

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня "Магістр" на тему:

Обґрунтування параметрів та режимів роботи системи пневмосепарації комбайна МПЯ-1М

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІ-2-23
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Збандут Дмитро Павлович

Керівник: _____ Пугач Андрій Миколайович

Рецензент: _____

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ .

(назва кафедри)

доцент .

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

ініціали

(прізвище,

« _____ » _____ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Збандуту Дмитру

Павловичу _____ .

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування параметрів та режимів роботи системи пневмосепарації комбайна МПЯ-1М

керівник роботи Пугач Андрій Миколайович, д.н. держ. упр., к.т.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«12» листопада 2024 року № 3784

2. Строк подання студентом роботи 13.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Огляд стану питання в галузі машинобудування та існуючих машин. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання і завдання досліджень 2. Теоретичні дослідження

3. Програма і методика досліджень 3. Результати досліджень 4. Охорона праці та захист в надзвичайних ситуаціях 5. Економічна ефективність. Загальні висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень. 2. Аналіз літературних і патентних джерел. 3. Теоретичні дослідження. 4. Програма і методика досліджень 5. Результати досліджень. 6. Економічні показники. 7. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Пугач А.М., професор		
2	Пугач А.М., професор		
3	Пугач А.М., професор		
4	Пугач А.М., професор		
5	Пугач А.М., професор		
6	Пугач А.М., професор		
нормоконтроль	Теслюк Г.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 18.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 19.04.2024 р.	Виконав
2	Теоретичний	до 21.06.2024 р.	Виконав
3	Експериментальний	до 13.09.2024 р.	Виконав
4	Охорона праці	до 08.11.2024 р.	Виконав
5	Економічний	до 15.11.2024 р.	Виконав
6	Демонстраційна частина	до 14.12.2024 р.	Виконав

Студент

_____.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Фрм	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
A4		1	52.ДР.021.000000.ПЗ	Пояснювальна записка		
				Графічні матеріали		
		2	52.ДР.021.000002	Мета і задачі дослідж.		
		3	52.ДР.021.000003	Існуючі конструкції		
		4	52.ДР.021.000004	Теоретичні дослідження		
		5	52.ДР.021.000005	Програма досліджень		
		6	52.ДР.021.000006	Результати досліджень		
		7	52.ДР.021.000007	Економічні показники		
		8	52.ДР.021.000008	Висновки		

			52.ДР.021.000000.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	
Розроб.		Збандут Д.П.			Відомість дипломної роботи
Перевір.		Пугач А.М.			
Реценз.					
Н. Контр.		Теслюк Г.В.			
Затверд.		Теслюк Г.В.			
					Лім.
					Арк.
					Аркуші
					4

ДДАБУ

РЕФЕРАТ

Збандут Д.П. обґрунтування параметрів та режимів роботи системи пневмосепарації комбайна МПЯ-1М / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» - ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

У першому розділі представлено аналіз сучасних технологічних процесів.

У другому розділі проведено теоретичні дослідження.

У третьому розділі представлено програму, методику експериментальних досліджень та результати досліджень

У четвертому розділі приведено аналіз стану охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

У п'ятому розділі приведено оцінку економічної ефективності від впровадження

Ключові слова: ягодозбиральний комбайн, ворох, сепарація, направлений повітряний потік, оптимальні показники, енергетичні затрати.

Zbandyt D. Disadvantage of pneumatic separation systems and their causes / D. Zbandyt // The 4th International scientific and practical conference «Science and technology: challenges, prospects and innovations» (28-30,2024), Jsaka, Japan

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	11
1.1 Огляд і класифікація пневмосепаруючих систем.....	13
1.2 Недоліки пневмосепаруючих систем та причини їх виникнення.....	22
Висновки.....	23
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПНЕВМОСЕПАРАЦІЇ НА КОМБАЙНІ ДЛЯ ЗБИРАННЯ СМОРОДИНИ.....	24
2.1 Теоретичне визначення швидкості вітання фракцій вороху.....	24
2.2 Визначення коефіцієнтів тертя фракцій вороху.....	28
2.3 Дослідження попередньої сепарації ягідного вороху.....	31
2.4 Визначення траєкторії руху фракцій вороху чорної смородини при пневмосепарації.....	41
Висновки.....	47
3 РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	48
3.1 Використання кінозйомки для розгляду процесу пневмосепарації вороху чорної смородини.....	48
3.2 Оптимізація форми обводів камери пневмосепарації.....	50
3.3 Співставлення математичної і експериментальної моделей процесу пневмосепарації.....	51
3.4 Перспективна схема сепарації ягідного вороху автоматичним гідрорегулятором.....	56
Висновки.....	59
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	60
Висновки.....	63
5 ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКОНОМІЧНА	64
Висновки.....	67

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71
ДОДАТКИ.....	74

ВСТУП

Шлях до вирішення цієї важливої задачі – неухильна інтенсифікація виробництва плодово-ягідних культур, серед яких чорна смородина посідає особливе місце. Воно обумовлене вмістом в її ягодах великої кількості корисних для людини вітамінів.

Чорна смородина містить багато мінеральних солей, органічних кислот і цукрів у легкодоступній формі, що обумовлює їх високу цінність у лікувально-дієтичному харчуванні, а також фітонциди, антимікробні властивості яких мають велике значення для здоров'я людини.

Цінність чорної смородини також в тому, що аскорбінова кислота яка міститься в ягодах добре зберігається в продуктах переробки.

В останні роки площі зайняті під цими насадженнями практично залишаються незмінними, а попит на продукцію постійно зростає.

Збільшення площ і покращення агротехніки призводить до збільшення валового збору. Але й досі значна частина врожаю збирається вручну. Затрати праці на збиранні чорної смородини вкрай великі.

Такий стан викликав необхідність розробок збиральних машин, так як тільки механізація ручної праці дозволить різко збільшити продуктивність, забезпечити зняття врожаю в оптимальні агротехнічні строки і отримати максимальний прибуток від реалізації продукції

Дослідження літературних джерел, аналіз результатів досліджень, патентних матеріалів по смородино збиральним машинам, дозволяє за допомогою методів прогнозування розвитку ягодозбиральної техніки виявити основні напрямки в їх створенні і шляхи удосконалення.

Головні з них:

- покращення роботи вловлюючи пристроїв;
- підвищення надійності і покращення роботи системи сепарації;
- відсутність різкої ударної дії на ягоди при роботі основних систем;

- покращення якісних показників ягодозбиральних комбайнів за рахунок зниження травмування елементів рослин;
- підвищення продуктивності комбайнів і їх надійності.

Виходячи з вищесказаного, сучасні дослідження, направлені на обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів системи пневмосепарації, а також розробка нових схем сепарації, що покращують якісні показники роботи в комбайнах для збирання чорної смородини є актуальними.

Мета та завдання дослідження.

Метою роботи є підвищення якості роботи системи пневмосепарації в комбайнах для збирання чорної смородини.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі задачі:

- виконати огляд і систематизувати технологічні схеми роботи комбайнів для збирання чорної смородини і систем сепарації ягідного вороху;
- теоретично обґрунтувати процес попередньої пневмосепарації до потрапляння вороху на транспортер вловлювач, і процес попередньої підготовки вороху до основної пневмосепарації;
- визначити траєкторії руху фракцій вороху в процесі пневмосепарації і обґрунтувати геометричні обводи камери пневмосепарації;
- визначити тенденції подальшого розвитку і розробити перспективні схеми пневмосепарації ягідного вороху;
- виконати аналіз економічної ефективності вдосконаленої системи пневмосепарації комбайна для збирання чорної смородини.

Об'єктом дослідження технологічний процес і технічні засоби пневмосепарації вороху в комбайнах для збирання чорної смородини

Предметом є – конструктивно-технологічні параметри пневмосепарації в смородозбиральних комбайнах; залежність якісних показників роботи системи пневмосепарації від конструктивно-технологічних параметрів.

Методи дослідження. Системного аналізу, методи інтерполяції

Наукова новизна отриманих результатів. Виведено аналітичні залежності для визначення зв'язку між конструктивними, кінематичними та

силовими параметрами. Проведено експериментальні дослідження, за результатами яких визначено відповідність теоретичних залежностей.

Практичне значення отриманих результатів. Проведений аналіз експериментальних параметрів, що дозволить підвищити якості роботи системи пневмосепарації в комбайнах для збирання чорної смородини.

1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Більше 30 років ведеться розробка конструкцій машин для механізованого збирання ягідних культур. Створення цієї техніки почалось з машин для збирання смородини. Результатом дослідницьких і дослідно-конструкторських робіт є поява машин позиційної дії з ручними активаторами і комбайнів.

Перша ягодозбиральна машина ЭЯМ-200-8 – створена і поставлена на серійне виробництво у 1970 році. Ця машина була розроблена у ГСКБ по садовим і виноградниковим машинам (м. Кишенів) разом з ВИСХОМом, НИЗИСНП и ВНИИС ім. Мичурина.

Аналогічна машина позиційної дії Вергі IV-Z для збирання чорної смородини та інших ягідних культур працює від ВВП трактора, має вібраційні активатори, що приводяться в дію від стиснутого повітря, пневмосистема активатора використовується для сепарації вороху.

За останні десятиліття чітко відслідковується тенденція по створенню самохідних комбайнів із закінченим технологічним циклом: формуванням куща, зняттям ягідного вороху, транспортування вороху, сепарацію і тарування ягід в стандартні ємності.

Тільки із застосуванням таких комбайнів для збирання чорної смородини, буде повністю вирішена проблема механізації збирання чорної смородини.

В літературі зустрічаються повідомлення про створення комбайнів для збирання чорної смородини в ряді країн, таких як Болгарія, Венгрія, Польща, Англія, Фінляндія, Франція, США, Нова Зеландія, Швеція.

В табл. 1.1. приведена технічна характеристика на рис. 1.1. - конструктивно-технологічна схема комбайна МПЯ-1.

В результаті модернізації комбайн для збирання чорної смородини значно змінився, замінено робочий орган, змінена конструкція подільника, підйомний пристрій рухомої рами та інше.

В даний час активатор комбайна МПЯ-1А має вид бичових барабанів, закріплених на рухомій рамі. Ексцентриковий вібратор передає коливання на барабани активатора. Підіймання рами з навішеними на ній вузлами здійснюється гідроциліндром. Збільшилася повнота вловлювання ягід, відбулося зниження травмування гілок за рахунок шарнірного закріплення поперечних транспортерів.

Таблиця 1.1 - Характеристика комбайна МПЯ-1А

Показники	Значення
Продуктивність за 1 годину основного часу, га	0,6...0,8
Потужність двигуна, кВт	18,4
Робоча швидкість, км/год.	1,58
Габаритні розміри, мм	
довжина	6160
ширина	3560
висота	3490
Загальна маса, кг	4100

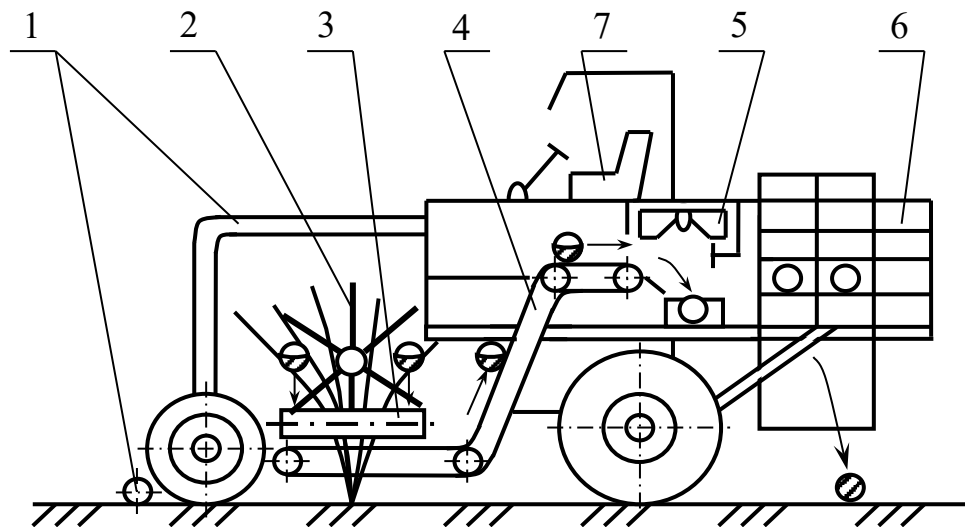


Рисунок 1.1 - Конструктивно-технологічна схема ягодозбирального комбайна МПЯ - 1: 1- формуючий пристрій; 2 - активатор; 3 - поперечний транспортер; 4 - повздовжній транспортер; 5 - вентилятор; 6 - розвантажувальний пристрій; 7 - місце водія.

Пірамідальна форма формувача і кріплення його до плаваючого поперечного транспортера, а також можливість зміни кута нахилу формувачів дозволяє копіювати куц і забезпечити зняття ягід на поперечні транспортери.

Технічна характеристика МПЯ-1А має наступні показники (табл.1.1).

За рахунок уведення нових конструкцій частково змінився технологічний процес, покращились показники повноти збору і вловлювання ягід.

Враховуючи те, що вентилятори МПЯ-1А мають більшу частоту обертання, вміст домішок в товарній продукції зменшився.

Якість роботи комбайнів для збирання чорної смородини в багатьох випадках залежить від підготовки насаджень. Агровимоги на основні розміри кущів і фізико-механічні властивості ягід не відповідають фактичному виду на промислових плантаціях чорної смородини.

Виконати агротехнічні вимоги можливо тільки при примусовій зміні параметрів рослин, що досягається обрізуванням кущів у весняний період.

Показники якості роботи комбайнів, майже всі, крім втрат ягід, наближаються до показників агротехнічних вимог, що говорить, про значну роботу яка здійснена в модернізації існуючих систем комбайнів.

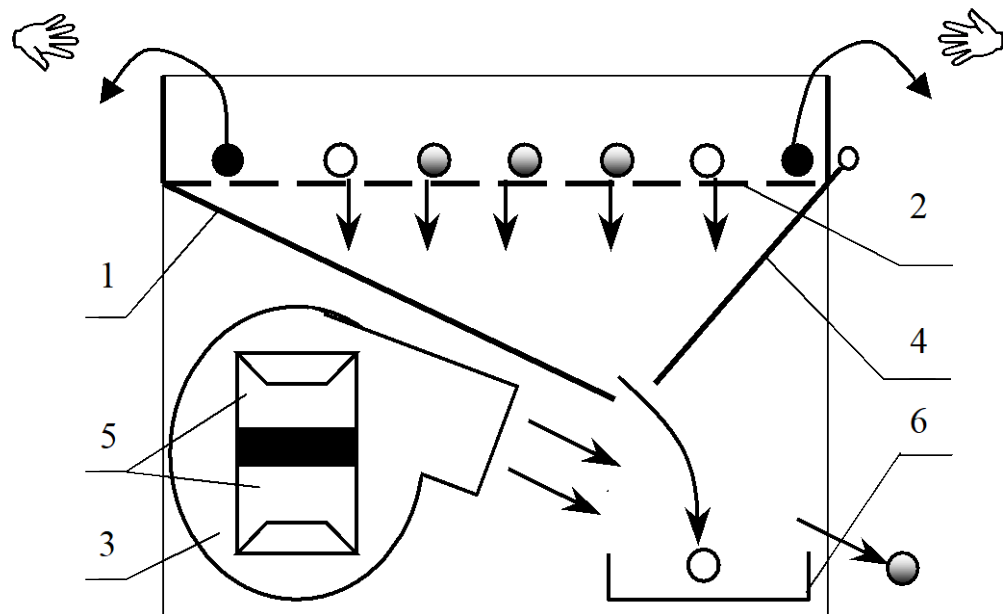
Розробка нових схем сепарації ягідного вороху, визначенню оптимальних параметрів камери сепарації ягідного вороху, визначенню оптимальних параметрів камери сепарації і режимів її роботи присвячені дослідження Варламова Г.П., Ахмеровой Р.В., Даштояна А.А., Цыцива М.В., Кротова А.М., Цымбала В.Д., Маркина Ю.Л., Попова В.И., Ветрова Е.Ф., Нелюбова А.И., та інших.

При позиційному збиранні ягід ручними активаторами та іншими пристосуваннями у вловлювачі потрапляє певна кількість домішок, які необхідно видалити, перед тим як висипати ворох у тару.

1.1 Огляд і класифікація пневмосепаруючих систем

В електрорягодозбиральній машині ЭЯМ-200-8 сепарація вороху

відбувається наступним чином. Ворох, що знаходиться на вловлювачі, збирачем висипається на сітку 2 бункера 1 (рис1.2.).



● - крупні домішки, ● - дрібні примеси, ○- ягоди

Рисунок 1.2 - Процес сепарації вороху в машині ЭЯМ-200-8:

1 - бункер; 2 - сітка; 3 - повітродувка; 4,5 - заслінки;

6 - місткість для накопичення

На сітці бункера відбувається первинна сепарація – видалення крупних домішок руками, а потім – вторинна, за рахунок повітродувки 3. Ягоди накопичуються в тарі, що встановлена під бункером, а легкі дрібні домішки відділяються повітряним потоком. Рівномірна подача вороху із щілини бункера і швидкість повітряного потоку регулюється заслінками 4 і 5, важелі яких виведені на стінки бункера до робочого місця оператора.

Повітродувка вмикається тільки на час сепарації.

Технологія процесу сепарації і сама конструкція сепаратора машини КББ-9 практично не відрізняється від машини ЭЯМ-200-8.

Розробка і впровадження поточних ягодозбиральних комбайнів потребують нових конструктивно-технологічних схем для систем сепарації вороху. Кінцевий технологічний процес «кущ – комбайн – тара» викликав необхідність розташувати систему сепарації на самому комбайні і впровадити в

технологічний процес.

На рис 1.3. приведена схема сепарації в комбайні «Смоллфорд».

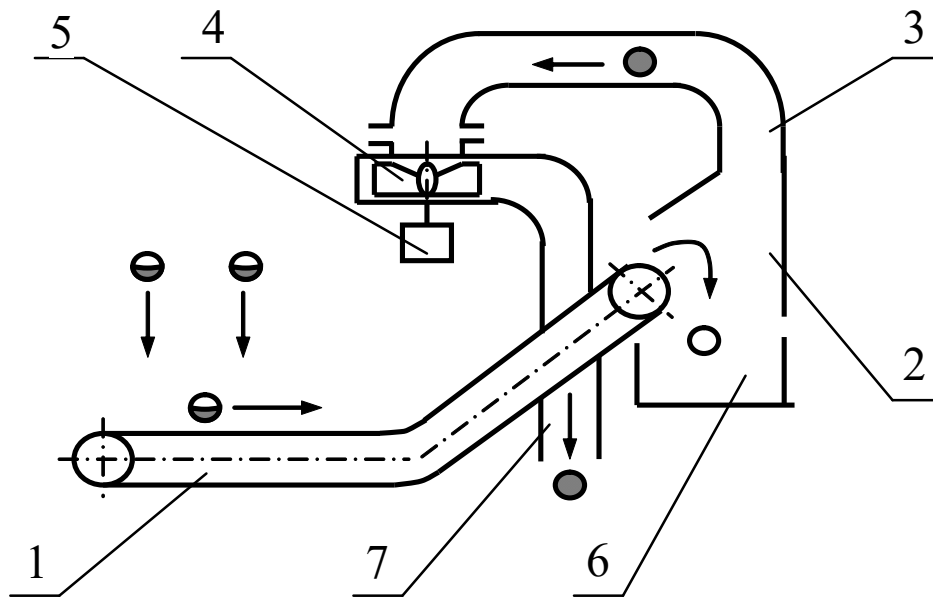


Рисунок 1.3 - Технологічна схема сепарації вороху в комбайні фірми «Смоллфорд»: 1 - поздовжній транспортер; 2 - насадка; 3 - гофрований повітровід; 4 - відцентровий вентилятор; 5 - гідромотор; 6 - ємність для ягід; 7 - рукав відводу домішок

Ворох, відділений активатором транспортується повздовжніми транспортерами 1, що мають горизонтальну і похилу частини. При сходженні вороху з транспортерів в накопичувальні місткості 6, відбувається його сепарація повітряним потоком вентиляторів 4, що приводяться в рух гідромоторами 5. В місці сходу вороху з транспортерів встановлені насадки 2, з'єднанні з вентиляторами гнучкими гофрованими повітропроводами 3. Домішки видаляються з системи сепарації через відвідні рукави 7.

На рис. 1.4. зображена технологічна схема сепарації вороху в комбайні фірми «Паттенден».

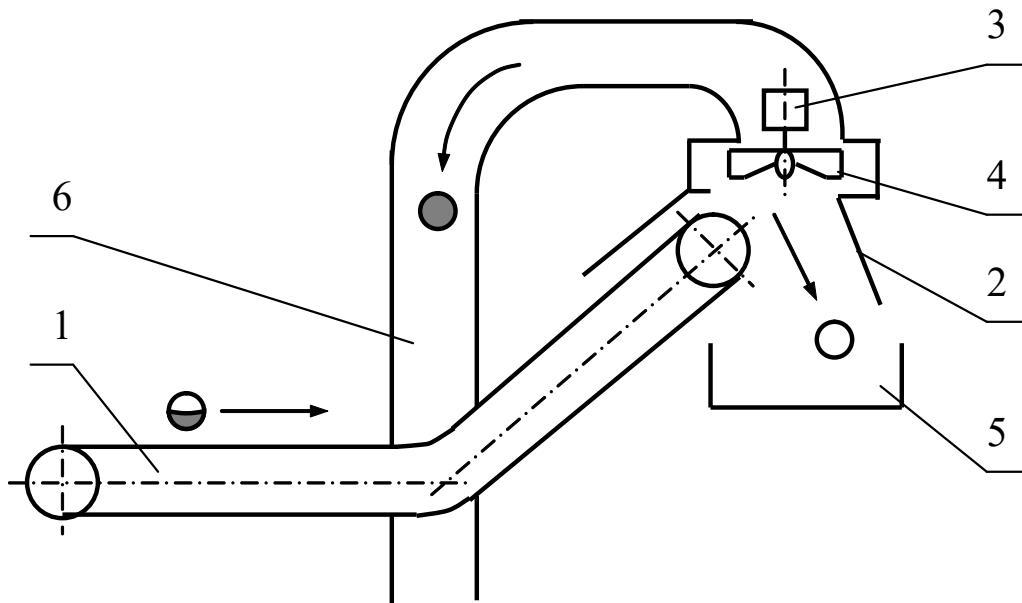


Рисунок 1.4 - Технологічна схема сепарації вороха «Паттенден» (Англія):

1 - транспортер; 2 - насадка; 3 - гідромотор; 4 - вентилятор; 5 - ємність для ягід; 6 - рукав відводу домішок

Відмінною особливістю схеми сепарації на комбайні фірми «Паттенден» є встановлення потужних осьових вентиляторів 4, безпосередньо в місці сходу вороху з повздовжніх транспортерів 1 в накопичувальні місткості 5.

На рис. 1.5. приведена технологічна схема комбайна КК-1.

Відділившись за рахунок вібрації активатора 1, ворох потрапляє на горизонтальну частину повздовжнього транспортера 2. Потім відбувається перевалка вороху на похилий поперечний транспортер 4. Вертикальний транспортер доставляє ворох на верхній поперечний транспортер 6. З цього транспортера ворох потрапляє на кінцевий транспортер 7, вноситься ним в сусіднє міжряддя і через вивантажувальний рукав заповнює місткість 9, яка встановлена на тракторному візку. В час перевалки вороху з похилих транспортерів на вертикальні відбувається пневмосепарація. Домішки з системи сепарації видаляються через відповідний патрубок.

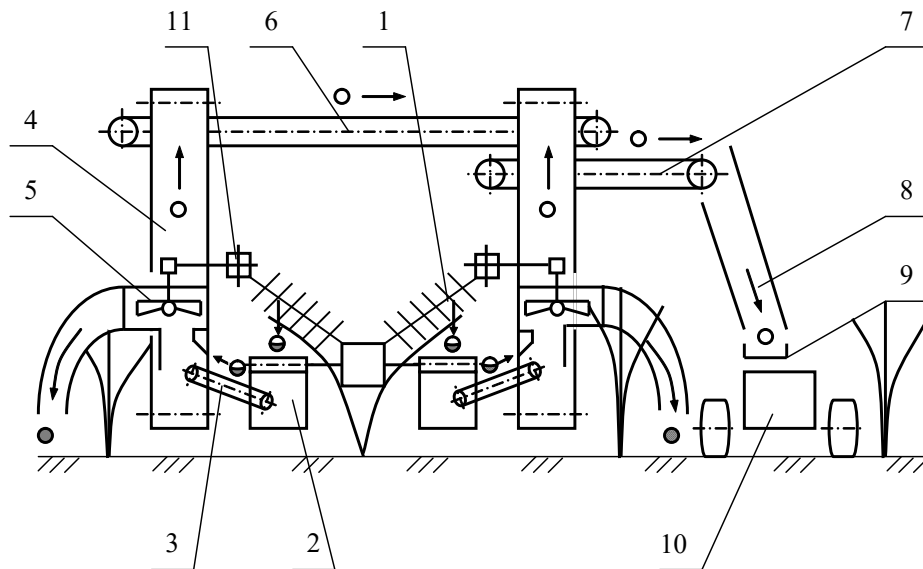


Рисунок 1.5 - Технологічна схема комбайну КК-1 (Болгарія):

1 - активатор; 2 - повздовжній транспортер; 3 - похилий поперечний транспортер; 4 - вертикальний транспортер; 5 - вентилятор; 6 - верхній поперечний транспортер; 7 - кінцевий транспортер; 8 - вивантажувальний рукав; 9 - місткість для ягід; 10 - транспортний візок; 11 - гідромотор

На рис. 1.6. приведена технологічна схема ягодозбирального комбайна БГБ-1 (Угорщина).

Відділені активатором 3, ягоди потрапляють на вловлювач 1, при цьому потрапляють разом з домішками в транспортуючий повітряний потік, що створюється вентилятором 2, і направлений перпендикулярно руху комбайна, забезпечуючи переміщення ягід з домішками в повітряну камеру 10, де ягоди відділяються від домішок і потрапляють на стрічку транспортера-елеватора 4, а частина домішок, що мають більш високу парусність видуються з машини.

Транспортер 4 перевалює ворох на поперечний транспортер 5, при сході з якого на виносний транспортер 7 ворох додатково очищається від домішок відцентровим вентилятором 6, що приводиться в дію гідромотором 9. Очищені ягоди потрапляють в ящик.

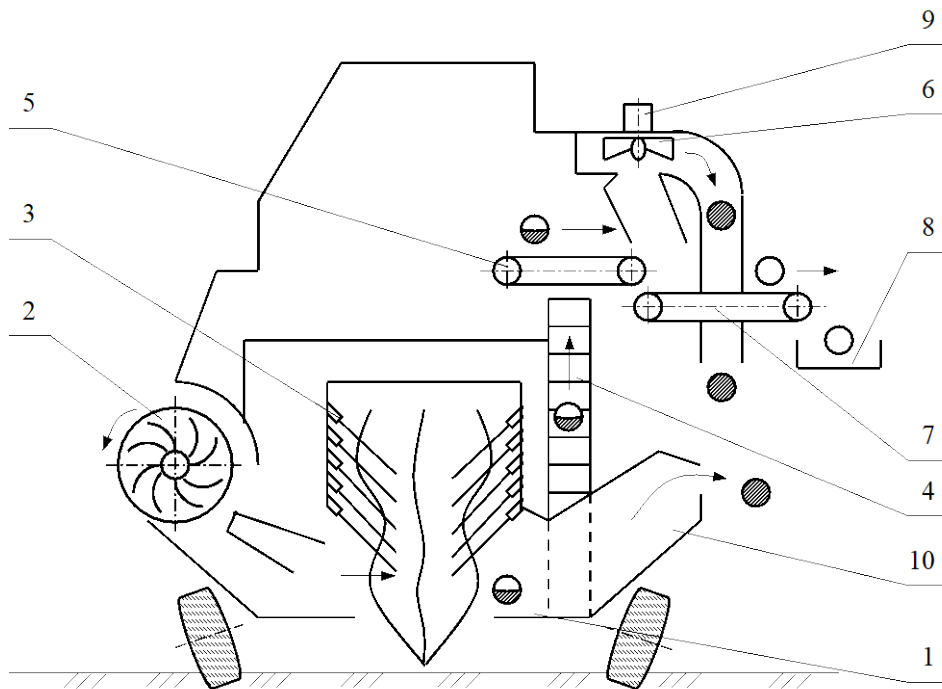


Рисунок 1.6 - Технологічна схема ягодозбирального комбайна БГБ-1:

1 - вловлювач; 2 - діаметральний вентилятор; 3 - активатор; 4 - транспортер елеватор; 5 - поперечний транспортер; 6 - відцентровий вентилятор; 7 - виносний транспортер; 8 - тара; 9 - гідромотор; 10 - повітряна камера.

Треба відмітити, що система сепарації в комбайні БГБ-1 є достатньо оригінальною. Хоча діаметральний вентилятор виділяє незначну кількість домішок.

Основне його призначення – переміщення вороху на транспортер елеватор, тобто він виконує функцію пневмовловлювача (втрати при вловлюванні 10...12%, майже в два рази менше ніж на МПЯ-1).

На рис 1.7. зображена технологічна схема сепарації вороху в комбайні КПС-2 Лос. Я вже відмічалося раніше, конструктивно-технологічна схема комбайнів для збирання чорної смородини КПС-2 Лос і фірми «Смоллфорд» практично не відрізняється.

Різницею системи сепарації є встановлення відцентрових вентиляторів, що приводяться гідромоторами, безпосередньо в місці сходу вороху з повздожніх транспортерів в накопичувальну місткість, тобто відсутні гофровані

повітроводи.

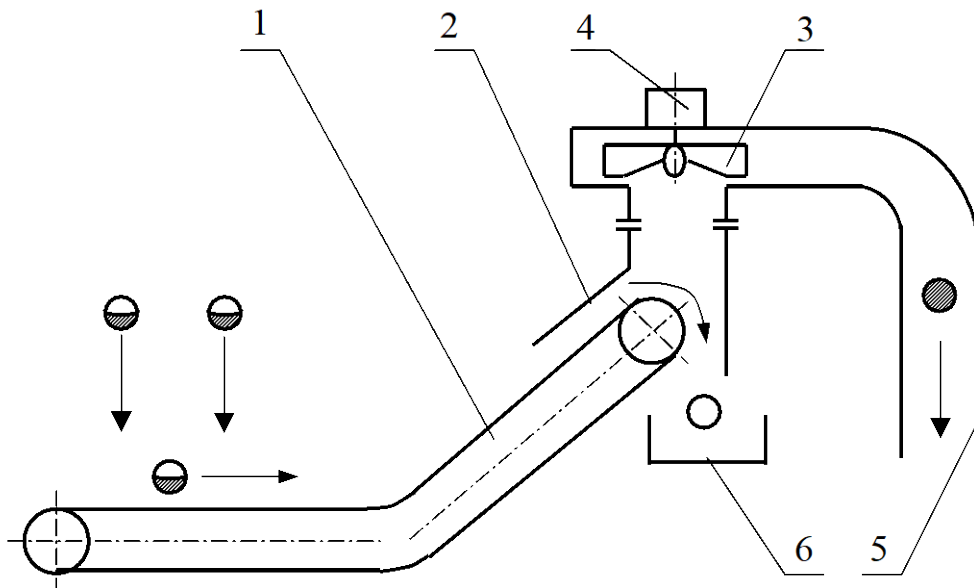


Рисунок 1.7 - Технологічна схема сепарації вороха в комбайні КПС-2 Лос (Польща): 1 - повздовжній транспортер; 2 - насадка; 3 - вентилятор; 4 - гідромотор; 5 - рукав відводу сумішей; 6 - накопичувальна місткість.

На рис.1.8. Приведено технологічну схему сепарації вороха в комбайні «Йоонас» (Фінляндія).

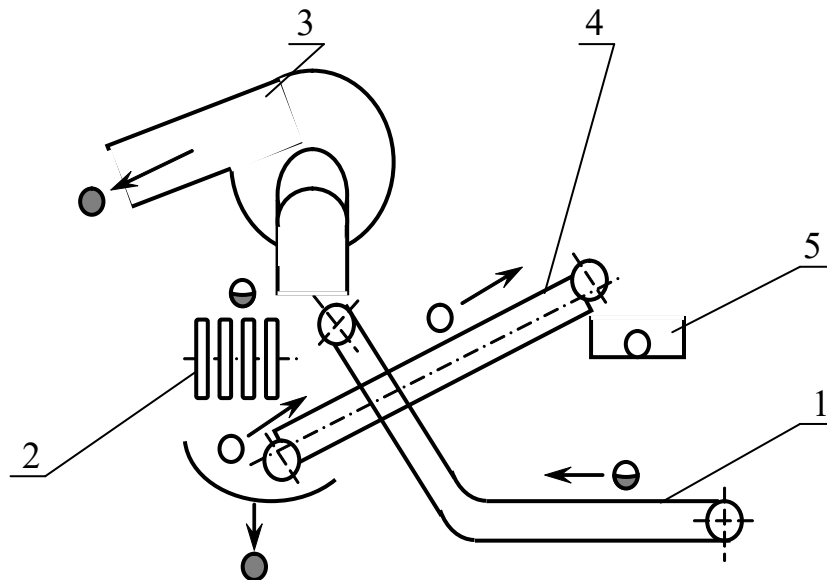


Рисунок 1.8. Технологічна схема сепарації вороху в комбайні «Йоонас» (Фінляндія) 1 - повздовжній транспортер-вловлювач; 2 - поперечний транспортер-сепаратор; 3 - відцентровий вентилятор; 4 - вивантажувальний транспортер.

Після дії на куш активатором, ворох потрапляє на повздовжні транспортери-вловлювачі. При перевантажені вороху на поперечний транспортер-сепаратор, через повітроводи двохсторонньої аспіраційної системи, вентилятором видаляються домішки, котрі мають значну парусність.

За рахунок оригінальної системи пневмосепарації з двохстороннім вентилятором, і більш рівномірним охопленням повітряним потоком місця сходу вороху з повздовжнього транспортера, а також додатковою механічною сепарацією на поперечному транспортері, комбайн «Йоонас» якісно очищує ворох від домішок.

На рис. 1.9 приведена технологічна схема сепарації вороху чорної смородини на комбайні МПЯ-1.

Ягідний ворох з повздовжніх транспортерів 3 потрапляє в бункери 4. В місці сходу з транспортерів в бункери ворох продувається повітряним потоком, що надходить з повітроводів 7. частина листків та інших домішок, що має велику парусність, видаляється з вороху.

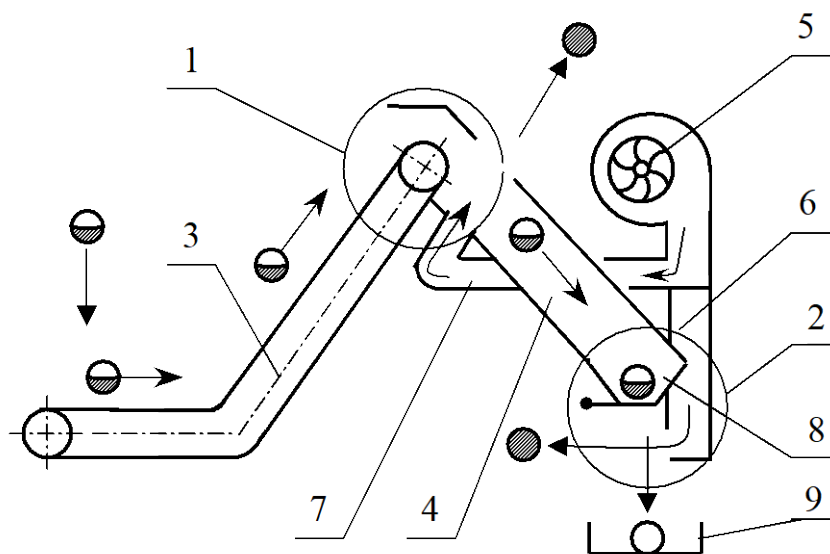


Рисунок 1.9 - Технологічна схема сепарації вороху на комбайні МПЯ-1 (1975)

- 1 - перша ступінь сепарації; 2 - друга ступінь сепарації; 3 - поперечний транспортер; 4 - бункер; 5 - вентилятор; 6,7 - повітроводи; 8 - завантажувальний пристрій; 9 - тара.

Тут відбувається первинна сепарація вороху. По мірі накопичення вороху в

бункерах, він вивантажується в тару 9, за рахунок розвантажувальних пристроїв.

При падінні вороху в тару відбувається його вторинна сепарація. Підведений повітрододами 6, повітряний потік продуває ворох і виділяє залишки домішок. Повітряний потік створюється відцентровим вентилятором 5, що має механічний привід. Швидкість повітряного потоку при сепарації досягає 28,2 м/с.

Первинна і вторинна сепарація відбувається окремо. Первинна – під час збирання ягід, в робочому положенні комбайна. Вторинна – після заповнення бункерів.

Механізатор переводить машину в транспортне положення і виводить її на поворотну смугу, де відбувається вторинна сепарація. Вміст домішок в ягодах 0,2-1,4%.

На рис. 1.10. приведена технологічна схема сепарації вороху на комбайні МПЯ-1 (1976).

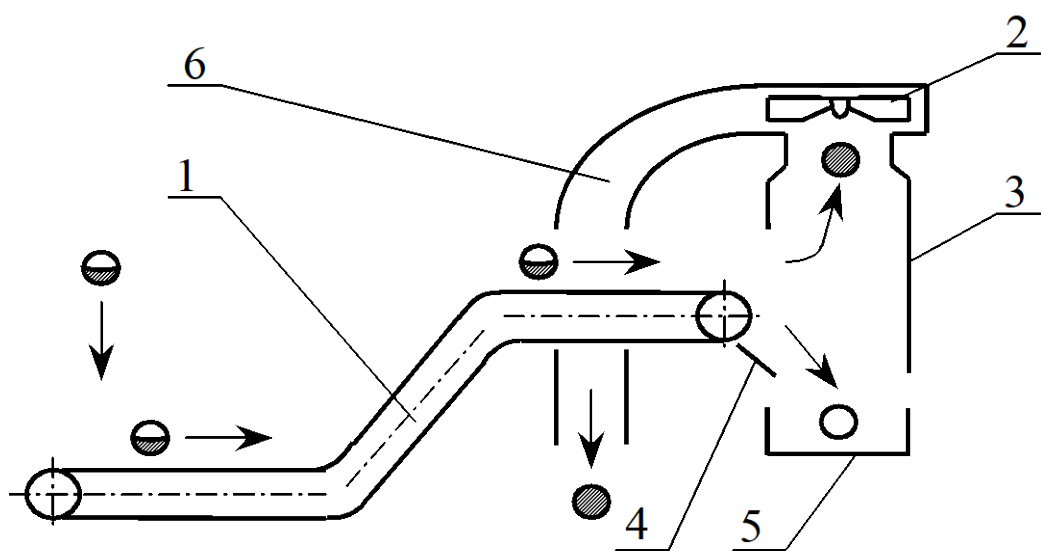


Рисунок 1.10 - Технологічна схема сепарації вороху в комбайні МПЯ-1 (1976)

1- повздовжній транспортер; 2- відцентровий вентилятор; 3- насадка; 4- скатна дошка; 5- тара; 6- рукав відводу домішок

Сепарація вороху відбувається наступним чином. Ворох з повздовжніх транспортерів 1 розвантажується в тару 5. В місці сходу вороху з транспортерів на скатні дошки 4 відбувається видалення домішок повітряним потоком

аспіраційної системи через рукав відведення домішок 6 на ґрунт.

Відцентровий вентилятор має механічний привід. Швидкість повітряного потоку, створеного вентилятором 24-25 м/с. Втрати при сепарації вороха в комбайні МПЯ-1 (5-7%).

1.2 Недоліки пневмосепаруючих систем та причини їх виникнення

Сепарація вороху чорної смородини характеризується двома показниками: наявністю домішок в очищеному вороху і втратами ягід.

Крім того система не повинна забиватися домішками, так як це припиняє сам процес сепарації. У випадку зупинки комбайна повинна бути можливість швидкого видалення наявних домішок, що заважають проведенню нормального процесу сепарації.

Якщо система пневмосепарації не справляється зі своїми функціями (перевантаження, забивання домішками) на комбайні повинен бути пристрій автоматичної сигналізації.

Необхідно також передбачити можливість збереження оптимального режиму роботи – наявності мінімуму домішок в очищеному вороху і мінімуму втрат ягід, у випадку зміни швидкості транспортеру.

З врахування вищеперерахованого, після класифікації пневмосепаруючих систем комбайнів відмічені наступні недоліки:

- зупинка системи сепарації у зв'язку із забиранням домішками.

Причина – незадовільна підготовка агрофону під комбайнове збирання; значна кількість домішок у зв'язку із незадовільною роботою активатора або із запізненням строків збирання.

- недостатня сепарація вороху.

Причина – недостатня компоновка системи сепарації; мала швидкість повітряного потоку вентилятора; перекриття вхідного патрубку вентилятора скребками транспортера; створення «мертвих зон» і завихрення повітряного потоку; мала траєкторія сходу вороху з транспортера; мала зона сепарації;

нерівномірність повітряного потоку; нерівномірна подача вороху в зону сепарації.

- значні втрати ягід при сепарації вороха.

Причина – недостатня компоновка системи сепарації; велика швидкість повітряного потоку вентилятора; значна швидкість транспортера; нерівномірність подачі вороху.

- відсутність пристрою автоматичної сигналізації про роботу системи сепарації на вітчизняних машинах.

Причина – недосконалість конструкції

- відсутність автоматичного регулювання збереження оптимального режиму роботи системи сепарації.

Причина – недосконалість конструкції

Висновки

1. Аналіз конструкцій комбайнів для збирання смородини показав, що найбільш раціональне місце встановлення системи сепарації – місце сходу вороху з транспортеру в накопичувальну місткість, але для якісного виконання процесу необхідна попередня підготовка вороху.

2. Значні втрати ягід при сепарації - 5,0...9,0% а в деяких випадках наявність домішок до 9,0% в очищеному воросі вище допустимої агрономічними нормами – вказує на недостатнє вивчення питання пневмосепарації.

3. Розробка пристроїв і способів сепарації вороху потребує більш детального вивчення розмірів, маси, форми, стану поверхні, аеродинамічних та інших фізико-механічних властивостей усіх фракцій вороху чорної смородини, отриманих в результаті роботи активатора комбайна.

4. Усунення вказаних недоліків, враховуючи високу закупівельну ціну і велику цінність в раціоні харчування людини продукту і його похідних, дає значний економічний ефект.

2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПНЕВМОСЕПАРАЦІЇ НА КОМБАЙНІ ДЛЯ ЗБИРАННЯ СМОРОДИНИ

На вловлюючі пристрої комбайнів в результаті взаємодії активатора з гілками кущів потрапляє ворох, що має наступні фракції: грона, ягоди, сухі гілочки, листя, бур'яни, насіння бур'янів, шкідники.

Система сепарації вороху повинна виділити перші дві фракції.

Аналіз систем сепарації, що виконаний в першому розділі, показує, що в ягодозбиральних комбайнах, як правило більше двох ступенів сепарації не використовують.

Процес сепарації може бути ускладнений із-за змочування листя соком пошкоджених ягід. Зв'язаний соком ворох важко розділити, але можливо провести попередню сепарацію вороху зразу за відділенням ягід.

Не останню роль в процесі пневмосепарації відіграє і сама камера, де відбувається розділення вороху на фракції.

2.1 Теоретичне визначення швидкості вітання фракцій вороху

В аеродинаміці прийнято виражати залежність аеродинамічної сили опору обтікання тіла R від наступних факторів:

$$R = C_R S_M \frac{\rho_B \cdot U_{ВП}^2}{2}, \quad (2.1)$$

де R – аеродинамічна сила, Н (кг·м/с²);

C_R – безрозмірний коефіцієнт аеродинамічної сили, що відображає невраховані фактори.

S_M – площа проекції тіла на площину, м²;

ρ_B – щільність повітря, рівна 1,2 кг/м³;

$U_{ВП}$ – швидкість повітряного потоку, м/с;

$$\frac{\rho_B \cdot U_{\text{ВП}}^2}{2} - \text{швидкісний напір, кг/(м}\cdot\text{с}^2\text{)}.$$

В залежності від напрямку повітряного потоку виникає сила лобового опору, направлена на зустріч потоку, і підйомна сила – перпендикулярно до потоку.

У вертикальному потоці, якщо прирівняти силу лобового опору R частки до її ваги mg , то можна отримати умову вітання:

$$R = mg. \quad (2.2)$$

Співставляючи рівняння (2.1) і (2.2) отримаємо:

$$C_R \cdot S_M \cdot \frac{\rho_B \cdot U_{\text{ВП}}^2}{2} = mg, \quad (2.3)$$

звідки швидкість вітання дорівнює:

$$U = \sqrt{\frac{2mg}{C_R \cdot S_M \cdot \rho_B}}. \quad (2.4)$$

Однак визначена по (2.4) швидкість вітання фракцій вороху має суттєву відмінність від швидкості вітання, що визначена практичним шляхом.

$$U = \sqrt{U' \cdot U''}, \quad (2.5)$$

де U' і U'' - граничні значення швидкості вітання фракцій вороху, м/с.

Це пояснюється тим, що швидкість вітання непостійна, фракції вороху, що знаходяться у повітряному вертикальному потоці коливається, так як центр ваги і центр тиску не співпадають. Крім того, повітряний потік має пульсацію, негативну характеристику при роботі вентилятора.

Якщо прийняти умовно, що ягода чорної смородини має форму сфери, то її швидкість вітання визначається за формулою запозиченою з.

$$U_{\text{Я}} = \frac{K_{\text{Я}}}{d_{\text{Я}}} \cdot \sqrt{m_{\text{Я}} \cdot K_{\text{СФ}}}, \quad (2.6)$$

де $U_{\text{Я}}$ – швидкість вітання ягоди, м/с;

$K_{\text{Я}}$ – безрозмірний коефіцієнт, що залежить від розмірно-масових показників ягоди, рівний 5,9...7,9;

$d_{\text{я}}$ – діаметр ягоди, м;

$m_{\text{я}}$ – маса ягоди, кг;

$K_{\text{сф}}$ – коеф. опору фракції, що має форму сфери, рівний, $47 \text{ м}^4/(\text{с}^2 \cdot \text{кг})$.

Швидкість вітання молодих пагонів, стебел бур'янів і сухих гілочок визначається за формулою:

$$U_{\text{св, сс, мп}} = \frac{K_{\text{св, сс, мп}}}{d_{\text{у(св, сс, мп)}}} \sqrt{m_{\text{св, сс, мп}} \cdot K_{\text{ц}}}, \quad (2.7)$$

де $U_{\text{св, сс, мп}}$ – швидкість вітання сухих гілочок, стебел бур'янів, молодих пагонів, м/с;

$K_{\text{св, сс, мп}}$ – безрозмірний коефіцієнт, що залежить від розмірно масових показників, рівний $K_{\text{св}} = 2,4 \dots 2,6$; $K_{\text{сс}} = 1,8 \dots 2,9$; $K_{\text{мп}} = 2,1 \dots 2,4$;

$d_{\text{у(св, сс, мп)}}$ – умовний діаметр сухих гілочок, стебел бур'янів, молодих пагонів, м;

$m_{\text{св, сс, мп}}$ – маса сухих гілочок, стебел бур'янів, молодих пагонів, кг;

$K_{\text{ц}}$ – коеф. опору фракції, умовно прийнятий по формі за циліндр, рівний $1,2 \text{ м}^4/(\text{с}^2 \cdot \text{кг})$.

Умовний діаметр сухої гілочки, стебла бур'яну, молодого паростка визначається за формулою:

$$d_{\text{у(св, сс, мп)}} = \sqrt{\ell_{\text{ср(св, сс, мп)}} \cdot d_{\text{ср(св, сс, мп)}}}, \quad (2.8)$$

де $d_{\text{у(св, сс, мп)}}$ – умовний діаметр сухої гілочки, стебла бур'яну, молод. паростка, м;

$\ell_{\text{ср(св, сс, мп)}}$ – середня довжина сухої гілочки, стебла бур'яну, молод. паростка, м;

$d_{\text{ср(св, сс, мп)}}$ – середній діаметр сухої гілочки, стебла бур'яну, молод. паростка, м;

Значення $K_{\text{ц}}=1,2$ справедливе для циліндра при умові:

$$\frac{\ell_{\text{CP(СВ, СС, МП)}}}{d_{\text{CP(СВ, СС, МП)}}} > 20, \quad (2.9)$$

коли твірна циліндра направлена паралельно потоку повітря.

Швидкість вітання листків смородини визначається за формулою:

$$U_{\text{Л}} = K_{\text{Л}} \cdot \sqrt{\frac{m_{\text{Л}} \cdot K_{\text{ПП}}}{S_{\text{Л}}}}, \quad (2.10)$$

де $U_{\text{Л}}$ – швидкість вітання листа, м/с;

$K_{\text{Л}}$ – безрозмірний коефіцієнт, що залежить від розмірно масових показників листа рівний 50,0...69,0;

$m_{\text{Л}}$ – маса листа, кг;

$S_{\text{Л}}$ – площа поверхні листа, м²;

$K_{\text{ПП}}$ – коефіцієнт опору фракції, умовно прийнятий за тонку пластину прямокутної форми, 0,1 м⁴/(с²·кг).

Для фракції вороху, що мають форму відмінну від сфери, у яких траєкторія руху є просторовою кривою, Нелюбов А.И. і Ветров А.Ф. пропонують формулу:

$$U_{\text{Ф}} = 4,04 \cdot \sqrt{\rho_{\text{Ф}} \cdot \ell_{\text{Ф}} \cdot K_{\text{Ф}}}, \quad (2.11)$$

де $U_{\text{Ф}}$ – швидкість вітання фракції вороху, що відмінна за формою від сфери, м/с;

$\rho_{\text{Ф}}$ – щільність фракції вороху, кг/м³;

$\ell_{\text{Ф}}$ – величина фракції вороху, що має розмірність довжини, м;

$K_{\text{Ф}}$ – коефіцієнт опору фракцій вороху, м⁴/(с²·кг).

Щільність фракції вороху смородини при використанні (2.11) визначається за формулою:

$$\rho_{\text{Ф}} = \frac{m_{\text{Ф}}}{w_{\text{Ф}}}, \quad (2.12)$$

де $\rho_{\text{Ф}}$ – щільність фракції вороху, кг/м³;

$m_{\text{Ф}}$ – маса фракції вороху, кг;

w_{Φ} – об'єм фракції вороху, m^3 .

Об'єм фракцій вороху смородини визначається за формулою:

$$w_{CB, CC, MP} = \frac{\pi \cdot d_{y(CB, CC, MP)}^2 \cdot \ell_{CB, CC, MP}}{4}, \quad (2.13)$$

де $w_{CB, CC, MP}$ – об'єм гілочок, стебел бур'янів, молодих пагонів, m^3 ;

$d_{y(CB, CC, MP)}$ – умовний діаметр сухих гілочок, стебел бур'янів, молодих пагонів, визначений за формулою (2.8), m^3 ;

$\ell_{CB, CC, MP}$ – довжина сухих гілочок, стебел бур'янів, молодих пагонів, m .

$$w_L = S_L \cdot t_L, \quad (2.14)$$

де w_L – об'єм листа, m^3 ;

S_L – площа листа, m^2 ;

t_L – товщина листа, m .

2.2 Визначення коефіцієнтів тертя фракцій вороху

На похилій ділянці транспортера фракції вороху (m_{Φ}) під дією сили ваги (mg), переважаючи силу тертя (F), переміщуються по стрічці транспортера в напрямку дії сили R (рис. 2.1), тобто повинна виконуватись умова:

$$R > F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi = m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.15)$$

де R – сила переміщення;

$F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$ – сила тертя;

$N = m \cdot g \cdot \cos \alpha$ – нормальна реакція;

φ – кут тертя;

α – кут нахилу стрічки транспортера.

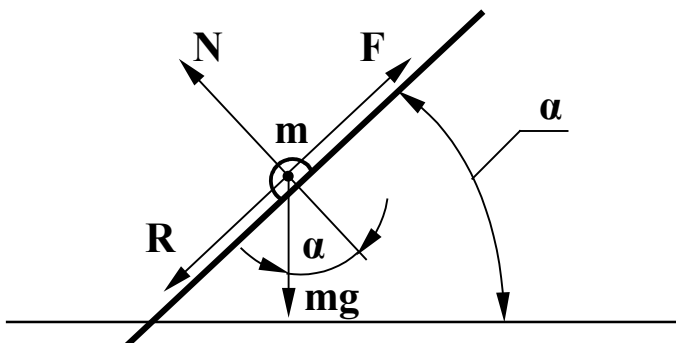


Рис. 2.1. Схема дії сил на фракції вороху (грони, листя, гілочки)

Переміщення фракцій вороху на стрічці транспортера може бути у вигляді ковзання або кочення.

Крім того, ягода або грона може переміщуватись по поверхні листа, що лежить на транспортерній стрічці.

Для ягоди схема дії сил буде мати вигляд. На схемі (рис.2.2). уведені наступні позначення:

$$T = m \cdot g \cdot \frac{\rho^2}{r^2 + \rho^2} \cdot \sin \alpha - \text{сила ттертя кочення,}$$

де ρ – радіус моменту інерції;

r – радіус ягоди;

$S_{\max} = t_c$ – шлях пройдений ягодою, рівний кроку скребків на стрічці транспортера.

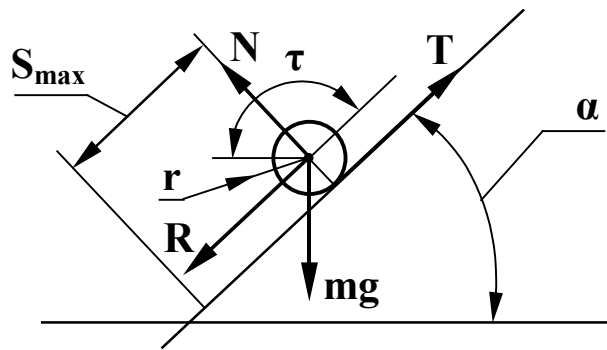


Рис. 2.2. Схема дії сил на ягоду

Для переміщення ягоди необхідне виконання умови:

$$\alpha > \varphi_k, \quad (2.16)$$

де φ_k – кут тертя кочення.

Так кут нахилу стрічки транспортера постійний і дорівнює $\alpha = \pi / 4$, а кут φ_k для ягоди дещо більший 0° , то ягода може пройти шлях S , котрий максимально рівний:

$$S_{\max} = t_c - d_{\text{я}}, \quad (2.17)$$

де t_c – відстань між скребками транспортерної стрічки;

$d_{\text{я}}$ – діаметр ягоди,

із середньою швидкістю:

$$V_s = \lambda_{я} \cdot g \cdot t \cdot \sin \alpha, \quad (2.18)$$

де $\lambda_{я} = r^2 / (r^2 + \rho^2)$;

t – час проходження відстані S_{\max} .

Але враховуючи незначну відстань між скребками і товщину шару вороху на стрічці транспортера, процесу скочування ягід не відбувається.

Ворох лише дещо згруджується біля нижнього скребка, а замість процесу кочення відбувається переміщення із ковзанням фракцій, загальною масою.

Тому основну роль при переміщенні вороху по транспортерній стрічці грає динамічний коефіцієнт тертя ковзання.

Для визначення коефіцієнта тертя ковзання розглянемо наступну схему (рис. 2.3).

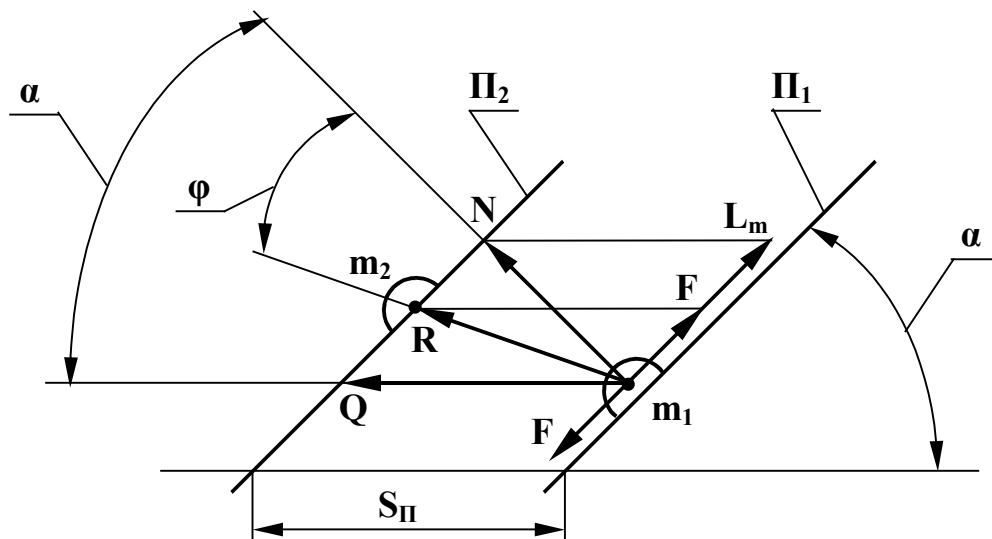


Рис. 2.3. Схема для визначення коефіцієнта тертя

При переміщенні прямої лінійки на горизонтальній площині у напрямку сили Q з положення Π_1 в положення Π_2 на відстань S_{Π} , з тілом, що знаходиться на стрічці масою m , останнє переборює силу тертя F , переміщується вздовж лінійки по напрямку R і одночасно, разом з лінійкою переходить з положення m_1 в положення m_2 .

З рис. 2.3. можна визначити, що сила яка переміщує тіло m вздовж лінійки рівна:

$$L_m = N \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.19)$$

А саме переміщення буде відбуватись при умові, що:

$$\alpha > \varphi, \quad (2.20)$$

де φ – кут тертя

Відомо, що сила тертя F рівна:

$$F = N \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (2.21)$$

Тоді нерівність (2.20) прийме вигляд:

$$L_m > F, \quad (2.22)$$

Тобто сила тертя F зрівноважує не всю силу L_m , а лише рівну собі її частину (рис. 2.3). Не врівноважується частина сили L_m , равна $L_m - F$, яка разом із силою Q складає силу R , що проходить під кутом ϕ до сили N .

$$\text{Тоді} \quad F/N = \operatorname{tg} \phi = f, \quad (2.23)$$

де f – коефіцієнт тертя.

2.3 Дослідження попередньої сепарації ягідного вороху

Вирішення задачі по попередній сепарації вороху полягало у створенні повітряних завіс від осьової лінії ряду кущів, вектори пневмопотоків яких направлені в сторону міжрядь і вловлювачів. Вздовж вісі ряду кущів ці завіси повинні дещо перевищувати довжину зон вібраторів, а їх швидкісне поле повинне бути рівномірним по всій зоні в потрібному інтервалі. Ці завіси будуть:

- сприяти рівномірному розподіленню вороху на уловлювальні поверхні;
- видаляти частину листя з зони падіння ягід в міжряддя;
- сприяти видаленню ягід з зони основи куща, де їх вловлювання ускладнене.

Відповідно, застосування повітряних потоків забезпечує не лише вище перелічені операції по вловлюванню за рахунок перекриття зони основи куща, але й дозволяє покращити наступну основну пневмосепарацію.

Розглянемо схеми руху вороху після впливу активатора на кущ (рис. 2.4).

Недолік першої системи в тому, що повітряний потік погано перекриває основу куща (втрати ягід на ґрунт), і направлений впоперек гілок куща - необхідне створення потужного потоку повітря для виносу ягід на транспортер вловлювач і видалення листя з зони вловлювання.

Стискання куща на другій схемі потребує ще більш потужного повітряного потоку для виконання технологічного процесу.

Третя схема дозволяє підвести транспортери вловлювачі під гілки під час зняття вороху, а повітряний потік направити вздовж гілок. Що створює більш позитивні умови для виносу листя із зони вловлювання.

На рис. 2.5 приведена розрахункова схема для визначення швидкості повітряного потоку з метою виконання технологічного процесу по схемі приведений на рис. 2.4 а.

Швидкість вітання листя ($u_{л}$) менше швидкості вітання ягід ($u_{я}$), тому необхідно визначити швидкість виносу ягід після їх зняття активатором на транспортер вловлювач, так як важливо зберегти «ділову» частину вороху.

Динаміку руху ягід при падінні через крону куща визначимо, з розрахунку впливу на неї елементів куща при вільному падінні, по відомим залежностям.

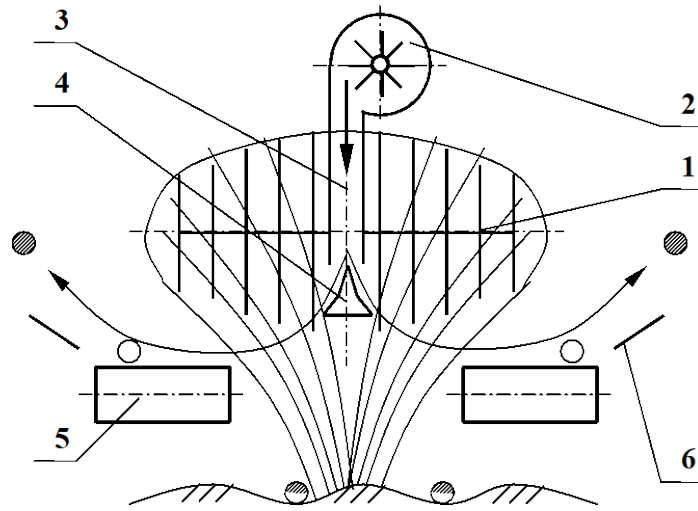
Розглянемо траєкторію руху ягоди, що відділилася під дією активатора, у вільному падінні крізь крону куща. Оскільки листовий покрив займає периферійні ділянки гілок, а з скелетними та з гілками центра крони ймовірність контакту ягід мала, то впливом цих двох факторів можна знехтувати. При інших рівних умовах у вільному падінні набуває найбільшої енергії та ягода, котра падає з висоти H_1 .

Швидкість руху ягоди $u_{я}$ під дією сили ваги складе:

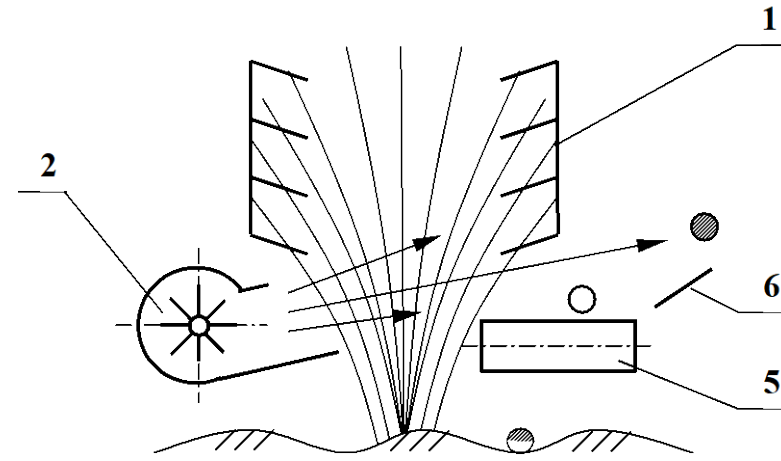
$$u_{я} = \sqrt{2 \cdot g \cdot (H_1 - h_B)}, \text{ м/с} \quad (2.24)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²;

h_B – висота розташування верхньої кромки повітроподільника, м.

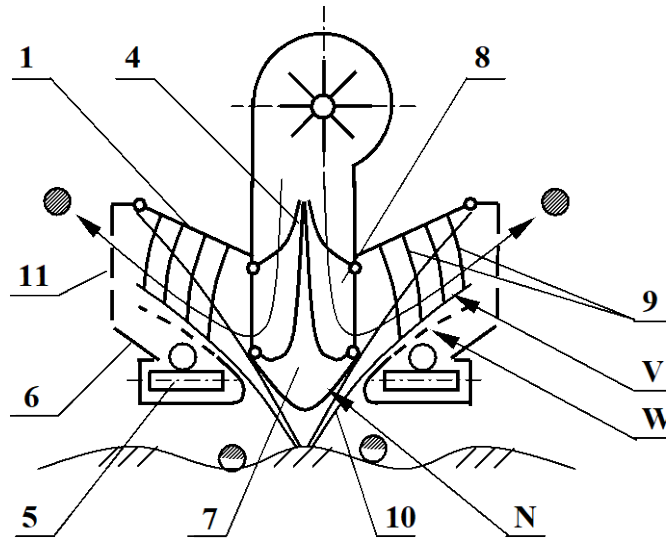


а



б

⊙ - ворох ○ - ягоди ⊗ - листя



в

Рисунок 2.4 - Схема руху після впливу активатора на кущ:

а - без стиску куща; б – із стиском куща; в – з розвалом куща; 1 - активатор; 2 - вентилятор; 3 - повітровід; 4 - подільник потоку; 5 - транспортер; 6 - відбивач; 7 – подільник куща; 8 - направляюча лопать; 9 - пальці активатора; 10 - гілка; 11 - сітка; N - нижній обвід кожуха подільника; W - верхній обвід формувача; V – лінія контура нижньої частини активатора

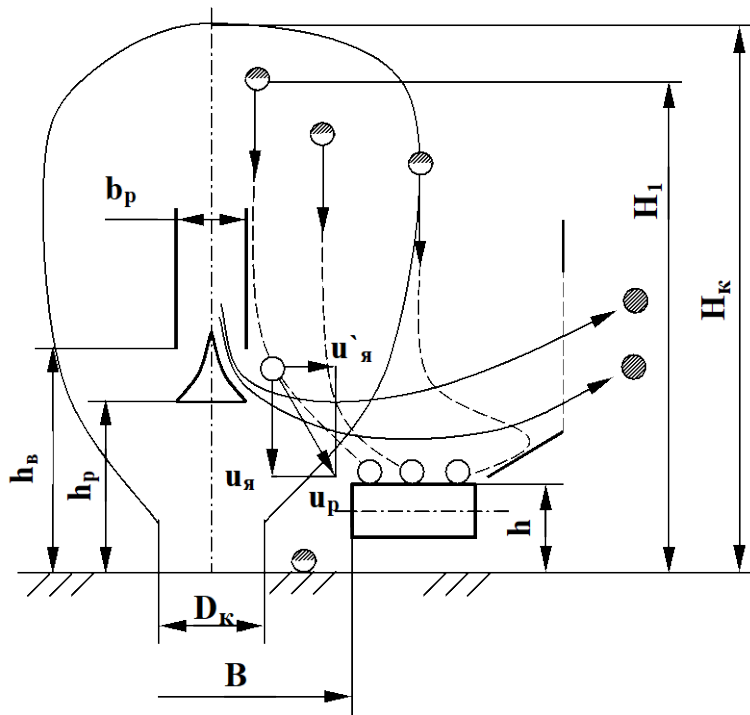


Рисунок 2.5 - Розрахункова схема для визначення швидкості повітряного потоку

При зануренні ягоди у повітряний потік, під дією аеродинамічної сили ягоді надається енергія, яка на ділянці $(h_v - h_p)$ розганяє її до швидкості $u'_я$. Ця швидкість є горизонтальною складовою від результуючої швидкості u_p . Для визначення $u'_я$ при обмеженій ширині повітряного потоку можливе застосування наближеного розрахунку з умови забезпечення перекриття проміжку:

$$z = \frac{B - b_p}{2}, \quad (2.25)$$

де B – відстань між внутрішніми краями транспортерів, м;

b_p – ширина повітровода, м.

Запишемо у вигляді:

$$\frac{u'_я}{u_я} = \frac{B - b_p}{2 \cdot (h_v - h_p)}, \quad (2.26)$$

де h_p – висота розташування кромки повітроподільника, м;

звідки

$$u'_{я} \geq \frac{u_{я} \cdot (B - b_p)}{2 \cdot (h_B - h_p)}.$$

(2.27)

При цій швидкості горизонтальне переміщення ягоди перевищує величину зазору Z .

При відділенні ягід одночасно із всього куща активатором ягодозбирального комбайна вони рухаються в кроні по складним траєкторіям, які описуються диференціальними рівняннями другого порядку. В процесі свого руху через крону ягоди контактують з гілками і пальцями активатора. При цьому певна частина ягід затримується гілками крони, що представлена у вигляді плоскої решітки. Ймовірність прольоту ягід P_1 визначається за формулою:

$$P_1 = \frac{d_B - d_{я}}{t_p}, \quad (2.28)$$

де d_B і $d_{я}$ – діаметри гілок і ягід, м;

t_p – крок решітки, м.

Ягоди, зміщені в сторону міжрядь повітряним потоком, відбиваючись від екрану, потрапляють на стрічку транспортера вловлювача, а частина домішок, що мають велику парусність, видаляється в міжряддя.

Технологічний процес, що здійснюється за даною схемою, частково вирішує поставлену задачу, але потребує великих затрат енергії для створення повітряного потоку, аналогічно схемі на рис.2.4б, так як згідно з даними досліджень швидкість повітряного потоку падає на 25 – 30% після проходження решітки, створеної гілками куща.

Реалізація схеми, що приведена на рис. 2.4 в, потребує розрахунку нижньої частини поверхні подільника, верхньої частини поверхні формувача і направляючих повітряного потоку, що встановлені в подільнику.

На рис. 2.6. приведена схема для визначення рівняння кривої. Гілка умовно прийнята у вигляді прутка однакового перерізу, защемлена з одного боку у ґрунті точка (точка В) і навантажена на вільному кінці силою T від

нижньої частини кожуха пневмовловлювача. Під дією сили T пруток згинається і деяка довільна точка A , що лежить на вісі прутка в перерізі, віддаленому на відстань p від вільного краю, переміститься в положення A_1 , отримавши при цьому лінійне переміщення: горизонтальне - X і вертикальне - Y . За гіпотезою Бернуллі переріз $B-B$, в якому лежить точка A , будучи плоским і перпендикулярним до вісі прутка до згину, повинен залишатись плоским і перпендикулярним до неї при згині в положенні B_1-B_1 . Відповідно при згині відбувається поворот поперечного перерізу на деякий кут θ .

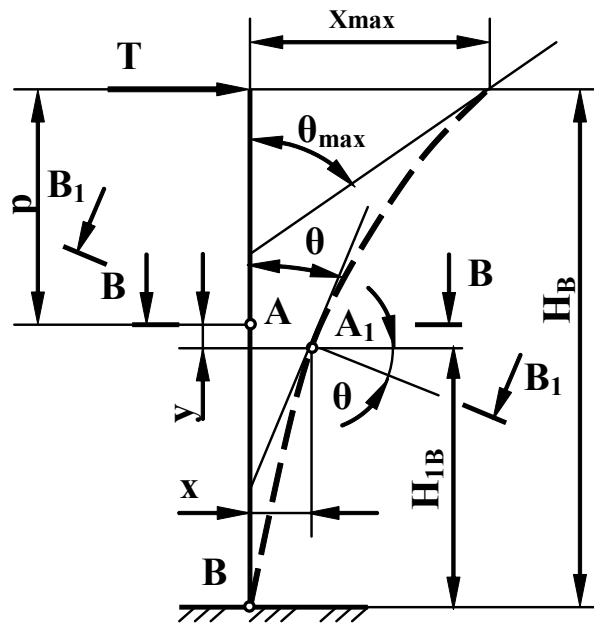


Рисунок 2.6 - Схема до визначення рівняння кривої згину гілки

З рис. 2.6. видно, що кут повороту перерізу θ рівний куту, який складає дотична до зігнутої вісі прутка в даній точці з прямолінійною віссю недеформованого прутка. Вертикальним переміщенням нехтуємо, з погляду на його невелике значення в порівнянні з горизонтальним переміщенням X .

Спрощено приймаємо, що кожна точка вісі прутка переміщується тільки по горизонталі.

З рівноваги верхньої відсіченої частини:

$$M = T \cdot (H_B - H_{1B}), \quad (2.29)$$

де M – згинаючий момент, Н·м;

H_B – висота гілки, м;

H_{1B} – висота точки A_1 над ґрунтом, м,

тоді:

$$\frac{d^2 \cdot X}{d \cdot H_{1B}^2} = \frac{M}{E \cdot I} = \frac{T \cdot (H_B - H_{1B})}{E \cdot I}, \quad (2.30)$$

де X – горизонтальне лінійне переміщення точки A , м;

T – зосереджене навантаження, Н;

E – модуль повздовжньої пружності для деревини, МПа;

I – момент інерції поперечного перерізу, м⁴.

Припускаємо, що жорсткість перерізу постійна, і проінтегрувавши рівняння, отримаємо:

$$\theta = \frac{d \cdot X}{d \cdot H_B} = -\frac{T \cdot H_B \cdot H_{1B}}{E \cdot I} + \frac{T \cdot H_{1B}^2}{2 \cdot E \cdot I} + C. \quad (2.31)$$

про інтегрувавши вдруге, отримаємо:

$$X = \frac{T \cdot H_{1B}^2}{2 \cdot E \cdot I} + \frac{T \cdot H_{1B}^3}{6 \cdot E \cdot I} + C \cdot H_{1B} + D. \quad (2.32)$$

При $H_{1B} = 0$, $X = 0$, тоді $C = D = 0$,

Тоді крива N , отримана перетином нижньої частини поверхні кожука, описується рівнянням:

$$X = -\frac{T \cdot H_B \cdot H_{1B}^2}{2 \cdot E \cdot I} + \frac{T \cdot H_{1B}^3}{6 \cdot E \cdot I}. \quad (2.33)$$

На рис. 2.7 зображена схема розташування відносно один одного гілок куца смородини і повітряного потоку в залежності від вищевказаних параметрів куца, в момент зняття ягід активаторами.

Верхня поверхня W формувача з метою зниження травмування гілок в розрізі також має форму кривої, що описується рівнянням:

$$X = \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left(\frac{q_A \cdot H_B^2 \cdot H_{1B}^2}{4} + \frac{q_A \cdot H_B \cdot H_{1B}^3}{6} + \frac{q_A \cdot H_{1B}^4}{24} \right), \quad (2.34)$$

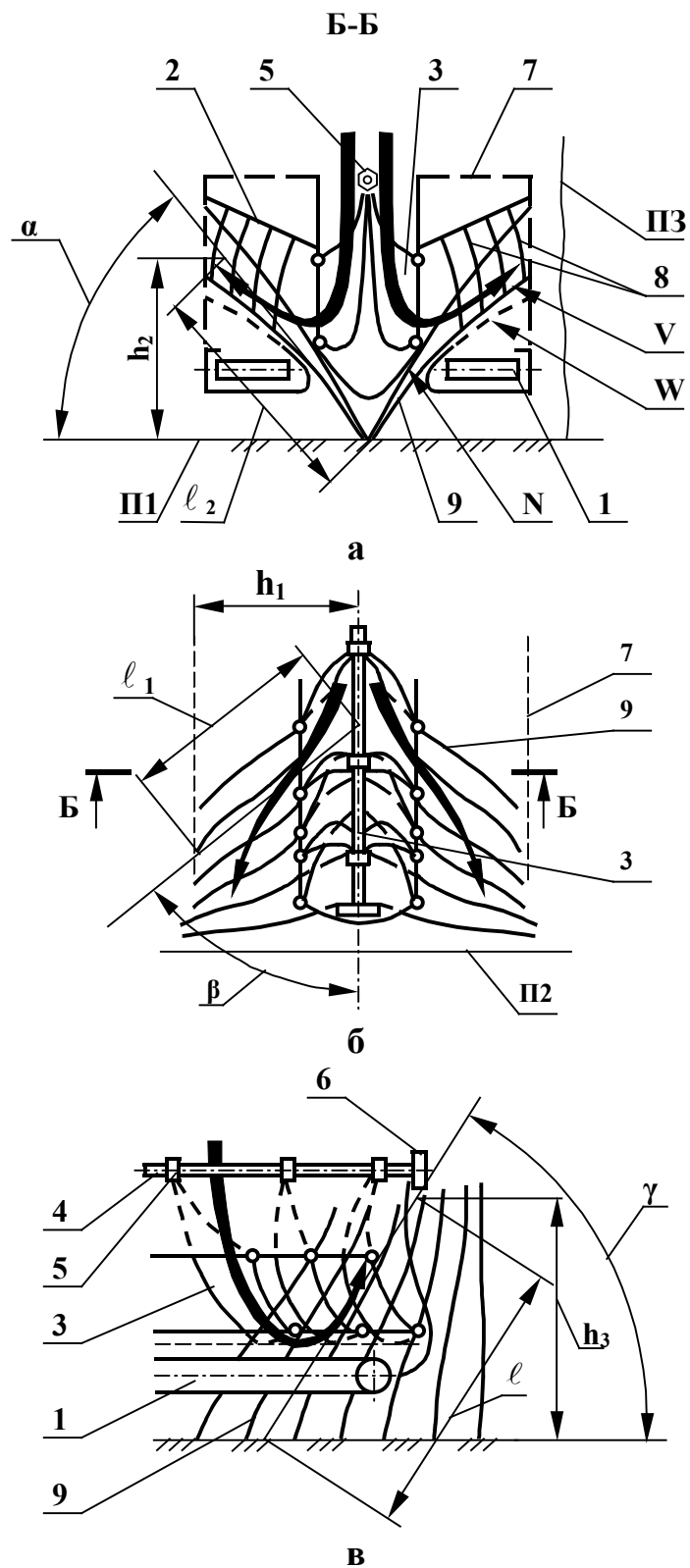


Рис. 2.7. Схема розташування гілок і направляючих повітряного потоку під час робочого процесу:

- а – вид спереду; б – вид зверху; в – вид зліва; 1 – транспортер;
 2 – активатори; 3 – направляючі лопатки; 4 – вал; 5 – гайка;
 6 – штурвал; 7 – сітка; 8 – пальці активатора; 9 – гілка

якщо враховувати, що гілка защемлена між пневмовловлювачем і формувачем

і навантажена розподіленим навантаженням q_A (від активатора) по всій довжині. Розподілення навантаження досягається розміщенням пальців 8 (рис. 2.7) різної довжини на активаторах, що збільшує площу контакту гілок і робочого органу в момент зняття ягід з куща.

Крива V (рис. 2.7), проведена через крайні точки консольно закріплених пальців, описується рівнянням (2.34).

Рівномірне розташування навантаження зменшує травмування гілок і збільшує знімання ягід з кущів.

На рис. 2.7 видно, що гілки куща смородини розділяються і одночасно відхиляються вперед, в сторону руху комбайна, за рахунок спирання на подільник, пневмовловлювач, формувач і активатори. Кут нахилу гілок в сторону руху комбайна непостійний. Він залежить від висоти смуги (H_K), ширини смуги (L_K) і діаметра основи (D_K) кущів (рис. 2.8).

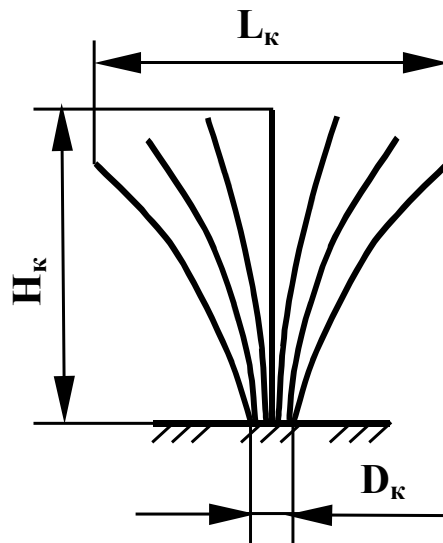


Рисунок 2.8. Параметри куща смородини

Направляючі лопаті встановлюються таким чином, щоб направити повітряний потік вздовж гілок, які нахилені в сторону міжрядь назустріч руху машини.

Проекції кутів нахилу повітряного потоку на горизонтальну (П1), поперечну (П2) і повздовжню (П3) площини відносно руху машини

визначаються наступним чином і мають такі значення при середніх параметрах (H_K, D_K, L_K) куца смородини:

Проекція куца на площину П1 -

$$\beta = \arcsin \frac{h_1}{\ell_1}, \quad (2.35)$$

де $h_1 = (0,74...0,75) H_K, \text{ м}; \ell_1 = (0,80...0,81) H_K, \text{ м};$

проекція кута на площину П2 -

$$\alpha = \arcsin \frac{h_2}{\ell_2}, \quad (2.36)$$

де $h_2 = (0,61...0,62) H_K, \text{ м}; \ell_2 = (0,91...0,92) H_K, \text{ м};$

проекція кута на площину П3 -

$$\gamma = \arcsin \frac{h_3}{\ell_3}, \quad (2.37)$$

де $h_3 = (0,76...0,77) H_K, \text{ м}; \ell_3 = (0,91...0,92) H_K, \text{ м}.$

На рис. 2.9 изображені проекції однієї з направляючих лопаток повітряного потоку на площині П1, П2, П3.

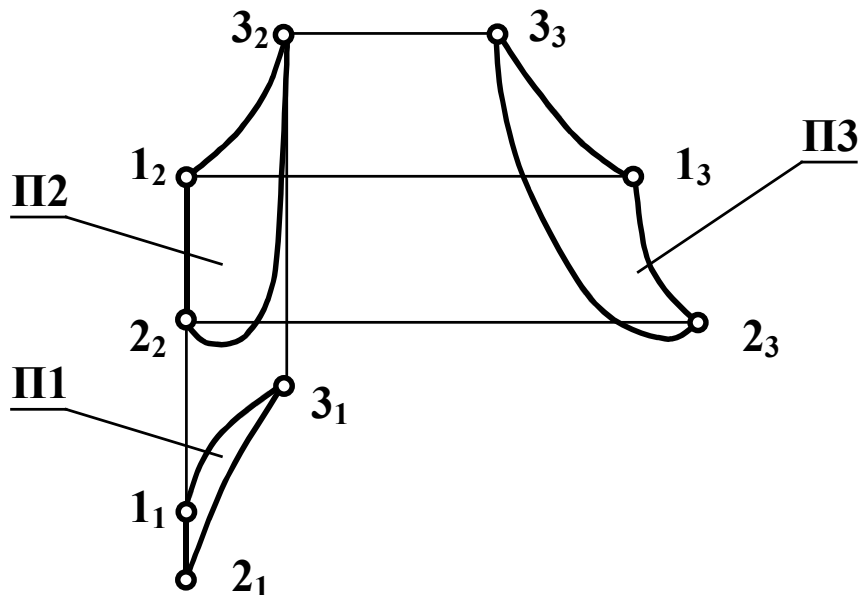


Рисунок 2.9 - Проекції поверхні направляючої лопатки

2.4 Визначення траєкторії руху фракцій вороху чорної смородини при пневмосепарації

Як відмічалось раніше, велике значення для якісного виконання процесу має компоновка системи пневмосепарації, що також важливо для компоновки всього комбайна в цілому.

Компоновка системи сепарації проводиться з врахуванням розмірних параметрів і місця положення вузлів та деталей, а також від переміщення в системі матеріала, що обробляється.

Швидкісні параметри транспортера і вентилятора, їх розташування визначає траєкторії руху фракцій вороху після сходу з транспортера в накопичувальну місткість. Визначення траєкторії руху фракцій вороху дозволить визначити положення насадки вентилятора і його початкову форму, а також положення накопичувальної місткості, і в цілому обводи камери пневмосепарації.

Для визначення траєкторії руху окремих фракцій ягідного вороху, і вороху в цілому, виникають складнощі, що не піддаються врахуванню із-за нерівномірного впливу повітряного потоку, створеного вентилятором, на ворох, хаотичного розташування і руху фракцій вороху, непостійного складу і кількості вороху, що потрапляє в камеру сепарації.

Враховуючи складність поставленої задачі, поставимо граничні умови:

1. Визначаємо траєкторії руху кожної фракції окремо, без врахування їх взаємодії. 2. Вплив повітряного потоку на фракції вороху по всій траєкторії руху однаковий.

Питання відносно руху деяких фракцій с/г. матеріалів при пневмосепарації розглянуте в ряді робіт. Аналіз методів визначення траєкторії руху зроблено в роботі. На рис. 2.10. приведена схема руху фракцій вороху в рівномірному повітряному потоці, що створюється вентилятором в камері сепарації комбайна для збирання чорної смородини.

Фракція вороху з масою m і початковою швидкістю $V_{тр}$, що задана рухом транспортера, який розташований під кутом α до горизонту,

вводиться у повітряний потік, створений вентилятором. Повітряний потік має швидкість $U_{ВП}$ і направлений під кутом β . На фракцію ягідного вороху діє сила ваги mg і сила лобового опору R .

Величина відносної швидкості V_0 фракції ягідного вороху при вході в повітряний потік визначається за теоремою косинусів як діагональ паралелограма зі сторонами $U_{ВП}$ і $V_{ТР}$:

$$V_0 = \sqrt{U_{ВП}^2 + V_{ТР}^2 - 2 \cdot U_{ВП} \cdot V_{ТР} \cdot \cos \tau}, \quad (2.38)$$

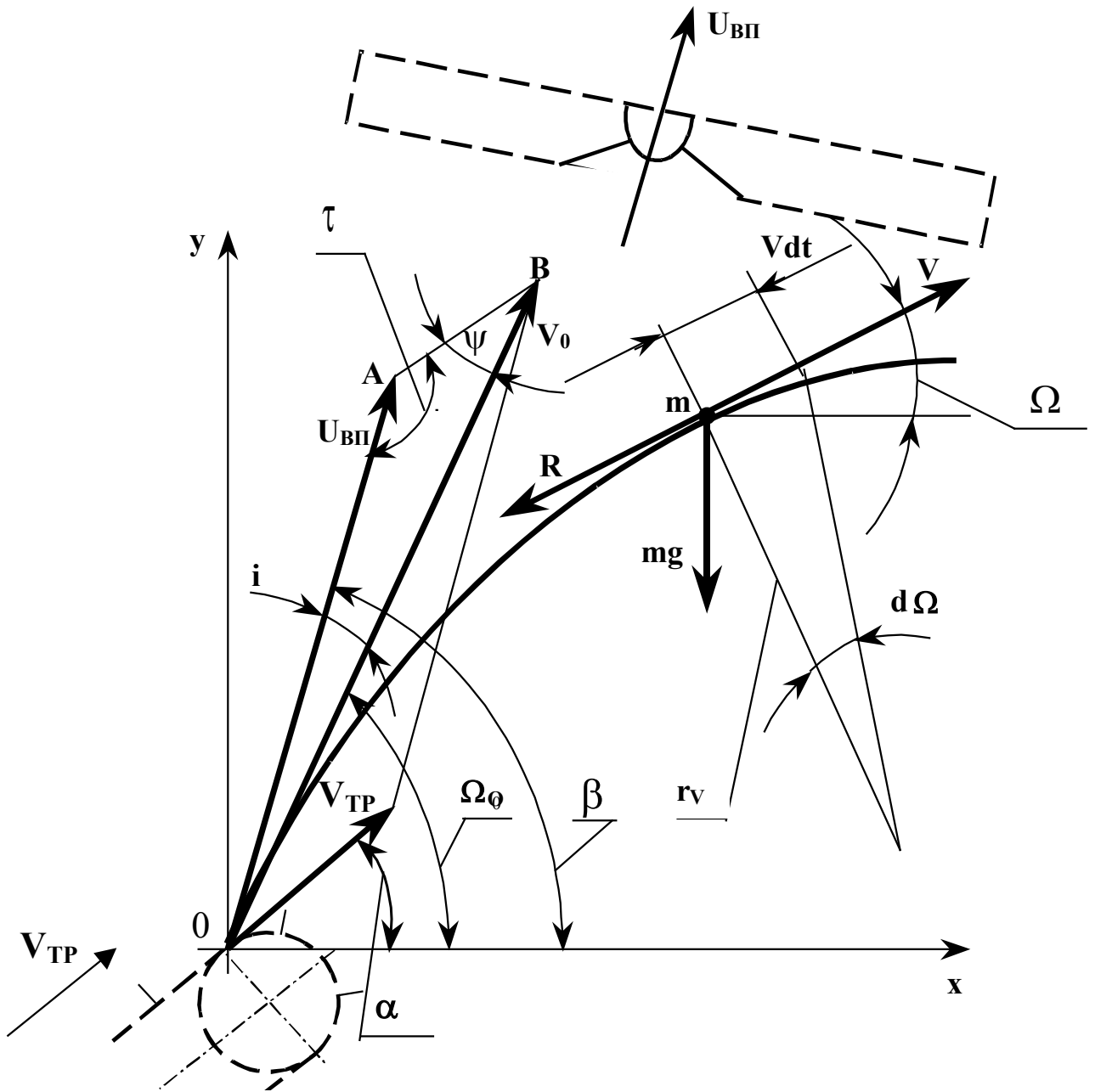


Рис. 2.10. Розрахункова схема для визначення траєкторії руху фракцій вороху в процесі пневмосепарації:

$U_{ВП}$ – швидкість повітряного потоку; β – кут нахилу повітряного потоку; $V_{ТР}$ – швидкість транспортера; α – кут нахилу транспортера; V_0 – відносна швидкість фракції в момент входження в повітряний потік; Ω_0 – кут напрямку відносної швидкості; mg – сила ваги; R – сила лобового опору; V – миттєва відносна швидкість; r_v – радіус кривизни траєкторії; Ω – кут між віссю x і дотичною до траєкторії; Vdt – відносне переміщення фракції; $d\Omega$ – приріст кута при переміщенні фракції.

Кут τ знаходимо з трикутника OAB

$$\tau = \pi - i - \psi, \quad (2.39)$$

$$\text{де } i = \beta - \Omega_0, \quad (2.40)$$

$$\text{а } \psi = \Omega_0 - \alpha, \quad (2.41)$$

тоді

$$\tau = \pi - \beta + \alpha, \quad (2.42)$$

а вираз(2.38) прийме вигляд

$$V_0 = \sqrt{U_{ВП}^2 + V_{ТР}^2 - 2 \cdot U_{ВП} \cdot V_{ТР} \cdot \cos(\pi - \beta + \alpha)}, \quad (2.43)$$

Напрямок відносно горизонту швидкості V_0 визначаємо за формулою:

$$\Omega_0 = \beta - i. \quad (2.44)$$

Кут i знаходимо з трикутника OAB , використовуючи теорему синусів:

$$\frac{V_{ТР}}{\sin i} = \frac{V_0}{\sin \tau}, \quad (2.45)$$

звідки

$$\sin i = \frac{V_{ТР} \sin \tau}{V_0}, \quad (2.46)$$

підставляючи в (2.46) значення τ (2.42) отримаємо:

$$i = \arcsin \left[\frac{V_{ТР}}{V_0} \sin(\pi - \beta + \alpha) \right], \quad (2.47)$$

тоді

$$\Omega_0 = \beta - \arcsin \left[\frac{V_{ТР}}{V_0} \sin(\pi - \beta + \alpha) \right]. \quad (2.48)$$

Кожну точку траєкторії розраховуємо наближеним способом, приймаючи приріст кута $\Delta\Omega$ рівним 1° :

$$\Omega_i = \Omega_0 + \Delta\Omega. \quad (2.49)$$

Відносне переміщення фракції вороху визначаємо за формулою, з деяким уточненням:

$$S_V = \int V_0 dt = \frac{1}{2k_{\Pi}} \ln \left\{ \frac{k_{\Pi}}{g} \left[\frac{\sin \Omega_i}{\cos^2 \Omega_i} + \ln \left| \operatorname{tg} \left(\frac{\Omega_i}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right| \right] - C_1 \right\} - C_2, \quad (2.50)$$

де

$$C_1 = \frac{k_{\Pi}}{g} \left[\frac{\sin \Omega_0}{\cos^2 \Omega_0} + \ln \left| \operatorname{tg} \left(\frac{\Omega_0}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right| \right] - \frac{1}{V_0^2 \cos^2 \Omega_0};$$

(2.51)

$$C_2 = \frac{1}{2k_{\Pi}} \ln \frac{1}{V_0^2 \cos^2 \Omega_0}; \quad (2.52)$$

$$k_{\Pi} = \frac{g}{U_{\Phi}^2}. \quad (2.53)$$

де k_{Π} – коефіцієнт парусності, m^{-1} ;

U_{Φ} – швидкість вітання фракції, м/с.

Приріст переміщення визначаємо з виразу:

$$\Delta S_{V_{oi}} = S_{V_{oi}} - S_{V_{oi-1}}. \quad (2.54)$$

Відносну швидкість при переміщенні фракції у повітряному потоці визначимо з формули:

$$V_{oi} = \frac{1}{\cos \theta_i \sqrt{\frac{k_{\Pi}}{g} \left[\frac{\sin \Omega_i}{\cos^2 \Omega_i} + \ln \left| \operatorname{tg} \left(\frac{\Omega_i}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right| \right] - C_1}}. \quad (2.55)$$

Середнє значення відносної швидкості знайдемо за формулою:

$$V_{осрi} = \frac{V_{oi} + V_{oi-1}}{2}, \quad (2.56)$$

де $i=1,2,\dots$,

а інтервал часу

$$\Delta t_i = \frac{\Delta S_{V_{oi}}}{V_{оср i}}. \quad (2.57)$$

Сумарний час від початку введення фракції у повітряний потік дорівнює:

$$t = \sum_i \frac{\Delta S_{V_{oi}}}{V_{оср i}}. \quad (2.58)$$

Приріст Δx_{V_o} и Δy_{V_o} визначаємо за формулами:

$$\Delta x_{V_{oi}} = \Delta S_{V_{oi}} \cdot \cos \Omega_i; \quad (2.59)$$

$$\Delta y_{V_{oi}} = \Delta S_{V_{oi}} \cdot \sin \Omega_i. \quad (2.60)$$

Переміщення у відносних координатах визначаємо за формулами:

$$x_{V_{oi}} = \sum (\Delta S_{V_{oi}} \cdot \cos \Omega_i); \quad (2.61)$$

$$y_{V_{oi}} = \sum (\Delta S_{V_{oi}} \cdot \sin \Omega_i). \quad (2.62)$$

Координати першої розрахункової точки знаходження фракції вороху визначаємо за формулами:

$$x = U_{ВП} \cdot t \cdot \cos \beta - x_V, \quad (2.63)$$

$$y = U_{ВП} \cdot t \cdot \sin \beta - y_V. \quad (2.64)$$

Розрахунок наступних точок виконується аналогічно. Отримані точки визначають розрахункові траєкторії руху фракцій вороху чорної смородини при пневмосепарації.

На рис. 2.11 представлено графік розрахункових траєкторій руху фракцій вороху чорної смородини при пневмосепарації, що отримані при значеннях параметрів $U_{ВП}$, $V_{ТР}$, α , β , U_A , U_G , U_L , U_B , які вказані в таблиці 2.1.

Показники швидкості повітряного потоку, що створюється вентилятором ($U_{ВП}$) знаходились в межах 16,0...18,0 м/с; швидкості руху транспортера ($V_{ТР}$) – 0,30...0,50 м/с; кут нахилу транспортеру до горизонту

(α) – 45°; кут нахилу вісі вентилятора (β) – 45°...60°; швидкість вітання ягід ($U_{я}$) – 13..21 м/с; листя ($U_{л}$) – 2..10 м/с; грон ($U_{г}$) – 13..18 м/с; шкідників ($U_{в}$) – 3...6 м/с.

Зони між траєкторіями кожної фракції, що відповідають нижній і верхній межі швидкості вітання на рис. 2.11 заштриховані. Межі швидкостей вітання фракцій вороху взяті з деяким запасом.

На рисунку добре видно розрив між зонами вітання «ділової частини» (ягоди і грони) і домішок (листя і шкідники). Це підтверджує можливість видалення домішок з вороху чорної смородини повітряним потоком системи сепарації.

Таблиця 2.1 - Значення параметрів для розрахунку траєкторії

№ рис.	Найменування параметрів							
	$U_{ВП}$	$V_{ГР}$	α	β	$U_{я}$	$U_{л}$	$U_{г}$	$U_{в}$
2.11	18	0,50	45	60	13	2	13	3
	18	0,50	45	60	21	10	18	6

у, м

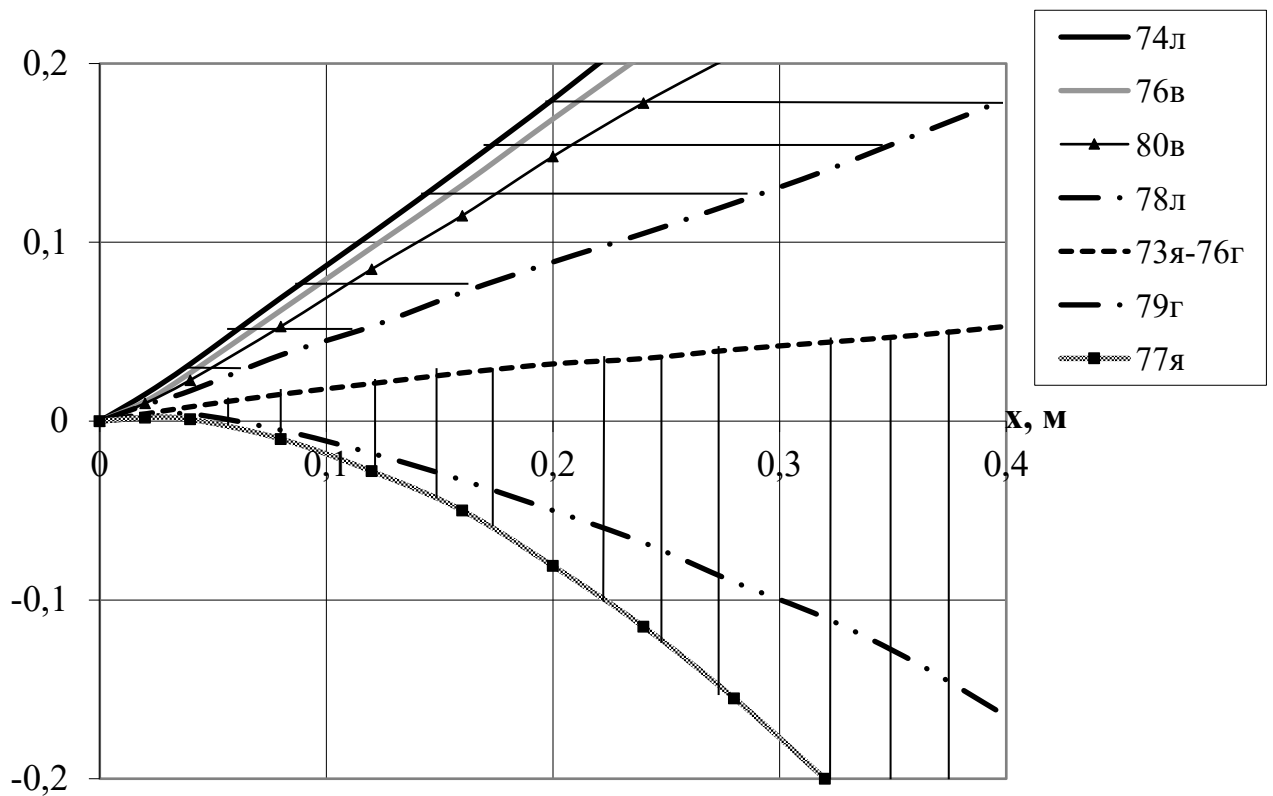


Рисунок 2.11 - Розрахункові траєкторії руху фракцій вороху

Висновки

1. Враховуючи складність процесу сепарації із-за змочування листя соком травмованих ягід, а також багат шаровість вороху при значній врожайності, необхідна трьохстадійна технологія сепарації вороху, що складається з попередньої сепарації, підготовки вороху і основної сепарації.

2. Отримане рівняння, що визначає швидкість повітряного потоку для потрапляння ягід знятих активатором з куща, на транспортер-вловлювач і видалення частини листя в міжряддя.

3. Отримані теоретичним шляхом траєкторії руху фракцій вороху в камері пневмосепарації дозволяють визначити положення насадки вентилятора, його початкову форму, положення накопичувальної місткості і, в цілому, попереднього обводу камери пневмосепарації.

4. Графіки розрахункових траєкторій, всі без виключення, мають зону розриву між траєкторіями руху домішок і траєкторіями «ділової частини»,

що підтверджує можливість видалення ягід з вороху за рахунок пневмосепарації.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Використання кінозйомки для розгляду процесу пневмосепарації вороху чорної смородини

Швидкість розгляду процесу пневмосепарації вороху чорної смородини полягала в тому, що цей процес дуже короткочасний, і візуально підтвердити результати отриманих розрахунків траєкторії руху фракцій вороху звичайним способом на лабораторній установці неможливо.

Для підтвердження розрахункових значень траєкторії руху була проведена кінозйомка процесу сепарації вороху у повітряному потоці. Кінозйомку проводили камерою «Pentaflex», із швидкістю зйомки 48 кадрів в секунду.

Дешифровку проводили за допомогою приладу «Микрофот», відмічаючи точки траєкторії на міліметровому папері.

Конструктивні і динамічні показники експериментальної установки сепарації, при яких проводилась кінозйомка, мали наступні значення: висота скребка транспортера (h)- 0,035м; число лопаток вентилятора (Z)-6 шт.; конструктивний параметр (b)-0,09м; довжина ділянки сепарації (l)-0,35м; крок скребоків транспортера (t_p)-0,152м; швидкість повітряного потоку ($U_{вп}$)- 18 м/с; кут нахилу повітряного потоку (β)-60 град.; конструктивний параметр (a)- 0,10м; швидкість транспортера ($V_{тр}$)- 0,5 м/с; кут нахилу транспортера (α)- 45 град.

На кадрах 1...8 Кінограми процесу пневмосепарації зафіксовані траєкторії руху групи ягід, що зійшли з транспортера і траєкторії одиночної ягоди (кадри 1...4), що вдарились у всмоктуючий патрубок кожуха вентилятора. За час перебування в камері пневмосепарації ягоди встигли розшаруватися у повітряному потоці, виключаючи співудар.

Кадри 1...8 зафіксували траєкторію руху листа смородини, що здійснює крім поступального ще й обертальний рух. На кадрах 4...5 площина листа

проходить вздовж напрямку повітряного потоку, і лист рухається до низу в напрямку накопичувальної місткості.

І тільки коли лист розвернувся своєю площиною поперек потоку повітря, то різко змінив свою траєкторію і був винесений повітряним потоком вентилятора. Очевидно, що швидкість повітряного потоку, що мав значення 18 м/с, цілком достатня, щоб не дати змоги листу потрапити в накопичувальну місткість разом з ягодами, навіть при здійсненні таких складних рухів за короткий проміжок часу знаходження в камері сепарації.

На кінограмі зафіксовано рух ягід і листа смородини в процесі сепарації. Добре видно обертання лиска і його видалення з вороху повітряним потоком.

Розгляд приведених та інших кінограм показав, що збільшення швидкості транспортера призводить до збільшення видалення сумішей, але при швидкості 0,5 м/с і вище, збільшуються втрати ягід, що також спостерігається при швидкості повітряного потоку близько 20 м/с. При швидкості більше 20 м/с система пневмосепарації переходить в режим пневмотранспортера.

Вихрі повітряного потоку біля скребків транспортера надають обертання листкам, що погіршує сепарацію і збільшує число співударів фракцій вороху між собою.

При положенні скребка перпендикулярно повітряному потоку при малій швидкості транспортера за скребком виникає «мертва зона» і домішки не видаляються повітряним потоком.

Доведення кута нахилу транспортера до 45° сприяє більш тривалому перебуванню вороха в камері сепарації, що сприяє саморозшаруванню вороха і покращує видалення домішок.

При сході з транспортера багат шарового вороху, у випадку знаходження ягід на поверхні листка, повітряний потік підхоплює лист разом з ягодами і ягода потрапляє в накопичувальну місткість. Так як при значній забрудненості неминучі домішки в будь якому із шарів вороху.

Це питання виникає в останній час у зв'язку з появою нових

високоврожайних сортів чорної смородини на Україні, в Республіці Білорусь та Росії які збирають механізованим способом. Такі сорти як «Дочка Ворсклы», «Говтва», «Голосеевская», «Мечта Киевская», «Киевлянка» – української селекції, «Наследница», «Незнакомка», «Катюша», «Памяти Вавилова», «Партизанка», «Загадка» – Білоруської селекції, «Гамма», «Муравушка», «Грация», «Кипиана», «Ажурная», «Зуша», «Орловский вальс», «Орловская серенада», «Экзотика» дають врожайність до 130 ц/га, в той час як сорти старої селекції «Стахановка Алтая», «Голубка», «Выставочная» та інші – близько 80 ц/га.

Виключення з системи вловлювання ягід в комбайні МПЯ-1Б поперечних транспортерів, при створенні моделі КПЯ-1, привело до того, що оптимальні параметри системи сепарації втратили стабільність із-за того, що швидкість ($V_{тр}$) транспортера, який подає ворох в камеру сепарації стала непостійною, залежною від швидкості комбайна при збиранні.

Це відбулося на втратах ягід смородини на максимальних швидкостях при збиранні і збільшенням домішок в тарі зібраних ягід на малих швидкостях збирання.

3.2 Оптимізація форми обводів камери пневмосепарації

Вивчення руху повітряного потоку в пневмосепарувальній камері дозволяє усунути недоліки компоновки, уточнити обводи, тобто досягти мінімуму втрат енергії повітряного потоку, знайти оптимальну аеродинамічну форму елементів і всієї камери в цілому.

Теоретична оцінка процесу пов'язана із значними труднощами, що викликані хаотичним рухом компонентів легко рухомого середовища. На кадрах кінозйомки процесу пневмосепарації видно обертання листа, падіння листа в накопичувальну місткість без взаємодії з повітряним потоком – все це говорить про те, що в камері є зони завихрення і застою.

Для покращення якості виконання технологічного процесу

пневмосепарації необхідно усунути причини цих явищ. Але кінозйомка процесу пневмосепарації дає тільки фіксацію того, що відбувається в камері. Причину ж явищ кінозйомка не розкриває.

Найбільше застосування в практиці досліджень отримав метод газогідравлічні схожості, позитивним є простота і наглядність. Метод базується по аналогії рівнянь руху ідеальної рідини у відкритому каналі, і плоского повітряного потоку.

Цей метод дозволяє достатньо точно дослідити плоскі течії, а в ряді випадків може бути використаний і для оцінки явищ, що проходять в просторових течіях, котрі з відомим наближенням можна звести до плоских. Використання цього методу особливо ефективно при порівняльній оцінці різних варіантів машин, що проектуються або реконструюються.

3.3. Співставлення математичної і експериментальної моделей процесу пневмосепарації

Проведені експерименти дали можливість отримати рівняння регресії, котрі з достатньою точністю описують процес, що відбувається в системі пневмосепарації комбайна для збирання чорної смородини.

Таким чином, були визначені оптимальні робочі показники технологічного процесу роботи – подача вороху в системі сепарації (q), швидкість транспортеру ($V_{тр}$), швидкість повітряного потоку, створеного вентилятором ($U_{вп}$) і геометричні параметри – кут нахилу повздовжнього транспортера (α), кут нахилу повітряного потоку, що створений вентилятором (β), крок скребків транспортера (t_p) і їх висота (h), довжина ділянки сепарації (ℓ), число лопаток робочого колеса вентилятора (z), конструктивні параметри (a , b).

Якісні (λ) і кількісні (θ) показники, при роботі експериментальної установки сепарації ЭУС-1, що мала оптимальні робочі геометричні параметри, з ворохом чорної смородини певної засміченості (c), знаходяться

в межах агротехнічних вимог.

Отримані показники ($V_{тр}$, $U_{вп}$, α , β), а також маса (m) фракцій вороху і швидкість їх вітання (U) дозволили визначити теоретичні траєкторії руху фракцій вороху чорної смородини в камері системи пневмосепарації і визначити контури обводів насадки патрубку вентилятора.

Теоретичні траєкторії руху фракцій вороху дозволили впевнитись у можливості розділення вороху на домішки і ділову частину у повітряному потоці, що створений вентилятором в камері сепарації.

Для підтвердження і уточнення траєкторії руху фракцій вороху чорної смородини в реальних умовах, була проведена кінозйомка процесу пневмосепарації.

Результати кінозйомки, проведеної при реалізації експерименту, в основному, підтвердили отримані розрахункові значення.

Приведені траєкторії руху фракцій ягідного вороху, отримані в результаті дешифровки кінозйомки. Для порівняння результатів кінозйомки на цьому ж рисунку приведені результати розрахункових траєкторій руху фракцій ягідного вороху.

Крім того, як зазначалося вище, при визначенні розрахункових траєкторій була поставлена обмежувальна умова, що вплив повітряного потоку на фракції вороху по всій довжині траєкторії постійний ($U_{вп} = \text{const}$).

Таку умову при постановці експерименту здійснити складно, тому в початковій і кінцевій фазах процесу сепарації швидкість повітряного потоку дещо нижча, ніж в середній – основній фазі сепарації ягідного вороху.

Враховуючи все вище перелічене, розглянемо з точки зору співставлення розрахункових і експериментальних траєкторій руху ягід в камері сепарації

Для цього по координатам точок (табл. 3.1) були побудовані попарно траєкторії руху ягід, розраховані теоретичним шляхом і отримані після дешифровки кадрів швидкісної кінозйомки. Координати точок парних траєкторій отримані при однакових параметрах процесу пневмосепарації (α ,

$\beta, U_{\text{вп}}, V_{\text{тр}}, a, b, \ell$).

Пошук оптимальної апроксимації проводили послідовно з показниковою, степеневою, гіперболічною, експоненціальною, логарифмічною, параболічною функціями. Оптимальною вважалась апроксимація, коли квадратичне відхилення розрахункових і експериментальних значень було мінімальним.

Таблиця 3.1 - Координати точок розрахункових і експериментальних траєкторій, мм

X	Розрахункові		Експериментальні	
	Y_{P1}	Y_{P2}	$Y_{Э1}$	$Y_{Э2}$
0	0	0	0	0
50	10	7,5	9	25
100	-12,5	5	0	30
150	-67,5	-10	-30	7,5
200	-132,5	-35	-87,5	-15
250	-200	-67,5	-250	-55

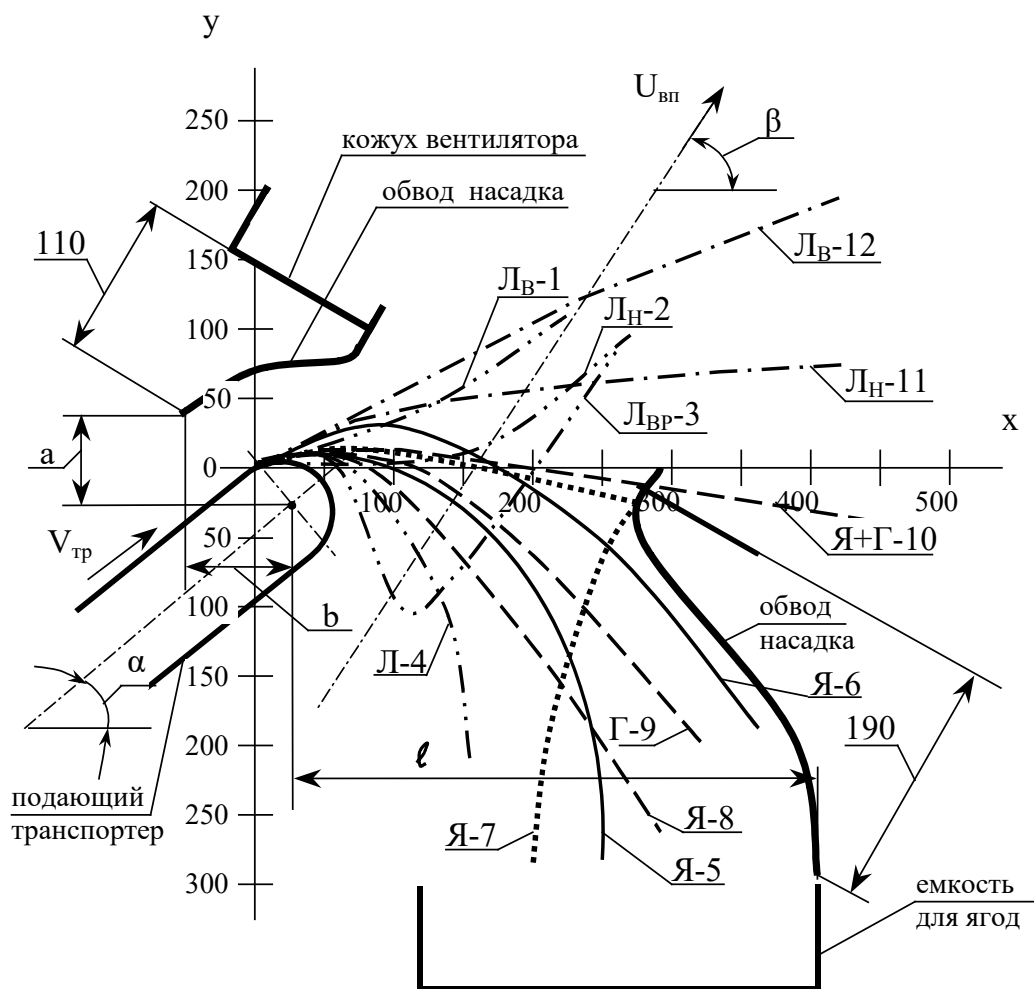


Рисунок 3.1 - Траекторії руху фракцій вороху чорної смородини в камері пневмосепарації

В результаті отримані рівняння кривих, котрі відповідають рівнянню параболи (табл. 3.2).

Однак, в подальшому, враховуючи, що траекторія Я-7 (ягоди по вхідному патрубку вентилятора) дуже близька до правого обводу насадки, що також підтверджується розрахунковою траекторією 10, є необхідність у збільшенні довжини ділянки сепарації (ℓ), з метою усунення травмування ягід, методом еквідистанціювання і довести його до 0,38 м.

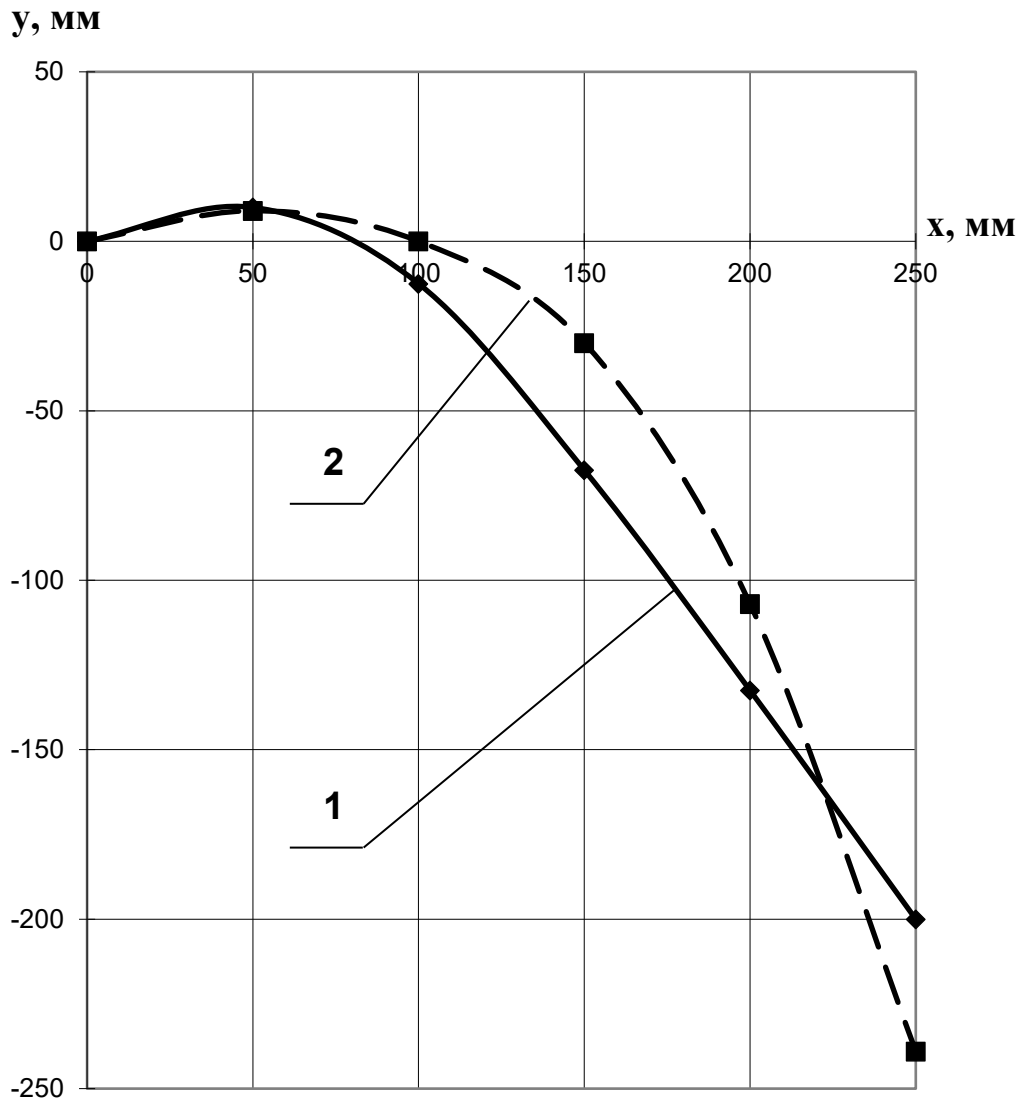


Рисунок 3.2 - Траекторії руху ягід (нижня межа):
 1 – розрахункова (p_1); 2 – експериментальна (ε_1)

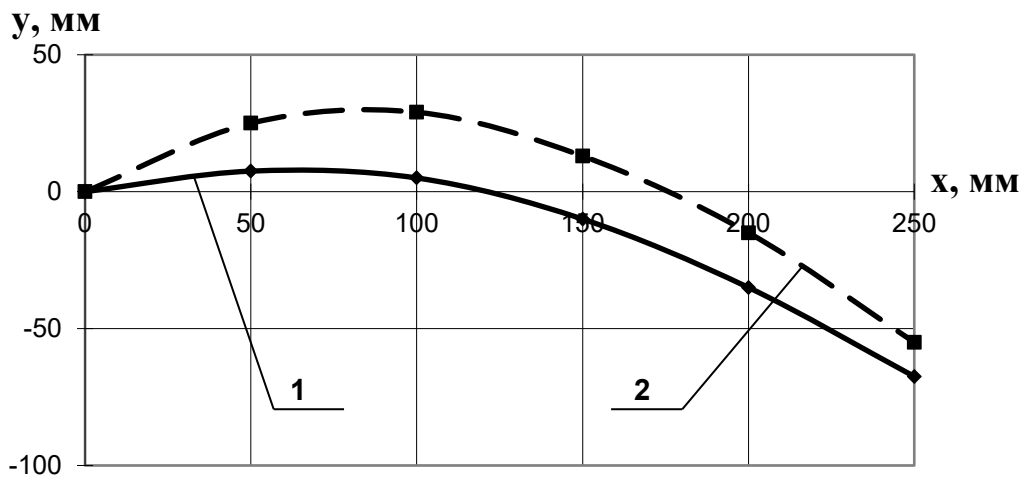


Рисунок 3.3 - Траекторія руху ягід (верхня межа)

Таблиця 3.2 - Рівняння кривих, отримані в результаті апроксимації

№	Рівняння кривої
p ₁	$y = 5,31 + 0,16 x - 3,98 \cdot 10^{-3} x^2$
э ₁	$y = 12,22 + 1,01 x - 7,51 \cdot 10^{-3} x^2$
p ₂	$y = -0,14 + 0,25 x - 2,07 \cdot 10^{-3} x^2$
э ₂	$y = -1,26 + 0,69 x - 3,62 \cdot 10^{-3} x^2$

На рис. 3.4 видно, що верхні межі розрахункових траєкторій духу фракцій вороху дещо завищені у порівнянні з експериментальними, що також легко пояснити обмеженнями на швидкість повітряного потоку ($U_{\text{вп}}=\text{const}$) на всьому проміжку процесу сепарації і, додатково до цього, верхня межа траєкторії руху фракцій ягідного вороху розраховувалась з урахуванням верхньої межі швидкості вітання фракцій ягідного вороху, куди потрапляють лиш одиниці із всієї маси вороху.

В цілому, не дивлячись на негативні явища, що відбуваються в камері сепарації, порівняння експериментальних і розрахункових траєкторій руху фракцій вороху чорної смородини показує їх задовільне співпадіння.

3.4. Перспективна схема сепарації ягідного вороху з автоматичним гідрорегулятором

На багатьох конструкціях комбайнів для збирання ягідних культур повздовжній транспортер, що доставляє знятий з куща ворох в систему пневмосепарації є також і вловлювачем, тобто його горизонтальна нижня частина підводиться до основи куща під нахилені гілки і приймає ягоди, що зняті з куща активатором.

Повздовжні транспортери-вловлювачі, що приводяться в дію гідромоторами, для кращого вловлювання ягід, мають відносно куща нульову швидкість, тобто рухаються в протилежну сторону руху комбайна з тією ж швидкістю, але ця швидкість непостійна, так як швидкість комбайна відносно куща змінюється із-за різної врожайності, ступеня стиглості ягід,

якості агрофону, погодніх умов тощо.

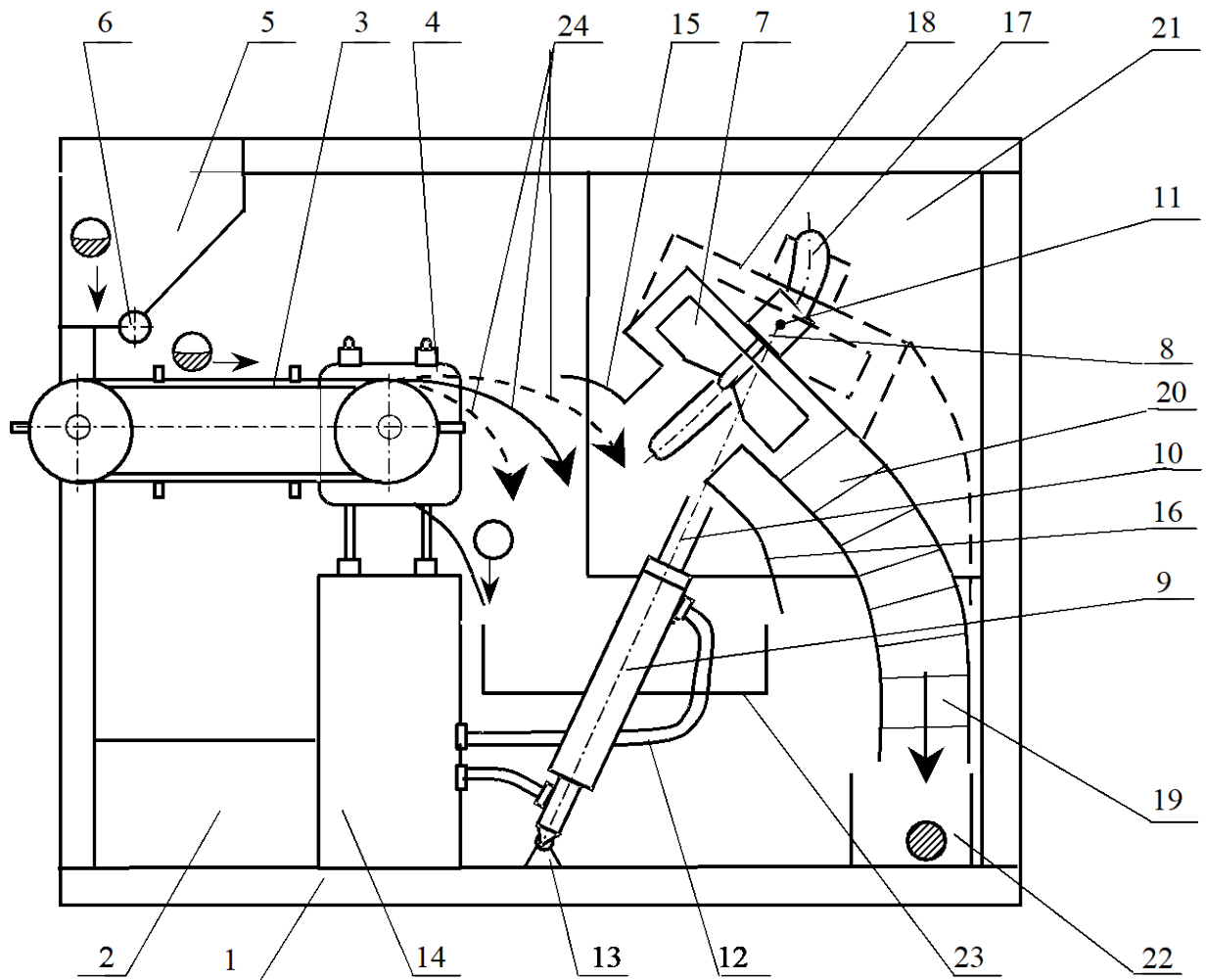


Рисунок 3.5 - Схема експериментальної установки для пневмосепарації ЭУС-2:

1–рама; 2–гідростенд; 3–транспортер; 4–гідромотор приводу транспортера; 5–бункер для вороху; 6–валець-живильник; 7–вентилятор; 8–гідромотор приводу вентилятора; 9–гідроциліндр; 10–шток гідроциліндра; 11–точка кріплення штока; 12–гідрошланг; 13–опора гідроциліндра; 14–автогідрорегулятор; 15,16–насадка вентилятора; 17–паз направляючий; 18–верхнє положення вентилятора; 19–рукав видалення домішок; 20–гофрована вставка; 21–стінка направляюча; 22–ємність для домішок; 23–ємність для ягід; 24–траєкторії сходу вороху при різних швидкостях транспортера

Нами була поставлена задача добитися стабілізації процесу сепарації при зміні швидкості ягодозбирального комбайна, для конструкції, де повздовжній транспортер несе на собі додаткову функцію вловлювача.

На рис. 3.5 представлена схема експериментальної установки для сепарації ЭУС-2.

На рамі 1 змонтована гідро стенд 2. Транспортер 3 і вентилятор 7 приводиться в рух за рахунок гідромоторів 4 і 8. Ворох потрапляє на транспортер з бункера-дозатора 5 за допомогою вальця-живильника 6. Робоче колесо вентилятора 7 насаджено вал гідромотора 8, який закріплений з двох сторін в спеціальних направляючих, що дозволяють гідромотору разом з кожухом вентилятора переміщатися в пазах 17 направляючих стінок 21. Переміщення відбувається за рахунок гідроциліндрів 9, до штоку яких, в точці 11, прикріплена система вентилятор-гідромотор.

Гідромотори транспортера, вентилятора і гідроциліндри зв'язані з гідростендом через автогідрорегулятор 14. Схід вороху з транспортера в накопичувальну місткість 23 відбувається по одній з траєкторій 24, які визначаються швидкістю транспортера. Система вентилятор-гідромотор, закріплена в направляючих пазах зафіксована гідроциліндрами і знаходиться в положенні, що забезпечує оптимальний режим сепарації. Зміна швидкості транспортера змінює траєкторію сходу вороху.

Так як транспортер приводиться в дію гідромотором, то в гідросистемі змінюється тиск, на що автоматично реагує авторегулятор, який за допомогою гідроциліндрів по визначеній траєкторії, що задана направляючими пазами, в положення, при якому відновлюється оптимальний режим сепарації. Швидкість повітряного потоку, що створюється вентилятором, постійна.

Рукав відводу домішок не перешкоджає переміщенню системи вентилятор-гідромотор, так як у місці приєднання з системою він виконаний гнучким.

Модернізація комбайна МПЯ-1Б призвела до створення моделі в якій відсутні поперечні транспортери, а привід вентиляторів і поперечних

транспортерів здійснюється гідромоторами. Тому корінної переробки конструкції для здійснення схеми пневмосепарації з автоматичним гідро регулятором проводити не потрібно.

Висновки

1. Застосування в дослідженні методу кінозйомки дозволило порівняти експериментальні і отримані розрахунковим шляхом траєкторії руху фракцій ягідного вороху в камері сепарації. Враховуючи поставлені обмежуючі умови при визначенні траєкторії розрахунковим шляхом, можна зробити висновок про їх співпадання.

2. У зв'язку з тенденцією збільшення, в останні роки, врожайності чорної смородини, скорочення термінів збирання, потреби роботи комбайнів на підвищених швидкостях для якісного виконання технологічного процесу сепарації запропонована схема з автоматичним гідрорегулятором для збереження оптимального режиму роботи системи сепарації на комбайнах, де повздовжній транспортер слугує вловлювачем вороху після зняття з куща, при нестабільній робочій швидкості руху комбайна.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Основні вимоги з техніки безпеки та охорони праці під час роботи ягодозбирального комбайна можна сформулювати наступним чином:

1. Загальні вимоги:

Перед початком роботи оператор комбайна повинен пройти інструктаж з техніки безпеки та бути ознайомленим із правилами експлуатації машини. Оператор повинен мати відповідну кваліфікацію та допуск до роботи з сільськогосподарською технікою. Заборонено допускати до роботи осіб у стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння, а також тих, що перебувають у стані сильного стомлення.

2. Перед початком роботи:

Перевірити технічний стан комбайна: справність гальмівної системи, гідравліки, електрообладнання, кріплень, захисних кожухів і сигнальних пристроїв. Переконатися у відсутності сторонніх предметів у робочих механізмах. Впевнитися, що всі захисні екрани та пристрої встановлені на своїх місцях. Перевірити наявність і справність вогнегасника, аптечки та засобів індивідуального захисту (рукавички, окуляри тощо).

3. Під час роботи:

Дотримуватись інструкції з експлуатації ягодозбирального комбайна. Не допускати сторонніх осіб до робочої зони комбайна, особливо поблизу рухомих і обертових механізмів. Заборонено проводити очищення, регулювання або ремонтні роботи на працюючій техніці. Зупиняти комбайн у разі виявлення несправностей або небезпечних ситуацій. Контролювати видимість робочої зони, особливо в умовах обмеженої освітленості або поганої погоди.

4. Після завершення роботи:

Очистити робочі елементи комбайна від залишків рослин і бруду. Провести огляд машини на предмет пошкоджень або зношення деталей.

Вимкнути всі системи живлення перед проведенням будь-яких технічних робіт. Зберігати комбайн на спеціально обладнаних стоянках або майданчиках.

5. Додаткові вимоги:

Забезпечити достатню вентиляцію в місцях роботи, якщо комбайн використовується в закритих просторах. Заборонено працювати на схилах з нахилом, який перевищує дозволені параметри, зазначені в інструкції. Оператор повинен мати при собі засоби зв'язку для оперативного виклику допомоги у разі надзвичайної ситуації.

6. Вимоги до використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ):

Оператор і технічний персонал повинні носити відповідний одяг (щільний комбінезон, закрите взуття з нековзкою підошвою). Використання засобів захисту слуху (навушники чи беруші) є обов'язковим у разі роботи на комбайні з підвищеним рівнем шуму. У разі роботи з комбайном, обладнаним потужними системами всмоктування чи продування, необхідно використовувати захисні окуляри та респіратор. У сонячну погоду слід носити головний убір для запобігання перегріванню.

7. Дії в аварійних ситуаціях:

У разі поломки, загорання або інших надзвичайних обставин негайно зупинити комбайн, відключити двигун і викликати відповідні служби. Якщо є ризик ураження струмом через електричні несправності, уникати дотику до металевих частин без використання діелектричних рукавичок. При виявленні загоряння використовувати наявний вогнегасник, уникаючи паніки.

8. Особливі вимоги для обслуговуючого персоналу:

Заборонено виконувати технічне обслуговування чи ремонт без повного вимкнення комбайна. Використовувати тільки сертифіковані інструменти та запчастини. Очищення механізмів вручну проводиться лише після повної зупинки та охолодження рухомих частин. Дотримуватись інструкцій з мастила та технічного обслуговування відповідно до рекомендацій виробника.

9. Вимоги до безпеки навколишнього середовища:

Забезпечити збирання та утилізацію залишків ягід, сміття чи технічних рідин відповідно до екологічних стандартів. Уникати роботи в період активної діяльності корисних комах, якщо це може призвести до їх масової загибелі (наприклад, ранкові години). Заборонено скидати технічні рідини (паливо, масло) на ґрунт або у водойми.

10. Організація робочого процесу:

Робочі зони повинні бути чітко визначені та позначені для уникнення випадкових перетинів із іншими видами транспорту чи людьми. Роботи повинні плануватися з урахуванням погодних умов: уникайте роботи під час сильного дощу, вітру чи низької видимості. Забезпечити безпечні відстані між комбайном і транспортними засобами, які приймають врожай. Ці правила забезпечують безпечну експлуатацію ягодозбирального комбайна і допомагають уникнути травм чи аварій. Якщо потрібно додати специфічні аспекти, наприклад, для конкретного регіону чи типу машин, уточнюйте!

11. Вимоги до роботи на схилах та нерівностях:

Роботи на схилах повинні проводитись тільки в межах допустимого кута нахилу, вказаного в технічній документації комбайна. Пересування по нерівній поверхні слід виконувати з мінімальною швидкістю, щоб уникнути перевертання техніки. Оператор повинен бути особливо уважним до зміни рельєфу та об'їжджати перешкоди (каміння, ями, пні).

12. Організація роботи у групі:

У разі виконання робіт кількома працівниками слід призначити відповідального за координацію дій. Заборонено знаходитися поруч із рухомими частинами комбайна чи в зоні, де можуть бути небезпечні маневри (розвороти, зупинки, зміна напрямку руху). Подача команд чи сигналів повинна здійснюватися зрозумілими знаками або за допомогою засобів зв'язку.

13. Безпека під час завантаження та транспортування врожаю:

Завантаження врожаю має проводитись у чітко відведених місцях, на рівній поверхні. Транспортні засоби для вивезення врожаю повинні знаходитись на безпечній відстані від комбайна до моменту повного завершення маневру. Заборонено перевантажувати бункер комбайна, щоб уникнути пошкоджень техніки та розсипання врожаю.

14. Вимоги до експлуатації в екстремальних умовах:

У разі високих температур забезпечити регулярні перерви для охолодження двигуна та системи гідравліки. У дощову погоду необхідно перевірити зчеплення коліс із ґрунтом та уникати роботи на слизьких ділянках. Робота в умовах низької видимості (туман, сутінки) дозволяється тільки за наявності справних освітлювальних приладів і сигнальних маячків.

15. Вимоги до технічного обслуговування:

Планове технічне обслуговування комбайна повинно проводитись відповідно до графіка, затвердженого виробником. Особливу увагу слід приділяти стану гальмівної системи, гідравліки та ходової частини. Після кожної зміни робіт слід перевіряти рівень палива, масла, охолоджувальної рідини та інших експлуатаційних матеріалів.

Висновки

Усі працівники повинні пройти навчання з безпечної експлуатації ягідозбирального комбайна. Керівник робіт зобов'язаний регулярно проводити перевірки дотримання правил техніки безпеки. У разі порушень інструкцій оператором слід негайно припинити роботу до усунення проблем.

17. Додаткові рекомендації:

Організувати місце відпочинку для операторів, особливо під час тривалих робочих змін. Використовувати сучасні технології, такі як GPS-навігація чи моніторинг стану техніки, для зниження ризиків. Стежити за погодними умовами та вносити корективи в робочий графік за потреби.

5 ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКОНОМІЧНА

Для аналізу ефективності використання вдосконаленої системи пневмосепарації, з точки зору техніко-економічних показників, необхідно порівняти комбайн МПЯ-1Б, з удосконаленою системою пневмосепарації з базовим комбайном для збирання чорної смородини, який експлуатується на території України в дійсний час. Таким комбайном є МПЯ-1Б.

Річний економічний ефект від використання удосконаленої системи пневмосепарації в комбайні МПЯ-1Б визначається за формулою згідно ГОСТ 23729-79 «Методи економічної оцінки спеціалізованих машин» з врахуванням зміни якості і кількості продукції, а також затрат на модернізацію комбайна:

$$\mathcal{E}_{\Gamma M} = [(\Pi_{\mathcal{E}} - \Pi_{\Gamma M}) + Y] \cdot W_{\Gamma M} - M, \quad (5.1)$$

де $\mathcal{E}_{\Gamma M}$ – річний економічний ефект від експлуатації модернізованого комбайна, грн.;

$\Pi_{\mathcal{E}}$, $\Pi_{\Gamma M}$ – приведені затрати, відповідно еталонного і модернізованого комбайна на одиницю напрацювання, грн./т;

Y – економія від збільшення кількості продукції при роботі модернізованого комбайна, грн./т;

$W_{\Gamma M}$ – річне напрацювання модернізованого комбайна, т;

M – затрати на модернізацію, грн.

Для цього визначаємо:

1. Заробітну плату на збиранні 1 тони смородини, за формулою:

$$Z_M = \frac{L \cdot Z_{\text{ч}} + L_1 \cdot Z_{\text{ч1}}}{W_{\text{CM}}}, \quad (5.2)$$

де Z_M – заробітна плата на збиранні 1 тони смородини, грн./т

L – кількість механізаторів, що обслуговують комбайн, чол.

L_1 – кількість допоміжних працівників, чол.

$Z_{\text{ч}}$ – годинна ставка механізатора VI розряду, грн./год.;

$Z_{\text{Ч1}}$ – годинна ставка допоміжних працівників, грн./год.;

$W_{\text{СМ}}$ – продуктивність за годину змінного часу, т/год.

2. Амортизаційні відрахування за формулою:

$$A = \frac{1,1 \cdot B \cdot a}{100 \cdot T \cdot W_{\text{ЭК}}}, \quad (5.3)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн./т;

1,1 – коефіцієнт переводу оптової ціни в балансову;

B – балансова вартість комбайна, грн.;

a – відсоток амортизаційних відрахувань;

T – річне завантаження, год.;

$W_{\text{ЭК}}$ – продуктивність за годину експлуатаційного часу, т/год.

3. Ремонтні відрахування, за формулою:

$$P = \frac{B \cdot \text{Ч}}{100 \cdot T \cdot W_{\text{ЭК}}}, \quad (5.4)$$

де P – ремонтні відрахування, грн./т;

Ч – відсоток ремонтних відрахувань,

4. Вартість ПММ, за формулою:

$$C_{\Gamma} = \frac{N \cdot g \cdot \text{Ц}_{\Gamma} \cdot \gamma}{W_{\text{СМ}}}, \quad (5.5)$$

де C_{Γ} – вартість ПММ, грн./т;

N – номінальна потужність двигуна, кВт;

g – питома витрата пального, кг/кВт·год;

Ц_{Γ} – комплексна ціна 1 кг палива, грн./кг;

γ – коефіцієнт використання потужності двигуна;

5. Витрати на зберігання за формулою:

$$I_{\text{X}} = \frac{X_{\text{М}}}{W_{\text{ЭК}}}, \quad (5.6)$$

де I_{X} – витрати на зберігання грн./т;

$X_{\text{М}}$ – витрати на зберігання віднесенні до однієї години роботи машини,
грн./год;

6. Прямі витрати на 1 т смородини, за формулою:

$$И = З_M + А + Р + С + И_X, \quad (5.7)$$

де $И$ – прямі витрати, грн./т;

7. Питомі капітальні вкладення на 1 т смородини, за формулою:

$$K_y = \frac{1,1 \cdot Б}{T \cdot W_{ЭК}}, \quad (5.8)$$

де K_y – питомі капітальні затрати, грн./т

8. Приведені затрати, за формулою:

$$П = И + E \cdot K_y, \quad (5.9)$$

де $П$ – приведені затрати, грн./т;

E – коефіцієнт капітальних вкладень;

9. Річний наробіток машини, за формулою:

$$W_{ГМ} = T \cdot W_{ЭКМ}, \quad (5.10)$$

де $W_{ГМ}$ – річний наробіток машини, т,

$$W_{ГМ} = 200 \cdot 0,552 = 110,4 \text{ т}$$

10. Збільшення продуктивності за рахунок зменшення втрат кількості продукції, за формулою:

$$\Delta W_{СММ} = \frac{W_{СММ} - W_{СМЭ}}{W_{СММ}} \cdot 100\%, \quad (5.11)$$

де $\Delta W_{СММ}$ – збільшення продуктивності, %

$$\Delta W_{СММ} = \frac{0,652 - 0,624}{0,624} \cdot 100 = 4,49\% .$$

11. Економія від зниження втрат на одиницю напрацювання продукції, за формулою:

$$У = \frac{Ц \cdot \Delta W_{СММ}}{100}, \quad (5.12)$$

де $У$ – економія від зниження втрат, грн./т;

$Ц$ – вартість одиниці продукції з врахуванням зміни її якості, грн./т,

$$У = 231000 \cdot 4,49 / 100 = 10371,9 \text{ грн/т}$$

12. Річний економічний ефект становитиме 378664,3 грн

Дані для розрахунку використанні з «Нормативно-довідкового матеріалу для економічної оцінки сільськогосподарської техніки» з протоколів дослідження комбайнів. Порівняльні техніко-економічні показники розрахунку представлені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Порівняльні техніко-економічні показники

Найменування показника	Комбайни	
	МПЯ-1Б	МПЯ-1Б (модернізований)
Продуктивність за 1 год. змінного часу, т/год.	0,624	0,652
Питомі капітальні затрати, грн./т	16770	16191
Приведені затрати, грн./т	5571,1	5372,8
Збільшення продуктивності за рахунок зміни кількості продукції, %	-	4,490
Економія від збільшення продуктивності на одиницю напрацювання продукції, грн./т	-	10371,9
Річний економічний ефект, грн.	-	378664,3

Висновки

Аналіз техніко-економічної ефективності дослідження удосконаленої системи пневмосепарації в модернізованому комбайні для збирання чорної смородини МПЯ-1Б в порівнянні з базовою машиною МПЯ-1Б доводить, що продуктивність за годину змінного часу збільшується на 0,028 т/год.(збільшується продуктивність на 4,49%) річний економічний ефект становить 378664,3 грн.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Аналіз конструкцій комбайнів для збирання смородини показав, що найбільш раціональне місце встановлення системи сепарації – місце сходу вороху з транспортеру в накопичувальну місткість, але для якісного виконання процесу необхідна попередня підготовка вороху.

2. Значні втрати ягід при сепарації - 5,0...9,0% а в деяких випадках наявність домішок до 9,0% в очищеному воросі вище допустимої агрономогами норми – вказує на недостатнє вивчення питання пневмосепарації.

3. Розробка пристроїв і способів сепарації вороху потребує більш детального вивчення розмірів, маси, форми, стану поверхні, аеродинамічних та інших фізико-механічних властивостей усіх фракцій вороху чорної смородини, отриманих в результаті роботи активатора комбайна.

4. Враховуючи складність процесу сепарації із-за змочування листя соком травмованих ягід, а також багат шаровість вороху при значній врожайності, необхідна трьохстадійна технологія сепарації вороху, що складається з поперньої сепарації, підготовки вороха і основної сепарації.

5. Отримане рівняння, що визначає швидкість повітряного потоку для потрапляння ягід знятих активатором з куща, на транспортер-вловлювач і видалення частини листя в міжряддя.

6. Отримані теоретичним шляхом траєкторії руху фракцій вороху в камері пневмосепарації дозволяють визначити положення насадки вентилятора, його початкову форму, положення накопичувальної місткості і, в цілому, попереднього обводу камери пневмосепарації.

7. Графіки розрахункових траєкторій, всі без виключення, мають зону розриву між траєкторіями руху домішок і траєкторіями «ділової частини», що підтверджує можливість видалення ягід з вороху за рахунок пневмосепарації.

8. При дослідженнях встановлено, що ворох, знятий з куща складається з наступних фракцій: ягоди і грони - 80,0...86,0%, листя – 13,0... 10,0%, бур'яни і їх насіння – 2,4...1,2%, сухі гілочки – 3,0...2,1%, молоді пагони – 1,4...0,6% і шкідники. Втрати ягід при сепарації складають 5,0...9,0%.

9. Приведений статистичний аналіз факторів, дозволив з подальшого дослідження виключити і зафіксувати на наступних рівнях фактори: початкова забрудненість вороху (c) – 20%; висота скребка (h) – 0,035 м; число лопаток вентилятора (z) – 6 штук; конструктивний параметр (b) – 0,035 м. Відсіюючий експеримент зафіксував на наступних рівнях фактори: кут нахилу транспортера (α) – 450; довжина ділянки сепарації (l) – 0,35 м; відстань між скребками транспортера (t_c) – 0,152 м; подача вороху (q) – 0,6 кг/с і уточнити рівні факторів $x_1(U_{вп})$ – 18...14 м/с, $x_2(V_{тр})$ – 0,5...0,3 м/с, $x_4(\beta)$ – 60...300, $x_8(a)$ – 0,2...0,3 м.

10. Визначені математичні залежності видалення домішок і втрата ягід при сепарації від швидкості повітряного потоку в камері сепарації, швидкості подачі вороху в камеру сепарації, кутів нахилу повітряного потоку і подачі вороху в камеру сепарації та інших параметрів. Показники критеріїв оптимізації $\lambda=99,0...99,34\%$; $\theta=3,0...2,69\%$ отримані при фіксації факторів $U_{вп}=18$ м/с, $\beta=570$, при розташуванні на наступних рівнях факторів $V_{тр}=0,44...0,48$ м/с; $a=0,10...0,14$ м.

11. Застосування в дослідженні методу кінозйомки дозволило порівняти експериментальні і отримані розрахунковим шляхом траєкторії руху фракцій ягідного вороху в камері сепарації. Враховуючи поставлені обмежуючі умови при визначенні траєкторії розрахунковим шляхом, можна зробити висновок про їх спів падання.

12. У зв'язку з тенденцією збільшення, в останні роки, врожайності чорної смородини, скорочення термінів збирання, потреби роботи комбайнів на підвищених швидкостях для якісного виконання технологічного процесу сепарації запропонована схема з автоматичним гідрогулятором для збереження оптимального режиму роботи системи сепарації на комбайнах, де

повздожній транспортер слугує вловлювачем вороху після зняття з куща, при нестабільній робочій швидкості руху комбайна.

13. Виходячи з проведеного аналізу і наведених розрахунків з метою поліпшення стану охорони праці пропонуємо такі заходи: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, психофізичні, пожежної безпеки.

15. Аналіз техніко-економічної ефективності дослідження удосконаленої системи пневмосепарації в модернізованому комбайні для збирання чорної смородини МПЯ-1Б в порівнянні з базовою машиною МПЯ-1Б доводить, що продуктивність за годину змінного часу збільшується на 0,028 т/год.(збільшується продуктивність на 4,49%) річний економічний ефект становить 75732,86 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Бондаренко А.В. Машини для збирання ягід: основи проектування та експлуатації. – Київ: Урожай, 2018. – 256 с.
2. Кравчук О.П. Технології та техніка для збирання дрібноплідних ягід: монографія. – Львів: Техніка і технології, 2020. – 198 с.
3. Ferguson, R. "Automated Berry Harvesting: Challenges and Solutions." *Journal of Agricultural Engineering*, 2022, vol. 56, no. 3, pp. 215–227.
4. Patterson, B., & Zhao, Y. "Robotics in Fruit Harvesting: Progress and Prospects." *International Journal of Agronomy and Horticulture Technology*, 2021, vol. 19, no. 2, pp. 113–130.
5. Мартинюк С.Г. Робочі органи машин для збирання плодів та ягід. – Харків: ХНТУСГ, 2019. – 312 с.
6. Heinemann, P., & Schulteis, J. "Efficiency Optimization of Mechanical Berry Harvesters." *American Society of Agricultural and Biological Engineers Proceedings*, 2020, pp. 45–56.
7. Сидоренко Ю.В., Бойко П.В. Технічні засоби для збирання ягід: сучасний стан і перспективи. *Вісник аграрної науки України*, 2022, №5, с. 12–19.
8. Visser, T., & Chua, T. "Impact of Harvester Design on Blueberry Yield and Quality." *Precision Agriculture Insights*, 2019, vol. 15, pp. 87–103.
9. Яковенко І.І. Ефективність використання комбайнів для збору ягід на невеликих господарствах. *Агроінженерія і технології*, 2021, №3, с. 44–51.
10. Zhao, L., & Kim, D. "Development of Vision-Based Autonomous Harvesters for Berries." *Computers and Electronics in Agriculture*, 2021, vol. 192, art. 106623.
11. Лисенко В.М. Конструктивно-технологічні рішення машин для механізованого збирання ягід. *Науковий вісник НУБіП України*, 2020, №12, с. 128–135.

12. Martinez, F., & Sanchez, J. "Advances in Soft Robotic Grippers for Fragile Fruit Harvesting." *Agricultural Robotics and Automation Journal*, 2021, vol. 8, no. 4, pp. 39–52.
13. Гончарук І.В. Вплив механізмів вібраційного типу на якість збору чорниці. *Інженерія природокористування*, 2022, №7, с. 87–93.
14. Кос, А., & Polat, Н. "Energy Efficiency in Berry Harvesting Machines." *Renewable Energy in Agriculture*, 2020, vol. 13, pp. 145–153.
15. Шевченко В.А. Дослідження ефективності машин для збирання смородини. *Науковий журнал агротехніки*, 2021, №2, с. 24–30.
16. Соловійов О.М., Гнатюк П.О. Концепція автоматизації процесу збирання ягідних культур. *Техніка в агропромисловому комплексі*, 2019, №10, с. 34–41.
17. Marston, D., & Lee, C. "Field Testing of Semi-Autonomous Harvesting Systems for Strawberries." *Horticulture Technology Review*, 2020, vol. 32, no. 2, pp. 78–89.
18. Шаповал І.О., Андрійчук С.М. Огляд вітчизняних і зарубіжних розробок ягідозбиральних машин. *Інновації в сільському господарстві*, 2021, №8, с. 58–66.
19. Ponce, R., & Villalobos, F. "Optimization of Harvester Dynamics for Minimal Berry Damage." *Acta Horticulturae*, 2022, vol. 1345, pp. 455–462.
20. Тищенко А.О. Перспективи використання роботизованих систем у ягідництві. *Технічні науки в аграрному виробництві*, 2020, №6, с. 23–30.
21. Burgess, L., & Clarke, P. "Automation Trends in Raspberry Harvesting Systems." *Journal of Horticultural Machinery*, 2021, vol. 45, no. 3, pp. 134–145.
22. Терещенко О.П., Коваленко В.І. Аналіз ефективності вібраційних комбайнів для збору малини. *Наукові дослідження в технічних системах АПК*, 2022, №4, с. 62–70.
23. Wang, X., & Li, H. "Machine Learning Approaches for Berry Detection and Picking." *AI in Agriculture*, 2020, vol. 6, pp. 75–90.

24. Костюк С.В. Використання гідравлічних систем у конструкціях машин для збирання ягід. Вісник інженерії в агросекторі, 2021, №9, с. 48–55.
25. Jones, R., & Taylor, S. "Evaluation of Sensor-Based Berry Harvesting Systems." *Smart Agriculture Review*, 2022, vol. 17, no. 1, pp. 95–108.
26. Зінченко І.С. Комплексні підходи до проектування машин для механізованого збору суниці. Техніка і технології АПК, 2020, №11, с. 101–108.
27. Mendoza, J., & Fuentes, A. "Design of Low-Cost Berry Harvesting Robots for Small Farms." *Journal of Agricultural Robotics*, 2021, vol. 9, no. 2, pp. 120–131.
28. Павленко М.А. Технологічні аспекти роботи комбайнів для чорної смородини. Інженерні науки у сільському господарстві, 2019, №3, с. 34–40.
29. Levin, D., & Green, S. "Dynamic Testing of Berry Harvesters for Reduced Damage." *Postharvest Technology Advances*, 2021, vol. 24, pp. 66–80.
30. Голубенко С.О. Порівняльний аналіз енергозатрат при роботі комбайнів для збирання лохини. Енергоефективність в аграрному виробництві, 2022, №7, с. 87–95.

ДОДАТКИ