

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. О. СЕМКОВИЧА**

ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **«Дослідження фізико-механічних властивостей стебел
кукурудзи для оптимізації процесу їх подрібнення»**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-61

Спеціальності **208 «Агроінженерія»**

Гембар Андрій Миколайович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Гошко Зіновій Орестович

(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. О. СЕМКОВИЧА**

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
«12» вересня 2024 р
Завідувач кафедри _____
к.т.н. доцент Шарибура А.О..

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу

_____ Гембара Андрія Миколайовича

1. Тема роботи: «Дослідження фізико-механічних властивостей стебел кукурудзи для оптимізації процесу їх подрібнення»
Керівник роботи Гошко Зіновій Орестович, к. т. н., доцент.
Затверджено наказом по університету 12.09.2023 року №616/к-с.
2. Термін здачі студентом магістерської роботи до «10» 12. 2024 р.
3. Вихідні дані для магістерської роботи: 1. *Технологічні вимоги до різальних апаратів машин.* 2. *Патентний огляд.* 3. *Наукова та довідкова література.*
4. Перелік питань, які необхідно розробити: (наводиться зміст, який містить пункти і підпункти усіх розділів):

ВСТУП

1. АНАЛІЗ СТАНУ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Суть процесу збирання кукурудзи; 1.2. Характеристика способів збирання кукурудзи; Аналіз різальних апаратів сегментного типу; Висновки

2. ПЕРЕДУМОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ

2.1. Конструктивні можливості сегментного різального апарату; 2.2. Аналіз процесу різання і транспортування стебла; 2.3. Дослідження конструктивних параметрів різального механізму сегментного типу; Висновки

3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма досліджень; 3.2. Методика експериментальних досліджень; 3.3. Статистична обробка результатів досліджень; 3.4. Проведення досліджень і методика обробки даних

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Дослідження фізико- механічних властивостей стебла кукурудзи; 4.2. Вибір режимів роботи різального апарату сегментного типу; 4.3. Дослідження показників якості зрізу стебла; 4.4. Аналіз енергоємності процесу різання; Висновки

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Складання карти умов праці при збиранні кукурудзи; 5.2. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм; Висновок

6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2,3,4,6	Гошко З.О., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича		
5	Тимочко В.О., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва		

6. Дата видачі завдання 12.09.2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Виконання першого розділу	12.09-30.09	
2	Виконання другого розділу	1.10-14.10	
3	Виконання третього розділу	15.10-30.10	
4	Виконання четвертого розділу	31.10-15.11	
5	Написання розділу «Охорона праці»	16.11-22.11	
6	Розрахунок економічної ефективності	23.11-6.112	
7	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів доповіді	7.12-10.12	
8	Завершення проекту в цілому	10.12	

Студент _____ Гембар А.М.

Керівник дипломної роботи _____ Гошко З.О.

Дослідження фізико-механічних властивостей стебел кукурудзи для оптимізації процесу їх подрібнення. Гембар А.М. Дипломна робота на здобуття ОКР "Магістр". – Дубляни: ЛНУП, кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича, 2024. –64 стор. текст. част.; 7 таблиць; 17 рисунків; 39 бібліографічних назв.

Проведено аналіз сучасного стану механізації збирання кукурудзи, засобів механізації для виконання технологічного процесу зрізування стебел, на основі чого обґрунтовано необхідність розробки конструктивно технологічної схеми подрібнювальної частини кукурудзозбирального комбайна, що містить сегментний різальний апарат.

Розроблена гіпотеза щодо робото здатності різального пристрою, проведені теоретичні дослідження розробленої конструктивно технологічної схеми. Отримані основні залежності для розрахунку параметрів різального пристрою.

Наведені результати експериментальних досліджень якісних показників енергомісткості робочих органів кукурудзозбирального комбайна. Розроблені заходи техніки безпеки проведено розрахунок економічної ефективності вдосконаленого різального апарата.

Ключові слова: збирання кукурудзи, подрібнення стебел, різальний апарат, енергомісткість робочих органів.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ СТАНУ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
1.1. Суть процесу збирання кукурудзи	9
1.2. Характеристика способів збирання кукурудзи.....	10
1.3. Аналіз різальних апаратів сегментного типу.....	14
Висновки.....	17
2. ПЕРЕДУМОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ	18
2.1. Конструктивні можливості сегментного різального апарату.....	18
2.2. Аналіз процесу різання і транспортування стебла.....	19
2.3. Дослідження конструктивних параметрів різального механізму сегментного типу	21
Висновки.....	24
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ..	25
3.1. Програма досліджень.....	25
3.2. Методика експериментальних досліджень	26
3.3. Статистична обробка результатів досліджень.....	29
3.4.Проведення досліджень і методика обробки даних.....	31
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	33
4.1 Дослідження фізико- механічних властивостей стебла кукурудзи.....	33
4.2. Вибір режимів роботи різального апарату сегментного типу.....	38
4.3. Дослідження показників якості зрізу стебла	40
4.4. Аналіз енергоємності процесу різання	41
Висновки.....	43
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	44
5.1. Складання карти умов праці при збиранні кукурудзи	44
5.2. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм	48
6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	53
6.1. Техніко-економічна ефективність модернізованого різального апарату.....	53
Висновки.....	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	62
ДОДАТКИ.....	58

ВСТУП

Кукурудза є однією з найбільш цінних продовольчих та кормових культур, яка містить близько 10–12 % білка, 65–68 % крохмалю, 4–6% жиру. Поживність 100 грамів янтарного зерна складає 334 Ккал, що на 20–25 Ккал більше, ніж у пшениці. Зерно кукурудзи широко застосовують, як сировину для харчової, переробної, медичної, мікробіологічної, хімічної промисловостей та інших галузей народного господарства.

На сучасному етапі в господарствах країни кукурудзозбиральні машини більше ніж на 90 % морально та фізично застаріли, а втрати при збиранні досягають більше 15 %. Діючі на виробництві машини мають низький технічний рівень, не відповідають сучасним вимогам за показниками якості, надійності, ергономічності, а також за екологічною оцінкою.

Створення сучасних високопродуктивних кукурудзозбиральних машин неможливе без проведення теоретичних досліджень основних робочих органів, їх експериментальної перевірки, господарських випробувань та техніко-економічного аналізу ефективності проведених робіт.

Тому дослідження, спрямовані на покращення показників якості виконання технологічної операції зрізування як найбільш важливої в процесі збирання кукурудзи, з точки зору складності виконання та впливу на кінцеві результати ефективності виробництва, є актуальними.

Зв'язок з науковими проблемами, планами, темами. Тема дипломної роботи пов'язана з тематичним планом науково-дослідної роботи кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича.

Мета досліджень: обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів різального апарату кукурудзозбиральних машин шляхом забезпечення роботи подрібнювального апарату сегментного типу.

Задачі досліджень:

- провести огляд патентно-інформаційних джерел з питань розробки сучасних конструкцій подрібнювальних апаратів кукурудзозбиральних машин;

- визначити основні фактори, які впливають на підвищення технологічної і експлуатаційної ефективності;
- провести теоретичні дослідження технологічного процесу подрібнення стебел, які дозволяють визначити основні конструктивні і кінематичні параметри, забезпечуючи підвищення продуктивності та надійності технологічного процесу, зменшення втрат урожаю;
- провести експериментальні дослідження механіко-технологічних характеристик системи і окремих елементів стебла кукурудзи;
- визначити економічну ефективність та додатковий економічний ефект від проведеної науково-дослідної роботи.

Об'єкти досліджень: технологічний процес подрібнення стебел кукурудзи.

Предмет досліджень. Предметом досліджень є компоновка та конструкція подрібнювального пристрою.

Методи досліджень: при вирішенні поставлених задач досліджень використовувалися класичні методи теоретичної механіки, опору матеріалів, математичного аналізу та моделювання. Вивчення механіко-технологічних властивостей стебел кукурудзи проводилося з використанням методів математичної статистики та регресійного аналізу на ПЕОМ. Експериментальні дослідження проводились на спеціально виготовленій установці з використанням теорії планування експериментів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що на основі системного аналізу конструкцій розроблено гіпотезу щодо забезпечення працездатності сегментних подрібнювальних апаратів. Проведено експериментально-теоретичні дослідження основних етапів технологічного процесу подрібнення стебел, за допомогою яких отримане обґрунтування конструктивних та робочих параметрів принципіально нового подрібнювального пристрою.

Практичне значення полягає в тому, що запропонована конструкція подрібнювального пристрою дозволить підвищити продуктивність кукурудзозбирального комбайна на 6..8%, зменшити енергоємність технологічного процесу, а також скоротити затрати праці і матеріальних засобів на післязбиральне заробляння стерні і обробіток ґрунту під наступну культуру.

У роботі отримано вихідні дані та аналітичні вирази для розрахунків та проектування подрібнювального пристрою.

Особистий внесок здобувача: основні положення та результати дипломної роботи отримано самостійно, а саме:

- патентно-інформаційний пошук існуючих технологій збирання кукурудзи та існуючих конструкцій подрібнювального пристрою кукурудзозбиральних машин;
- досліджені основні кінематичні, динамічні та геометричні параметри нового подрібнювального пристрою;
- проведена обробка і аналіз результатів, експериментальних досліджень з обґрунтування геометричних параметрів подрібнювального пристрою;
- проведена економічна оцінка кукурудзозбирального комбайна з новим подрібнювальним пристроєм.

Публікація результатів. За результатами досліджень опублікована 1 стаття у фаховому збірнику.

1. АНАЛІЗ СТАНУ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Суть процесу збирання кукурудзи

Збирання врожаю - складний і трудомісткий процес. Як одну із високоврожайних і багатопільового використання культуру, кукурудзу збирають: на зелений корм, коли зерно знаходиться у стадії молочно-воскової стиглості – стебло скошують і одночасно подрібнюють; у стні молочно-воскової і повної стиглості – стебло скошують і подрібнюють на силос, попередньо відділивши качани – для самостійного силосування; стиглу кукурудзу збирають у качанах або з обмолотом зерна.

На сьогоднішній день використовують наступні методи збирання зернової частини кукурудзи. Першим збирають тільки зернову частину урожаю в качанах або з подальшим обмолочуванням зерна, стебло подрібнюють на сидерат з подальшою заробкою решток у ґрунт. Цей спосіб набув поширення в США і в країнах, де стебла кукурудзи не використовуються в якості грубих кормів. Другим способом збирають одночасно весь біологічний урожай кукурудзи: зернову частину - в качанах або з обмолотом, не зернову (стебла) - із зрізом і подрібненням для силосування на корм худобі. Цей спосіб відповідно застосовують у нашій країні під час вирощування кукурудзи на зерно [7,11].

Складність механізації процесу збирання сучасних сортів кукурудзи обумовлена її фізико-механічними і біологічними властивостями: недостатня стійкість до вилягання, міцність зв'язку качанів з стеблами, обвисання качанів за висотою стебел та інші. За кордоном і в нашій країні інтенсивно ведуться селекційні роботи з створення сортів і гібридів кукурудзи, які б відрізнялися не тільки високими показниками урожайності та іншими біологічними якостями, але і максимально відповідали вимогам механізованого збирання.

Основне завдання, під час збирання стеблової частини врожаю на силос, це забезпечити необхідну ступінь подрібнення стебла, що дозволяє якісно його ущільнити і забезпечити довгострокове зберігання.

1.2. Характеристика способів збирання кукурудзи

Збирання кукурудзи включає наступні етапи: перший – це скошування стебла, другий – відділення качана від стебла з подальшим обдиранням обгортки, третій – подрібнення стеблової частини врожаю з подальшим розстиланням по поверхні поля, або завантаженням у транспортні засоби, четвертий – обмолот качанів і очистка зерна від домішок з подальшим завантаженням його у бункер, п'ятий – перевантаження зібраного зерна з бункера у транспортний засіб. На кожному з етапів перед тими, чи іншими механізмами ставляться свої вимоги. Наприклад, різальний апарат повинен забезпечувати необхідну висоту зрізу стебла, а також ступінь його подрібнення, від цього залежить вихід та якість силосної маси.

Враховуючи, що в Україні нараховується велика кількість тваринницьких комплексів, заготівлі соковитих кормів приділяється висока увага. У зв'язку з цим більшість кукурудзозбиральних агрегатів повинні забезпечувати дві вимоги, а саме максимально якісне збирання зернової і не зернової частини врожаю.

На сьогоднішній день в Україні існує два способи збирання кукурудзи: перший – це на силос, з використанням комбайнів КСС-2,6, Рось-2 - причепні, КСК-100, «Jaguar-800» і «Jaguar-840» - самохідні; другий – збирання зернової частини врожаю, з використанням приставок до зернозбиральних комбайнів ППК-4, КМС-6, КМД-6, та причіпних і самохідних комбайнів КПК-2, КПК-3 «Херсонець 9», КСКУ-6АС «Херсонець 200»

Дамо коротку характеристику жаток кукурудзозбиральних комбайнів, та вкажемо їх переваги та недоліки.

Розглянемо жатки комбайнів сімейста "Херсонець". Жатка, що використовується на даних типах комбайнів оснащена сегментно-пальцевим різальним апаратом, монтується (рис.1.1.) на дворядну причіпну, або чотирьохрядну кукурудзозбиральну машину. Її призначення скошування стеблової частини, з подальшим відділенням обгорток від качанів, стеблова маса подрібнюється і завантажується у транспортні засоби [18].

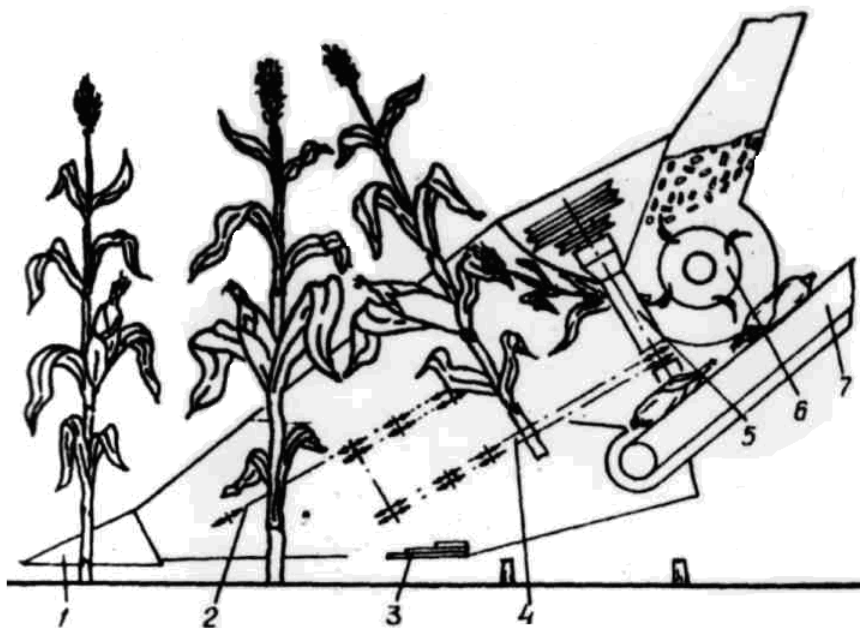


Рисунок 1.1 - Схема жнивarki причіпного комбайна "Херсонець-7": 1- дільник; 2-стеблорізальний механізм ланцюгового типу; 3-сегментно-пальцевий апарат; 4-подаючий механізм; 5-качановідривний механізм; 6 роторний подрібнювальний механізм; 7-елеватор

Перевагами комбайнів групи "Херсонець", є відділення та очищення качанів, і встановлення на них, по аналогії із ранніми моделями сегментних різальних апаратів. Це вигідно їх відрізняє, надійністю та простотою конструкції.

В процесі модернізації різальних апаратів були створені жнивarki трьох варіантів:

1 - шестирядна з качано-відокремлювальним механізмом і різальним апаратом сегментно-пальцевого типу (рис.1.2.).

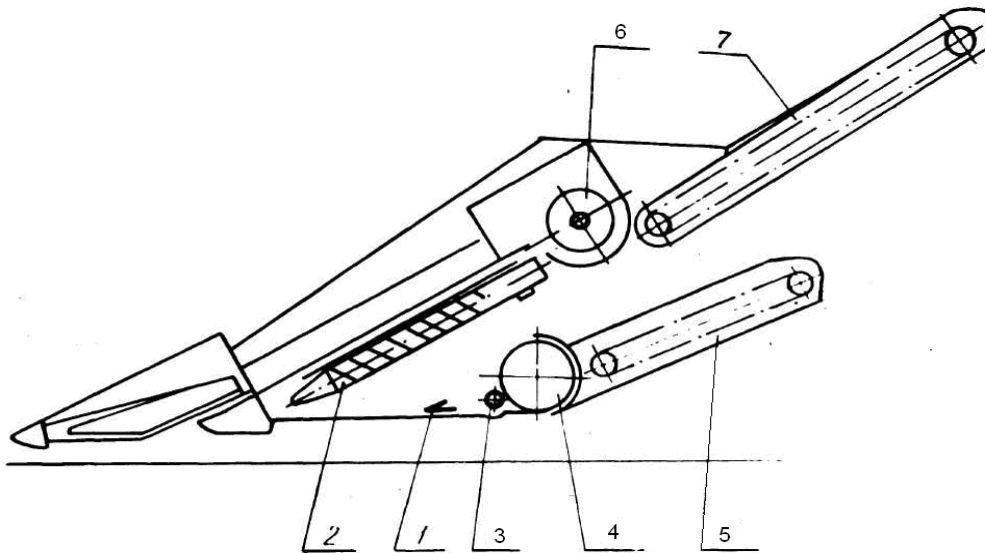


Рисунок 1.2 - Схема жатки 1-го виду: 1 – різальний механізм сегментно-пальцевого типу; 2 - вальці; 3 – приймальні бітер; 4 – стебловий шнек; 5,7 - елеватори; 6 – качано напрямний шнек

2 - шестирядна з бітерним зрізально-подрібнюючим механізмом (рис.1.3.);

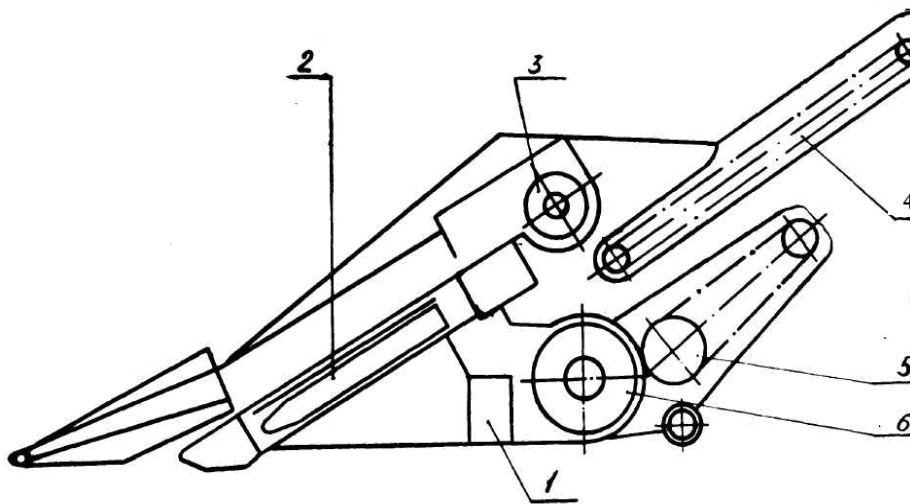


Рисунок 1.3 - Схема жатки 2-го виду: 1 – різальний апарат з подрібнювальним механізмом; 2 – качано-відокремлювальний механізм; 3 - качано напрямний шнек; 4,5 - елеватори; 6 - стебловий шнек

3 - шестирядна з качано-відокремлювальним механізмом і зрізувальним апаратом роторного типу (рис. 1.4.).

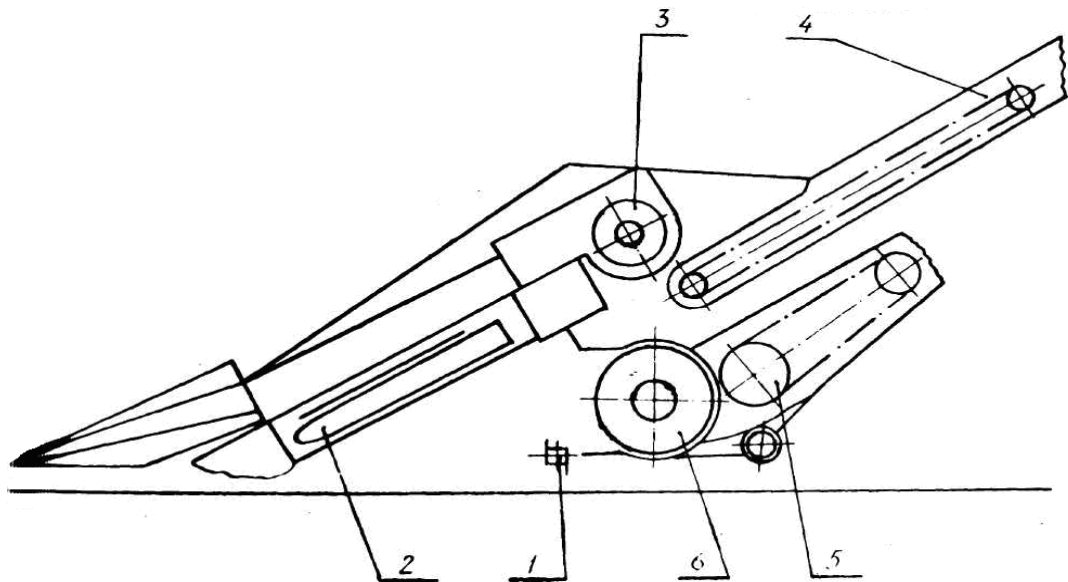


Рисунок 1.4 - Схема жатки 3-го виду: 1- різальний механізм; 2 –качано-відокремлювальний механізм; 3 - качано напрямний шнек; 4,5 - елеватор; 6-стебловий шнек

В наслідок проведених досліджень, було встановлено, жатка першого виду із-за складних конструктивних особливостей характеризується низькою надійністю.

Основна проблема жаток даного модельного ряду полягає в тому, що в процесі експлуатації, а саме під час зрізання стебел, швидкість руху елеватора не завжди узгоджена з швидкістю руху кукурудзозбирального комбайна. Це стає причиною того, що зрізані стебла нагромаджуються перед подрібнювальним ротором і стають причиною його забивання, а це призводить до зупинки комбайна і необхідності додаткових затрат часу на усунення неполадок. Часті забивання також стають причиною частих поломок качановідокремлювального апарату.

Через це нові модифікації кукурудзозбиральних машин менш надійні, у порівнянні з базовою моделлю комбайна "Херсонць-7".

Запропонований роторний різальний апарат з горизонтально розташованим різальним барабаном, відрізняє простота конструкції і регулювань. Обертальний рух ножів і їх активна дія на стебла, під час зрізу і передачі на шнек, висока технологічна і експлуатаційна надійність роботи.

Заміна сегментно-пальцевих різальних апаратів на роторний тип, також не дала одностороннього ефекту, конструкція стала більш надійною, стійкою до незначних першкод на поверхні поля, але одночас процес став більш енергоємним, зросли втрати стеблової маси із-за нерівномірності висоти зрізу, конструкція різального апарату стала більш громіздкою та енергоємною.

Під час роботи роторних різальних апаратів висота стерні перевищує 22 см, це є причиною втрат більше 20% стеблової маси. Енергоємність із збільшенням пропускної здатності у 1,8 рази, зросла в 7,6 рази, у порівнянні з сегментно-пальцевим механізмом.

Враховуючи вище викладене, доцільно вдосконалювати традиційні сегментно-пальцеві різальні апарати, за умови їх модернізації.

1.3. Аналіз різальних апаратів сегментного типу

На сьогоднішній день машини, що використовують для збирання стеблової частини кукурудзи, за принципом дії різального апарату можна поділити на два види: 1 – що не забезпечують передачу стеблової маси від різального апарату до подрібнювальної камери; 2 – і ті, що забезпечують дані вимоги.

До першого виду, можемо віднести жатку зображену на (рис.1.5), в якій, для збирання стеблової маси використовують подавальні шнеки 6,7, а сам різальний апарат, закріплений до рами жатки.

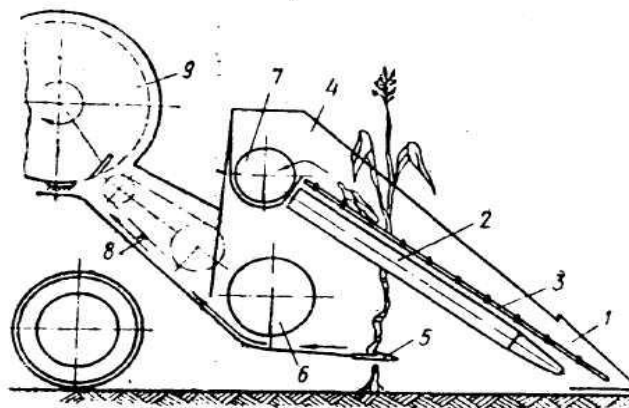


Рисунок 1.5 - Схема жатки 1-ї виду: 1-дільники; 2-качановідривні вальці; 3-стеблостатистичний механізм; 4-захист; 5-жатна частина; 6- стебловий шнек; 7- качано напрямний шнек; 8-подавальний елеватор; 9-подрібнювальна камера.

Аналогічна розробка (рис. 1.6), метою якої було, поліпшити копіювання рельєфу поля і зменшити втрати врожаю при сході стебел з різального апарату. У цій конструкції пропонували закріпити різальний апарат до рами кожуха шнекового механізму, яка оснащена копіюючим пристроєм. На жаль даній конструкції притаманні ті ж недоліки, що і (рис.1.5).

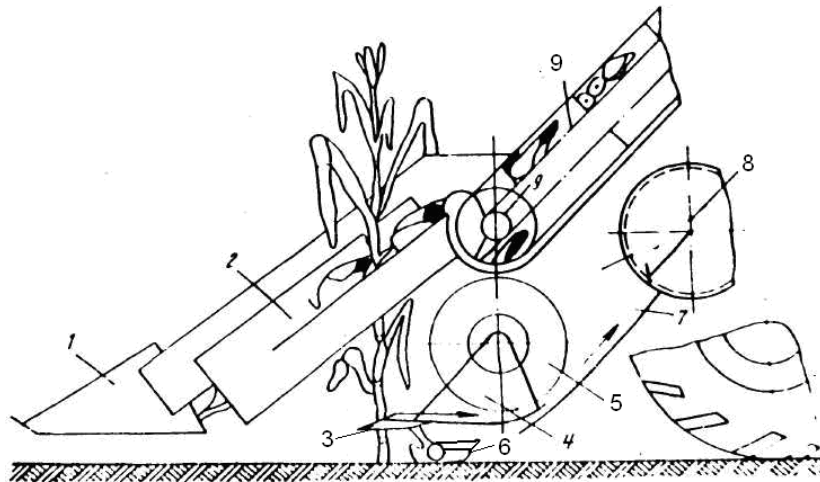


Рисунок 1.6 - Схема жнивarki з шарнірним кріпленням днища шнекового механізму: 1-дільники; 2-механізм відокремлення качанів; 3-зрізувальний пристрій сегментного типу; 4-плита; 5-шнековий механізм; 6-копіювальний пристрій; 7-приставка; 8-подрібнювальна камкра; 9- качано напрямний шнек

Другу категорію машин, в яких стеблова маса примусово передається до подрібнювальної камери з подальшим вивантаженням до транспортуючих органів, розділяють на два види: 1- елеваторного; 2 - шнекового.

До категорії машин елеваторного типу можна віднести експериментальну модель комбайна "Початок – 2" (рис.1.7). Ця модель має ті ж недоліки, що і попередні жатки.

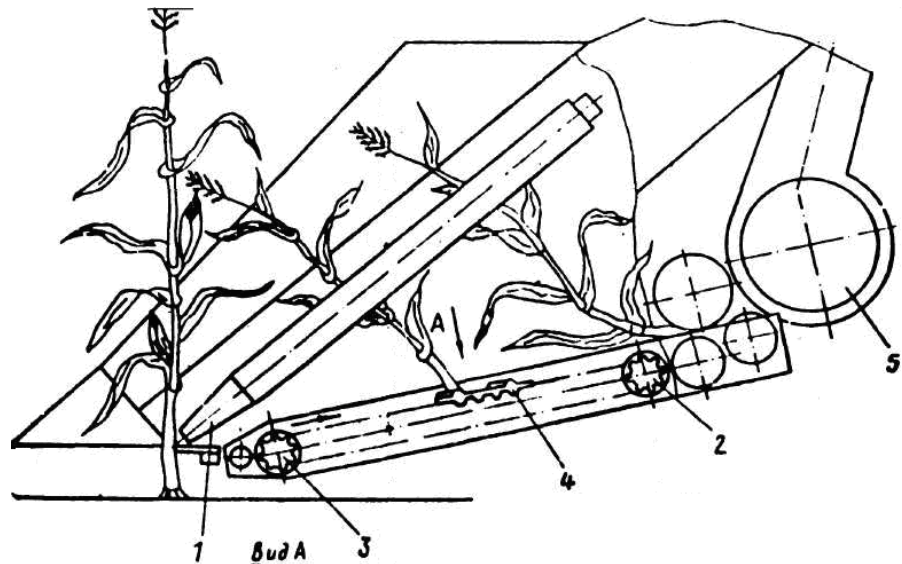


Рисунок 1.7 - Схема жатки оснащеної подавальним механізмом елеваторного виду: 1-качановідривний механізм; 2- привідний вал; 3- вал ведений; 4-елеватор; 5-камера подрібнення

Запропонована модернізована схема жатки (рис.1.8), в якій в ролі робочого органу для транспортування зрізаного стебла від різального механізму виконує шнековий механізм, встановлений над різальним апаратом.

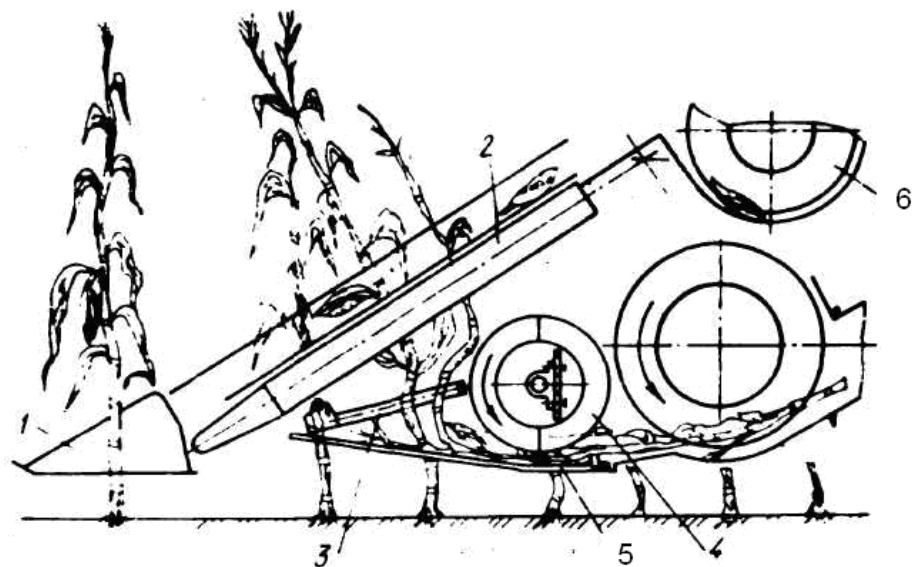


Рисунок 1.8 - Схема жатної частини з транспортувальним механізмом для зрізаної листостеблової маси шнекового виду: 1-дільник; 2-качановідривний механізм; 3-орієнтир стебел; 4-подавальний бітер; 5-шнек листостеблової маси; 6-шнек качанів

Дослідження машин, виконаних за цією конструктивно-технологічною схемою, показали, що вона не роботоздатна. Встановлення перед різальним апаратом платформи, яка не забезпечує транспортну здатність, стає причиною нагромадження стеблової маси на ній і забивання подрібнювальної камери.

Висновки

1. Сучасні технології збирання кукурудзи в Україні передбачають одночасне збирання стеблової та зернової частини врожаю, виняток - збирання кукурудзи на силос.

2. Переважна більшість кукурудзозбиральних комбайнів вітчизняного та зарубіжного виробництва, для збирання стеблової та зернової частини оснащені сегментними різальними апаратами, що забезпечують високу якість збирання стеблової частини.

3. Використання різальних апаратів сегментного типу дозволяє суттєво зменшити енергозатрати, та втрати врожаю у порівнянні з різальними апаратами роторного типу.

2. ПЕРЕДУМОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ

2.1. Конструктивні можливості сегментного різального апарату

Проведений огляд конструктивних схем різальних апаратів, та їх аналіз свідчить, про низьку надійність, що проявилась під час досліджень у ході пошукових експериментів, це можна пояснити недостатнім теоретичним обґрунтуванням особливостей технологічного процесу і кінематичних розрахунків.

Перш за все, на якість роботи різальних апаратів та їх подрібнювальних систем впливають терміни збирання врожаю, адже залежно від термінів збирання, змінюється діаметр стебла, його міцність та пружні властивості. Чим нижча вологість стебла, тим воно міцніше і крихкіше, менше заховується різальним апаратом, кращий зріз, однак зростають енергозатрати на його пере різання та подрібнення. Залежно від фаз стиглості кукурудзи, змінюються фізико - механічні властивості стебла і качанів, а це суттєво впливає на режими роботи жниварок.

По мірі дозрівання кукурудзи, висота її стебла зростає, а отже необхідно змінювати положення мотовила, щоб досягнути його максимальної ефективності використання. Його завдання граблинами нахилити стеблову масу до різального апарату, з подальшим перекиданням до шнекового механізму і подачі в подрібнювальну камеру. Взаємоузгоджена робота мотовила і різального механізму забезпечують максимальну ефективність їх використання, що впливає на продуктивність і безвідмовність роботи.

Для забезпечення ефективної роботи різального механізму жатки, необхідно, щоб швидкість обертання мотовила і робоча швидкість кукурудзозбирального комбайна знаходилась у діапазоні співвідношень 1,2-1,4. Висота встановлення мотовила, повинна відповідати умові, щоб крайня нижня

точка його планки входячи в стеблову масу не опускалась нижче 0,45 Н (висоти стебла – умовний центр мас кукурудзи).

Різальний апарат повинен добре копіювати поверхню поля і в жодному разі не зариватись у ґрунт, що може призвести до його поломки.

Швидкість планчастого транспортера, для подачі стебел до шнека, повинна бути достатньою, щоб унеможливити його забивання.

Профіль сегментів різального механізму повинен забезпечувати різання з ковзанням, з метою забезпечення мінімальних енергозатрат, а стебло не повинне виштовхуватись з кута защемлення утвореного різальною та протиризальною пластинами.

2.2. Аналіз процесу різання і транспортування стебла

Процес різання та транспортування стебла можна розділити на шість основних зон (рис.2.1.).

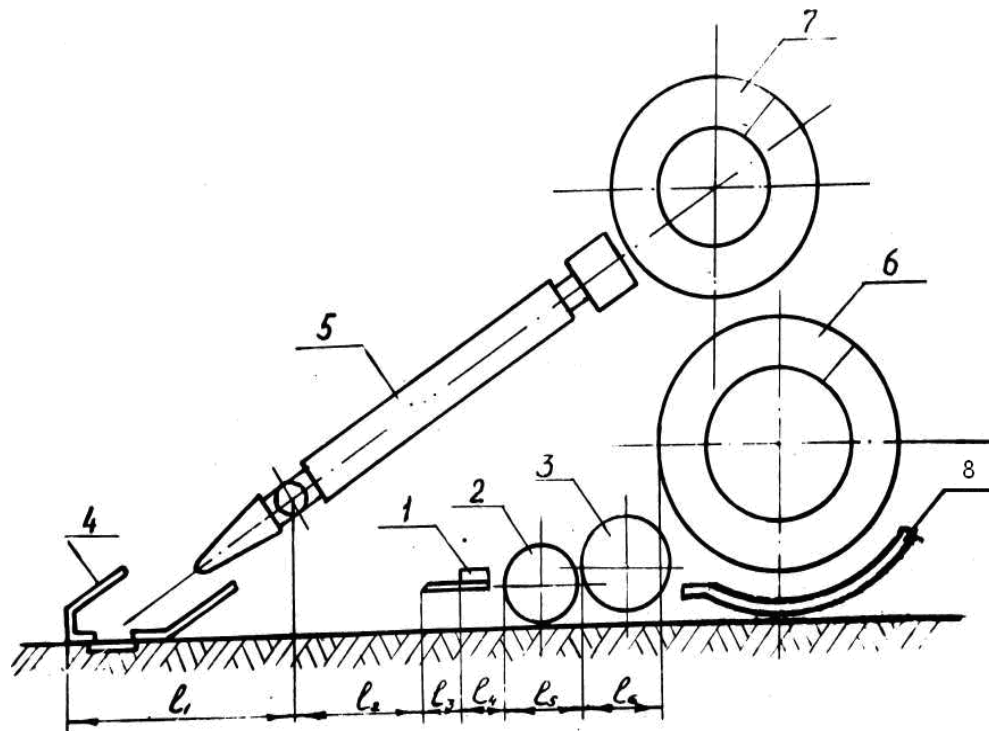


Рисунок 2.1 – Технологічна схема жнивarki: 1-різальний апарат; 2-шнековий механізм; 3-направляючий шнек; 4-дільники; 5-вальцевий механізм; 6-стеблoзатискний шнек; 7-качанонапрямний шнек; 8-плита шнекового піддона

Зона один l_1 – в цій зоні стебло спрямовується дільником до затискних вальців.

Зона два l_2 – затягування стебел до різального механізму.

Процес роботи жнивarki, а саме взаємодії затискних вальців і стебла, описується формулою 2.1.:

$$V_{nn} = \frac{2 \cdot z \cdot n \left[R \left(1 + \cos \frac{\pi}{z} \right) - a + \Delta\rho \cdot \cos \alpha \right]}{60 \cdot \cos \alpha}, \quad (2.1)$$

де z - число ребер вальців;

n – кількість обертів затискних вальців;

R - розмір радіусу затискних вальців у зоні кріплення рифів;

a - відстань між центрами обертання вальців;

α - кут нахилу стебел, затиснених між робочими поверхнями вальців, визначаємо з виразу:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\left[R + \frac{t}{2} \right] \cdot \sin \frac{\pi}{z} - \frac{t}{2}}{R \cdot \left[1 + \cos \frac{\pi}{z} \right] - a + b}, \quad (2.2)$$

де b - товщина стебел, що проходять між робочими поверхнями вальців;

t - ширина рифлених поверхонь.

$$R \leq \frac{\Delta p + d_{cm}}{\cos \frac{\gamma}{2} - \frac{\sin \varphi_0}{\sin \left[\frac{\varphi}{2} + \varphi_0 \right]}}, \quad (2.3)$$

де Δp - зона, що перекривається рифами;

d_{cm} - діаметр стебла кукурудзи в зоні защемлення;

γ - кут защемлення утворений рифленими поверхнями;

φ_0 - кут тертя, що виникає між рифленими поверхнями і стеблом.

Зона три l_3 – ділянка, де відбувається перерізання стебла кукурудзи, з подальшим його відділенням від кореневої частини (стерні). Якість роботи на даній ділянці, залежить від техніко-експлуатаційних показників різального апарату і фізико-механічних властивостей стебла.

Зона чотири l_4 – переміщення зрізаного стебла затискними вальцями до шнекового механізму. На цій ділянці на стебло діють тільки сили защемлення між затискними вальцями. Дана зона займає найменший проміжок і її вплив на процес не значний.

Зона п'ять і шість l_5-l_6 – сектор дії шнекових механізмів, що забезпечують подачу стебла в зону подрібнення. Ефективність роботи різального апарату в цих зонах залежить від механічних властивостей стебла, та сил тертя між стеблом і поверхнею шнекових механізмів.

На основі проведеного аналізу, можна зробити висновок, що під час досліджень слід дослідити конструктивні параметри різального апарату (хід ножа, швидкість різання) обґрунтувати режими різання, та умови защемлення стебла, залежно від його вологи, та діаметру.

2.3. Дослідження конструктивних параметрів різального механізму сегментного типу

У більшості різальних апаратів використовуються ножі трапецеїдальної форми (сегменти), з чого і пішла їх назва. В нашому випадку проаналізуємо роботу різального апарату сегментного типу, та дослідимо його рух відносно стебла і зони різання згідно відомої методики В.П.Горячкина [5]. Особливу увагу приділимо зонам, утворених різальною кромкою сегмента за один прохід ножа (рис.2.2.):

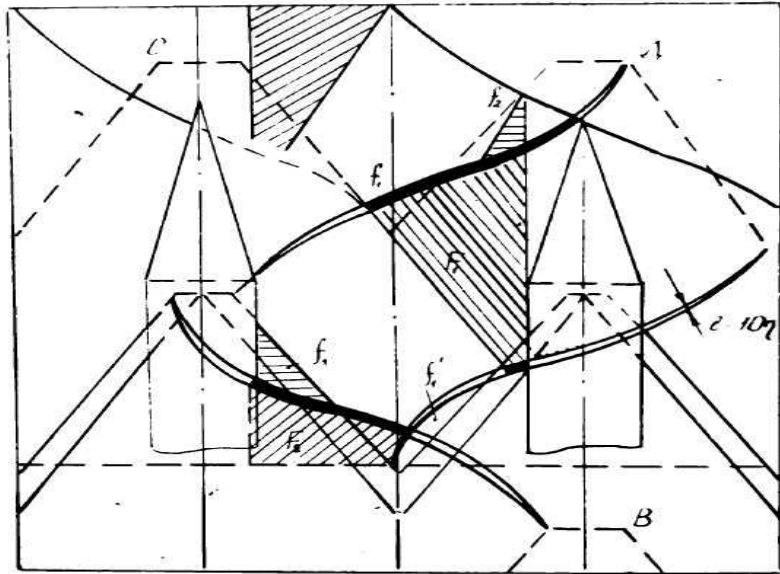


Рисунок 2.2 - Діаграма роботи сегмента ножа

- F_1 - площа зрізу стебла;
- F_2 – площа подвійного проходу сегмента;
- f'_1, f_2 - мертві зони для сегмента;
- f_1, f'_2 – площа, проходу неробочого леза.

Ділянки f_1, f'_1, f_1, f_2 малоефективні, так як, на цьому проміжку стебла відхиляються і їх зріз відбувається при зворотному русі сегмента.

Співвідношення між цими площами, дають поняття ефективності роботи різального апарату:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = \frac{F_1 + F_2}{F} \\ \eta = \frac{\sum f}{F} \\ \xi = \mu - \eta \end{array} \right. , \quad (2.4)$$

де μ - коефіцієнт, що характеризує пробіг сегмента;

η – коефіцієнт, що характеризує кількість пропусків;

ξ – коефіцієнт, що характеризує ефективність різання.

Для різальних апаратів сегментного типу основними технологічними характеристиками є: зміщення між двома крайніми точками X , змінна швидкість на даній ділянці V_H і прискорення сегмента, що залежить на пряму від кута повороту коливної шайби приводу різального апарату. Для досліджуваних величин рівняння будуть мати наступний вигляд:

$$X=r \cdot [1-\cos(\omega \cdot t)]. \quad (2.5)$$

$$V_H=r \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t). \quad (2.6)$$

$$j=r \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t). \quad (2.7)$$

Врахувавши кут повороту коливної шайби з формул (2.5) і (2.6), отримаємо:

$$\left[\frac{r-x}{r} \right]^2 + \left[\frac{V_H}{r \cdot \omega} \right]^2 = 1. \quad (2.8)$$

Розвязавши вираз (2.8) відносно швидкості ножа V_H , отримаємо його значення залежно від переміщення ножа:

$$V_H = r \cdot \omega \cdot \sqrt{\frac{x}{2} \cdot \left(2 - \frac{x}{r} \right)}. \quad (2.9)$$

Прирівнявши у виразі (2.9) похідну до нуля, отримаємо:

$$\frac{\frac{r \cdot \omega}{r} \cdot \left(1 - \frac{x}{r} \right)}{\sqrt{\frac{x}{2} \cdot \left(2 - \frac{x}{r} \right)}} = 0, \quad (2.10)$$

При $x=r$, функція набирає максимального значення. Для крайніх положень ($x=0$ і $x=2r$) швидкість буде нульовою, для $x=r$ швидкість біде максимальною $V_H=r \cdot \omega$.

Розвязавши сумісно (2.5 і 2.6), отримаємо:

$$j = \omega^2 \cdot r - \omega^2 \cdot x. \quad (2.11)$$

Відповідно для ($x=0$ і при $x=2r$) прискорення сегмента буде максимальним, рівне $W_2 \cdot r$, а для $x=r$, рівне нулю.

Висновки

1. Згідно проведеного аналізу теоретичних досліджень, нами отримані залежаності, до розрахунків конструктивних параметрів запропонованого різального апарату сегментного типу.

2. З допомогою отриманих розрахункових залежностей можна розрахувати кінематичні параметри різального апарату сегментного типу (швидкість різання, прискорення в зоні різання).

3. Для різальних апаратів сегментного типу основними технологічними характеристиками є: зміщення між двома крайніми точками X , змінна швидкість на даній ділянці V_H і прискорення сегмента, що залежить на пряму від кута повороту коливної шайби приводу різального апарату.

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма досліджень

Для досліджень вибрали три сорти гібридів кукурудзи, які найкраще себе зарекомендували в Західному регіоні України. Наведемо їх коротку характеристику.

Тріумф (ФАО-220) — гібрид з кремнисто-зубовидним типом зерен, вирощується на силос та зерно. Висота стебла сягає — 250 см, з добре розвиненою кореневою системою. Довжина качана — 16 см. Потенційна врожайність зеленої маси — 550 ц/га, зерна — 110 ц/га.

Король (ФАО-280) —гібрид, за стиглістю відноситься до середньоранньої групи. Висота стебла сягає (близько 250 см). Потенційна врожайність зерна — понад 115 ц/га. Рекомендовано для вирощування в зонах Полісся України.

ДКС 2949—гібрид, висота стебла 230-280 см. Висота кріплення першого качана 70-80 см, довжина качана 19-25 см. Врожайність зернової частини -9-17 т/га. Кількість листя 12-18 шт. Маса 1000 зерен, 310-350 г. Вміст крохмалю у зерні – 73-76%, протеїну – 9,2, білків у зерні 10-11%. Густота посіву: 60000-65000 шт/га. Вихід зерна при обмолоті 76-81%. При переробці можна отримати із 100 кг сухого зерна, близько 40-45% спирту (100%-го).

Основним завданням досліджень, є вплив фізико-механічних властивостей стебла кукурудзи (розмірні показники) на процес його подрібнення.

З цією метою було проведено наступний комплекс досліджень:

- дослідження фізико-механічних властивостей стебл кукурудзи (всота, діаметр стебла, зусилля зрізу);

- дослідження впливу конструктивних особливостей різального апарату на якість зрізу:

- дослідження оптимальних значень швидкості різання, залежно від поступальної швидкості кукурудзозбирального комбайна;

- визначення енергоємності основних робочих органів;
- дослідження повноти зрізу стеблової маси залежно від вибору режимів роботи різального апарату.

3.2. Методика експериментальних досліджень

Визначаючи основні фізико-механічні властивості стебла кукурудзи, використовувалась загально прийнята методика Бокса-Бенкіна [8,22].

Для дослідження трибологічних властивостей стебел кукурудзи на досліджуваних поверхнях використовували прилад конструкції Желіговського. Для дослідів брали стебла вищезгаданих гібридів кікурудзи, для яких проводили попередні заміри висоти стебла, діаметрів у зонах різання. Після чого їх поміщали на похилу площину. Кут φ , похилої площини змінювали до тих пір, поки дослідний зразок стебела не починав рухатись по ній.

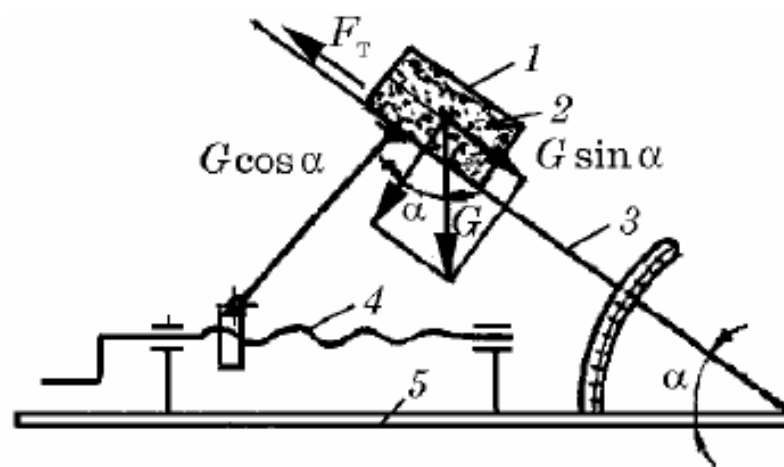


Рисунок 3.1 – Схема приладу для визначення кута тертя з допомогою рухомої площини

Коефіцієнти тертя ковзання визначали за відомою методикою:

$$f = \text{tg} (\varphi). \quad (3.1)$$

Для досліджень режимів зрізу стебел застосовували лабораторну установку (рис.3.1), змонтовану на базі жатної приставки ППК-3, з подрібнювальним і роторним різальним апаратами, жорстко встановлених на

рамі 2, оснащеної руслом 3. Різальний пристрій складається з різального апарату сегментного типу 4, подавального елеватора 5, затискного шнека 6.

Подавальний механізм 9 оснащений похилим елеватором і затискачем стебел, який змонтовані в направляючому жолобі.

Будова різального апарату сегментного типу зроблена так, щоб можна було змінювати його положення у вертикальній і горизонтальній площинах, та зміну швидкісних режимів його роботи.

Для досліджень брали три типи різальних апаратів:

1 - рухомий ніж з одним сегментом і двома протирізальними пластинами (від комбайна "Херсонєць");

2 - рухомий ніж з трьома сегментами;

3 - рухомий ніж з трьома, а нерухомий з чотирма сегментами.

Досліджували стебла кукурудзи у фазі повної стиглості в період збирання (рис.3.5), чим усувалася зміна їх фізико-механічних властивостей після зрізання в полі.



Рисунок 3.2 – Дослідне обладнання жниварки



а)



б)

Рисунок 3.3 - Лабораторна установка важельного типу для визначення зусилля різання стебла кукурудзи: а) фронтальний вигляд; б) вигляд збоку.



Рисунок 3.4 - Лабораторна установка копрового типу, для визначення зусилля перерізання стебла кукурудзи



Рисунок 3.5 - Визначення діаметра стебла кукурудзи в зоні перерізання

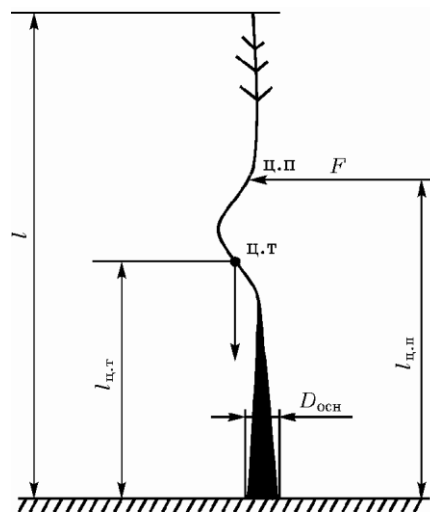


Рисунок 3.6 - Основні показники розмірів стебла: l — висота стебла; $l_{ц.т}$ — знаходження умовного центра мас; $l_{ц.п}$ — відстань від поверхні ґрунту до точки прикладання зусилля (планки мотовила); $D_{осн}$ — діаметр стебла

3.3. Статистична обробка результатів досліджень

Для планування експериментальних досліджень, ми використовували методику, запропонований в роботах [4,7], що дозволяє отримати результати з високою частотою достовірності, при порівняно невеликій кількості

експериментальних досліджень. Кількість проведення необхідних вимірювань визначаємо за формулою:

$$n = \frac{m \cdot \omega_m^2 \cdot k_w^2}{I_p^2} \cdot \left[1 \pm \frac{1}{\sqrt{2 \cdot m}} \right]^2, \quad (3.2)$$

де m - кількість дослідів у попередньому дослідженні;

$\omega = x_{max} - x_{min}$ – межі варіювань досліджуваного параметра x ;

K_w – коефіцієнт, що використовують у розрахунках меж інтервалів пропусків.

$$K_w = \frac{t_p \cdot [m-1]}{d_m \cdot \sqrt{m}}, \quad (3.3)$$

де $t_p \cdot [m-1]$ - коефіцієнт Стьюдента;

d_m - коефіцієнт оцінки відхилення за межами варіювань;

I_p - відхилення від дійсного значення варіації X .

Під час проведення досліджень кількість повторів n вибирали таким чином, щоб $I = 0,03 \cdot x$ з точністю 98 %.

Середню арифметичну величину результатів досліджень обчислювали з формули:

$$x = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}, \quad (3.4)$$

де X_j - похибка досліджуваного значення;

n – кількість повторностей.

Для похибка досліджуваного значення X_j для середнього значення x розраховували значення [4] дисперсії G_B^2 :

$$G_e^2 = \frac{\sum_{j=1}^m [x_j - x]^2}{n}. \quad (3.5)$$

Дисперсії:

$$G_e = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n [x_j - x]^2}{n}}. \quad (3.6)$$

i - коефіцієнт змінності

$$V = \frac{G_e}{x} \cdot 100. \quad (3.7)$$

Необхідність кількості проведених замірів n перевірялася [4] за середньою похибкою η :

$$\eta = \pm \frac{G_B}{\sqrt{n}}. \quad (3.8)$$

i показника точності досліджу p_c :

$$p_c = \frac{100 \cdot \eta}{x}. \quad (3.9)$$

Згідно літературних джерел [4] приймається кількість дослідів, що буде достатня, за умови P_c і не перевищує 3 – 4%.

3.4. Проведення досліджень і методика обробки даних

Щоб отримати об'єктивну інформацію про вплив загальної кількості факторів, що впливають на роботу подрібнювального апарата, використаємо трьох рівневий метод планування Бокса –Бенкіна [3].

За параметри оптимізації, що дозволяють забезпечити якісну роботу різального апарата сегментного типу, вибрали:

- висоту зрізу, та допустимі відхилення при її забезпеченні, що не повинні перевищувати $BZ \leq 10\%$;

- максимально повне зрізання стебел з їх подальшим подрібненням, ПЗ $\rightarrow 100\%$;

- ефективність зрізу, повинне становити максимум ЯЗ $\rightarrow 100\%$.

В процесі досліджень, робили вибірку 50-60 стебел для кожного сорту гібридів, зібраних у період збору врожаю. Під час проведення досліджень перевіряли:

- діаметр стебла в місці зрізу d ;
- зусилля зрізу P_z ;
- висоту стерні h_c ;

- нерівномірність зрізу N_p .
- масу стебел, втрачених у результаті збільшення висоти зрізу M_{nb} .

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Дослідження фізико-механічних властивостей стебла кукурудзи

Вибираючи режим роботи різального пристрою, розташування різального апарату щодо протягувальних вальців качановідокремлювального апарату, визначальне значення має, межа варіювання максимального і мінімального діаметрів стебел.

Стебло у кукурудзи — міцна, груба, округла соломка, заповнена нещільною паренхімою. Висота його залежно від біологічних особливостей сорту чи гібрида та факторів урожайності коливається від 1,6-2,1 у ранньостиглих форм і до 5-6 м у пізньостиглих. Товщина — 2-7 см. Кількість міжвузлів на стеблі у ранньостиглої кукурудзи досягає 8-12, у дуже пізньостиглої — до 30-40 і більше.

Згідно досліджень, діаметр стебел кукурудзи на висоті зрізу (12-16 см) знаходиться в межах від 15 до 41 мм. Дослідженнями [7] встановлено, що діаметр стебел на другому міжвузлі (12-15 см) коливається в межах від 0,018 Н (у високорослих рослин) до 0,013 Н (у низькорослих), де Н - висота стебла.

Заміри діаметра стебел кукурудзи проводили на сортах Триумф (ФАО-220), ДКС 2949. Для цього відібрали навмання 20 стебел і провели заміри висоти зрізу і діаметрів d . Максимальне і мінімальне значення склали, наприклад, для сорту ДКС 2949, відповідно 34,2 і 17,8 мм, середнє значення $d = 25$ мм, варіювання $W_{20} = 16,4$ мм.

Задавшись величиною $I_p = 0,035_d$ з достовірністю 99% і, вибравши з табл.4.1 $\kappa_v = 0,12$, розрахуємо кількість повторностей замірів з формули (3.2):

$$n = \frac{20 \cdot 268,9 \cdot 0,014}{0,86} \cdot (1 \pm \sqrt{40})^2 \approx 84 \pm 13 \quad (4.1)$$

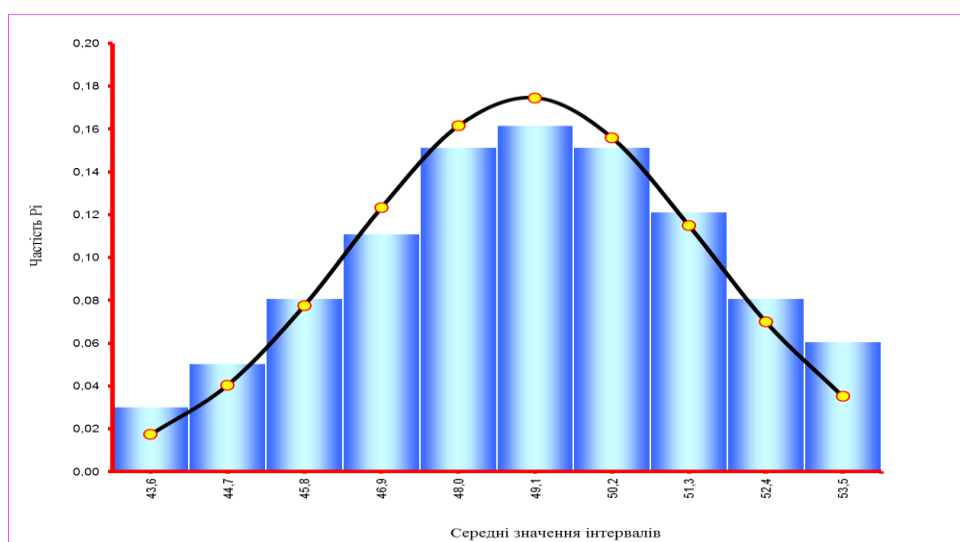
Враховуючи, що розрахункова кількість n необхідних повторностей і замірів відрізнятиметься від отриманого не суттєво, приймаємо $n = 100$.

У табл.4.1. наведені отримані результати діаметрів стебел кукурудзи.

Таблиця 4.1- Результати статистичної обробки даних

Сорт кукурудзи і умови вирощування	Показник				
	Максимальний d_{max} мм	Мінімальний d_{min} мм	Границя варіації Δd мм	Середнє значення Δd мм	Точність дослідів %
Тріумф (ФАО-220),	32,6	15,5	17,1	24	2.4
ДКС 2949	34,8	16,2	18,6	26	2.6

Дані замірів діаметрів стебел кукурудзи і межі варіювання показників були використані під час аналізу параметрів різального пристрою з використанням залежностей, отриманих у ході теоретичних досліджень.



Рисунк 4.1 - Гістограма розподілу значень діаметрів стебел

Таблиця 4.2 - Обґрунтування закону розподілу значень діаметрів стебел

№	Униз	Уверх	Y_i	$M(i)$	P_i	$Y_i * P_i$	$(Y_i - U_c)^2 * P_i$	$f(y)$	Теоретична частість
1	43,0	44,1	44	3	0,030	1,320	0,884	0,01575355	0,017
2	44,1	45,2	45	5	0,051	2,255	0,934	0,03669710	0,040
3	45,2	46,3	46	8	0,081	3,697	0,827	0,07056520	0,078
4	46,3	47,4	47	11	0,111	5,206	0,490	0,11200949	0,123
5	47,4	48,5	48	15	0,152	7,265	0,152	0,14676567	0,161
6	48,5	49,6	49	16	0,162	7,927	0,002	0,15874481	0,175

7	49,6	50,7	50	15	0,152	7,598	0,218	0,14173595	0,156
8	50,7	51,8	51	12	0,121	6,212	0,641	0,104	0,115
9	51,8	52,9	52	8	0,081	4,230	0,934	0,064	0,070
10	52,9	54,0	53	6	0,061	3,239	1,227	0,032	0,035
				99	1	48,950	6,309		0,970

Закон розподілу *Нормальний*

Математичне сподівання	M	48,950	Число ступенів вільності	r	7
Дисперсія	D	6,309	Рівень значимості	α	0,100
Серед.-квадр. відхилення	σ	2,512	Хі-квадрат розрахункове	X^2	3,548
Коефіцієнт варіації	v	0,051	Хі-квадрат табличне	$(X^*)^2$	12,017
Параметр мірилу	a	37,858	Коефіцієнт	Kb	0,995
Параметр форми	b	9,257	Коефіцієнт	Cb	0,066

Величина відхилення показників стебел від середнього значення впливає на якість виконання технологічного процесу різального апарату. Ці дані необхідні при виборі типу різального апарату і швидкісних режимів його роботи.

Проведені дослідження показали, що величина відхилення коливається в межах від 0 до 40 мм, в окремих випадках цей показник складає – 150 мм. З урахуванням цього, нами запропоновано використання різальних апаратів (розділ 3.2) з шириною прокошування 76 мм і 180 мм.

Таблиця 4.3 - Фізико-механічні властивості елементів стебла кукурудзи

Вид деформації	Площа поперечного перерізу, мм ²	Граничне нормальне напруження σ , МПа	Модуль пружності E , МПа
Стискання зразка серцевини стебла			
у поздовжньому напрямку	180 – 230	0,25 – 0,27	3 – 4
у поперечному напрямку	140 – 230	0,08	0,15 – 0,17

Стискання у поздовжньому напрямку зразка			
цілого стебла	400 – 550	0,5 – 0,55	15 – 30
механічного кільця	200 – 250	0,7	40 – 60

У табл. 4.4 наводимо результати отриманих кутів тертя ковзання стеблової частини кукурудзи.

Таблиця 4.4 - Результати досліджень кутів тертя ковзання стеблової частини кукурудзи

Поверхня тертя	Сорт кукурудзи					
	Тріумф (ФАО-220)			ДКС 2949		
	макс	мін	середнє	макс	мін	середнє
1. Робоча поверхня подаючого елеватора						
Зелена стеблова маса	15 ⁰	5 ⁰	11 ⁰ 27′	14 ⁰	6 ⁰	10 ⁰ 42′
Суха стеблова маса	8 ⁰	4 ⁰	8 ⁰ 18′	9 ⁰	5 ⁰	7 ⁰ 14′
2. Робоча поверхня приймального шнека						
Зелена стеблова маса	13 ⁰	5 ⁰	9 ⁰ 2′	13 ⁰	5 ⁰	8 ⁰ 38′
Суха стеблова маса	7 ⁰	4 ⁰	5 ⁰ 40′	8 ⁰	3 ⁰	6 ⁰ 15′

Внаслідок аналізу отриманих даних, можемо зробити наступні висновки, для робочої поверхні подаючого елеватора значення кутів тертя ковзання вище, ніж у приймального шнека. Для сухих стебел кут тертя нижчий ніж для зелених, це пов'язано з тим, що вища вологість позитивно впливає на сrostання кута тертя, що є наслідком підвищеної вологості.

Отримані значення коефіцієнтів тертя (табл.4.4) використани під час визначення швидкісних режимів роботи шнека.

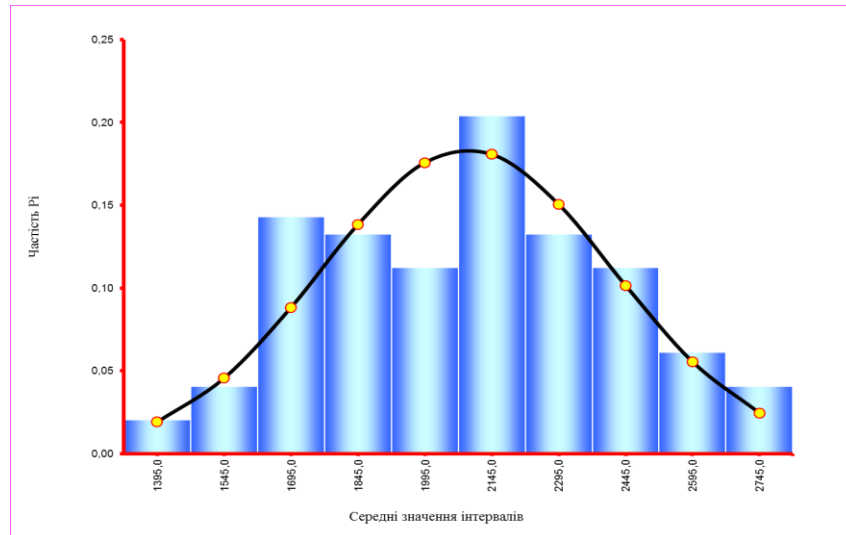


Рисунок 4.2 - Гістограма розподілу значень стеблостою за висотою

Таблиця 4.5 - Обґрунтування закону розподілу значень стеблостою за висотою

№	Униз	Уверх	У _i	M(i)	P _i	У _i *P _i	(У _i -У _c) ² *P _i	f(y)	Теоретична частість
1	1320	1470	1395	2	0,020	28,469	9854,75	0,00012714	0,019
2	1470	1620	1545	4	0,041	63,061	12118,93	0,00030389	0,046
3	1620	1770	1695	14	0,143	242,143	22277,77	0,00058828	0,088
4	1770	1920	1845	13	0,133	244,745	7955,86	0,00092230	0,138
5	1920	2070	1995	11	0,112	223,929	1010,83	0,00117110	0,176
6	2070	2220	2145	20	0,204	437,755	619,64	0,00120432	0,181
7	2220	2370	2295	13	0,133	304,439	5580,29	0,00100304	0,150
8	2370	2520	2445	11	0,112	274,439	14153,79	0,001	0,101
9	2520	2670	2595	6	0,061	158,878	15620,08	0,000	0,055
10	2670	2820	2745	4	0,041	112,041	17516,68	0,000	0,025
				98	1	2089,89	106708,6		0,979

Закон розподілу - **Нормальний**

Математичне сподівання	M	2089,898	Число ступенів вільності	r	7
Дисперсія	D	106708,66	Рівень значимості	α	0,100
Серед.-квадр. відхилення	σ	326,663	Хі-квадрат розрахункове	Х²	7,373
Коефіцієнт варіації	v	0,156	Хі-квадрат табличне	(Х*)²	12,017
Параметр мірила	a	2142,081	Коефіцієнт	Kb	0,945
Параметр форми	b	6,214	Коефіцієнт	Cb	0,152

4.2. Вибір режимів роботи різального апарату сегментного типу

4.2.1. Вибір режимів роботи різального апарату сегментного типу 1 виду

Головним показником якісної роботи різального апарату, є повнота зрізу стеблової маси (ПЗ), який включає відхилення від оптимальної висоти зрізу (ВЗ) і енергоємністю зрізу (ЯЗ). Дані показники залежать від розташування різального апарату щодо приймального елеватора (b_{max}), швидкості зрізу (V_H) та поступальної швидкості руху кукурудзозбирального агрегата (V_K)

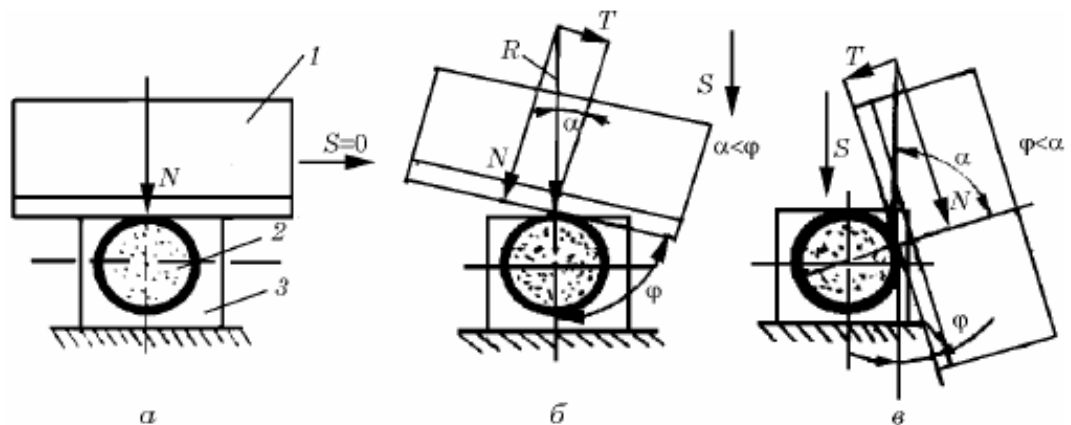


Рисунок 4.3 - Схеми основних видів різання без участі дотичних сил (а), з участю дотичних сил без ковзання (б) і з участю дотичних сили з ковзанням (в): 1 — сегмент; 2 — стебло кукурудзи; 3 — протирізальний сегмент

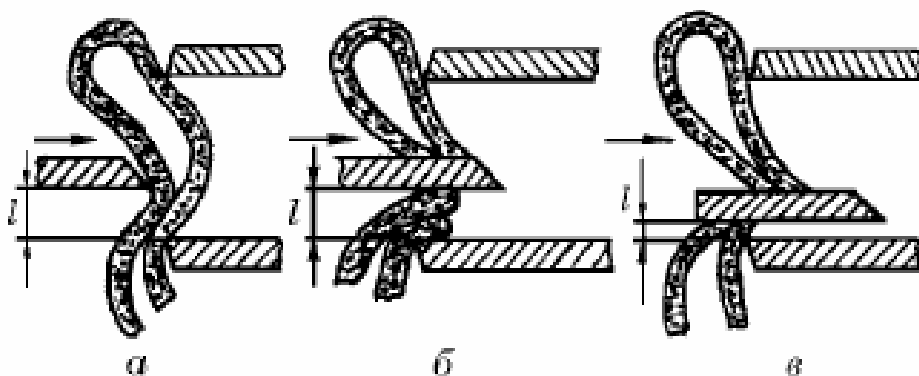


Рисунок 4.4 – Вплив зазору між протирізальними пластинами на процес різання стебла і його заховування: а) значний зазор, б) середній зазор, в) робочий зазор

На основі отриманих результатів досліджень, отримані параметри швидкості різання:

$$\begin{aligned} \text{ПЗ} &= 92 + 2,6 \cdot x_1 + 2,3 \cdot x_1^2 + 2,1 \cdot x_2^2 - 3,4 \cdot x_3^2; \\ \text{ВЗ} &= 13 + 5,2 \cdot x_1 + 6 \cdot x_3 + 4,2x_1^2 - 3,4 \cdot x_2; \\ \text{ЯЗ} &= 90 - 1,9 \cdot x_3 + 1,6 \cdot x_2^2 - 1,2 \cdot x_1^2. \end{aligned} \quad (4.1)$$

Щоб знайти оптимальне положення елементів різального апарату, параметрів режимів різання і поступального переміщення жнивarki, використовують методику поверхневих перетинів [14].

Результати для швидкості різання $V=2,7$ м/с наведені на рис.4.5.

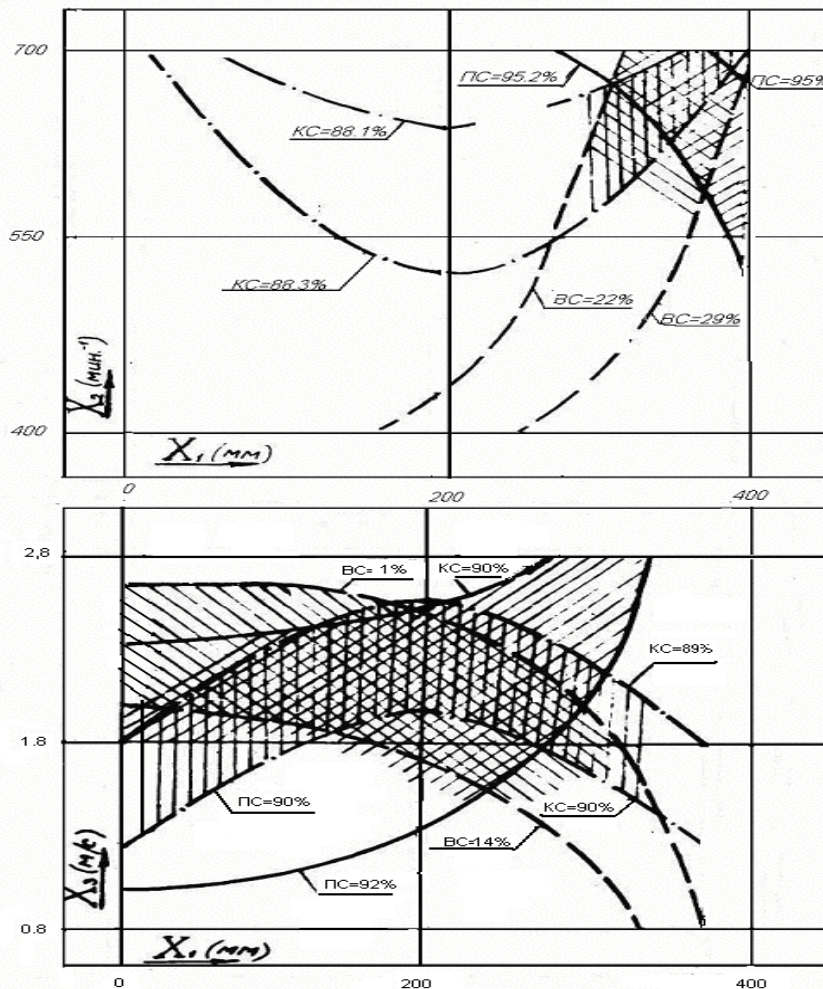


Рисунок 4.5 – Схема зміни повноти зрізу стебел (ПЗ), зміщення від встановленого рівня зрізу (ВЗ) і якості різання (ЯЗ) від вихідних умов: а) для $x_3 = +1$ ($V_K = 2,7$ м/с); б) для $x_2 = 0$ ($n = 560$ хв⁻¹)

Аналіз отриманих перетинів, дає можливість забезпечити наступні критерії оптимізації: ПЗ= 92,5 - 95%; ВЗ =22 - 25%; ЯЗ = 88,3 - 88.7%.

Щоб визначити точки екстремуму, достатньо взяти окремі чинники [4] і розв'язати нерівності:

$$\frac{d\Pi\Pi}{dx_2} = 259 + 4.56 \cdot x_1 = 0; \quad (4.2)$$

$$\frac{d\Pi\Pi}{dx_2} = 4.28 \cdot x_2 = 0,$$

Розв'язок даної системи: $x_1^\circ = -0,56$; $x_2^\circ = 0$.

Точки, де критерій оптимізації приймає екстремальне значення, рівний:

$$\frac{d\Pi\Pi}{dx_1} = 2,59 \cdot x_1 = 0 \quad (4.3)$$

$$\frac{d\Pi\Pi}{dx_3} = -6,76 \cdot x_3 = 0 .$$

Розв'язок даної системи: $x_1^\circ = -0,57$; $x_3^\circ = 0$.

4.3. Дослідження показників якості зрізу стебла

Основні показники якісного зрізання стебла – це закладена висота його зрізу і втрати урожаю у вигляді подрібненої маси – залежить від орієнтації протирізальних пальців, конструктивних особливостей косарки, зазору між протирізальними парами (рис4.4).

У більшості випадків висота зрізу стебла залежить від поступальної швидкості жнивarki, що наведені в табл. 4.5, збільшення її швидкості з 0,7 до 1,7 м/с стає причиною зростання висоти стерні на 6,7...16,2%.

Збільшення кута нахилу ножа, сприяє зростанню висоти стерні.

Таблиця 4.5 - Вплив поступальної швидкості жниварки на висоту стерні.

Показники	Значення показників		
	I	II	III
Поступальна швидкість, м/с	0,6	1,3	1,8
Висота стерні для кута сегмента 0°, мм	72	77	71
Висота стерні для кута сегмента 30°, мм	83	91	95
Висота стерні для кута сегмента 60°, мм	84	103	98

Стерня має мінімальну висоту для радіального положення сегмента, без відхилень, втрати стеблової маси мінімальні.

4.4. Аналіз енергоємності процесу різання

Результати зміни енергозатрат від використання різних типів різальних апаратів заносимо в (табл.4.6). Зміну кількості стеблової маси на різальному апараті змінювали за рахунок зміни поступальної швидкості жниварки. Результати досліджень подаємо у вигляді графічних залежностей на (рис4.6).

Таблиця 4.6 - Результати енергоємності робочих органів жниварок

Робочі органи		Подача кг/с	Енергоємність, кВт		
Назва	Тип		Загальна	Один рядок захвату	На одиницю загальної потужності
		Всього			Потужність холостого ходу
Різальний апарат	Сегментний (експериментальний)	0	0.42	-	-
		3.2	0.46	0.43	0.39
		4.9	0.49	0.3	0.25
		6.6	0.51	0.24	0.19
	Роторний	0	1.1	-	-
		3.2	3.0	2.8	1.03
		4.9	3.2	1.96	0.67
		6.6	5.1	2.32	0.56

Аналізуючи результати таблиці 4.6 бачимо, що енергозатратність сегментного різального апарату в рази менша за аналогічний роторний апарат. За тієї ж подачі 3,2 кг/с, сумарна енергозатратність для сегментного різального апарату становить 0,43 кВт, а для роторного 2,8 кВт, що практично у 8 разів більше.

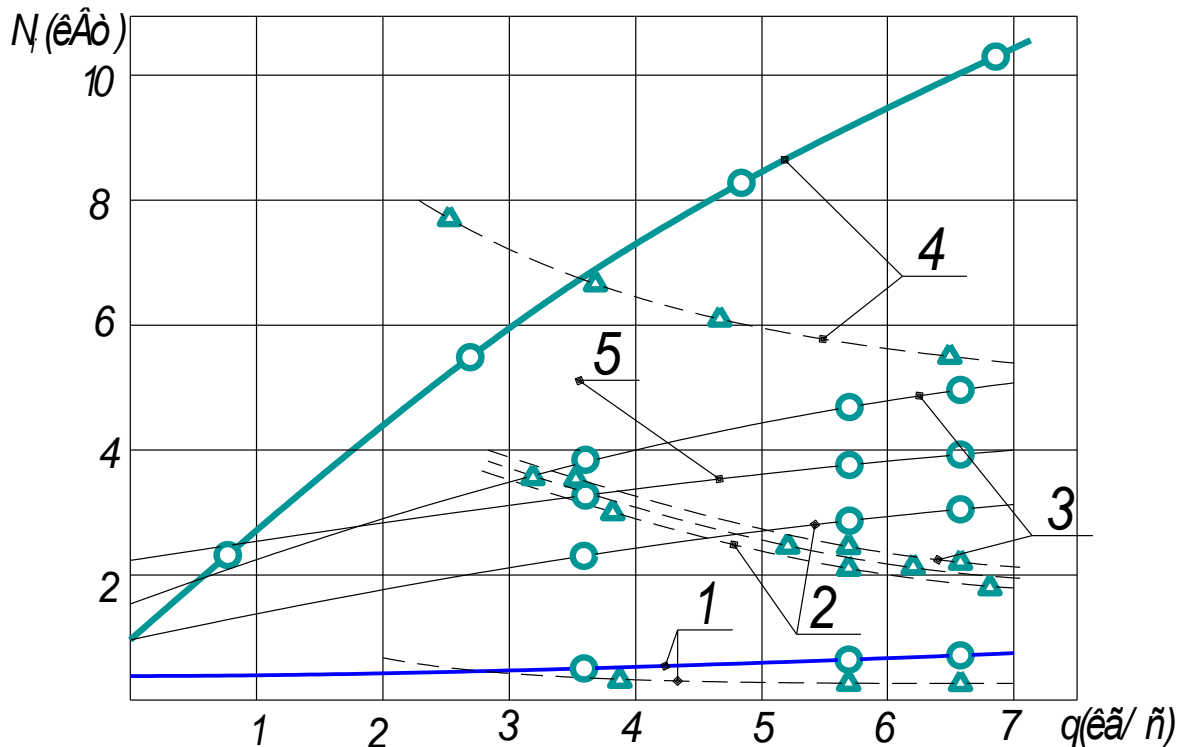


Рис. 4.1 Залежність потужності витрати на різання від витрати матеріалу при різанні зернової кукурудзи різними методами: 1- різнання на дисках; 2- різнання на барабанах; 3- різнання на роторі; 4- різнання на сегментному апараті; 5- різнання на роторі з різними параметрами.

Висновки

В результаті досліджень вдалося визначити середньостатистичні геометричні розміри та фізико-механічні властивості стебла кукурудзи.

Дослідження впливу поступальної швидкості на баланс потужності підтверджують доцільність використання сегментно-пальцевого різального апарату.

Експериментально підтверджено вплив технологічних параметрів ротаційного різального апарата на втрати урожаю.

Енергозатратність сегментного різального апарату в рази менша за аналогічний роторний апарат. За тієїж подачі 3,2 кг/с, сумарна енергозатратність для сегментного різального апарату становить 0,43 кВт, а для роторного 2,8 кВт, що практично у 8 разів більше.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Складання карти умов праці при збиранні кукурудзи

Для сучасного сільськогосподарського виробництва, є важливим вплив на організм людини різних зовнішніх факторів. Зметою погнозування цих факторів поводимо паспортизацію робочого місця механізатора.

Метою паспортизації санітарно-технічного стану робочого місця, є виявлення усіх виробничих небезпек для розробки проектів інженерно-технічних та організаційних рішень у створенні безпечних і здорових умов праці. Відповідно до типової ієрархічної структури сільськогосподарського виробництва (цех, дільниця, робоча зона бригади, робоче місце) одиничним елементом виробництва є робоче місце. На ньому проявляються всі шкідливі і небезпечні виробничі фактори, які діють на працівника і визначають ефективність його виробничої діяльності. Базовим елементом паспортизації є карта умов праці, в якій наведені фактори безпеки з трьох напрямків факторів безпеки: трудового, санітарно-гігієнічного та технічного.

Карта умов праці передбачає виявлення на робочому місці шкідливих і небезпечних виробничих факторів та причин їх виникнення; дослідження санітарно-гігієнічних факторів виробничого середовища, важкості й напруженості трудового процесу, комплексну оцінку факторів виробничого середовища і характеру праці на відповідність їх вимогам стандартів, норм і правил; обґрунтування віднесення робочого місця до відповідної категорії з шкідливими умовами праці, підтвердження (встановлення) права працівників на пільгове пенсійне забезпечення та інші пільги залежно від умов праці.

Карта умов праці на робочому місці становить основу санітарно-технічного паспорту виробничої дільниці (бригади, майстерні, ферми тощо).

До санітарно-технічного паспорта дільниці входить збірна інформація з карт умов праці на робочих місцях, додаткова характеристика засобів колективного користування (будівлі, побутові й допоміжні приміщення, засоби колективного захисту, під'їзні шляхи).

Паспорт господарства складається з паспортів дільниць і містить додаткову характеристику засобів загальногосподарського користування, об'єкти колективного захисту. Кожний головний спеціаліст господарства організує обстеження умов праці і стан технічної безпеки у підпорядкованій йому галузі. Значно зменшити об'єми робіт при паспортизації можна шляхом групування типових робочих місць.

На кожне типове робоче місце складається карта умов праці, в яку заносяться трудові, санітарно-гігієнічні і фактори технічної безпеки.

За гігієнічною класифікацією праці та іншими джерелами визначається перелік факторів умов праці на робочому місці, для яких з нормативних документів встановлюють гранично допустимий рівень або гранично допустиму концентрацію (ГДК, ГДР), які заносяться в гр. 1, 2, 3.

Коефіцієнт нормо забезпеченості визначаємо за формулою:

$$K_n = 1 \pm \frac{A_b - A_n}{A_n}, \quad (5.1)$$

де A_b – фактичне значення фактора умов праці;

A_n – гранично допустимий рівень або концентрація.

Коефіцієнт небезпечності від дії фактора можна визначити з виразу:

$$K_{дф} = K_n \cdot T_{дф}. \quad (5.2)$$

Тут $T_{дф}$ – час дії фактора у частках тривалості зміни.

Коефіцієнт небезпечності від усіх факторів дорівнює:

$$K = \frac{K_{дф}}{n}, \quad (5.3)$$

де n – кількість факторів умов праці.

Складаємо карту умов праці робочого місця при збиранні кукурудзи на підставі розрахунків за формулами, представленими вище. Отримані дані заносимо до табл. 5.1.

При складанні табл.3.1. використовуємо дані нормативних документів:

- ГОСТ 12.1.003-83 – Шум. Санітарно-гігієнічні вимоги;
- ГОСТ 12.1.005-86 – Повітря робочої зони. Санітарно-гігієнічні вимоги;
- ДСТУ 23.00-93 – Вібрація, терміни та визначення;
- ДНАОП 0.00- 1* - Гігієнічна класифікація праці за показниками

шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Таблиця 5.1 - Карта умов праці при збиранні кукурудзи кукурудзозбиральною технікою

Фактори умов праці	Нормативне значення фактора		Фактичне значення фактора умов праці, A_v	Коефіцієнт нормо-забезпечення, K_n	Час дії фактора		Коефіцієнт небезпечності	
	Гранично допустимий рівень або	Нормативний документ			в годинах	частках до довготривалості зміни	від дії фактора, $K_{дф}$	від усіх факторів $K_{к}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Рівень шуму.	80 дБ	ГОСТ 12.1.009-83	110 дБа		8	0,8	0,26	
2. Пил								
2.1. Грунтовий пил	10 мг/м ³	ГОСТ 12.1.005-88	55мг/м ³	-3,5	8	0,8	-2,8	
3. Вібрація	0,65 м/с для 1000 Гц, 102 дБ	ГОСТ 23.00.-93	0,55 м/с для 1000 Гц, 102 дБ	0,84 6	8	0,8	0,67 7	

4. Температура повітря (липень-серпень)	Відкриті території – гранично допустимий +25,8 ⁰ С	1*	+38 ⁰ С	0,52 7	8	0,8	0,42	
5. Пери нафтопродуктів (мастил, дизпалива, масла)	100 мг/м ³	ГОСТ 12.1.005-86	107мг/м ³	0,93	8	0,8	0,74 4	
6. Сенсорні навантаження :								
6.2. Щільність сигналів	75%		80%	0,93	8	0,8	0,74 4	
6.3. Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження	5%		9%	0,2	8	0,8	0,16	
7. Робоча поза	Вільна	1*	Перебування у фіксованій позі більше 50% часу зміни.	0,5	8	0,8	0,8	
8. Всього								0,66

5.2. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм

Наведемо методику побудови логічно-імітаційної моделі для збирання кукурудзи.

Після вибору домінуючого випадкового явища (події) розпочинаємо побудову моделі (“дерева”). Використовуючи оператора “і” та “або”,

використовуємо набір ситуацій (відомих до цього), які можуть призвести до подій, вибраної як домінуюча чи головна [28].

Спочатку визначаються травмонебезпечні ситуації та їх кількості, що можуть мати місце в процесі що розглядається, визначаємо ще й інші події, що входять до кожної такої ж ситуації, логічним аналізом із застосуванням операторів “і”, “або” та інших. Процес побудови моделі триває, поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

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

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

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

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

Отже, для побудови логіко-імітаційної моделі процесу, формування і виникнення аварії та травми збирання кукурудзи, складемо перелік базових подій. Вони лежатимуть в основі даної моделі. Кожній події (пункту) присвоїмо певне значення ймовірності його виникнення: стан контролю з охорони праці.[14].

Для проведення обчислень ймовірності травми використаємо логіко-імітаційну модель процесу її формування (рис. 5.1).

1. Ймовірність події 3:

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 P_2.$$

Умовно прийнято, що ймовірності базових подій $P_1=0,4$, а $P_2=0,3$. Підставивши дані ймовірностей базових подій, одержимо:

$$P_3 = 0,4 + 0,3 - 0,4 \cdot 0,3 = 0,58.$$

Слід зауважити, що обчислення ймовірностей Випадкових подій провадяться відповідно до положень булевої алгебри.

Аналогічно обчислюємо ймовірність інших подій залежно від їх номера:

$$P_6 = P_4 + P_5 - P_4 P_5 = 0,65;$$

$$P_9 = P_7 + P_8 - P_7 P_8 = 0,65;$$

$$P_{10} = P_3 + P_6 + P_9 - P_3 P_6 - P_3 P_9 - P_6 P_9 + P_3 P_6 P_9 = 0,11;$$

$$P_{13} = P_{11} + P_{12} - P_{11} P_{12} = 0,65;$$

$$P_{16} = P_{14} + P_{15} - P_{14} P_{15} = 0,65;$$

$$P_{19} = P_{17} + P_{18} - P_{17} P_{18} = 0,65;$$

$$P_{20} = P_{13} + P_{16} + P_{19} - P_{13} P_{16} - P_{13} P_{19} - P_{16} P_{19} - P_{13} P_{16} P_{19} = 0,36;$$

$$P_{21} = 0,1;_2$$

$$P_{22} = P_{10} + P_{20} - P_{10} P_{20} = 0,43;$$

$$P_{23} - P_{22} P_{21} = 0,043.$$

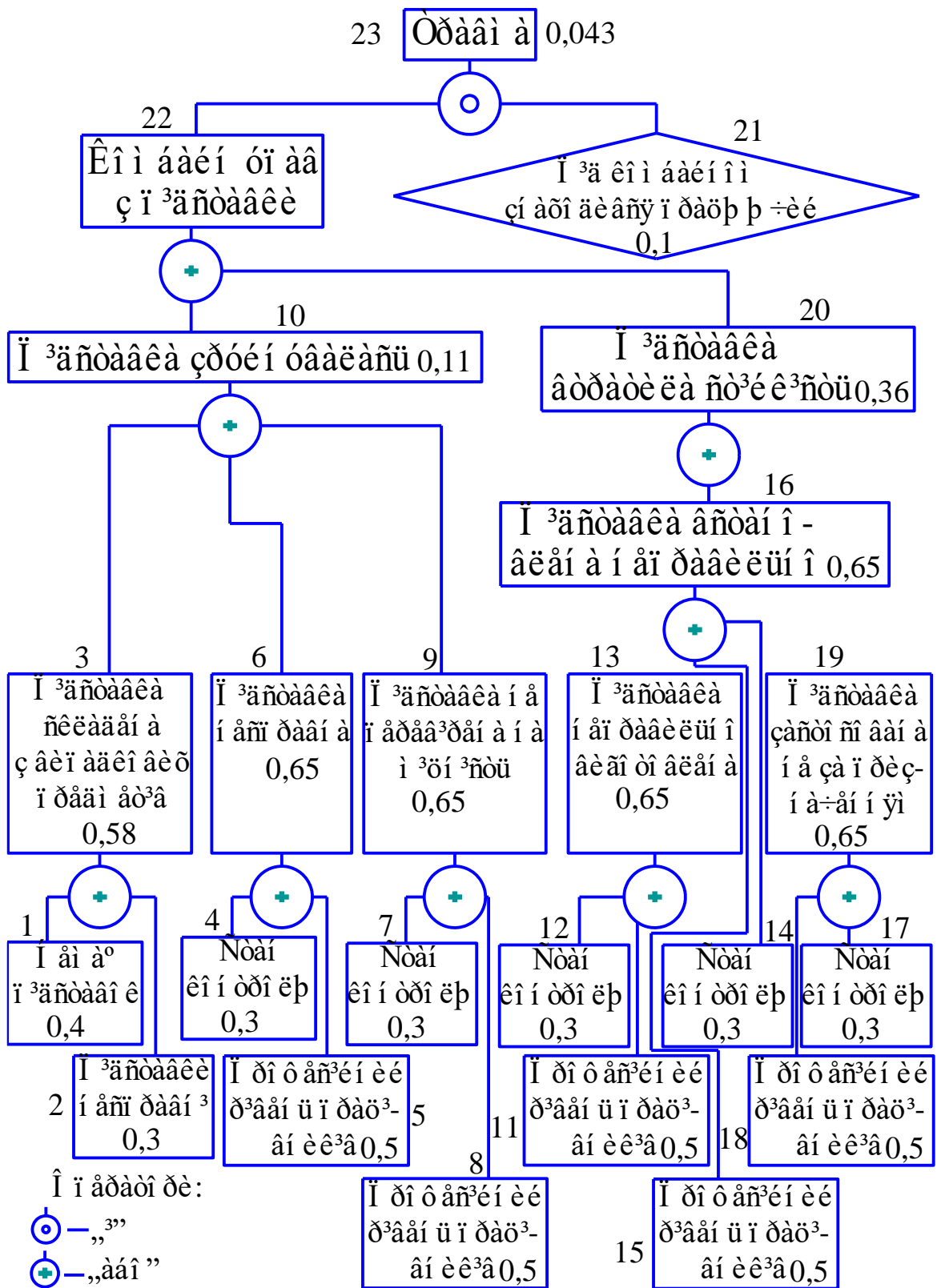


Рисунок 5.1 - Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травм при технічному обслуговуванні комбайна: 1.2.3-номери подій; 0.3;0.5-ймовірність подій

Таким чином, на робочому місці під час технічного обслуговування комбайна при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 4,3 травми. Якщо зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень працюючих, поліпшити контроль та виготовити необхідну кількість підставок за всіма вимогами безпеки), то можна побачити на моделі шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки до 1.

Слід мати на увазі, що на даному робочому місці можуть бути й інші недоліки, які призведуть до травми з інших причин [14]. Використання логіко-імітаційних моделей для дослідження аварій і травм та обґрунтування заходів охорони праці, дають можливість знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки робочого місця, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які враховують усі стани обладнання та самого робочого місця, а також поведінку комбайнера і розрахувати ймовірність виникнення можливих травм.

6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1. Техніко-економічна ефективність модернізованого різального апарату

Аналітичні вирази, отримані в ході теоретичних досліджень і проведені в лабораторних умовах експериментальні дослідження допомогли обґрунтувати основні конструктивні і кінематичні параметри різального пристрою.

Економічний ефект від упровадження експериментального комбайна ККП-3М з різальним апаратом нової конструкції є складовою частиною ефекту від експлуатації кукурудзозбирального комбайна при збиранні кукурудзи. Економічний ефект складається з економії всіх виробничих витрат (живої праці, паливно-мастильних матеріалів, капітальних вкладень), яку отримає сільське господарське підприємство в результаті механізації процесу збирання кукурудзи.

Визначення економічного ефекту побудуємо на співставленні приведених витрат (експлуатаційних витрат, капітальних вкладень) по базовому (серійному) і модернізованому кукурудзозбиральному комбайну. За базовий варіант приймемо серійний комбайн ККП-3, що випускається, порівняння з яким здійснимо, використовуючи методику за визначенням економічної ефективності нової техніки [10]. Після розрахунку основних економічних показників (річного економічного ефекту, терміну окупності, ступені зниження витрат ручної праці і експлуатаційних витрат) визначимо рівень важливості від використання нового різального пристрою.

Значення продуктивності кукурудзозбирального комбайна ККП-3 за годину основного часу приймалися за даними Державних приймальних випробувань МІС [8]. У зв'язку з малим напрацюванням експериментального кукурудзозбирального комбайна ККП-3М було отримано лише теоретичний показник продуктивності за годину основного часу, (підвищення складає 6...8% від нормативної). Продуктивність визначалася по формулі:

$$Q = Q_{ca} \cdot Y, \quad (6.1)$$

де Q_{ca} – продуктивність комбайна;

Y – врожайність листостеблової маси кукурудзи.

Продуктивність за годину змінного Q_{cm} і експлуатаційного часу визначалася розрахунковим шляхом по наступних формулах:

$$Q_{cm} = Q_0 \cdot K_{cm}, \quad (6.2)$$

$$Q_{\varepsilon} = Q_0 \cdot K_{cm} \cdot K_{\Gamma}, \quad (6.3)$$

де Q_0 – продуктивність за 1 годину основного часу;

K_{cm} – коефіцієнт використання робочого часу зміни;

K_{Γ} – коефіцієнт готовності.

Величини K_{cm} і K_{Γ} – приймалися за даними агротехнічних вимог на модернізацію кукурудзозбирального комбайна [5].

Для визначення проекту оптової ціни експериментального кукурудзозбирального комбайна ККП-3 використовувалася залежність:

$$Ц_{о.н.} = K_c \cdot Ц_{о.б.} \cdot \frac{m_n}{m_b}, \quad (6.4)$$

де $Ц_{о.н.}$; $Ц_{о.б.}$ – оптова ціна відповідно нового і базового варіантів кукурудзозбирального комбайна;

m_n , m_b – відповідно, маса нового і базового комбайнів;

K_c – коефіцієнт, що враховує складність конструкції.

Балансова ціна кукурудзозбирального комбайна в новому і базовому варіантах визначиться як:

$$Ц_{нб} = K_b \cdot Ц_{о.н.б.}, \quad (6.5)$$

де K_b – коефіцієнт переводу оптової ціни в балансову, що враховує додаткові витрати на транспортування, дозбирання і наладку комбайна.

Річний (сезонний) об'єм роботи комбайна визначається по формулі:

$$W_{сез} = Q_{cm} \cdot W_r, \quad (6.6)$$

де W_r – річне завантаження в годинах.

Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності базового і нового комбайнів представлені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності

Найменування показників	Позначення	Базовий	Новий
1	2	3	4
Продуктивність за 1 годину основного часу, т (га)	Q_0	3.02	3.26
Продуктивність за 1 годину змінного часу, т (га)	$Q_{см}$	2.18	2.76
Продуктивність за 1 годину експлуатаційного часу, т(га)	Q	1.83	2.58
Річне завантаження, година	$W_{год}$	170	170
Балансова ціна	$Ц$	2640000	2981000

Одним з основних показників, що характеризують ефективність виробничого процесу, є експлуатаційні витрати з розрахунку на 1 га зібраної площі. Для визначення експлуатаційних витрат в новому і базовому варіантах технологічного устаткування для збирання кукурудзи на зерно скористаємося формулою [13]:

$$I_{н.б.} = 3П_{н.б.} + A_{н.б.} + P_{н.б.} + Z_{см}, \quad (6.7)$$

де $3П_{н.б.}$ – заробітна платня обслуговуючого персоналу, розрахунку на 1га площі, відповідно в новому і базовому варіанті комбайнів;

$A_{н.б.}$ – амортизаційні відрахування;

$P_{н.б.}$ – ремонтні відрахування;

$Z_{см}$ – витрати на паливно-мастильні матеріали.

Заробітна платня обслуговуючого персоналу $3П_{н.б.}$ визначається по формулі:

$$3П_{н.б.} = \frac{\sum_{i=1}^n 3П_i}{Q_{см}}, \quad (6.8)$$

де $\sum_{i=1}^n 3\Pi_i$ – сума годинних тарифних ставок обслуговуючого персоналу.

Для розрахунку амортизаційних відрахувань на реновацію $A_{н.б.}$ і на ремонт комбайна $P_{н.б.}$ скористаємося співвідношеннями:

$$A_{н.б.} = \frac{Ц \cdot K_a}{W_{сез}}, \quad (6.9)$$

$$P_{н.б.} = \frac{Ц \cdot K_P}{W_{сез}}, \quad (6.10)$$

де K_a, K_P – нормативи амортизаційних і ремонтних відрахувань. Питому витрату паливно-мастильних матеріалів визначимо як:

$$3_{гсм} = \frac{N \cdot C \cdot q}{Q_{\text{э}}}, \quad (6.11)$$

де N – потужність двигуна трактора;

C – вартість 1 кг дизельного палива;

q – питома витрата палива;

$Q_{\text{э}}$ – продуктивність за одну годину експлуатаційного часу.

Таблиця 6.2 - Експлуатаційні витрати при збиранні кукурудзи на зерно, грн/т

Найменування показника	Базовий	Новий
Амортизаційні відрахування	174	137
Ремонтні відрахування	144	116
Заробітна платня	7,1	5,5
Витрати на паливно-мастильні матеріали	76,8	67,2
Питомі кап. вкладення	271	156

Питомі капіталовкладення в новий і базовий варіанти комбайнів визначимо по формулі:

$$K_{уд.б.к} = \frac{Ц}{Q_{\text{э}} \cdot W_{Г}}. \quad (6.12)$$

Всі розрахунки проводилися з використанням табличного процесора «Excel - 2010». Результати розрахунку експлуатаційних витрат приведені в табл. 6.2.

Оскільки в механізації будь-якого виробничого процесу переслідується мета понизити витрати живої праці, то перш за все визначимо трудомісткість базового T_B і нового T_H процесів по формулі:

$$T_{б.н} = T_m + T_p, \quad (6.13)$$

де T_M – трудовитрати тракториста;

T_P – трудовитрати робітників, обслуговуючих кукурудзозбиральний комбайн, визначаються по формулах:

$$T_m = \frac{N_m}{Q_{см}}, \quad (6.14)$$

$$T_p = \frac{N_p}{Q_{см}},$$

де N_m, N_p – кількість персоналу, що обслуговує (механіків, робочих).

Річне зниження витрат праці \mathcal{E}_T в порівнюваних процесах визначимо по формулі:

$$\mathcal{E}_T = (T_b - T_H) \cdot W_{см}. \quad (6.15)$$

Ступінь зниження витрат праці буде визначений виразом:

$$N_T = \frac{O_a - O_p}{O_i}. \quad (6.16)$$

Річний економічний ефект від впровадження експериментального комбайна складе [13]:

$$\mathcal{E}_T = [(I_b + E \cdot K_{уд.б}) - (I_u + E \cdot K_{уд.б})] \cdot W_{сез} + \mathcal{E}_{дон}, \quad (6.17)$$

де E – нормативний коефіцієнт ефективності [14];

$\mathcal{E}_{дон}$ – додатковий економічний ефект зміни якості і кількості зібраної продукції:

$$\mathcal{E}_{дон} = W_{дон} \cdot C_{дон}, \quad (6.18)$$

де $W_{\text{дон}}$ – збільшення об'єму зібраної продукції за рахунок зниження витрат(на 10..12%);

$C_{\text{дон}}$ – вартість одиниці продукції:

$$W_{\text{дон}} = (III_{\text{баз}} - III_{\text{нов}}) \cdot W_{\text{сез}} \quad (6.19)$$

Результати показників економічної ефективності зведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 - Показники економічної ефективності збирання кукурудзи

Найменування	Познач.	Величина
Річна економія праці, чол.год	$\mathcal{E}_Г$	26.8
Ступінь зниження витрат праці, %	$C_{\text{тр}}$	24.2
Річний економічний ефект від впровадження комбайна, грн	$\mathcal{E}_Г$	128608
Річний економічний ефект від впровадження нового пристрою, грн	$\mathcal{E}_{\text{e.e.}}$	29264
Термін окупності комбайна, років	Z	2.2
Термін окупності нового пристрою, років	Z_c	2.05

Термін окупності експериментального кукурудзозбирального комбайна ККП-3М визначиться як:

$$Z = \frac{C_m}{\mathcal{E}_Г} \quad (6.20)$$

Для визначення річного економічного ефекту безпосередньо від впровадження різально-транспортуючого пристрою використовувалася формула:

$$\mathcal{E}_{\text{e.e.}} = \mathcal{E}_Г \cdot K_{\text{ef}} \cdot \frac{m_k}{m_n}, \quad (6.21)$$

де K_{ef} – коефіцієнт, що враховує ефективність роботи різально-транспортуючого пристрою в конструкції кукурудзозбирального комбайна ККП-3;

m_k і m_n – маса відповідно комбайна і пристрою.

Після визначення економічного ефекту розраховувався термін його окупності.

Висновки

1. Ефективність застосування кукурудзозбирального комбайна ККП-3 з новим різально-транспортуючим пристроєм при збиранні кукурудзи на зерно в порівнянні з базовим (серійним) комбайном полягає в скороченні експлуатаційних витрат за рахунок підвищення продуктивності комбайна на 6..8% і зміни якості і кількості зібраної листостеблової маси.

2. Річний економічний ефект від впровадження експериментального комбайна складе 128608 грн. за сезон, від впровадження пропонованого різально-транспортуючого пристрою 29264 грн. Термін окупності комбайна складе 2.2 роки.

3. Річна економія праці складе при цьому 29,71 чол. годину.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу робочих органів відомих в світовій практиці кукурудзозбиральних машин встановлено, що найбільш прогресивні, з погляду якості виконання технологічного процесу, сегментні різальні апарати.

Нами розроблена, теоретично і експериментально досліджена і випробувана оригінальна конструкція, що містить сегментний різальний апарат.

2. У теоретичних дослідженнях отримані аналітично залежності, що зв'язують параметри конструкції і розмірні, фізико-механічні властивості стебел кукурудзи, для визначення: розміщення різального апарату щодо протягувальних вальців качаноочисного апарату (b_{\max}).

3. За наслідками експериментального дослідження трьох типів сегментних різальних апаратів, отримані математичні моделі технологічного процесу, що взаємопов'язують показники якості основних операцій (повнота зрізу листостеблової маси - ПЗ, відхилення від заданої висоти зрізування - ВЗ, якості зрізування-ЯЗ і параметрів конструкції (швидкості руху ножа V_n і швидкості комбайна V_k).

4. Проведені дослідження дозволили рекомендувати для використання в кукурудзозбиральних комбайнах, що збирають весь біологічний урожай кукурудзи, конструкції з різальним апаратом, що містить рухомий ніж з трьома, а нерухомий з чотирма сегментами (від комбайна КОП-1,4 "Херсонць-7"; ширина прокошування 300 мм), розташований на відстані 300-320 мм від передньої опори протягувальних вальців, з частотою руху ножа 600 хв^{-1} ; діаметром подаючого шнека - 150 мм, частотою його обертання - $250-300 \text{ хв}^{-1}$; діаметром приймального шнека - 210 мм, частотою його обертання - $170-230 \text{ хв}^{-1}$; відстанню різального апарату від осі обертання подаючого шнека - 160 мм і стебло знімно відбійного-340 мм. Це дає можливість забезпечити повноту зрізу стебел у межах 92-95%, відхилення від заданої висоти зрізу-12-14%, якість зрізу - 91-95%.

5. Проведені підрахунки показують, доцільність застосування сегментного різального апарата в шестирядному комбайні КСКУ-6 "Херсонць 200" адже впровадження цього різального апарату дає заощадити 15 кВт потужності, за рахунок якої, можна збільшити загальну подачу рослинної маси на робочі органи від 6-8% відповідно і збільшити продуктивність збирального агрегату.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- 1 Приймачук Т. Ю. [Розвиток галузі в Україні](#) / Т. Ю. Приймачук, Т. А. Штанько, В. Б. Ковальов // Вісник аграрної науки. — 2017. — № 7. — С. 68-75.
- 2 Білявський Г.О., Падун М. М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології, вид. 2-ге. – Київ : 1995. – 368 с.
- 3 Винокуров Л.Е.; Васильчик М.В.; Гаман М.В. Основи охорони праці. - Київ : Вікторія. -2001. – 254 с.
- 4 Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. та ін. Сільськогосподарські машини. – Київ : Урожай, 2004. – 448 с.
- 5 Гольдшмідт О.В., Бондаренко О.В. Результати польових випробувань експериментального комбайну ККП–3Е з новим качановідокремлюючим апаратом. “Вісник аграрної науки Причорномор’я”. Вип. 5, 2001, С. 290 – 294.
- 6 Гольдшмідт О.В., Бондаренко О.В. Аналіз технологічного процесу відокремлення качанів кукурудзи. “Вісник ХДТУ сільського господарства”. Вип.7, 2001, С. 239 – 245.
- 7 Гольдшмідт О.В., Бондаренко О.,В. Результати польових випробувань експериментального комбайну ККП-3Е з новим качановідокремлюючим апаратом. “Вісник аграрної науки Причорномор'я ”. Вип. 5, 2001, С. 290-294.
- 8 Гребенюк Г.І. Оптимізація конструкції та результати випробувань жаткової частини кукурудзозбиральних машин. “Вісник аграрної науки Причорномор’я”. Вип. 2, 1997, С. 145 – 148.
- 9 Гребенюк Г.І. Кузенко Д.В. Бондаренко О.В. Аспекти дослідження кукурудзозбиральних машин на зерно. “Вісник аграрної науки Причорномор'я”. Вип. 6, 1999.
- 10 Гребенюк Г.І. Шляхи розширення технологічних можливостей та ефективності кукурудзозбиральних комбайнів. “Вісник аграрної науки Причорномор’я”. Вип. 5, 1998, С. 116 – 121.

- 11 Гребенюк Г.І., Кузенко Д.В., Бондаренко О.В. Аспекти дослідження кукурудзозбиральних машин на зерно. “Вісник аграрної науки Причорномор’я”. Вип. 6, 1999.
- 12 Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – Київ: Урожай, 1994. – 272 с.
- 13 Ільченко В.Ю., Карасьов П.І. та ін. Експлуатація машинно-тракторного парку в агрегатному виробництві. – Київ: Урожай, 1993. – 286 с.
- 14 Лехман С.Д. та ін. Довідник з охорони праці в сільському господарстві (запитання і відповіді). – Київ: Урожай, 1990. – 400 с.
- 15 Операційна технологія виробництва зернових культур. Довідник. / Сайко В. Ф., Сокоренко Н.В. і ін.; під ред. В.Ф. Сайко. – Київ: Урожай, 1991. – 160 с.
- 16 Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. / Рибарук В.Я., Ріпка І.І. – Львів, ЛДАУ, 1998. – 264 с.
- 17 ДСТУ 3008 – 95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. – Київ: Держстандарт України, 1995. – 36 с.
- 18 Стандарт підприємства: дипломні і курсові проекти (роботи), загальні вимоги до оформлення /Укл.: В.М. Боярчук, С.М. Онисько, В.Т. Дмитрів.- Львів: ЛДАУ, 2003. – 28 с.
- 19 Каленська С.М., Таран В.Г., Данилів П.О. Особливості формування урожайності гібридів проса залежно від удобрення, густоти стояння рослин та погодних умов. Таврійський науковий вісник. 2018. № 101. С. 42-49.
- 20 Каленська С.М., Таран В.Г., Данилів П.О. Розвиток кореневої системи проса на ранніх етапах розвитку. Науковий вісник НУБІП України. 2017. Вип. 269. Сер. Агрономія. С. 10-17.
- 21 Ківер В.Х., Галечко І.Д. Реакція гібридів проса на способи та строки внесення азотних добрив при різних рівнях мінерального живлення. Вісник аграрної науки. 1994. № 8. С. 18-21.
- 22 Крамарьов С., Красненков С., Пащенко Ю., Коцюбан А., Підгорна Л., Шевченко В., Ісаєнко В., Андрієнко А. Урожайність і якість зерна гібридів

проса різних груп стиглості залежно від рівня мінерального живлення в північному Степу України. Вісник Львівського національного аграрного університету: Агрономія. 2009. №13. С. 306-320.

23 Крамарьов С.М., Краснєнков С.В., Пащенко Ю.М. Оптимізована система добрив гібридів проса різних груп стиглості і їх родинних форм в умовах степної зони України. Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування : зб. наукових праць Уманського державного аграрного університету. -Київ. 2008.

24 Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енерго збереження в АПК.- Тернопіль: Підручник та посібник,2001 -247 с.

25 Кузенко Д.В., Тимошук В.Ю., Бондаренко О.В. Шляхи розширення технологічних можливостей русел кукурудзозбиральних машин на зерно. “Вісник аграрної науки Причорномор’я”, Вип. 8. 2000.

26 Кузенко Д.В., Бондаренко О.В., Тимошук В.Ю. Теоретичний аналіз підвищення якісних показників качановідокремлювальних апаратів кукурудзозбиральних машин. “Вісник аграрної науки Причорномор’я”. Вип.9. 2000.

27 Кузенко.Д.В. Сучасний стан та напрямки технологічного вдосконалення кукурудзозбиральних машин.“Праці Таврійської державної агротехнічної академії” - Вип. 2-2001. –С 43-47.

28 Лехман С.Д., Кубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 270 с.

29 Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів : Українські технології, 2008. 312 с.

30 Лихочвор В.В. Петриченко В.Ф., Іващук П.В. Зерновиробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.

31 Лихочвор В.В. Петриченко В.Ф. Фізіологічна роль елементів живлення та системи удобрення польових культур. Підручник. 3-тє видання, перероблене. Львів: Растр-7, 2021. 288 с.

- 32 Лісовал А.П., Макаренко В.М., Кравченко С.М. Системи застосування добрив : підручник. Київ: Вища шк., 2002. 317 с.
- 33 Лісовал А.П. Методи агрохімічних досліджень. Київ: 2001. 246 с.
- 34 Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І., Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. - Київ "Урожай "1993- 268 с.
- 35 Boschi V., Onjfi M. Lanza F. Sistema culturale a mais contsnuo: trdici anni di prove nella Pianura Padana. 1. Agrotecnica e concimazsone. -Infirmatore Agrario, 1981, v. 37, N 8, p. 14233-14834, 14237-14339.
- 36 900 Servis corn heaues (проспект фирмы "Intenftional Harvester",США).
- 37 Cuajlleur Mais (проспект фирмы "Agrfm"Франция).