40 мм і варіюється в межах від 80 до 120 мм.

Попередні і пошукові експериментальні дослідження дозволили вибрати рівні деяких факторів і прийняти їх в подальшому дослідженні постійними.

Як матеріал внутрішньої поверхні ротора М була обрана гума, так як різниця в коефіцієнтах опору руху насіння сої різної сферичності по гумі максимальна. Місцем подачі вихідного матеріалу було обрано центр розподільчого конуса (2), встановленого в нижній основі ротора (1). Це дозволило зробити подачу сепарованого матеріалу на робочий орган більш рівномірною, значно скоротивши взаємні перешкоди насіння при русі по ротору. Вологість насіння сої W , за багаторічними даними, при дослідженні була прийнята кондиційної 10 – 14 %.

Для вибору рівнів таких факторів як кутова швидкість ротора, висота розділової поверхні, кут нахилу твірної ротора, проводилися однофакторні попередні експерименти. Кутова швидкість ротора визначалася за формулою:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (3.4)$$

де n - частота обертання ротора.

Частота обертання ротора визначалася за допомогою фрикційного тахометра СК тип 751, з похибкою вимірювання 1 об/хв (рис. 3.6)



Рисунок 3.6 – Фрикційний тахометр СК тип 751

Висота розділової поверхні визначалася щодо верхньої основи ротора. З цією метою на стійках кріплення розділової поверхні була нанесена градування з ціною поділки 5 мм.

Зміна кута нахилу твірної ротора здійснювалося шляхом заміни робочих органів, що мають різну конусність.

Склад вихідного матеріалу визначався за методикою (розділ 3.1.1) і зважувався за допомогою ваг ВЛТЕ-500 з похибкою вимірювання 0,01 (рис. 3.7)



Рисунок 3.7 – Ваги електронні ВЛТЕ-500

Після закінчення експерименту розділений на фракції продукт зважувався і вираховувався коефіцієнт сферичності 300 зерен кожної фракції, відібраних за методикою розділу 3.1.1. Після цього визначалося кількість невиділеного неповноцінного зерна в основній фракції і втрати зерна в другій фракції. За результатами попередніх експериментів будувалися варіаційні криві, за якими обиралися значення кутової швидкості ротора, висоти розділової поверхні і кута нахилу твірної ротора.

3.4 Оцінка ефективності роботи сепаратора

Оцінка ефективності сортування здійснювалася розрахунком коефіцієнта повноти виділення за методикою [45]. За відгук узятий максимальний коефіцієнт повноти виділення ε , %.

$$\varepsilon = \frac{P \cdot a_2 + Q'_0 \cdot b_1}{Q_0}, \quad (3.5)$$

де Q_0 – вихідна суміш, в д.е.;

Q'_0 – вихід другої фракції до вихідного матеріалу, в д.е.;

P – вихід першої (основної) фракції до вихідного матеріалу, в д.е.;

a_2 – вміст сферичного зерна в першій (основній) фракції, в д.е.;

b_1 – вміст несферичного зерна в другій фракції, в д.е.

Висновки до розділу

В даному розділі дипломної роботи зроблено детальний опис методик, що були використані при проведенні досліджень та приведено повну послідовність проведення експериментальних досліджень.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Фізико-механічні властивості насіння сої

4.1.1 Геометричні розміри і коефіцієнт сферичності насіння сої

Дослідження проводилися відповідно до методики розділу 3.1.1. Для всіх досліджуваних сортів характерно, що довжина насіння варіює більше ширини і товщини. Основні характеристики розмірів насіння сої різних сортів наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розмірні характеристики насіння сої

Сорт	Довжина			Ширина			Товщина		
	M , мм	σ , мм	V , %	M , мм	σ , мм	V , %	M , мм	σ , мм	V , %
Ментор	7,30	0,46	6,30	6,79	0,36	5,30	5,94	0,33	5,56
Галлек	6,58	0,33	5,02	6,29	0,30	4,77	5,81	0,30	5,16
Аватар	6,62	0,48	7,20	6,04	0,41	6,20	5,32	0,45	8,4

Примітка: M – середнє значення параметра;

σ – середньоквадратичне відхилення;

V – коефіцієнт варіації.

Як показали результати досліджень, насіння сої різних сортів володіють різною сферичністю, яка залежить від різних факторів (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Розподіл насіння сої по сферичності

Сорт	Параметри розподілу		
	M , мм	σ , мм	V , %
Ментор	0,86	0,076	8,84
Галлек	0,92	0,042	4,57
Аватар	0,84	0,074	8,81

Розподіл насіння по сферичності (на прикладі сорту Аватар) представлено на рисунку 4.1.

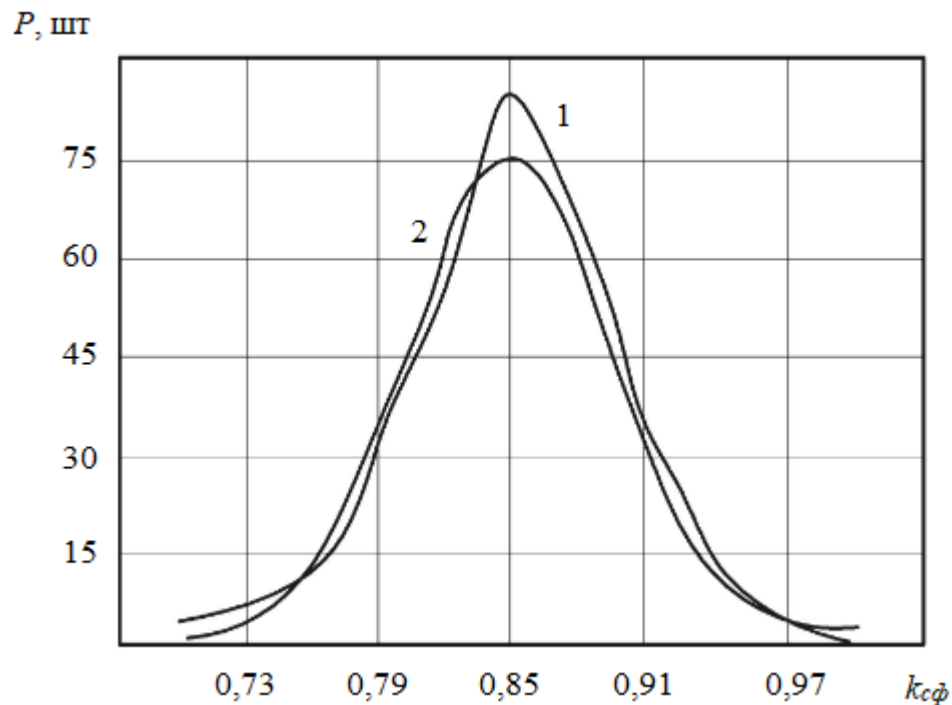


Рисунок 4.1 – Варіаційна крива розподілу насіння сої Аватар по коефіцієнту сферичності $k_{сф}$: 1 – емпірична; 2 – теоретична.

Порівняння емпіричного розподілу з теоретичним, що оцінюється критерієм Л.Н. Колмогорова, показує, що розподіл насіння сої по сферичності підкоряється закону нормального розподілу.

Дослідження показали, що сферичність зерна сої варіюється від 0,60 до 0,98. Дана обставина дозволяє припустити, що зерна з різною сферичністю будуть відчувати різний опір при русі по площині.

4.1.2 Коефіцієнт опору руху зерна сої по площині

Тіло несферичної форми рухається по площині з відривом від поверхні. У процесі руху на нього діють сила тертя кочення спільно з силою тертя ковзання. Тому для дослідження динаміки тіла несферичної форми визначався узагальнений коефіцієнт опору руху, в залежності від форми

зерна (коефіцієнта сферичності, $K_{сф}$). У дослідженні застосовано метод похилій площині. Коефіцієнт опору руху розраховувався за формулою 3.1.

Експериментальні дані залежності впливу сферичності насіння сої на узагальнений коефіцієнт опору руху по різних матеріалів представлений на рисунку 4.2.

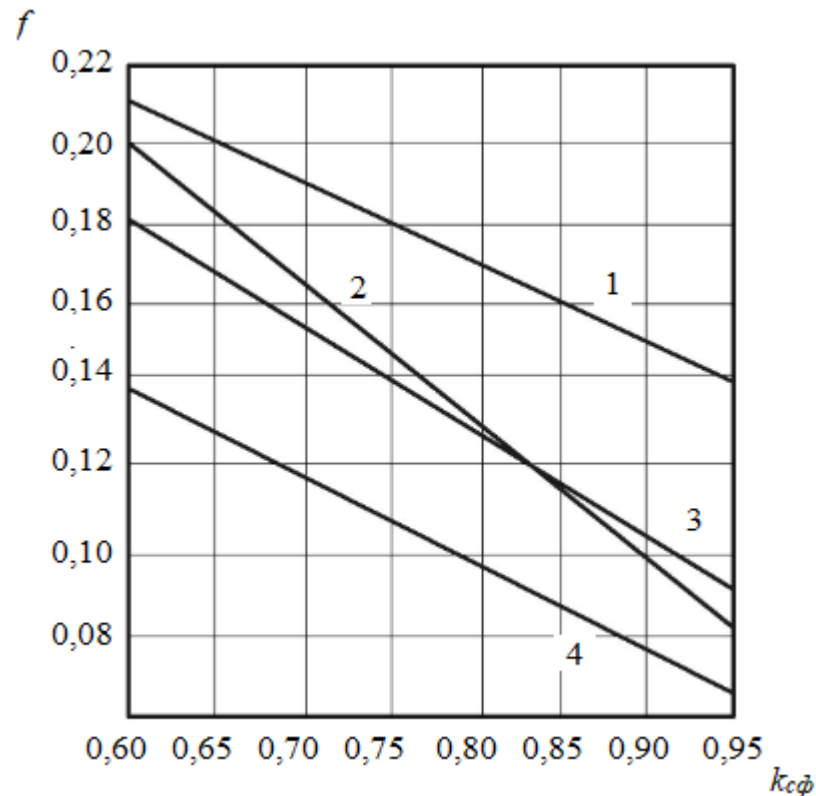


Рисунок 4.2 – Вплив сферичності насіння сої $K_{сф}$ на узагальнений коефіцієнт опору руху f :

1 – бавовняна тканина; 2 – гума; 3 – дерево; 4 – сталь.

З графіків видно, що форма зерна істотно впливає на величину коефіцієнта опору. Так для сої зі сферичністю $K_{сф} = 0,6$, коефіцієнт опору в два рази вище, ніж для сої зі сферичністю $K_{сф} = 0,9$.

Залежності, наведені на графіках, лінійні, про що говорять високі коефіцієнти кореляції (табл. 4.3). Коефіцієнти кореляції значимі для довірчої ймовірності $P = 0,95$. Апроксимуюча функція перебувала в вигляді:

$$f_o = a + bK_{сф}, \quad (4.1)$$

де f_o – коефіцієнт опору;

$K_{сф}$ – коефіцієнт сферичності;

a, b – лінійні коефіцієнти.

Таблиця 4.3 – Параметри матеріалу поверхні робочого органу

№ залежності	Матеріал	a	b	r	$\Delta f = f_{max} - f_{min}$
1	Бавовняна тканина	0,344	-0,211	0,978	0,07
2	Гума	0,409	-0,336	0,996	0,115
3	Дерево	0,326	-0,253	0,979	0,09
4	Сталь	0,271	-0,206	0,986	0,07

У таблиці 4.3 наведені коефіцієнти лінійного рівняння (a і b), коефіцієнти кореляції, r і різниця коефіцієнтів опору руху зерен сої сферичністю 0,60 і 0,95.

Проведені дослідження показують. Що сферичність насіння сої впливає на узагальнений коефіцієнт опору руху. Зі збільшенням сферичності коефіцієнт опору руху зменшується. Виявлено, що максимальна різниця коефіцієнтів опору руху насіння сої різної сферичності по гумі. Виходячи з цього, в якості робочої поверхні конічного відцентрового сепаратора була прийнята гума.

4.2 Характер траєкторій насіння сої різної сферичності по прогумованому відцентровому конічному робочому органу

В результаті цифрової відеозйомки і комп'ютерної обробки, відповідно до методики розділу 3.2, отримані знімки з проєкціями траєкторій руху насіння сої різної сферичності, $K_{сф}$ на площину по відцентровому конусу (рис. 4.3).

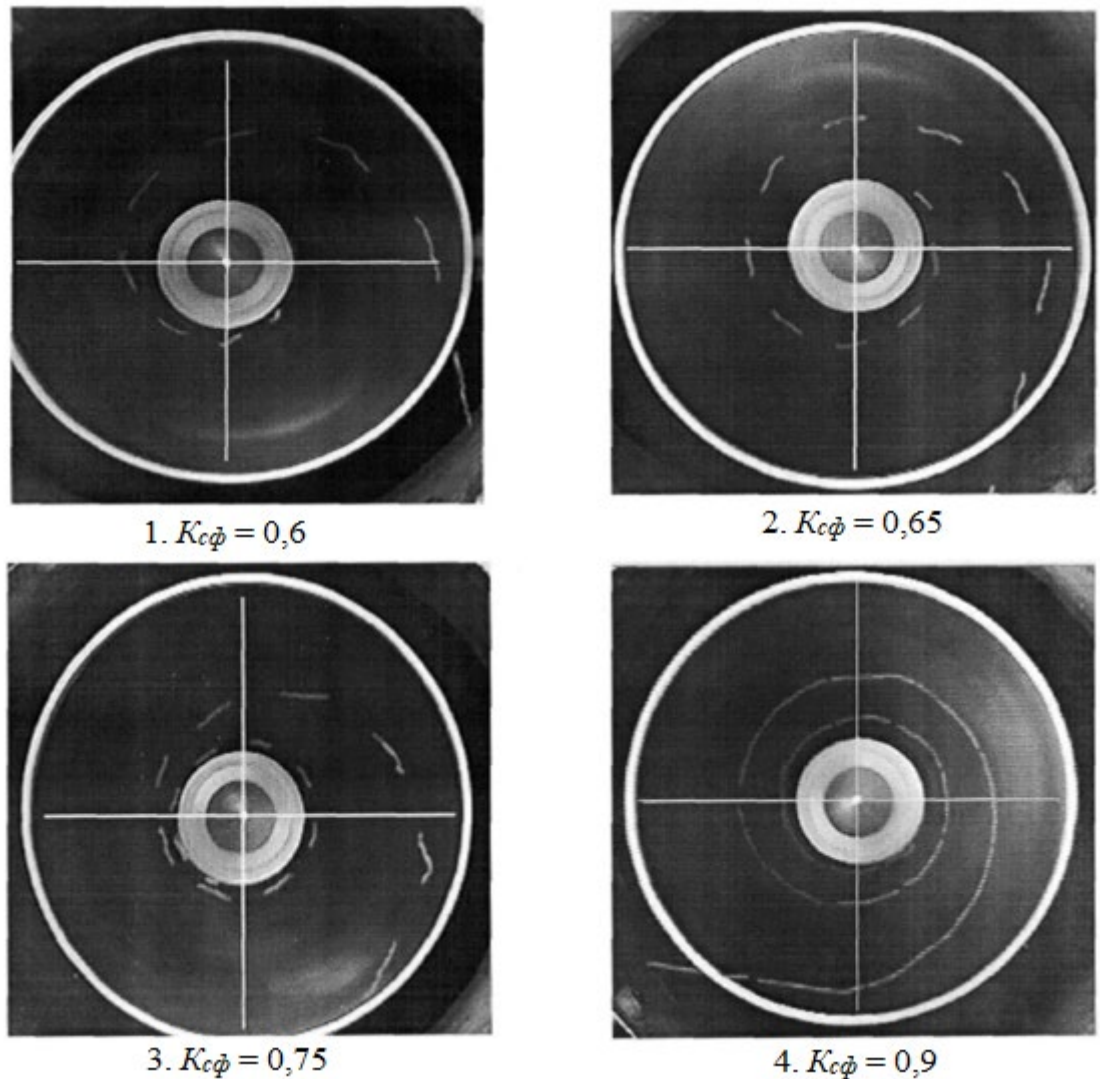


Рисунок 4.3 – Траєкторії руху насіння сої по відцентровому конічному робочому органу

Дослідження показали, що основним параметром визначальним вид і характер траєкторії є сферичність насіння, яка має найбільший вплив на узагальнений коефіцієнт опору руху.

Залежно від коефіцієнта опору руху, насіння різної сферичності описують різні траєкторії по відцентровому конічному робочому органу. З рисунка 4.3 видно, що насіння сої з коефіцієнтом сферичності $K_{сф} = 0,6 - 0,7$ мають більш коротку траєкторію, ніж насіння з коефіцієнтом сферичності $K_{сф} = 0,75 - 0,95$.

Експериментальні дані підтверджують результати теоретичних досліджень. Дослідження показують, що траєкторію руху насіння сої по відцентровому конусу можна розрахувати теоретично з достатньою точністю по відношенню до траєкторій, отриманих в ході проведення експерименту.

Проведені порівняльні дослідження траєкторій руху по кінчному робочому органу, отримані теоретичним і експериментальним шляхом дозволяють визначити залежність узагальненого коефіцієнта опору руху f_o від коефіцієнта сферичності K_{cf} . (рис. 4.4).

Аналіз швидкості руху насіння в різних точках траєкторії показує, що швидкість в процесі руху насіння є непостійною. По мірі наближення насіння до місця сходження з робочої поверхні конуса швидкість їх значно зростає (рис. 4.5). З графіків видно, що насіння сої різної сферичності володіють різною швидкістю в момент сходження з робочої поверхні кінчного ротора. Чим менше сферичність зерна, тим з більшою швидкістю воно потрапляє на розділову поверхню.

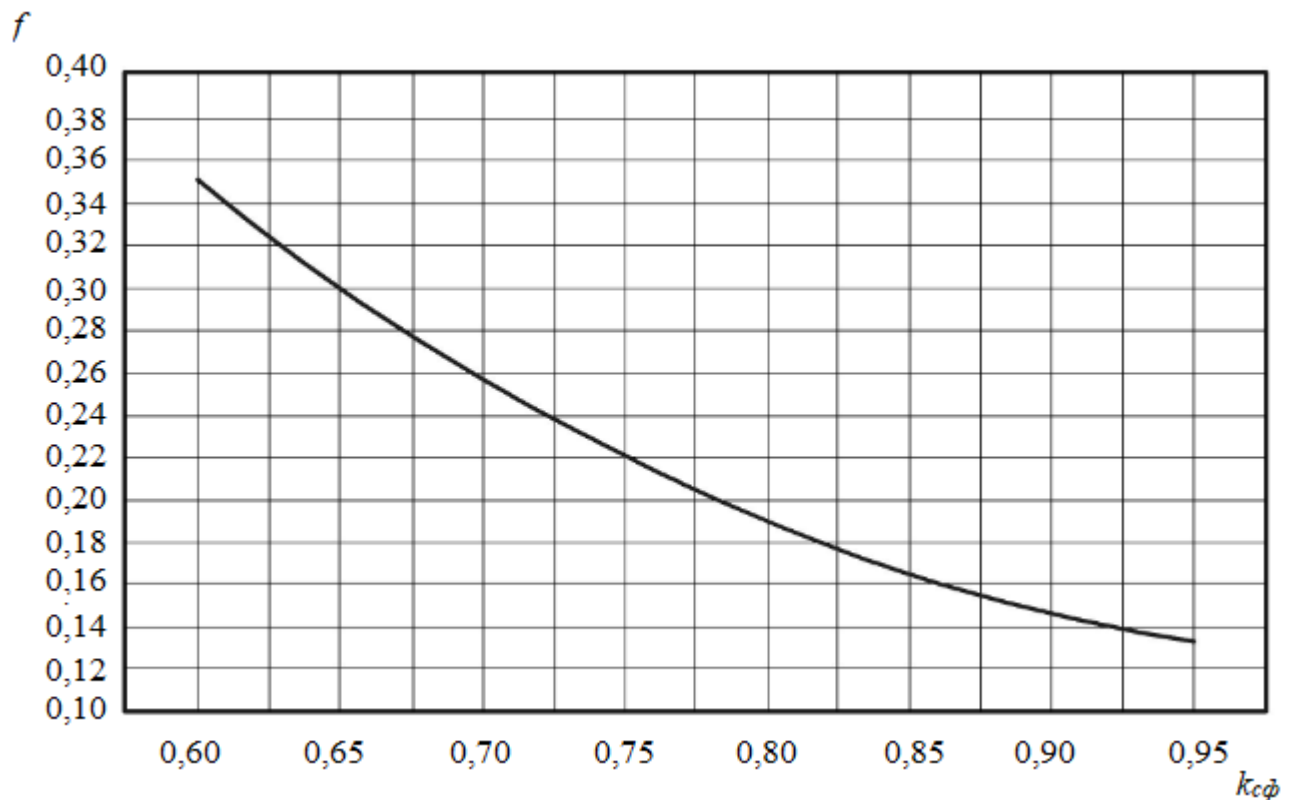


Рисунок 4.4 – Залежність узагальненого коефіцієнта опору руху, f_o від коефіцієнта сферичності K_{cf}

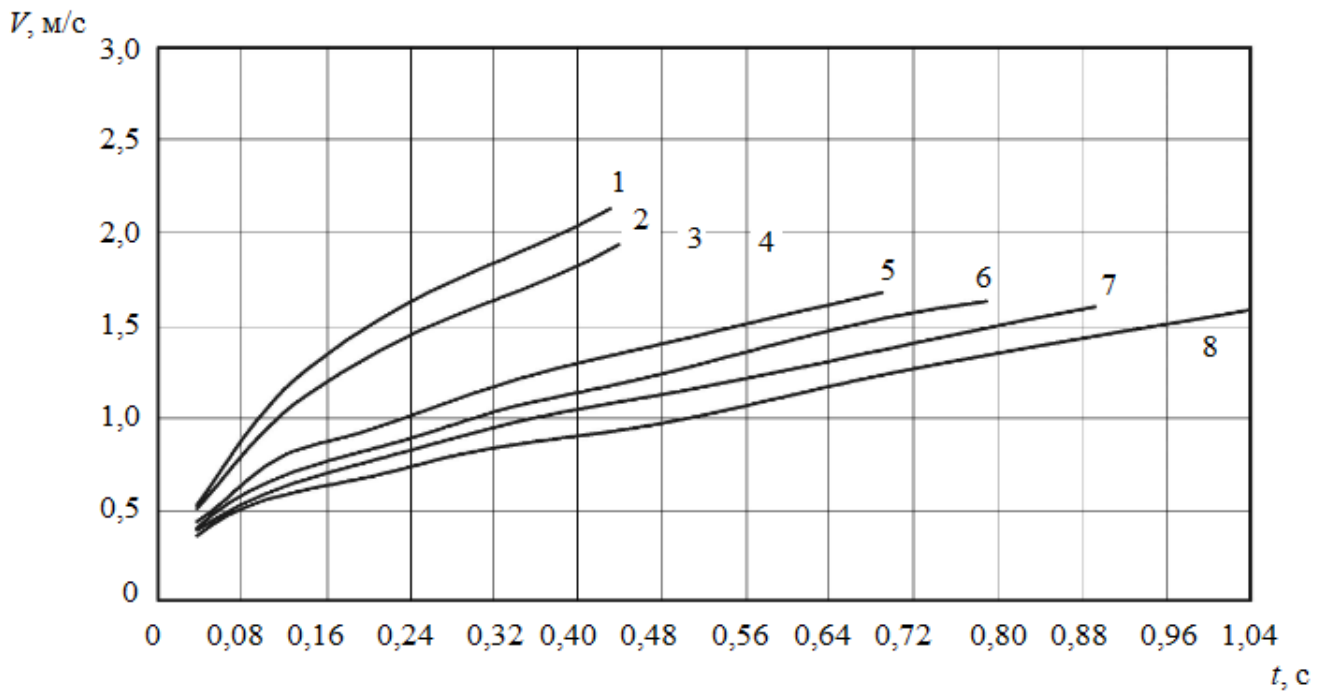


Рисунок 4.5 – Зміна швидкості руху насіння сої різної сферичності по відцентровому конічному роторі: 1 – $K_{cф} = 0,6$; 2 – $K_{cф} = 0,65$; 3 – $K_{cф} = 0,7$; 4 – $K_{cф} = 0,75$; 5 – $K_{cф} = 0,8$; 6 – $K_{cф} = 0,85$; 7 – $K_{cф} = 0,9$; 8 – $K_{cф} = 0,95$.

Крім того зерна з меншою сферичності, маючи більш круту траєкторію по відношенню до основи конічного ротора, сходять під великим кутом до площини обертання. Відмінності в швидкостях і кутах сходу дозволяє розділити вихідний матеріал на сферичну і несферичну фракції. Сферичне насіння маючи малу швидкість і кут сходу потрапляючи на розділову поверхню під дією сили тяжіння збирається в нижньому збірнику. Несферичне насіння, потрапляючи на розділову поверхню, піднімається по ній вгору і долає її за рахунок великої швидкості і кута сходження з робочого органу, після чого збирається в верхньому збірнику. Дані висновки узгоджуються з результатами теоретичних досліджень і можуть бути прийняті як критерії поділу сої по сферичності.

На рисунку 4.6 – 4.8 представлені залежності часу сходу t_k , швидкості сходу V_k і кут сходу β_x , від коефіцієнта сферичності $K_{cф}$, отримані експериментальним і теоретичним шляхом.

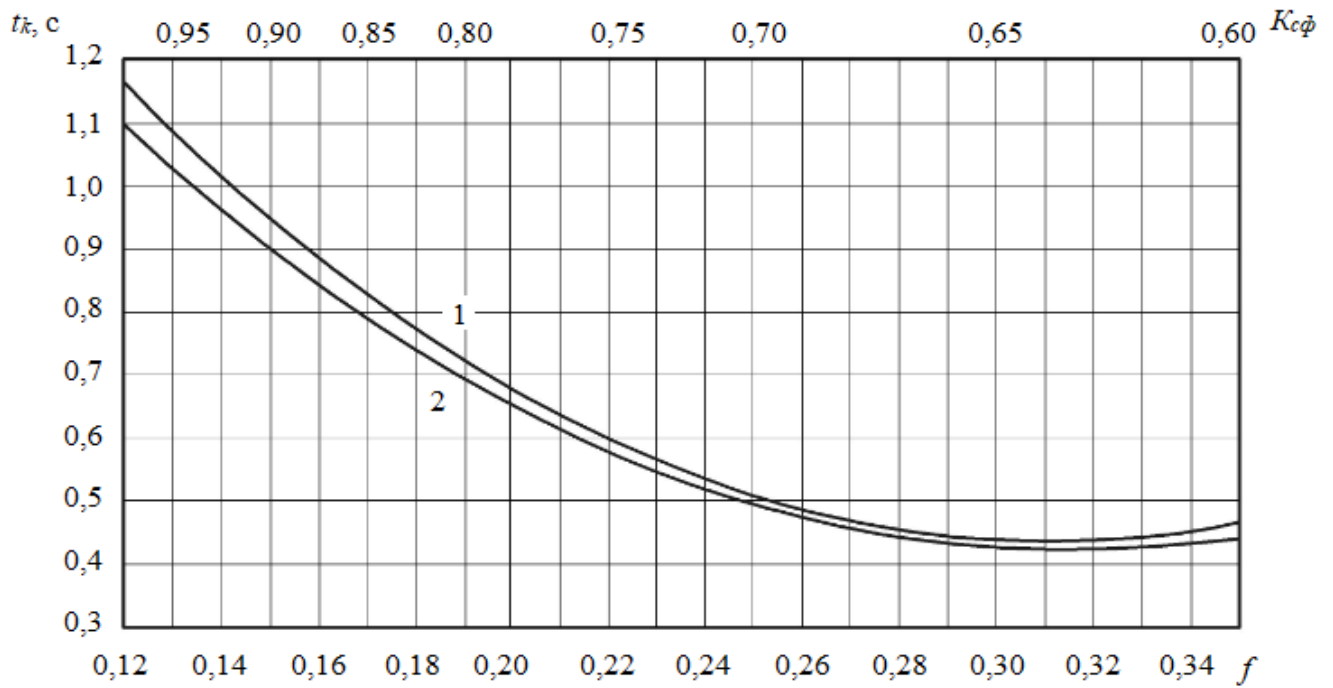


Рисунок 4.6 – Залежність часу сходу t_k від коефіцієнта сферичності K_{sf} :
1 – теоретична; 2 – емпірична.

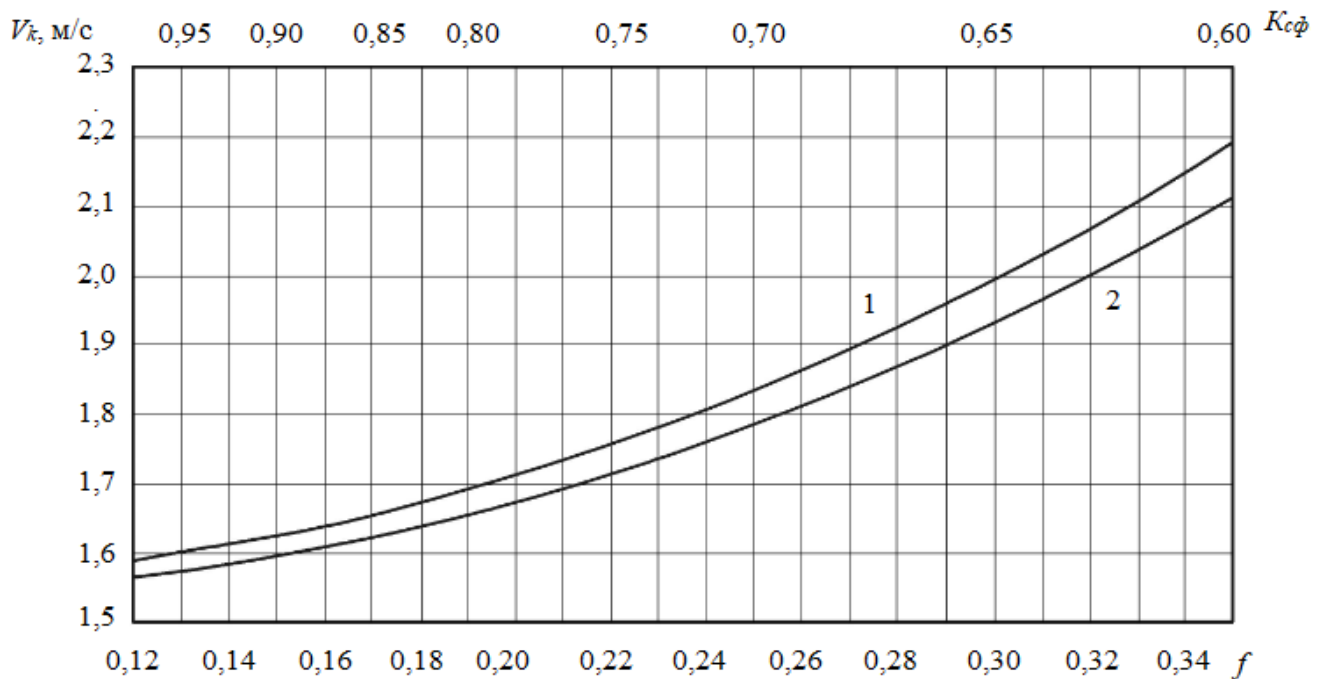


Рисунок 4.7 – Залежність швидкості сходу V_k від коефіцієнта сферичності K_{sf} : 1 – теоретична; 2 – емпірична.

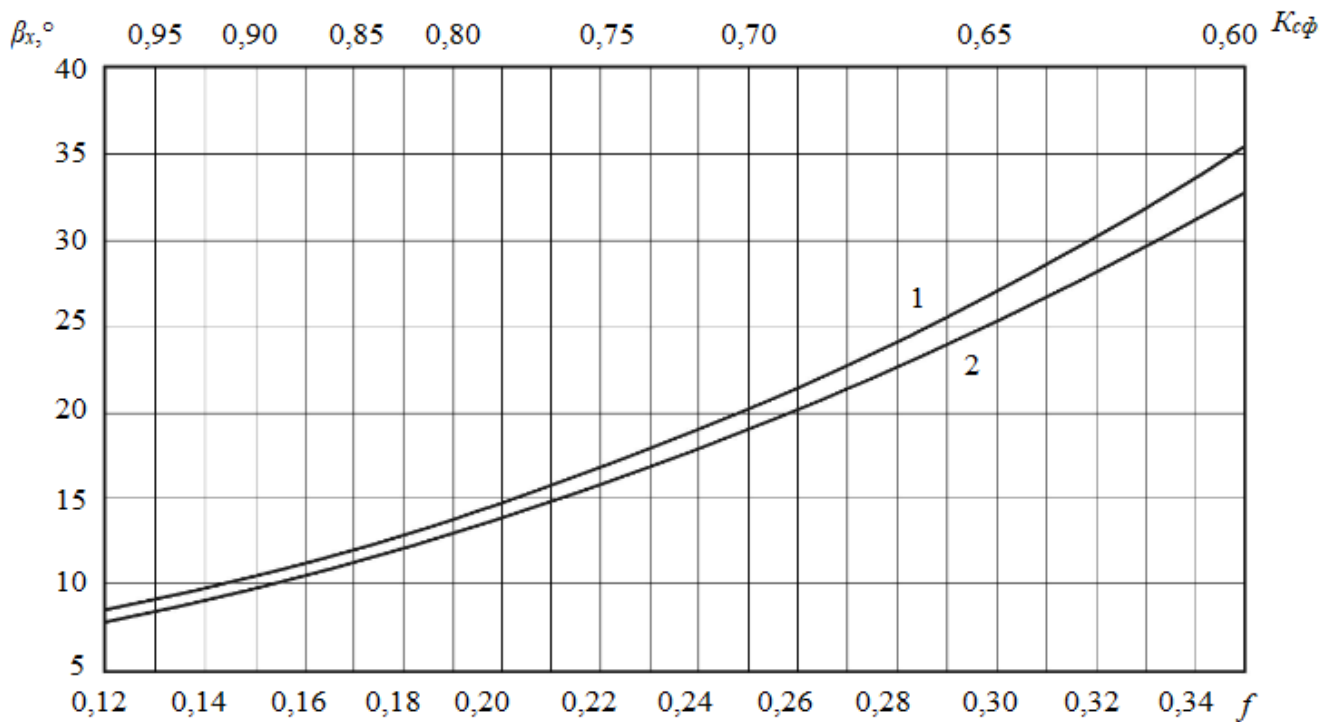


Рисунок 4.8 – Залежність кута сходу β_x від коефіцієнта сферичності

$K_{сф}$: 1 – теоретична; 2 – емпірична.

4.3 Вплив кутової швидкості ротора на якість розділення насіння сої по сферичності

З аналізу літературних джерел виявлено, що одним з основних факторів, що впливають на якість розділення насіння сої по сферичності є кутова швидкість робочого органу. В ході попередніх експериментів на лабораторній установці було виявлено ряд закономірностей. При збільшенні кутової швидкості ротора помітно знижується кількість некондиційного (несферичного) насіння, що виділяються в нижній збірник (основна фракція). Одночасно з цим збільшується відсоток сферичного насіння, що потрапляють в верхній збірник (друга фракція), тобто ростуть втрати (рис. 4.9).

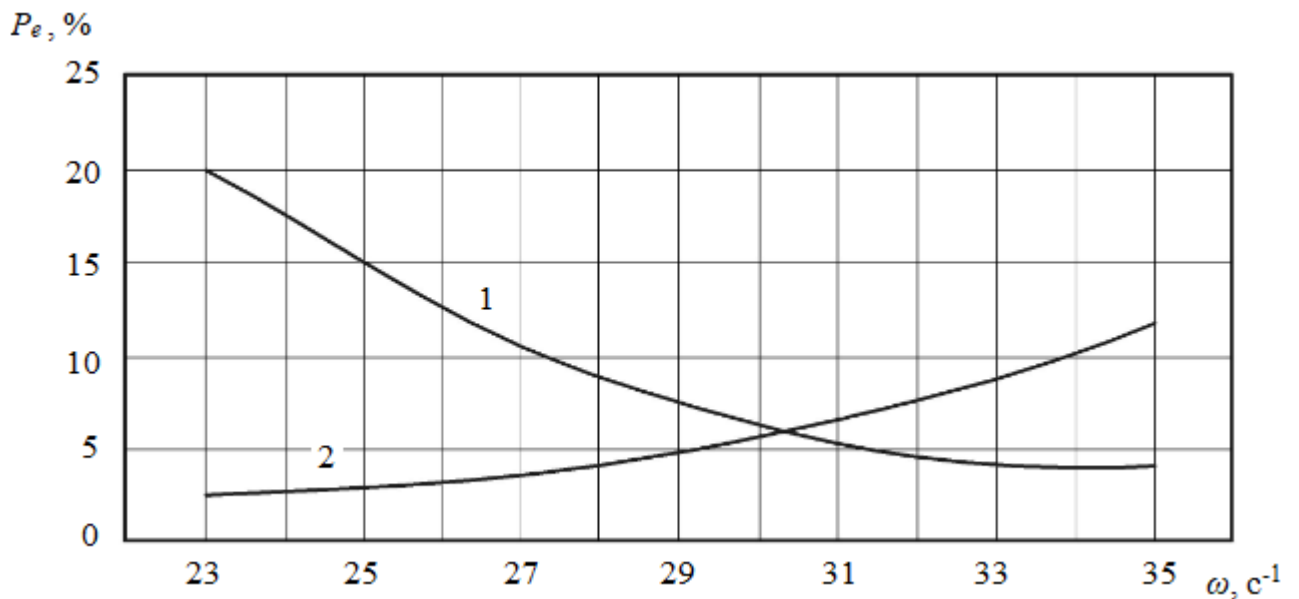


Рисунок 4.9 – Вплив кутової швидкості ω на якість розділення P_e насіння сої по сферичності: 1 – вміст неповноцінного насіння в першій (основній) фракції; 2 – втрати повноцінного насіння в другій фракції

З рисунка видно, що при зміні кутової швидкості ротора з 23 с^{-1} до 33 с^{-1} вміст некондиційного насіння в основній фракції знизився з 20 до 4 %. Втрати повноцінного насіння при цих же кутових швидкостях ротора зросли з 2,5 до 8 %. При подальшому збільшенні кутової швидкості втрати повноцінного насіння різко зростають, а вміст некондиційного насіння в основній фракції залишається приблизно на рівні 4 %. За результатами попередніх експериментів будувалися варіаційні криві розподілу насіння сої по сферичності для кожної фракції при різних кутових швидкостях робочого органу, рисунок 4.10 та 4.11.

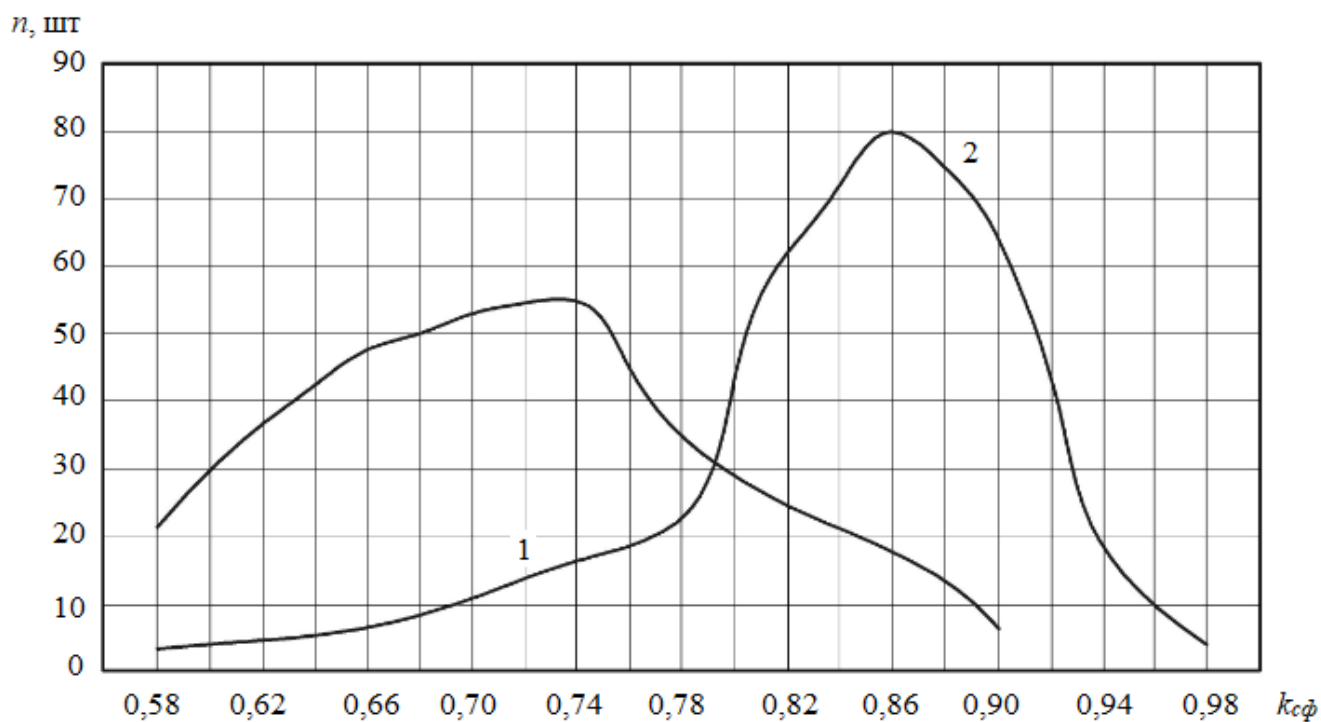


Рисунок 4.10 – Варіаційні криві розподілу насіння сої по сферичності при $\omega = 23 \text{ с}^{-1}$: 1 – перша (основна) фракція 2 – друга фракція.

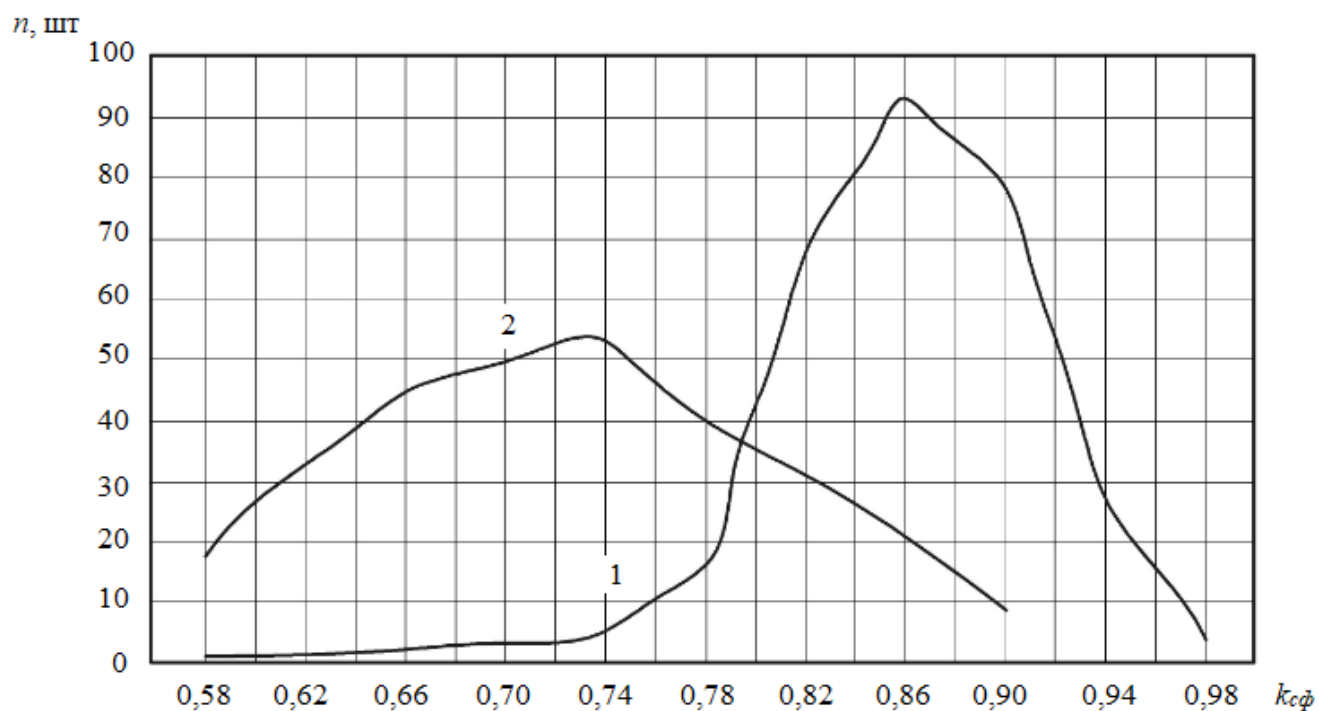


Рисунок 4.11 – Варіаційні криві розподілу насіння сої по сферичності при $\omega = 33 \text{ с}^{-1}$: 1 – перша (основна) фракція 2 – друга фракція.

Таким чином, в ході попередніх досліджень встановлено рівні варіювання кутової швидкості для проведення багатофакторного експерименту.

При кутовій швидкості $\omega = 33 \text{ с}^{-1}$ середній коефіцієнт сферичності склав: перша (основна) фракція $K_{сф} = 0,88$; друга фракція $K_{сф} = 0,69$.

4.4 Оцінка ефективності роботи сепаратора

Оцінка ефективності роботи сепаратора визначалася за повнотою виділення з вихідного матеріалу некондиційної фракції (рис. 4.12).

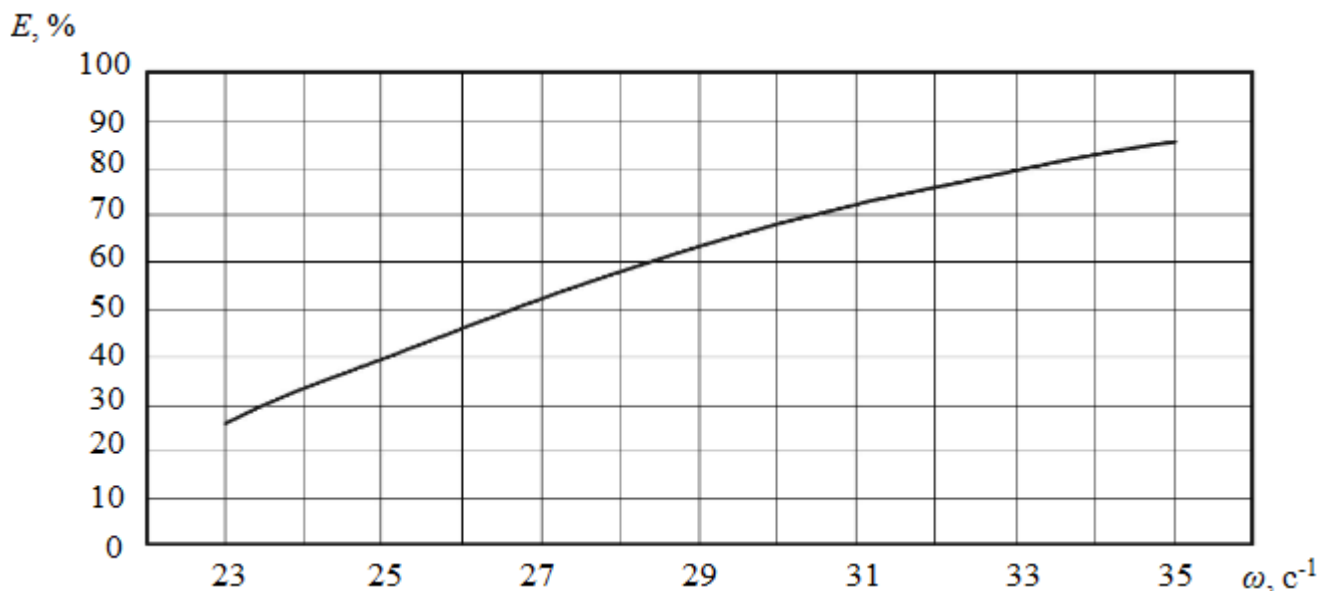


Рисунок 4.12 – Повнота виділення з вихідного матеріалу не кондиційної фракції

При кутовій швидкості ротора $\omega = 33 \text{ с}^{-1}$ повнота виділення E склала 83 %.

Крім того, за методикою розділу 3.5 визначався коефіцієнт повноти виділення ε по В.А. Кубишева:

$$\varepsilon = \frac{0,82 \cdot 0,96 + 0,18 \cdot 0,6}{1} = 0,906$$

Висновки до розділу

Встановлено основні критерії поділу насіння сої по сферичності на відцентровому конічному сепараторі (кут і швидкість сходу з робочої поверхні), а також їх залежність від коефіцієнта сферичності. Дослідження показали, що зі зменшенням коефіцієнта сферичності швидкість та кут сходу зерна з робочої поверхні збільшуються, а зі збільшенням коефіцієнта сферичності – зменшуються. При $K_{сф} = 0,9$, $V_k = 1,63$ м/с, $\beta_k = 11^\circ$; при $K_{сф} = 0,65$, $V_k = 2$ м/с, $\beta_k = 27^\circ$.

В результаті використання чисельних методів програми MathCad Professional отримані траєкторії руху насіння по конічній поверхні. Обробка результатів цифрової відеозйомки процесу сепарації підтвердила адекватність математичної моделі реальному процесу.

Оптимізація процесу сепарації дозволила вибрати чинники, які суттєво впливають на ефективність процесу і визначити їх оптимальні значення: кутова швидкість робочого органу (ротора) $\omega = 33 - 34$ с⁻¹; висота розділової поверхні $h = 90 - 100$ мм; кут нахилу твірної ротора $\theta = 30 - 32^\circ$. Коефіцієнт повноти виділення при цьому склав $0,88 - 0,9$.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка карти безпеки праці

При розробці карти охорони праці, зображеної на рисунку 5.1, були враховані всі характеристики та умови праці операторів зернових сепараторів.

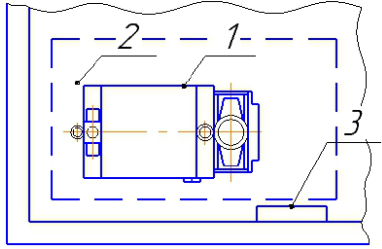
<p>I. Характеристика умов праці</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Місце роботи – ділянка очистки та сортування насіння сої; 2. Вид робіт – сортування насіння сої за показником сферичності; 3. Кваліфікація – оператор зерноочисного обладнання; 4. Умови праці – нормальні. 	<p>II. Вимоги технічних 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 застібнутий на всі гудзики. 	<p>IV. Показники технологічного режиму та міри безпеки</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ефективність очистки – 87 %; 2. Частота обертання робочого органу – 30 - 40 с⁻¹; Наявність захисних кожухів обов'язкова; 3. Корпус сепаратора повинен бути заземлений; 4. Не допускається виконувати регулювання при увімкненому електродвигуні.
<p>V. Планування робочого місця</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Сепаратор фрикційний конічний; 2. Місце перебування працівника; 3. Пульт керування. 	<p>VI. 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>VII 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. 4. Постійно здійснювати контроль стану опор ситового робочого органу та регулювальних і натяжних пристроїв. 5. Дотримуватися правил електробезпеки, здійснювати контроль допоміжних захисних пристроїв та захисних огорожень. 	

Рисунок 5.1 – Карта безпеки праці оператора зерноочисного сепаратора

5.2 Утилізація відходів виробництва на елеваторі ФГ «Фенікс-Агро»

Елеватор ФГ «Фенікс-Агро» – це сучасний елеватор з повністю механізованими зерносховищами, які гарантують безпечне та зручне поводження з продуктом. На виробництві впроваджено кілька процесів для управління відходами виробництва.

Виробничі процеси на елеваторах та млинах мають значний вплив на навколишнє середовище. Цей вплив можна охарактеризувати такими ключовими елементами, як забруднення повітря пилом і токсичними речовинами, забруднення зернових продуктів, викиди стічних вод і промисловий шум.

Оскільки забруднення повітря є основною загрозою, одним з найважливіших завдань у системі природоохоронних заходів ФГ «Фенікс-Агро» є забезпечення чистоти повітря.

Значна кількість мінерального та органічного пилу утворюється в процесі очищення зерна та обробки зерна. Пил також утворюється під час сортування зерна. Щоб пил не потрапляв в атмосферу і не забруднював навколишнє середовище, завод обладнаний аспіраційною системою, яка всмоктує пил з усіх точок викидів. Повітря надійно очищається циклонами та фільтрами різної конструкції.

В інтер'єрі заводу використовуються гладкі поверхні стін, стель, несучих конструкцій, дверних заповнень і підлоги. Це полегшує видалення пилу. Всі виробничі приміщення, склади, технологічне обладнання та машини утримуються в чистоті.

Екологічна безпека залежить від дотримання вимог щодо зберігання, транспортування та утилізації зернових відходів. Недотримання цих вимог може призвести до небезпечних екологічних проблем. Зерновідходи утилізують поетапно.

Висновки до розділу

У цій частині кваліфікації була розроблена карта безпеки для операторів відцентрових зерноочисних сепараторів, а також обговорювалися і пропонувалися різні способи використання відходів елеваторного виробництва.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організація проведення дослідження

Метою економічних розрахунків, проведених під час дослідження, є оцінка отриманих результатів і доцільності реалізації проекту для перевірки конструктивних і технічних параметрів процесу очищення насіння сої на конічному фрикційному сепараторі.

В результаті дослідження найбільш витратними статтями бюджету будуть витрати на організацію дослідження, тобто вартість конічного сепаратора, вартість дослідного зразка насіння сої, електроенергія та заробітна плата працівників. З метою визначення впливу конструкції та технічних параметрів сепаратора на ефективність процесу очищення насіння сої в таблиці 6.1 наведено перелік завдань, які передбачається виконати в ході дослідження.

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1	2	3
1-2	Вибір напрямку досліджень та літературний пошук	18
2-3	Написання літературного огляду	8
3-4	Розробка методик та послідовності виконання дослідів	4
4-5	Підготовка дослідного зразку насіння сої	1
5-6	Підготовка дослідної установки сепарувальної машини	25
6-7	Визначення фізико-механічних властивостей насіння сої	3
6-8	Визначення впливу кінематичних параметрів на якість процесу очистки	4
6-9	Визначення впливу основних конструктивно-технологічних параметрів на ефективність процесу очищення	8
7-10	Обробка матеріалів експериментальних досліджень	1
8-10		1
9-10		3
10-11	Оформлення отриманих результатів	10
11-12	Формування демонстраційного матеріалу	4

Відповідно до плану досліджень буде створено мережевий графік. Це графічна модель, яка показує майбутні завдання і процеси у вигляді окремих етапів і дозволяє за допомогою розрахунків визначити оптимальні варіанти їх виконання. На етапі реалізації мережевий графік дає можливість оперативно управляти ходом виконання робіт (рис. 6.1).

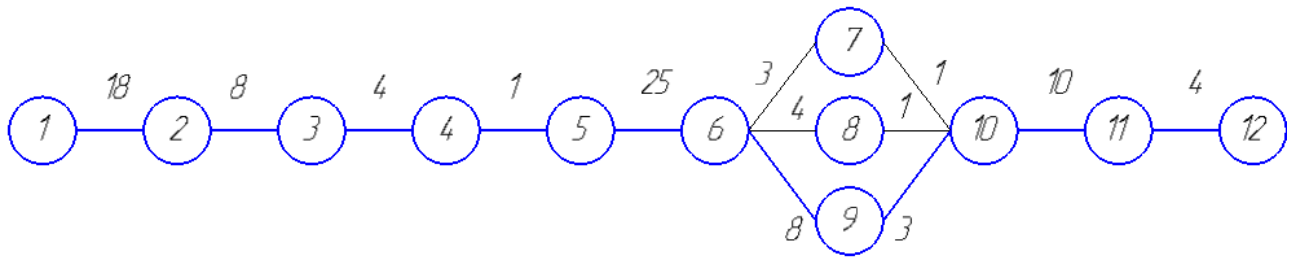


Рисунок 6.1 – Мережевий графік проведення НДР

За допомогою мережевого графіка знайдемо повний шлях (безперервний період діяльності від першої події до останньої).

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

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

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

Шлях тривалість якого максимальна, є критичним. У нашому випадку це третій шлях.

6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (6.1)$$

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_1 – ціна одиниці і-го матеріалу, грн.

Результати розрахунку наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Необхідна кількість та вартість основних матеріалів

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Насіння сої, кг	20	10,50	210,00
Всього			210,00

Результати розрахунку заробітної плати приведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на оплату праці учасників досліджень

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Керівник НДР	8300	49,40	15	741,00
Всього				741,00

Нарахування на оплату праці складають:

$$H = \frac{741,00 \cdot 22}{100} = 163,02 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (6.2)$$

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 робочих органів сепарувальної машини складають:

$$E_{c.m.} = 1,6 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 1,68 = 38,71 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на сушильну шафу складають:

$$E_{c.ш.} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 1,68 = 21,77 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на роботу електронних ваг складають:

$$E_{e.в.} = 0,006 \cdot 0,9 \cdot 8 \cdot 1,68 = 0,07 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на роботу персонального комп'ютера:

$$E_{n.к.} = 0,6 \cdot 0,9 \cdot 352 \cdot 1,68 = 319,33 \text{ грн.}$$

Загальні витрати електроенергії складуть:

$$E_{заг} = E_{c.m.} + E_{c.ш.} + E_{e.в.} + E_{n.к.} = 38,71 + 21,77 + 0,07 + 319,33 = 379,88 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування розраховуємо за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (6.3)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість устаткування, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – кількість днів у році.

Результати розрахунків амортизаційних відрахувань наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Результати розрахунку амортизаційних відрахувань

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Сепарувальна машина	8600,00	10	2	4,71
Сушильна шафа	4600,00	10	2	2,52
Електронні ваги	2800,00	10	1	0,77
Персональний комп'ютер	8800,5	24	44	254,60
Всього				262,60

Накладні витрати складають:

$$\frac{(741,00 \cdot 80)}{100} = 592,80 \text{ грн.}$$

Загальний кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Загальний кошторис витрат по НДР

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	210,00
Заробітна плата	741,00
Нарахування на заробітну плату	163,02
Електроенергія	379,88
Амортизація	262,60
Накладні витрати	592,80
Всього	2349,30

Найбільшими є витрати на оплату праці і накладні витрати.

6.3 Розрахунок вартості дослідження

Ціна досліджень розраховується за формулою:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.4)$$

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 2349,30 + \frac{30 \cdot 2349,30}{100} = 3054,09 \text{ грн.}$$

Загальна вартість НДР складає 3054,09 грн.

Висновки до розділу

Найбільшими є витрати на оплату праці та накладні витрати, які складають 741,00 грн та 592,80 грн. Загальна вартість НДР складає 3054,09 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз якості насіння сої, що висівається показує, що наявна в господарствах зерноочисна техніка в своїй більшості застаріла морально і фізично і не забезпечує якісного очищення і сортування сої на насіння. За останні п'ять років кількість некондиційних насіння, що висівається склало в середньому 25,5 %. Внаслідок цього необхідна розробка нових сортувальних машин для якісної підготовки насінневого матеріалу.

2. Теоретично встановлено основні критерії поділу насіння сої по сферичності на відцентровому конічному сепараторі (кут і швидкість сходу з робочої поверхні), а також їх залежність від коефіцієнта сферичності. Дослідження показали, що зі зменшенням коефіцієнта сферичності швидкість та кут сходу зерна з робочої поверхні збільшуються, а зі збільшенням коефіцієнта сферичності – зменшуються. При $K_{сф} = 0,9$, $V_k = 1,63$ м/с, $\beta_k = 11^\circ$; при $K_{сф} = 0,65$, $V_k = 2$ м/с, $\beta_k = 27^\circ$.

4. В результаті використання чисельних методів програми MathCad Professional отримані траєкторії руху насіння по конічній поверхні. Обробка результатів цифрової відеозйомки процесу сепарації підтвердила адекватність математичної моделі реальному процесу.

5. Обрано чинники, які суттєво впливають на ефективність процесу і визначити їх оптимальні значення: кутова швидкість робочого органу (ротора) $\omega = 33 - 34$ с⁻¹; висота розділової поверхні $h = 90 - 100$ мм; кут нахилу твірної ротора $\theta = 30 - 32^\circ$. Коефіцієнт повноти виділення при цьому склав 0,88 – 0,9.

6. Найбільшими є витрати на оплату праці та накладні витрати, які складають 741,00 грн та 592,80 грн. Загальна вартість НДР складає 3054,09 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Aliev, E. B., Bandura, V. M., Pryshliak, V. M., Yaropud, V. M., Trukhanska, O. O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. INMATEH – Agricultural Engineering. Vol. 54, Nr. 1. P. 95-104 – ISSN 2068 – 4215.
2. Shevchenko, I. A., Aliev, E. B. (2018). Research on the photoelectronic separator seed supply block for oil crops. INMATEH – Agricultural Engineering. Vol. 54, Nr. 1. P. 129-138 – ISSN 2068 – 4215.
3. Aliev, E. B., Yaropud, V. M., Dudin, V. Yr., Pryshliak, V. M., Pryshliak, N. V., Ivlev, V. V. (2018). Research on sunflower seeds separation by airflow. INMATEH – Agricultural Engineering. Vol. 56, No. 3. P. 119-128. ISSN 2068 – 4215.
4. Василенко П. М. Основи аналітичних методів землеробської механіки / П. М. Василенко // – К.: Видавництво НАУ, 1998. – 29 с.
5. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 2 (ч. 2, кн.. 2) Зернозбиральні машини / П. М. Заїка // – Х.: Око, 2004. – 404с.
6. Котов Б. І. Перспективи розвитку конструкцій зернонасіненочисної техніки / Б. І. Котов, М. І. Волошин // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КДТУ, 2001. – Вип. 31. – С. 110 – 112.
7. Котов Б. І. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зерно матеріалів / Б. І. Котов, С. П. Степаненко, М. Г. Пастушенко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КДТУ, 2003. – Вип. 33. – С. 53 – 59.
8. Лузан П. Г. Обґрунтування параметрів та режимів роботи інерційно-гравітаційного решітчастого сепаратора зерна: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Кіровогр. держ. техн. ун-т. – Кіровоград, 2001. – 19 с: укр.
9. Манчинський Ю. О. Математична модель руху компонентів насінневих сумішей по робочій площині / Ю. О. Манчинський, М. В. Бакум, О. М.

Горбатовський, М. М. Кравцов // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2008. Вип. 92. – С. 156 – 162.

10. Нагірний Ю. П. Обґрунтування інженерних рішень / Ю. П. Нагірний // – К.: Урожай, 1994. – 216с.

11. Пустовойтов П. Є. Математичне та інформаційне забезпечення системами підтримки прийняття рішень при управлінні багатомономенклатурним запасом в умовах невизначеності (05.13.06.) / Нац. техн. ун-т «Харківський політехнічний інститут». – Х., 2004. – 20с.

12. Shevchenko, I., Aliiev, E. (2018). Study of the process of calibration of confectionery sunflower seeds. Food Science and Technology. Volume 12, Issue 4. P. 135-142.

13. Aliiev E., Gavrilchenko O. 2018. Method for estimating the state of the support and motor apparatus of cattle [Спосіб оцінки стану опорно-рухового апарату великої рогатої худоби]. Scientific Horizons, 12 (73): 3-7.

14. Aliiev, E., Gavrilchenko, A., Tesliuk, H., Tolstenko, A., Koshul'ko, V. (2019). Improvement of the sunflower seed separation process efficiency on the vibrating surface. Acta Periodica Technologica, APTEFF, 50, P. 12-22.

15. Aliiev E. 2019. Justification of constructive-mode parameters of a photo-electron separator of sunflower seeds. [Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів фотоелектронного сепаратора насіння соняшника]. Scientific Horizons, 5 (78): 23-30. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-23-30.

16. Aliiev E. 2019. Production testing of tape device for automatic phenotyping of sunflower seeds. [Виробнича перевірка стрічкового пристрою для автоматичного фенотипування насіння соняшнику]. Scientific Horizons, 12 (85): 75-83. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-85-12-75-83.

17. Aliiev E.B. Automatic Phenotyping Test of Sunflower Seeds. Helia. 2020. Volume 43. Issue 72. Pages 51-66. DOI: 10.1515/helia-2019-0019.

18. Bai C., Gosman A. D. Development of methodology for spray impingement simulation. SAE Technical Paper Series. 1995. 21 p.

19. Khalid M. Saqr, Hossam S. Aly, Mazlan A. Wahid, Mohsin M. Sies. Numerical Simulation of Confined Vortex Flow Using a Modified k-e Turbulence Model. *CFD Letters*. 2009. Vol. 1(2). P. 87–94.
20. Wallin S. Engineering turbulence modeling for CFD with a focus on explicit algebraic Reynolds stress models. Doctoral thesis. Norstedts truckeri, Stockholm, Sweden. 2000. 124 p.
21. Mohsenin N.N. Physical properties of plant and animal materials / N.N. Mohsenin // New York: Gordon and Breach Science Publishers Inc. – 1980 – P. 51-87.
22. Aydin C. Physical properties of almond nut and kernel / C. Aydin // *New Food Eng.* – Vol. 60 – P. 315-320.
23. Gupta R.K. Physical properties of sunflower seeds / R.K. Gupta, S.K. Das // *Food Eng.* – 1997 – Vol. 66 – P. 1-8.
24. McCabe W.L. Unit operations of chemical engineering / W.L. McCabe, J.C. Smith, P. Harriott // McGraw-Hill Book Co, New York. – 1986.
25. Jain R.K. Properties of pearl millet / R.K. Jain, S. Bal // *Journal of Agricultural Engineering Research*. – 1997 – P. 85-91.
26. Sahay K.M. Unit operations in agricultural processing / K.M. Sahay, K.K. Singh // Vikas Publishing House Pvt Ltd, New Delhi. – 1994.
27. 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.
28. Nimkar M.P. Some Physical properties of green gram / M.P. Nimkar, K.P. Chattopadhyay // *Journal of Agricultural Engineering Research*. – 2001– Vol. 80(2) – P. 183-189.
29. Aliiev E., Aliieva O., Maliehin R. Technical and technological provision of complex waste processing of plant raw oil cultures in food for organic animals. *Scientific Horizons*. 2020. № 07 (92). P. 112-119. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-112-119.

30. Shevchenko I. Aliiev E. Improving the efficiency of the process of continuous flow mixing of bulk components. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. 6/1 (108). P. 6-13. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.216409

31. Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Ishchenko, K., Shkromada, O., Musiienko, Y., Plyuta, L., Chekan, O., Dubin, R., Mohutova, V. (2021). Development of a device for cleansing cow udder teats and testing it under industrial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(1 (109)), 43–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224927>

32. Shevchenko, I., Aliiev, E., Viselga, G., Kaminski, J. R. (2021). Modeling Separation Process for Sunflower Seed Mixture on Vibro-Pneumatic Separators, 27(4), 311–320. <https://doi.org/10.5755/j02.mech.27647>

33. Paliy A., Aliiev E., Nanka A., Bogomolov O., Bredixin V., Paliy A., Shkromada O., Musiienko Y., Stockiy A., Grebenik N.. Identifying changes in the technical parameters of milking rubber under industrial conditions to elucidate their effect on the milking process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 3, Issue 1 (111), 2021. 21–29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231917>

34. Gunko I., Babyn I., Aliiev E., Yaropud V., Hrytsun A. Research into operating modes of the air injector of the milking parlor flushing system. *U.P.B. Sci. Bull., Series D, Vol. 83, Issue 2, 2021. 297–310.* https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/rez4fb_469127.pdf

35. Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Nechyporenko, O., Baidevliatova, Y., Baydevliatov, Y., Lazorenko, A., Ukhovskiy, V., Korniienko, L., Sharandak, P. (2021). Determining the efficiency of cleaning a milk line made from different materials from contaminants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (1 (112)), 76–85. Doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.237070>

36. Aliiev E., Maliehin R., Ivliev V., Aliieva O. Simulation of the process of cavitation treatment of liquid feed [Техніко-технологічне забезпечення комплексної безвідходної переробки рослинної сировини олійних культур у корми для органічного тваринництва]. *Scientific Horizons*, 24(2), 2021. P. 16-26. DOI: 10.48077/scihor.24(2).2021.16-26.

37. Aliiev E., Lupko K. Prerequisites for the Creation of a Mechatronic System of Indented Cylinders for the Separation of Fine Seeds. *Scientific Horizons*, 24(3), 2021. P. 75-86. DOI: 10.48077/scihor.24(3).2021.75-86.

38. Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Ishchenko, K., Lukyanov, I., Dobrovolsky, V., Yurchenko, O., Chekan, O., Dedilova, T., & Musiienko, Y. (2021). Revealing changes in the technical parameters of the teat cup liners of milking machines during testing and production conditions. *EUREKA: Physics and Engineering*, (6), 102-111. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.002056>

39. Kozachenko O., Aliiev E., Sedykh K. Results of investigation of the spring shank disc harrow performance. *U.P.B. Sci. Bull., Series D*, Vol. 83, Issue 4, 2021. 123–140. https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/rezabf_492985.pdf

40. Yaropud V., Hunko I., Aliiev E., Kupchuk I. Justification of the mechatronic system for pigsty microclimate maintenance. *Agraarteadus, Journal of Agricultural Science*, 2021, XXXII (2): 341–351. DOI: 10.15159/jas.21.23

41. 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

42. Aliiev E., Paliy A., Kis V., Paliy A., Petrov R., Plyuta L., Chekan O., Musiienko O., Ukhovskyi 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

43. Aliiev, E., Paliy, A., Dudin, V., Kis, V., Paliy, A., Ostapenko, V., Levchenko, I., Prihodko, M., Korg, O., Kladnytska, L. (2022). Establishing an interconnection between the technical and technological parameters of milking equipment based on the movement of a milk-air mixture in a milking machine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(1 (116)), 35–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253978>.

44. Алієв, Е. Б. (2018). Патент на корисну модель України 136828, МПК В07В 4/02 (2006.01). Адаптивний аеродинамічний сепаратор. Заявник: Інститут

олійних культур Національної академії аграрних наук України, № u201902090. Заявл. 01.03.2019. Опубл. 10.09.2019, бюл. № 17.

45. Yaropud V., Honcharuk I., Datsiuk D., Aliiev E. The model for random packaging of small-seeded crops' seeds in the reservoir of selection seeders sowing unit. *Agraarteadus, Journal of Agricultural Science*, 2022, XXXIII (1): 199–208. DOI: 10.15159/jas.22.08

46. Aliieva O., Polyakov A., Aliiev E. (2022). Features of photosynthetic activity and water consumption of safflower. *Zemdirbyste-Agriculture*, 109 (2): 123–130. DOI: 10.13080/z-a.2022.109.016

47. Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Kotko, Y., Kolinchuk, R., Livoschenko, E., Chekan, O., Nazarenko, S., Livoschenko, L., Uskova, L. (2022). Determining the effective mode of operation for the system of washing the milking machine milk supply line. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (119)), 74–81. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265778

48. Mykolenko S., Aliieva O., Aliiev E., Pivovarov O. Technological and nutritional benefits of amaranth groats in breadmaking. *Scientific Horizons*. 2022. 25(11),63-73. DOI: 10.48077/scihor.25(11).2022.63-73

49. Aliiev E. Lupko K. Kobets O. (2023). Development of adaptive seed-separation trier for small-seeded crops. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry. Wood Industry. Agricultural Food Engineering*. 16 (65), 1: 103–126. DOI: 10.31926/but.fwiafe.2023.16.65.1.8

50. Yaropud V., Aliiev E., Mazur I., Burlaka S. (2023). Simulating the Process of Operation of Vortex Laye Electromagnetic Apparatus with Ferromagnetic Working Elements. *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 99 NR 9/2023: 64–71. DOI:10.15199/48.2023.09.11