

**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:

**Удосконалення технології збирання кукурудзи з розробкою  
конструкції та дослідження різального апарату комбайна**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМ-1-19  
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Стрижка Євген Сергійович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Теслюк Геннадій Володимирович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2020

# 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)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

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

Стрижкі Євгену Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** Удосконалення технології збирання кукурудзи з розробкою конструкції та дослідження різального апарату комбайна.

керівник роботи Теслюк Геннадій Володимирович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«08» жовтня 2020 року № 2556

**2. Строк подання студентом роботи** 02.12.2020 р.

**3. Вихідні дані до роботи** Огляд стану питання в галузі існуючих машин для збирання кукурудзи. Аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз механізації збирання кукурудзи на зерно. 2. Теоретичні дослідження робото здатності пікерно-стріперного качановідокремлювального і сегментного різального апаратів 3. Програма і методика експериментальних досліджень. 4. Результати експериментальних досліджень 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність роботи Висновки. Список використаних джерел.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тит.лисс. 2. Мета досліджень та задачі. 3. Гіпотеза роботоздатності. 4. Аналіз взаємодії стебл. 5. Аналіз роботи різального апарату. 6. Параметри бітерного пристрою 7. Лабораторна машина 8. Матриця планування. 9. Результати експериментальних досліджень. 10. Економічні показники. 10.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 30. 04. 2020 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 10.09.2020 р.	Виконав
2	Теоретичний	до 30.10.2020 р.	Виконав
3	Експериментальний	до 19.11.2020 р.	Виконав
4	Охорона праці	до 25.11.2020 р.	Виконав
5	Економічний	до 31.11.2020 р.	Виконав
6	Демонстраційна частина	до 02.12.2020 р.	Виконав

**Студент**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)



## РЕФЕРАТ

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

Розроблена гіпотеза щодо роботи здатності різально-транспортного пристрою, проведені теоретичні дослідження розробленої конструктивно технологічної схеми. Отримані основні залежності для розрахунку параметрів різально-транспортного пристрою.

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

Робота містить: таблиць 7; рисунків 23; графічна частина формату А1-8 листів; 33 бібліографічні назви.

Ключові слова: збирання кукурудзи, зрізування стебел, різальний апарат, бітерний пристрій, качановідокремлювальний апарат, енергомісткість робочих органів.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	11
1.1. Особливості механізації процесу збирання кукурудзи на зерно.....	11
1.2. Особливості технології збирання тільки зернової частини кукурудзи.....	12
1.3. Аналіз технології і засобів механізації для збирання кукурудзи.....	16
1.4. Аналіз відомих пристроїв для спільної роботи піккерно-стріперного качановідокремлювального і сегментного різального апаратів.....	22
Висновки по розділу.....	24
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ ПІККЕРНО-СТРІПЕРНОГО КАЧАНОВІДОКРЕМЛЮВАДЬНОГО І СЕГМЕНТНОГО РІЗАЛЬНОГО АПАРАТІВ.....	27
2.1. Гіпотеза щодо конструктивних можливостей сумісної роботоздатності сегментного різального і піккерно-стріперного качановідокремлюваного апаратів.....	27
2.2 . Теоретичний аналіз основних зон технологічного процесу зрізування і переміщення стебел.....	29
2.3. Визначення граничного положення різального апарату.....	32
2.4. Обґрунтування і розрахунок параметрів сегментного різального апарату. .	39
2.4.1. Особливості роботи різального апарату.....	39
2.4 2. Аналіз роботи сегментного різального апарату.....	40
2.4.3. Визначення кута нахилу леза сегмента і швидкості руху ножа.....	43
2.5. Обґрунтування основних конструктивних параметрів транспортуючих літерів.....	47
2.5.1.Вимоги до конструкції бітерів .....	47
2.5.2. Обґрунтування діаметрів і конфігурації літерів.....	48
2.5.3. Визначення швидкісних режимів обертання літерів.....	50
Висновки по розділу.....	52
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	53

3.1. Програма досліджень.....	53
3.2 Методика експериментальних досліджень, і математичної обробки дослідних даних.....	53
3.3. Методика математичної обробки дослідних даних.....	56
3.4. Планування експериментів і методика обробки їх результатів.....	58
Висновки по розділу.....	61
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	62
4.1. Дослідження фізико- механічних властивостей рослин курудзи .....	62
4.2. Дослідження якості роботи і оптимізація режимів різально- транспортувального пристрою.....	65
4.2.1. Дослідження якості роботи і оптимізація режимів різально–транспортуючого пристрою з різальним апаратом 1 типу.....	65
4.2.2. Дослідження якості роботи і оптимізація режимів різально-транспортуючого пристрою з різальним апаратом 3 типу.....	69
4.3 Аналіз ефективності використання енергії робочими органами кукурудзозбиральних машин.....	71
Висновки по розділи.....	75
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	77
5.1. Загальні вимоги охорони праці при роботі на комбайні.....	77
5.2. Охорона праці перед початком роботи на комбайні.....	78
5.3. Охорона праці під час роботи на комбайні.....	78
5.4. Охорона праці після закінчення роботи на комбайні.....	79
5.5. Заходи щодо поліпшення стану охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	80
Висновок по розділу.....	80
6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.....	81
Висновок по розділу.....	86
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	87
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА.....	89
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

**Актуальність теми.** 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.

**Мета досліджень:** обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів різально-транспортуючого пристрою кукурудзозбирального комбайна шляхом забезпечення сумісної роботи пікерно-стріперного качановідокремлювального та сегментного різального апаратів.

**Задачі досліджень:**

- провести огляд патентно-інформаційних джерел з питань розробки сучасних конструкцій різальних апаратів кукурудзозбиральних машин ;
- визначити основні фактори, які впливають на підвищення технологічної і експлуатаційної ефективності;
- провести теоретичні дослідження технологічного процесу зрізування 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 рослини кукурудзи;
- провести експериментальні дослідження запропонованої конструкції в лабораторних умовах;
- визначити економічну ефективність та додатковий економічний ефект від проведеної науково-дослідної роботи.

**Об'єкти досліджень:** технологічний процес зрізування стебел кукурудзи

**Предмет досліджень.** Предметом досліджень є компоновка та конструкція різально-транспортуючого пристрою.

**Методи досліджень:** при вирішенні поставлених задач досліджень використовувалися класичні методи теоретичної механіки, опору матеріалів, математичного аналізу та моделювання. Вивчення механіко-технологічних властивостей рослин 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 сумісної працездатності сегментних різальних і пікерно-стріперних качановідокремлювальних апаратів. Проведено експериментально-теоретичні дослідження основних етапів технологічного процесу зрізування стебел, за допомогою яких отримане обґрунтування конструктивних та робочих параметрів принципіально нового різально-транспортуючого пристрою.

**Практичне значення** полягає в тому, що запропонована конструкція різально-транспортуючого 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 різально-транспортуючого пристрою.

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

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

**Публікація результатів.** За результатами проведеної роботи опубліковані тези у збірнику наукових праць.

## 1. АНАЛІЗ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1. Особливості механізації процесу збирання кукурудзи на зерно

Складність механізації процесу збирання існуючих сортів кукурудзи на зерно обумовлена її фізико-механічними і біологічними властивостями: недостатня стійкість до вилягання, міцність зв'язку качанів з стеблами обвисання качанів по висоті стебел та інші. Через ці причини, як і закордоном, так і в нашій країні інтенсивно ведуться селекційні роботи по створенню сортів і гібридів кукурудзи, які би відрізнялися не тільки високими показниками урожайності і іншими біологічними якостями, але і максимально відповідали би вимогам механізованого збирання. При їх впровадженні ставиться завдання отримання рослин, стійких до вилягання і обвисання качанів, які характеризуються меншою енергоємністю зрізування, відділення качанів, подрібнення, післяжнивної обробки-зерна [35,36].

Особлива увага в даний час приділяється виведенню гібридів кукурудзи з низькою збиральною вологістю. Це зв'язано з тим, що виробництво кукурудзи пов'язане з великими енергетичними затратами на досушування урожаю, які складають близько-30% витрат на її виробництво.

Так, при штучній сушці 1 т зерна підвищеної вологості, потрібно 35-40 кг пального, 1 т качанів - до 80 кг [35]. Разом із цим, розроблюються і впроваджуються різні енергозберігаючі технології доопрацювання зерна із застосуванням природної сушки, консервації вологого зерна і зерно-стержневої суміші.

В даний час на Україні, як показали дослідження, проведені на генетичній дослідній станції НВО по кукурудзі "Дніпро", при вирощуванні кукурудзи на зерно вимогам механізованого збирання найбільшою мірою відповідали середньоранні гібриди. Вони не вилягають, відрізняються оптимальною висотою рослин і розташуванням качанів, мають відносно невелику листостеблову масу і збиральну вологість зерна. З врахуванням природо-

кліматичних особливостей України, районованими для Західного регіону вважаються гібриди: "Дніпровський-472МВ"; "Дніпровський-921ТВ"; "Саноріна"; "Опхем"; "Арабас"; "Ударнік"; "ПР-612".

## 1.2. Особливості технології збирання тільки зернової частини кукурудзи

Технологічний процес збирання тільки зернової частини урожаю складається з таких основних операцій: відокремлення качанів від стебла, очистка качанів від обгорток або обмолот зерна, збір очищених качанів або обмолоченого зерна, в транспортний засіб. Стебла при цьому способі зрізаються, подрібнюються і розкидаються по полю для наступного заробляння в ґрунт.

В зв'язку з цим, машини які, застосовуються для збирання тільки зернової частини урожаю, прості по конструкції, маневрені, ніж машини, що збирають весь біологічний урожай, значно менш метало і енергомісткі. В основному використовуються збирачі очищувачі качанів (пікер-хескер) або збирачі обмолочувачі качанів (пікер-шеллер) [57,60.].

Широке застосування за кордоном отримав збирач очищувач качанів (пікер- хескер) "Джон-Дір,, (США). Причіпна машина, призначена для збирання стиглої кукурудзи в качанах з одночасним очищенням їх від обгорток (рис . 1.1) Комбайн складається із двох частин: ходової частини з качаноочисним пристроєм і змінних потокових приставок: двохрядний (модель 243) і трьохрядний (модель 343). В конструкції машини закладена можливість регулювання приставки на задану ширину міжрядь шляхом перестановки качановідокремлювальних апаратів і щитків русел на поперечній балці.

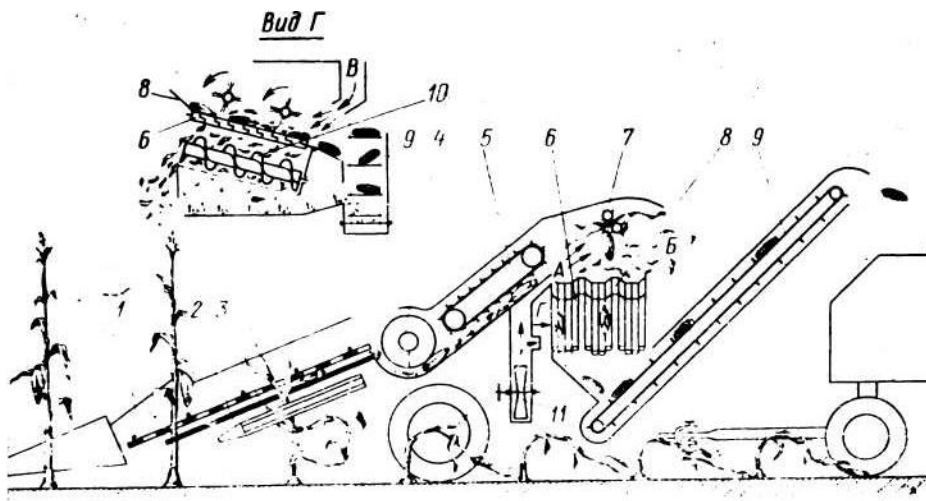


Рис.1.1. Схема технологічного процесу збирача –очисника „Джон-Дір-300“.

.1 - подаючі ланцюги; 2-протягуючі вальці; 3-стріперні пластини; 4-поперечий шнек качанів; 5-похилий транспортер качанів; 6-очисні вальці; 7-стебловловлювачі; 8-скатна дошка; 9- елеватор очищених качанів; 10-транспортер обгорток; 11-вентилятор очищення.

Агротехнічна оцінка машини, проведена на Південноукраїнській МВС [42,57] показала, що збирач-очишувач "Джон-Дір-300" за основними якісним показниками знаходиться на високому рівні. Так, при робочій швидкості руху до 5 км/год втрати зерна досягають 4%, зокрема качанами на повалених приставкою стеблах - біля 1,5%.

Як і інші пікерні машини, збирач-очишувач „Джон-Дір-300“не знайшов застосування в Україні, оскільки не збирає листостеблову масу.

Із збирачів - обмолочувачів (піккер-шеллер), можна виділити французьку самохідну машину "Рівер-Казалі", що комплектується трьох або чотирьохрядною пікерною приставкою з похилою камерою і молотаркою з двохбарабанним молотильним апаратом (рис.1.2). Машина самохідна, призначена для збирання стиглої кукурудзи з обмолотом качанів. Стебла кукурудзи залишаються на полі не зрізаними [57,60,61].

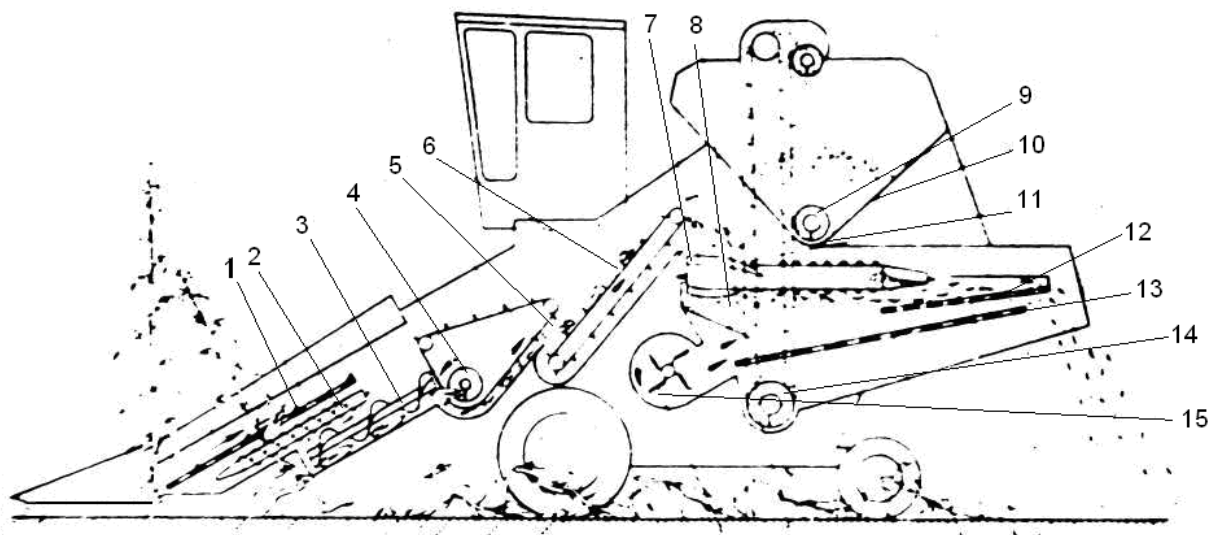


Рис. 1.2. Схема технологічного процесу збирача -обмолочувача "Рівер-Казалі":

1-подаючі ланцюги; 2-відривні вальці; 3-шнекові транспортери; 4-поперечний шнек; 5-скребковий транспортер; 6-елеватор молотарки; 7-молотильний апарат; 8-пруткова дека; 9-вигрузний шнек; 10-бункер; 11зерновий елеватор; 12,13-решета очистки; 14-зерновий шнек; 15-вентилятор.

До особливостей конструкції, які заслуговують на увагу можна віднести оригінальність технологічного виконання пікерних відривних вальців зварної конструкції. Вони виготовлені з циліндричних труб з привареними на робочій поверхні литими секціями гвинтових ребер і кулачків. Довжина відривних вальців (один довгий інший короткий в парі) -1370 і 1275 мм, кут нахилу до горизонту 30°. Над вальцями розташовані подаючі ланцюги з лапками, по два контури в руслі.

Проведені випробування, показали, що збирач-обмолочувач "Рівер-Казалі" має відносно високі агротехнічні і експлуатаційні показники роботи, володіє високою маневреністю, зручний в роботі. Так, при робочій швидкості до 6 км/год і подачі зерна близько 2 кг/с, втрати зерна досягали в середньому 2% [57,43]. Він не знайшов застосування в Україні, оскільки стебла не збираються.

У розвинутих зарубіжних країнах широкого застосування знайшли приставки до зернозбиральних комбайнів для збирання тільки зернової частини кукурудзи. Це дає можливість значно підвищити річне завантаження

зернозбиральних комбайнів, збільшити терміни їх річного завантаження, а також продуктивність за рахунок ширини захвату.

У всіх машинах цього сімейства, незалежно від того чи зрізуються стебла і подаються в молотильний апарат разом із качанами або качани відділяються без зрізування стебел, листостеблова маса подрібнюється і розкидається по полю.

У принципово нових комбайнах "Аксіаль Флоу" моделей 1440, 1460, 1480 американської фірми Інтернейшл Харвестер, при збиранні кукурудзи-стебла не зрізуються, а в подрібненому виді залишаються на полі [62]. Це досягається застосуванням в качановідокремлювальному апараті протягувальних вальців, які виконують функцію подрібнювача стебел (рис. 1.3).

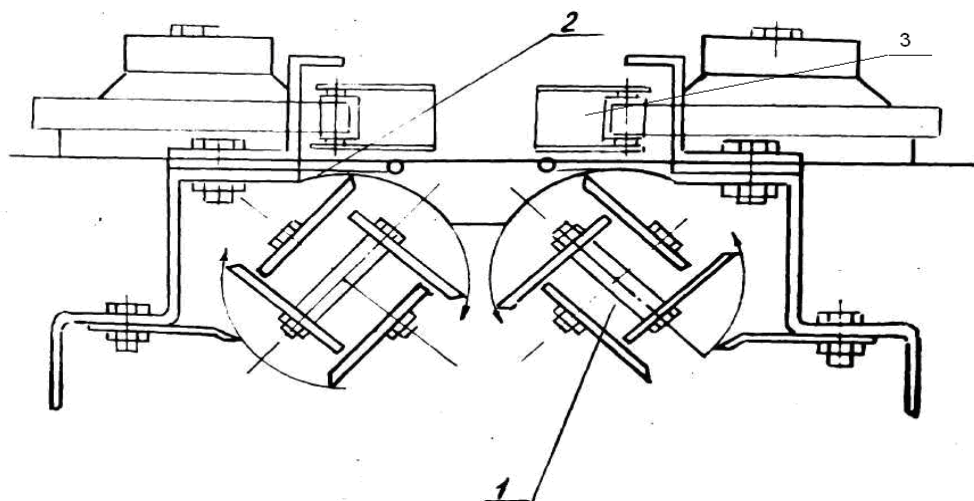


Рис .1.3. Схема качановідокремлювального апарата фірми "Інтернейшл Харвестер"

1-протягуючі вальці; 2-стріперні пластини; 3-подаючі ланцюги

В останні роки, у зв'язку з недостатком грубих кормів, загальнонаціональна конференція американських учених рекомендувала господарствам зон вирощування кукурудзи, використовувати в якості грубих кормів стебла стиглої кукурудзи [17].

### 1.3. Аналіз технології і засобів механізації для збирання кукурудзи

Технологічний процес збирання всього біологічного врожаю кукурудзи складається з шести основних операцій: зрізування стебел, відділення качанів від обгорток або обмолот качанів, подрібнення стебел, збирання очищених качанів або обмолоченого зерна в транспортні засоби або бункери комбайнів, збирання листостеблової маси в транспортні засоби.

Залежно від зон вирощування і використання кукурудзи, існує декілька технологічних схем збирання: 1- в качанах, з подальшим доопрацюванням їх на стаціонарі; 2- в качанах, з одночасним очищенням їх в полі; 3- з обмолотом качанів; 4- в качанах для отримання зерно – стержневої маси.

В даний час збирання всього біологічного врожаю кукурудзи, а зернової її частини - в качанах з одночасним їх очищенням, є основним для зон виробництва цієї культури в Україні. В останні роки, у зв'язку з впровадженням у виробництво ранньостиглих гібридів, а також гібридів середньостиглих груп з швидким висиханням зерна, великого поширення набуває технологічна схема збирання кукурудзи з одночасним обмолотом качанів, що дозволяє підвищити продуктивність на 10 - 15%, понизити витрату палива на 70 - 80% і в 1,8 - 2 рази скоротити витрати праці на післязбиральній обробці зерна [25,15].

Для збирання всього біологічного врожаю кукурудзи, застосовуються кукурудзозбиральні комбайни і приставки до зернозбиральних комбайнів, що здійснюють одночасно збирання зернової і не зернової частини урожаю. Отже, ці машини складніші по конструкції, ніж машини, призначені для збирання тільки зернової частини, мають значно більшу метало і енергоємність, так на зрізування і подрібнення стебел витрачається близько 40% споживаної машиною потужності [11,12]. Їх складність полягає в тому, що необхідно за один прохід зібрати з поля два різні продукти - качани і листостеблову масу. При цьому, качани повинні бути очищені від обгорток або обмолочені на зерно, а стебла і листя подрібнені для силосування.



Перші машини для збирання всього біологічного врожаю з'явилися в 60 роках. До них відносяться: комбайн УКСК-2,6, розроблений ВІСХОМом і заводом Гомсільмаш на базі СК-2,6, призначений для збирання всіх силосних культур і стиглої кукурудзи на зерно в качанах без її очищення від обгорток; комбайн КУ-2А, розроблений заводом Ростсільмаш і ВІСХОМом, призначений для збирання стиглої кукурудзи в качанах (без їх очищення); комбайн ККХ-3, розроблений Херсонським комбайновим заводом, призначений для збирання стиглої кукурудзи в качанах без її очищення.

Відмінною рисою цих комбайнів що використовувалися, є те, що вони не мали качаноочисних апаратів, чим і спрощувалася їх конструкція, нижчими були показники матеріало і енергоємності. Розвиток конструкції комбайнів першого покоління показує еволюцію конструкцій основних робочих органів і їх загальної компоновки на машині. Так, в комбайні УКСК-2,6 застосована жнивварка суцільного зрізування, в конструкцію якої входить планчате мотовило, яке приводило до збільшення втрат зерна в качанах, а також качановідокремлювальний апарат з горизонтальними вальцями і вільним введенням стебел, який відрізняється підвищеною травмованістю качанів і їх втратою. У комбайні КУ-2А застосовується вже жнивварка русельного типу, яка надалі стала домінуючою. Качановідокремлювальний апарат застосовувався з обмеженою свободою введення стебел в повздовжні похилі вальці, що відрізняється покращеними показниками якості роботи, меншими втратами, але конструкція його в порівнянні з комбайном УКСК-2,6 значно ускладнилася.

У комбайні ККХ-3 жнивна частина-русельного типу, а качановідокремлювальний апарат з примусовим введенням стебел у вертикальні відривні вальці, який мав вищу надійність технологічного процесу.

Слід також відзначити, що конструкції комбайнів першого покоління дозволяли застосовувати для зрізування рослин кукурудзи сегментний різальний апарат.

Досвід застосування вище перелічених комбайнів був основою для розробки і розвитку конструкції комбайнів сімейства "Херсонєць-7".

Конструкція машини розроблена на Херсонському комбайновому заводі. Комбайн (рис.1.4.) є дворядною причіпною кукурудзозбиральною машиною, яка призначена для збирання стиглої кукурудзи на зерно з одночасним очищенням качанів від обгортки, і зрізуванням, подрібненням і збиранням подрібненої маси в транспортні засоби [18,5].

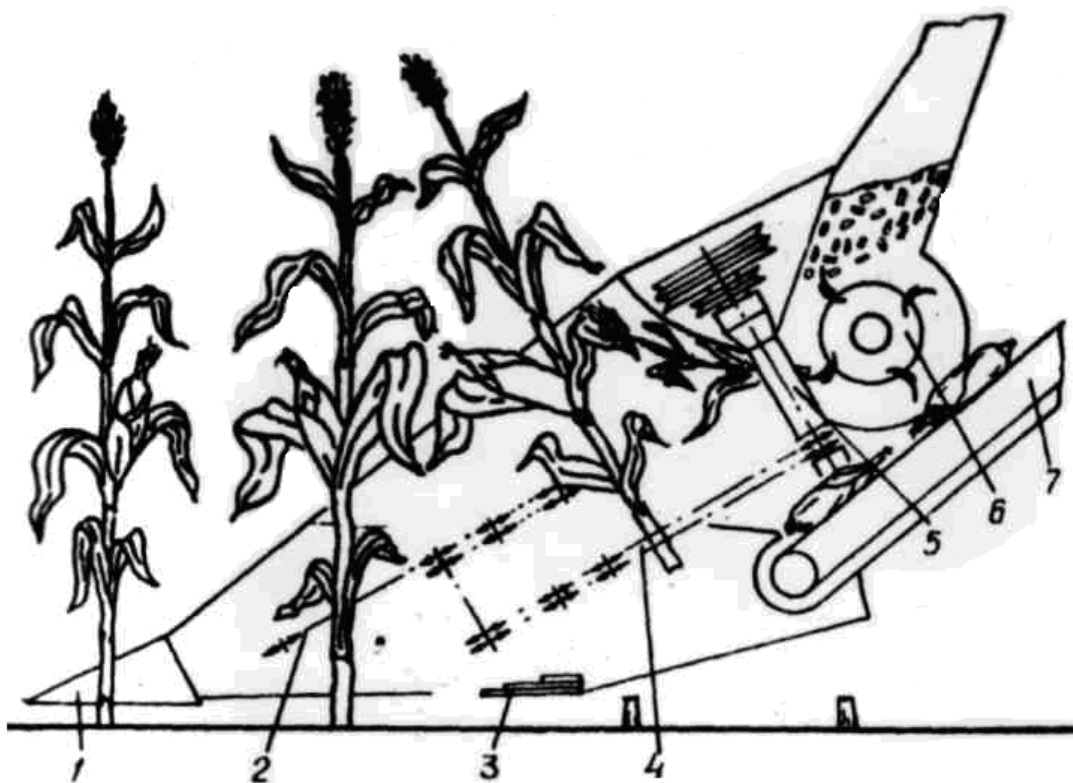


Рис.1.4. Схема жнивної частини комбайна "Херсонець-7":

1-миси; 2-стеблороздвіжні ланцюги; 3-різальний апарат; 4-подаючі ланцюги; 5-качановідривний апарат; 6 подрібнювальний апарат; 7-транспортер.

Крім очищувача качанів, який зумовив значні переваги комбайнів "Херсонець-7" слід виділити і те, що на цьому комбайні по аналогії із старими машинами встановлений сегментний різальний апарат. Це вигідно відрізняє його від сучасних кукурудзозбиральних машин. В принципі, сегментний різальний апарат, маючи недоліки чисто конструктивні, динамічні, які, характеризують його як механізм; має і незаперечні переваги в технологічному плані: якість зрізування; низькі швидкості різання; низька енергоємність, мінімальні ударні зусилля [2].

На різних стадіях розробки вітчизняних комбайнів з піккерними качановідривними апаратами ставилося завдання скорочення вилущування і втрат зерна, а також створення конструкцій, в яких суміщена робота качановідривних і різальних апаратів для збирання всього біологічного урожаю.

В ході розробки машин нового покоління розроблялись конструкції жатної частини трьох варіантів:

1-поточкова шестирядна з качановідокремлювальним апаратом піккерного типу з кулачковими вальцями і сегментним різальним апаратом (рис.1.5.)конструкції УНДІМЕСГ;

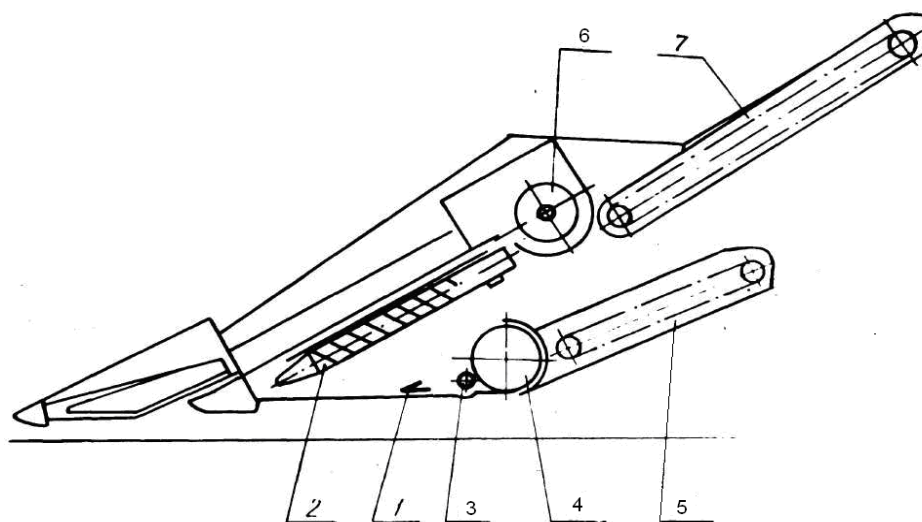


Рис.1.5. Схема жниварки 1-го типу

1-сегментний різальний апарат; 2-відривні вальці; 3-бітер; 4-шнек стебел; 5,7-транспортери; 6-шнек качанів.

2- рядкова шестирядна з піккерно - стріперним качановідокремлювальним апаратом і бітерним зрізувально-подрібнювальним пристроєм (рис.1.6.) конструкції ГСКБ ПО "Херсонський комбайновий завод";

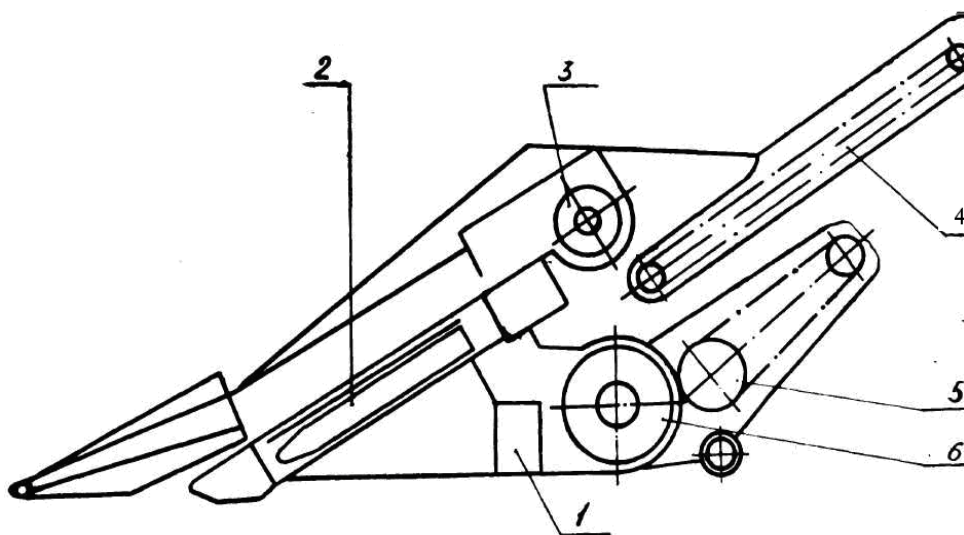


Рис.1.6. Схема жнивarki 2-го типу

1-різально подрібнювальний апарат; 2-качавідривний апарат; 3-шнек качанів; 4,5-транспортери; 6-шнек стебел.

3- рядкова шестирядна з піккерно-стріпперним качановідокремлювальним апаратом і роторним зрізу вальним -подаючим апаратом (рис. 1.7.) конструкції ГСКБ ПО "Херсонський комбайновий завод".

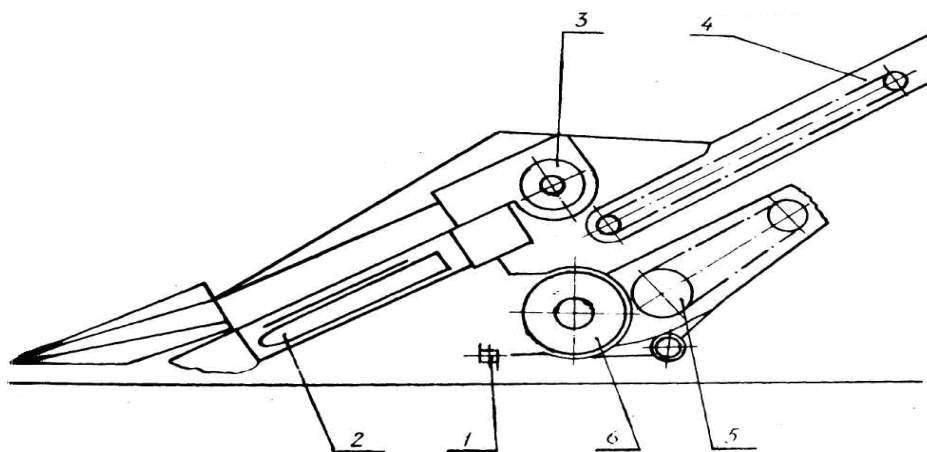


Рис1.7. Схема жатки 3-го типу

1-різальний апарат; 2-качановідокремлювальний апарат; 3-шнек качанів; 4,5-транспортери; 6-шнек стебел.

Випробування показали [8,9,11,12], що жнивна частина першого типу відрізнялася вкрай низькою технологічною надійністю.

Розміщення сегментного різального апарату безпосередньо перед шнеком в зоні завершального протягування стебел призводить до того, що останній через

відсутність подаючого механізму (мотовило, подаючі ланцюги) не забезпечували якісного зрізування, велика частина стебел залишалася на полі не зрізаними. Протягувальні вальці кулачкового типу функцію подаючого механізму, як це передбачалося при розробці, не виконували.

Окрім зрізування стебел, різальний апарат в даній схемі повинен виконувати функцію передачі зрізаної маси в шнек стебел, але, через свою пасивність, сегментний різальний апарат накопичує зрізані стебла перед собою. Установка одного бітера за брусом різального апарату, який повинен закидати масу в шнек, приводила до намотування на нього стебел і забивання жнивної частини. Надалі ця конструкція розвитку не отримала.

Поєднання бітерного зрізувально-подрібнювального пристрою з піккерно-стріперним качановідокремлювальним апаратом приводило до значного збільшення металу і енергоємності, ускладнення конструкції і приводів машин, а також його відрізняла низька технологічна і експлуатаційна надійність. Через це, різальний апарат не знайшов застосування в сучасних кукурудзозбиральних машинах. Роторний різальний апарат з горизонтально розташованим різальним барабаном відрізняє простота конструкції і регулювань, обертальний рух ножів і активна дія їх на стебла при зрізі і передачі на шнек, висока технологічна і експлуатаційна надійність роботи.

Ці показники роботи роторного різального апарату в сукупності з піккерно-стріперним качановідокремлювальним апаратом послужили головним аргументом що визначив його використання на протязі великого проміжку часу в сучасних вітчизняних комбайнах КСКУ-6 і ККП-3, приставках до зернозбиральних комбайнів ППК-4-03, КМД-6, КММ-6.

Використання піккерно-стріперних качановідокремлювальних апаратів, дозволяє значно поліпшити такі показники роботи, як дробленість зерна, поломки качанів, втрати зернової частини урожаю за жнивваркою. Збільшується пропускна здатність качановідокремлювального апарату на 78% [3,16].

Проте, разом з цим, машинами нового покоління були значно погіршені, порівняно з комбайном "Херсонєць-7" з традиційним сегментним різальним апаратом, такі показники, як висота зрізування стебел, повнота збору листостеблової маси і енергоємність зрізу. Так, середня висота зрізування стебел роторним різальним апаратом перевищує 22 см, що приводить до втрат до 20% листостеблової маси. Хоча нижні частини стебел не представляють якої-небудь кормової цінності, але висока стерня небажана і з погляду післяжнивного заробітку залишків, що кінцевому результату негативно впливає на якість посіву і врожайність наступних культур. Застосування в машинах нового покоління роторного різального апарату привело до значного збільшення енергоємності. Так, при збільшенні пропускної здатності жнивarki на 1 рядок захоплення в 1,8 разів, питома енергоємність різального апарату зросла в 7,6 разу, а на одиницю загальної подачі - в 10 разів порівняно з сегментним різальним апаратом. Виходячи з вище викладеного, доцільним є використання спільно з піккерно-стріперними качановідокремлювальними апаратами традиційних сегментних різальних апаратів.

#### 1.4 Аналіз відомих пристроїв для спільної роботи піккерно-стріперного качановідокремлювального і сегментного різального апаратів

За принципом дії всі пропоновані машини, що виконані за різними схемами і містять в сукупності сегментний різальний апарат і піккерний качановідокремлювальний апарат, можна умовно розділити на дві групи: 1 - робочі органи, що не містять, пристосувань для відбирання листостеблової маси від різального апарату і передачі їх в транспортуючі органи; 2 - забезпечені такими додатковими пристроями.

Прикладом машин 1-ої групи є конструктивна схема (рис.1.8), в якій як робочий орган для збирання листостеблової маси пропонувалося використовувати шнек, а різальний апарат сегментного типу кріпити безпосередньо до кожуха шнека.

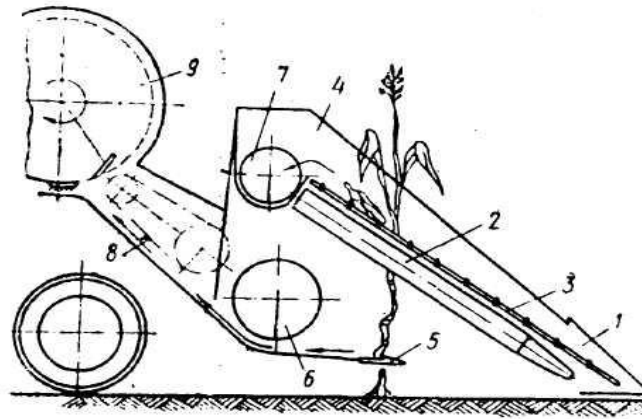


Рис.1.8. Схема жатної частини 1-ї групи

1-дільник; 2-вальці для відривання качанів; 3-подаючі ланцюги; 4-капот; 5-різальний апарат; 6-шнек стебел; 7-шнек качанів; 8-ланцюгово –планчатий транспортер; 9-барабан подрібнювача

Машина, що працює за такою конструктивною схемою, досліджувалась ГКБ ПО "Херсонський комбайновий завод" [19], але виявилася непрацездатною. Через відсутність подаючого механізму і стану стебел після протягування їх вальцями качановідокремлювального апарату, різальний апарат не забезпечував якісного зрізу, забивався. Зрізані стебла в шнек не передавалися, а скупчувалися перед різальним апаратом. В зв'язку з цим, така конструктивна схема не була застосована.

Аналогічна розробка (рис. 1.9), метою якої було поліпшення копіювання рельєфу поля і зменшення втрат урожаю при сході маси з різального апарату. У цій конструктивній схемі пропонувалася установка різального апарату на шарнірно закріпленому на рамі днищі кожуха шнека, яке забезпечене копіром. Цій конструкції властиві ті ж недоліки, що і в схемі (рис.1.8).

Машини 2 групи за типом застосованих додаткових робочих органів для відбору листостеблової маси від різального апарату і передачі їх в транспортуючі органи можна умовно розділити на два типи: 1-транспортерного; 2 -бітерного.

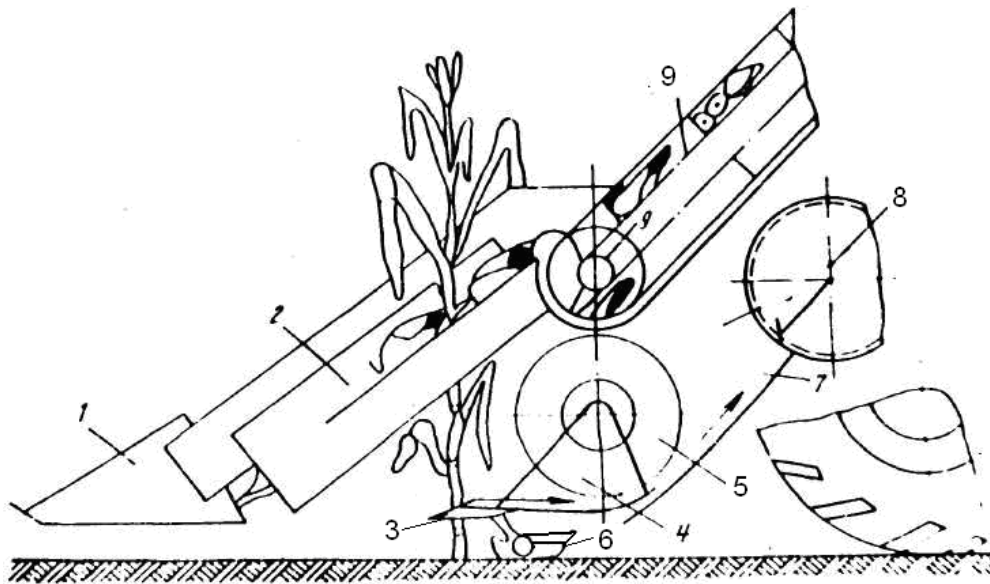


Рис.1.9. Схема жатної частини з шарнірно-закріпленим днищем шнека

1-дільник; 2-качановідокремлювальний апарат; 3-різальний апарат; 4-днище; 5-шнек; 6-копір; 7-похила камера; 8-подрібнювальний барабан; 9-шнек качанів.

Прикладом машин першого типу є дослідний кукурудзозбиральний комбайн "Качан – 2 ". Пізніше ГСКБ ПО "Херсонський комбайновий завод" була розроблена конструктивно-технологічна схема в якій застосована зубчата гумова стрічка, що сприяло підвищенню швидкості її руху, а для поліпшення орієнтації кореневої частини стебла до середини транспортера на зовнішній поверхні транспортуючої стрічки встановлені дугоподібні рифи, обернені вгнutoю частиною в сторону руху (рис.1.10). Змінені параметри транспортера, проте дана схема не була робоздатна.

Конструктивна схема (по а.с №973064), яка відноситься до машин 2-го типу по розташуванню робочих органів схожа на конструкцію кукурудзозбиральних комбайнів КСКУ-6 (рис.1.5) які проходили випробування. Цій схемі притаманні вище згадані недоліки.



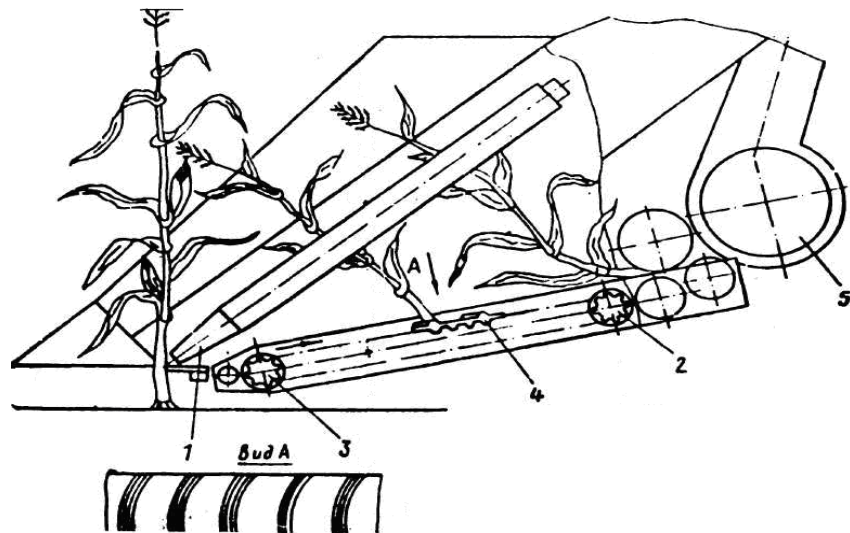


Рис.1.10. Схема жатної частини з додатковим пристроєм для відбирання зрізаної маси транспортерного типу

1-пiккернi вальцi; 2-ведучий привiдний елемент ; 3-ведений привiдний елемент; 4-транспортуючий орган; 5-подрiбнювач.

### Висновки

1. На вiдмiну вiд технологiй, що застосовуються за кордоном, на Украiнi прийнята технологiя збирання всього бiологiчного урожаю кукурудзи.

2. Засоби механiзацiї, якi застосовуються в даний час за кордоном для збирання кукурудзи на зерно, не придатнi для вiтчизняного сiльськогосподарського виробництва, оскiльки не збирають листостеблову масу.

3. Сучаснi вiтчизнянi комбайни, оснащенi пiккерно-стриперними качановiдокремлювальними апаратами, значно полiпшили такi агротехнiчнi показники, як повнота збирання зернової частини урожаю, понизили подрiбнення та вилущування зерна. Але, разом з цим, застосування роторного рiзального апарату погiршило такi показники, як висота зрiзування стебел, повнота збирання листостеблової маси, привело до пiдвищення енергоємностi процесу зрiзування стебел.

4. Значне полiпшення агротехнiчних показникiв за якiстю зрiзування i збирання листостеблової маси, зниження енергоємностi процесу зрiзування

стебел, може бути отримано шляхом застосування сегментного різального апарату спільно з піккерно-стріперним качановідокремлюваним апаратом.

5. Розроблені і випробувані раніше конструктивно-технологічні схеми, що дозволяють сумістити роботу піккерно-стріперного качановідокремлюваного і сегментного різального апаратів, виявилися непрацездатними через наявні недоліки конструкції і недоліки теоретичного обґрунтування їх основних параметрів.

6. На даний час теоретичні дослідження спільної роботи піккерно-стріперного качановідокремлювального і сегментного різального апаратів проведена недостатньо, а в літературі відсутні конкретні рекомендації по розробці конструктивної схеми різально-транспортуючого пристрою жнивarki піккерного типу.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ ПІККЕРНО-СТРІПЕРНОГО КАЧАНОВІДОКРЕМЛЮВАДЬНОГО І СЕГМЕНТНОГО РІЗАЛЬНОГО АПАРАТІВ

2.1. Гіпотеза щодо конструктивних можливостей сумісної роботоздатності сегментного різального і піккерно стріперного качановідокремлюваного апаратів

Аналіз відомих конструктивно-технологічних схем, що забезпечують сумісну працездатність піккерно-стріперного качановідокремлювального і сегментного різального апаратів, показав, що непрацездатність схем, що раніше розроблялися і досліджених в ході пошукових експериментів, можна пояснити недостатнім теоретичним обґрунтуванням особливостей технологічного процесу і кінематичних розрахунків.

До теперішнього часу проведені теоретичні дослідження, зокрема Н.Е.Резнікова [25,27], П.П.Карпуші, Л.І.Анісімової [2], і інших, присвячувалися або теоретичному обґрунтуванню процесу зрізування сегментними різальними апаратами, або процесу протягання стебел піккерними вальцями.

Так, в роботах Н.Е.Резніка [15,16], детально вивчені процеси зрізування стебел, подачі їх на транспортуючі пристрої за допомогою мотовила, дослідження Л.І.Анісімової [2], присвячені переміщенню стебел в рядкових жнивварках за допомогою подаючих ланцюгів. У окремих дослідженнях вивчалася робота мотовила, процес безпідпального зрізування ротаційним різальним апаратом [5,6]. Дослідженню процесу протягування стебел піккерними вальцями, присвячені роботи Анісімової Л.І. [2], Карпуші П.П.

Специфічні особливості фізико-механічних властивостей стебел кукурудзи, протягнутих вальцями качановідокремлюваного апарату у поєднанні з вимогами до процесу зрізування стебел зумовили мету даних досліджень, а саме:

теоретичне обґрунтування конструктивно-технологічної схеми зрізувально-транспортуючого пристрою, що володіє надійністю, високою продуктивністю і забезпечує спільну роботу піккерно-стріперного качановідокремлювального і сегментного різального апаратів.

Ефективна і надійна робота конструктивно-технологічної схеми зрізувально-транспортуючого пристрою можлива при дотриманні наступних умов [14]:

- різальний апарат необхідно розміщувати на початку стебло-протягувальних вальців, оскільки після протягання стебла набувають вигляду хаотичного вороху, що ускладнює процес зрізування і приводить до втрат листостеблової маси;

- між шнеком стебел і сегментним різальним апаратом доцільно встановлювати не стрічковий, а бітерний транспортер, причому слід розташовувати не менше двох бітерів, оскільки один бітер схильний до намотування стебел, а якщо різальний апарат змонтувати безпосередньо перед шнеком, то через недостатню своїй активності він забивається;

- площину різання апарату необхідно розташовувати вище осі обертання подаючого бітера;

- подаючий бітер повинен бути активним для ефективного відведення стебел від різального апарату, а стебло-відбійний бітер менш активним і більшого діаметру, що створює сприятливі умови для сходу стебел в шнек;

- для орієнтації комлевої частини стебел по напрямку руху, поверхня бітерів повинна бути рифленою, причому подаючого бітера активнішою, ніж стебло-знімального відбійного бітера.

## 2.2 . Теоретичний аналіз основних зон технологічного процесу зрізування і переміщення стебел

Технологічний процес роботи нового зрізувально-транспортуючого пристрою характеризується шістьма зонами (рис.2.1.).

Перша зона  $l_1$ -орієнтації стебла мисами і захоплення його протягувальними вальцями.

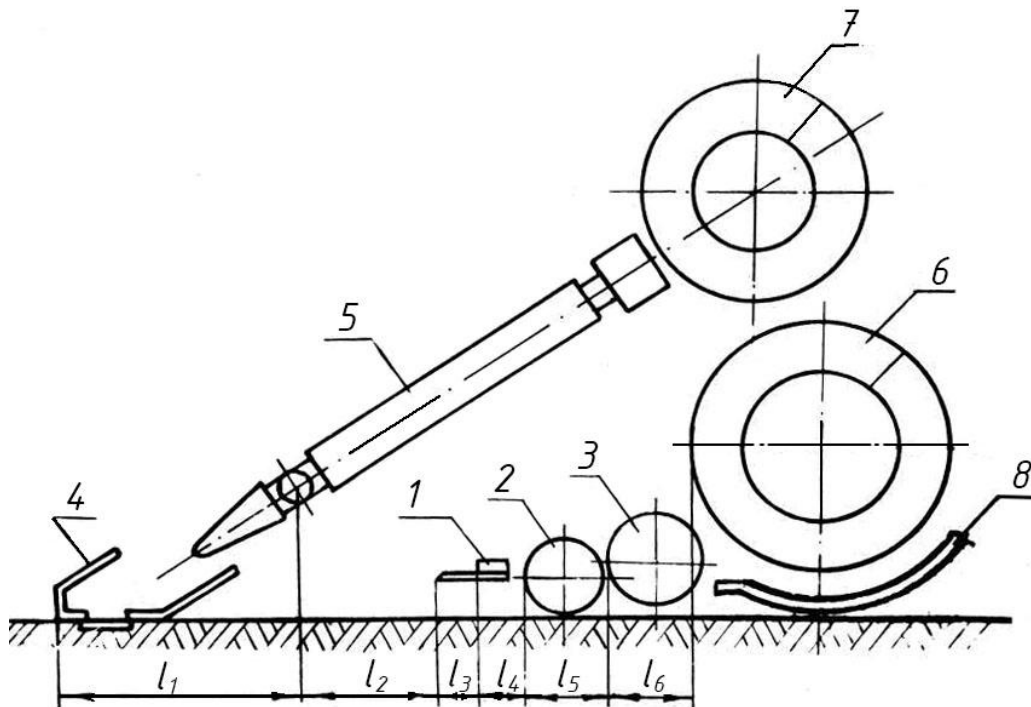


Рис.2.1. Схема різально - транспортуючого пристрою.

1-Ніж різального апарату; 2-подаючий бітер; 3-стеблоснімний відбійний бітер; 4-рама русла; 5-стеблупротягуючий валець; 6-шнек стебел; 7-шнек качанів; 8-піддон шнека стебел.

В основу теоретичного аналізу цієї зони дії на стебло, можна покласти дослідження П.П.Карпуші, Л.І.Анісімової[2], які встановили, що надійність протікання технологічного процесу в цій зоні залежить від вологості, пружності стебел, кінематичних параметрів протягуючих вальців, швидкості руху комбайна, що і враховується при проектуванні піккерно-стріперного качановідокремлюваного апарату. В результаті дії корпусу комбайна на стебло, матиме місце незначне відхилення стебла по ходу комбайна, що

впливає на висоту зрізування, але в подальших дослідженнях цією величиною, а також ступенем природного відхилення стебел можна нехтувати.

Друга зона  $l_2$ -початок протягання стебла до упору його в різальний апарат. Питання захоплення і протягування стебел рифленими вальцями досить широко вивчені П.П.Карпушою зокрема, досліджений процес взаємодії стебел і протягувальних вальців залежно від фізико-механічних властивостей стебел і параметрів робочих органів, отримана залежність для визначення швидкості протягування стебел рифленими вальцями:

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

де  $z$ - кількість рифів;

$n$  - частота обертання вальців;

$R$ - радіус вальців по рифах;

$a$  - міжцентрова відстань між вальцями;

$\alpha$  - граничний кут нахилу ділянки стебла, затисненого між рифами вальців, який визначається із залежності:

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

де  $b$ - товщина шару стебел стиснутого між вальцями;

$t$ - товщина рифів.

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

де  $\Delta_p$ - перекриття рифів;  
 $d_{ст}$  - діаметр стебла;  
 $\gamma$ - центральний кут між рифами;  
 $\varphi_0$ - кут тертя.

Величина швидкості протягування має визначальне значення на якість відділення качанів, а також впливає на розміщення різального апарату і якість його роботи.

Третя зона  $l_3$ - зрізування стебла, від моменту упору стебла в різальний апарат до втрати зв'язку його із землею. Виходячи з теорії різання сегментним різальним апаратом[5,6,11,16,], можна визначити швидкість різання, а також її залежність від швидкості руху комбайна. Надійність протікання технологічного процесу в цій зоні залежить також від типу різального апарата, режимів його роботи, що визначалося експериментальним шляхом.

Четверта зона  $l_4$ - просування стебла після зрізування до подаючого бітера. Тут на стебло впливають тільки протягувальні вальці що частково поступають на різальний апарат. Зважаючи на незначну протяжність цієї зони, вона не робить певного впливу на роботу різально-транспортуючого пристрою, тому її розгляд цим можна обмежити.

П'ята і шоста зона  $l_5-l_6$  дії на стебло подаючого і стебло-знімного відбійного бітерів. Надійність протікання технологічного процесу в цих зонах залежить від залишкової пружності стебел, величини сили тертя стебел, кінематичних параметрів бітерів, які слід обґрунтувати в подальших дослідженнях.

Виходячи з теоретичного аналізу основних зон технологічного процесу і переміщення стебел, ми встановили, що в ході теоретичних досліджень необхідно обґрунтувати такі конструктивні параметри різально-транспортуючого пристрою, які роблять визначальний вплив на показники якості виконання технологічного процесу, а саме: граничне положення різального апарату щодо протягуючих вальців качановідривного апарату,

діаметру і швидкісного режиму подаючого і стебло-знімного відбійного бітерів, динамічні чинники в зоні дії на стебла транспортуючих бітерів.

### 2.3. Визначення граничного положення різального апарату

Оптимальне розміщення різального апарату різально-транспортуючого пристрою відносно протягуючих вальців впливає як на якість зрізування, на величину втрат листостеблової маси.

Тут слід виділити два істотні моменти:

- по-перше: стебло не повинно втрачати зв'язку із землею до моменту надійного захоплення його протягуючими вальцями, інакше матиме місце відштовхування зрізаних стебел від робочих органів качановідокремлювального апарату, що зрештою приводить до втрат урожаю;

-по-друге: для поліпшення якості зрізування різальний апарат необхідно розміщувати якомога ближче до початку протягання стебел, коли вигинання стебла під дією протягувальних вальців не перешкоджає процесу зрізування.

Виходячи з цього, а також враховуючи варіювання розмірних параметрів стебел кукурудзи, можна виділити два граничні положення різального апарату:

- перше граничне положення: момент початку протягування стебел з максимальним діаметром співпадає з моментом упору стебла в різальний апарат;

- друге граничне положення: момент початку протягування стебел з мінімальним діаметром співпадає з моментом упору стебла в різальний апарат.

Аналізуючи ці положення різального апарату з точки зору підвищення надійності протікання технологічного процесу качановідокремлювання переважає друге граничне положення, так як тут гарантовано захоплення стебел з мінімальним діаметром, тобто виключені повністю втрати стебел з качанами. Але в цьому випадку стоїть питання про величину прогинання стебел з максимальним діаметром в результаті протягування їх вальцями до моменту



зрізування, що може перешкоджати процесу зрізування збільшувати висоту стерні і втрати листостеблової маси.

В даному випадку на величину прогинання впливатиме приріст довжини за рахунок протягування стебла за час від моменту захвату його протягуючими вальцями до моменту початку зрізування (рис.2.2):

$$\Delta l = l'_{ст} - h', \quad (2.4)$$

де  $l'_{ст}$ -довжина стебла від поверхні поля до точки захоплення його протягувальними вальцями у момент зрізування;

$h'$ -відстань від поверхні поля до точки захоплення протягуючими вальцями у момент зрізування.

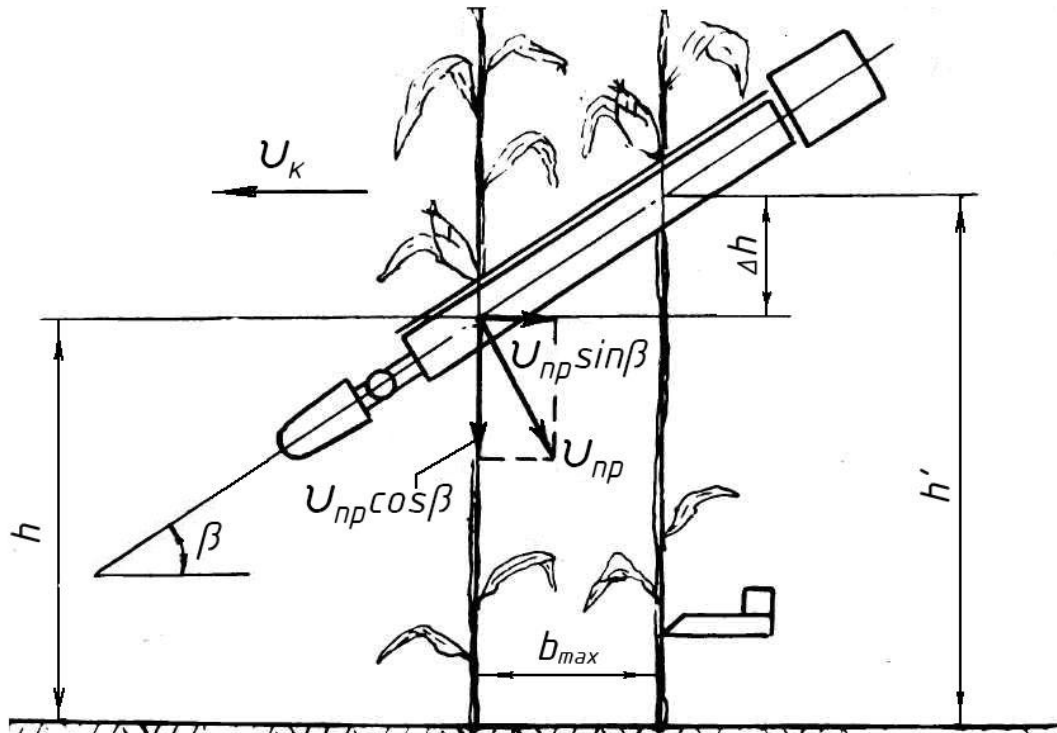


Рис.2.2. Схема до визначення умовного подовження стебла  $\Delta l$

Вважаємо, що  $l'_{ст}$  і  $h'$  у момент захоплення стебла протягуючими вальцями співпадають. Але, в результаті того, що кожна точка стебла після захоплення його протягуючими вальцями здійснює складний рух: відносний із швидкістю протягування  $V_{пр}$  переносний із швидкістю руху комбайна  $V_{к}$ , за час  $t_{пр}$  - проходження другої зони технологічного процесу, матиме місце відхилення  $l'_{ст}$  від  $h$  на величину  $\Delta l$ , яка визначиться, як:

$$\Delta l = l_{\text{пр}} - \Delta h, \quad (2.5)$$

де  $l_{\text{пр}}$  - довжина протягнутого стебла за час  $t_{\text{пр}}$ ;

$\Delta h$  - зміна відстані точки захоплення стебла вальцями від поверхні поля по висоті, в результаті нахилу вальців на кут  $\beta$  до горизонту.

Величина  $\Delta h$  залежить від швидкості руху комбайна до горизонтальної швидкості  $V_{\text{пр}}$  що становить:

$$\Delta h = (V_k - V_{\text{пр}} \sin \alpha) \cdot \text{tg} \beta \cdot t_{\text{пр}} \quad (2.6)$$

Тут ми нехтуємо:

- пробуксовуванням стебел щодо протягуючих вальців;
- ступенем природного відхилення стебла;
- величиною переорієнтації стебла вальцями від вертикального положення, оскільки визначаємо мінімальну величину  $b_{\text{max}}$  і час  $t_{\text{пр}}$  буде незначним.

Тоді, враховуючи, що  $l_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cos \beta \cdot t_{\text{пр}}$ , підставимо у вираз (2.5) і отримаємо:

$$\Delta l = V_{\text{пр}} \cos \beta \cdot t_{\text{пр}} - (V_k - V_{\text{пр}} \sin \beta) \cdot \text{tg} \beta \cdot t_{\text{пр}} = (V_{\text{пр}} \cos \beta + V_{\text{пр}} \sin \beta \text{tg} \beta) t_{\text{пр}}$$

Замінивши  $\text{tg} \beta$  на  $\frac{\sin \beta}{\cos \beta}$ :

$$\Delta l = V_k \cdot t_{\text{пр}} \cdot \left[ \frac{V_{\text{пр}}}{V_k} \cdot \frac{\cos \beta^2 + \sin^2 \beta}{\cos \beta} - \frac{\sin \beta}{\cos \beta} \right]. \quad (2.7)$$

Підставивши у вираз (2.7) замість  $\cos \beta^2 + \sin^2 \beta = 1$ , і, ввівши замість відношення  $\frac{V_{\text{пр}}}{V_k} = \lambda$  - показник кінематичного режиму роботи протягуючих вальців,

отримаємо вираз:

$$\Delta l = V_k \cdot t_{\text{пр}} \cdot \left[ \frac{\lambda - \sin \beta}{\cos \beta} \right]. \quad (2.8)$$

Час протягування можна визначити з виразу:

$$t_{np} = \frac{b_{max}}{V_k}, \quad (2.9)$$

де  $b_{max}$  граничне положення різального апарату відносно протягуючих вальців відстань різального апарата по горизонталі від точки початку протягування стебел з максимальним діаметром.

Підставивши у вираз (2.8) замість  $t_{np}$  його значення (2.9), отримаємо:

$$\Delta l = b_{max} \cdot \left[ \frac{\lambda - \sin \beta}{\cos \beta} \right]. \quad (2.10)$$

або

$$b_{max} = \Delta l \frac{\cos \beta}{\lambda - \sin \beta}. \quad (2.11)$$

З певним ступенем точності  $b_{max}$  можна визначити, скориставшись схемою (рис.2.3).

$$\text{Тут } \Delta d = d_{max} - d_{min}, \quad (2.12)$$

де  $d_{max}$  - максимальний діаметр стебла;

$d_{min}$  - мінімальний діаметр стебла.

$$b_{max} = \frac{\Delta d \cdot \cos \beta}{\sin \gamma}, \quad (2.13)$$

де  $\beta$  - кут нахилу вальців до горизонту;

$\gamma$  - центральний кут між рифами

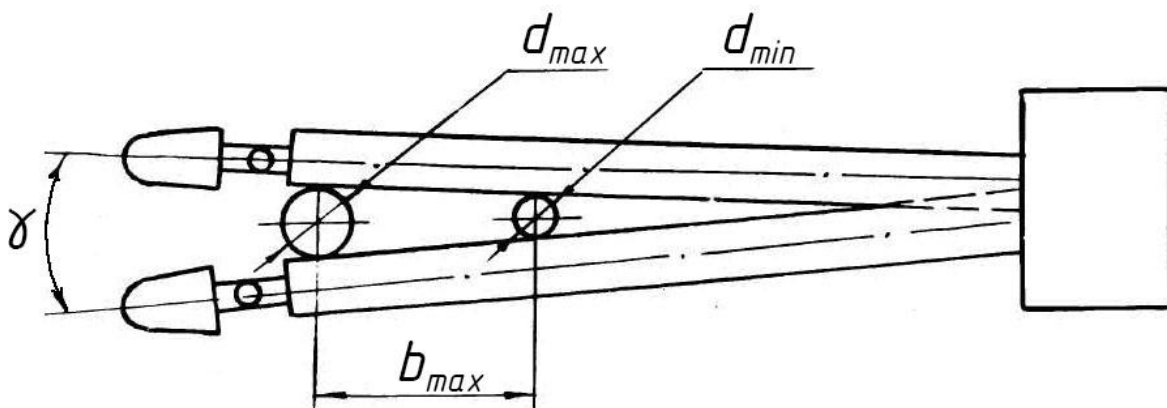


Рис.2.3. Схема для визначення  $b_{max}$

Якщо у вираз (2.10) підставити значення виразу (2.13),  $d_{\max}$  і  $\Delta l$  отримаємо, що:

$$\Delta l = \Delta d \cdot \left[ \frac{\lambda - \sin \beta}{\sin \gamma} \right]. \quad (2.14)$$

З виразів (2.13) і (2.14) видно, що  $d_{\max}$  і  $\Delta l$  залежить в першу чергу від меж варіювання діаметрів стебел, тобто фізико-механічних властивостей стебел, а також, від регулювальних параметрів стебло-протягувальних вальців.

Знаючи граничний приріст довжини стебла, який залежить від його фізико-механічних властивостей стійкості стебла осьовому стисненню, можна визначити граничне значення показника кінематичного режиму роботи протягувальних вальців при даному положенні різального апарату, тобто  $\lambda_{np}$ , при якому буде забезпечене нормальне зрізування стебел:

$$\lambda_{np} = \frac{\Delta l_{np} \cdot \sin \gamma + \Delta d \cdot \sin \beta}{\Delta d} = \frac{\Delta l_{np}}{\Delta d} \cdot \sin \gamma + \sin \beta. \quad (2.15)$$

Визначення деформацій стебла за рахунок подовжнього вигину, дуже важко, оскільки вони супроводжуються деформаціями ґрунту, такими ж непостійними і складними, як і деформації стебла, в залежні від ступеня розвитку кореневої системи. На характер деформацій стебла впливають бічні і поздовжні відхилення верхньої недеформованої вальцями частини стебла.

Стебло кукурудзи в даному випадку можна розглядати, як пружний вертикальний стержень, закріплений в двох точках [20]. З урахуванням того, що зрізування відбувається в початковій стадії деформації, де вона буде незначною, без відчутної для практичних цілей помилки [20], можна скористатися основним диференціальним рівнянням пружної лінії:

$$\frac{d^2 \varepsilon}{dx^2} = \frac{M_x}{E \cdot I_x}, \quad (2.16)$$

де  $\varepsilon$  - прогинання в перетині  $x$ ;

$M_x$  - згинальний момент в перетині  $x$ ;

$E$  - модуль пружності;

$I_x$  - момент інерції перетину.

Оскільки частина стебла, що піддається згинанню, закріплена в двох кінцях, причому закріплення має нестійкий характер, то його можна розглядати як стержень з шарнірно закріпленими кінцями. Тоді формула Ейлера [22], для визначення критичної сили і рівняння пружної лінії приймуть вигляд:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{l_{cm}^2}, \quad (2.17)$$

$$\varepsilon_x = \varepsilon_{\max} \cdot \sin \frac{\pi \cdot x}{l_{cm}}, \quad (2.18)$$

де  $\varepsilon_{\max}$  - максимальне прогинання стержня;

$l$  - довжина стержня;

$E \cdot I_{\min}$  - найменша жорсткість стержня;

Для визначення величини прогинання  $\varepsilon_{\max}$  (2.18), необхідно враховувати величину приросту довжини стебла в результаті його протягування (2.4). Визначаємо повну довжину стебла  $l_{ст}$ , скориставшись формулою: [40]:

$$l'_{ст} = h' + \frac{8}{3} \cdot \frac{\varepsilon_{\max}^2}{h'}. \quad (2.19)$$

З урахуванням того, що  $l'_{ст} = h' + \Delta_1$ , а з виразу (2.14)  $\Delta l = \Delta d \cdot \left[ \frac{\lambda - \sin \beta}{\sin \gamma} \right]$ , після

перетворень, отримаємо: 
$$\varepsilon_x = \sqrt{\frac{3}{8} \cdot h' \cdot \Delta d \cdot \left[ \frac{\lambda - \sin \beta}{\sin \gamma} \right]} \cdot \sin \frac{\pi \cdot x}{h' + \Delta d \cdot \left[ \frac{\lambda - \sin \beta}{\sin \gamma} \right]}. \quad (2.20)$$

Користуватися формулою Ейлера (2.18) можна у випадку, якщо справедливий закон Гука, оскільки вона отримана з диференціального рівняння пружної лінії. Умова застосовності формули Ейлера запишеться виразом [40].

$$G_{кр} = \frac{P_{кр}}{F} \leq G_{цл}, \quad (2.21)$$

Якщо замість  $P_{кр}$  підставити його значення з формули (2.18):

$$G_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{F \cdot \left( \frac{l'_{cm}}{i} \right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left[ \frac{l'_{cm}}{i} \right]^2}, \quad (2.22)$$

де  $G_{кр}$  - критична напруга;

$F$  - площа поперечного перетину.

$I^2 = I^2_{msn} = \frac{I_{\min}}{F}$  квадрат найменшого з головних радіусів інерції перетину.

Якщо відношення  $\frac{l'_{cm}}{i}$  замінити безрозмірною величиною  $V$ , званою

гнучкістю стержня, то формула (2.22) прийме вигляд:

$$G_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E}{V^2}. \quad (2.23)$$

З виразу (2.24) видно, що критична напруга стебла, за яким воно втрачає стійкість, залежить тільки від пружних властивостей: модуля пружності  $E$  і гнучкості  $v$

Явище повздожнього вигину продовжує існувати і за межею пружності. Вивченням цього явища займався Ф.С.Ясинський [23], який запропонував емпіричну формулу для визначення критичної напруги:

$$G_{кр} = a - b \cdot v, \quad (2.24)$$

де  $a$  і  $b$  - табличні коефіцієнти, визначені шляхом обробки дослідних даних.

Для визначення  $\Delta l_{пр}$  скористаємось виразом (2.4), з якого виходить, що  $l_{ст}' = h' + \Delta l_{пр}$ . Тоді гнучкість стержня  $v$  визначиться:

$$V = \frac{h' + \Delta l_{пр}}{i}. \quad (2.25)$$

Або:

$$\Delta l_{пр} = v i - h'. \quad (2.26)$$

Підставивши (2.26) у вираз (2.15), отримаємо:

$$\lambda_{np} = \frac{v \cdot i - h'}{\Delta d} \cdot (\sin \gamma + \sin \beta) \quad (2.27)$$

$$V_k = \frac{V_{np} \cdot \Delta d}{(v \cdot i - h') \cdot (\sin \gamma + \sin \beta)} \quad (2.28)$$

Користуючись отриманими нами виразами, можна визначити оптимальну швидкість руху комбайна, що забезпечує нормальне зрізування різальним апаратом залежно від фізико-механічних властивостей стебел і режимів роботи качановідокремлюваного апарату.

## 2.4. Обґрунтування і розрахунок параметрів сегментного різального апарату

### 2.4.1. Особливості роботи різального апарату

Особливості роботи різального апарату у поєднанні з пікерно-стріпперним качановідокремлювальним апаратом полягають в тому, що на якість зрізування і надійність технологічного процесу, окрім фізико-механічних властивостей стебел впливає їх орієнтація в підвальцевому просторі, зміна пружних властивостей рослин після багатократного вигину-зламу протягувальними вальцями.

Теоретичні основи різальних апаратів збиральних машин були розроблені Горячкіним В.П., Летошнєвим М.Н., Різником Н.Е.. У їх роботах [13,21,26] широко розроблена методика розрахунку різальних апаратів, залежність якості їх роботи від фізико-механічних властивостей стебел, їх розмірних і пружних характеристик.

Особливості роботи різального апарату у поєднанні з пікерним качановідокремлювальним апаратом не вивчалися.

Технологічний процес різання сегментним різальним апаратом складається з трьох послідовних і взаємозв'язаних операцій: живлення, різання матеріалу і відведення продукту різання. Тип різального апарату визначає тільки різання,

хоча живлення і відведення продукту не можуть не позначатися на його конструктивному виконанні.

У існуючих сегментних різальних апаратах всіх типів живлення і відведення продукту різання, як правило, відбувається механічним способом. Живлення і відведення стебел кукурудзи зрізаних різальним апаратом при спільній роботі з качановідокремлювальним апаратом, в силу неможливості установки традиційних пристроїв (мотовило, подаючі ланцюги) в підвальцевому просторі, проходить по-іншому.

У розділі 2.4 нами обґрунтована необхідність установки різального апарату по відношенню до протягуючих вальців в зоні  $I_2$  (рис.2.1) - початок протягування стебел, де вони ще не втратили стійкості. Тобто живлення різального апарату здійснюється за рахунок того, що стебло залишається нерухомим, а різальний апарат рухається до нього. Відведення зрізаних стебел нами передбачено здійснювати двома бітерним пристроєм, який виконує послідовно три функції: відбір зрізаних рослин, транспортування стебел і передача їх в шнек.

Таким чином, конструкція і принцип різання різального апарату, призначеного для спільної роботи з піккерно-стріпперним качановідокремлювальним апаратом повинні відповідати особливостям, виходячи з особливостей технологічного процесу жнивної частини комбайна і фізико-механічних властивостей протягнутих стебел.

На кукурудзозбиральних комбайнах найбільшого поширення набули спеціальні різальні апарати для грубо стеблових культур, якими оснащувалися рядкові жнивarki кормо збиральних і кукурудзозбиральних комбайнів, або універсальні різальні апарати з кроком 90 мм.

#### 2.4 2. Аналіз роботи сегментного різального апарату

Багатьма дослідженнями [5,19,21] сегментних апаратів проведено; аналіз побудованих діаграм абсолютного руху сегментів відносно стебла. При цьому



особлива увага приділяється ділянкам, обкреслених кромкою леза сегментів за один хід ножа.

При дослідженні [5, 13] діаграми руху ножів з пальцевими підпірними елементами, академік В.П.Горячкін виділяє наступні площі, проходження сегментом (рис.2.4.):

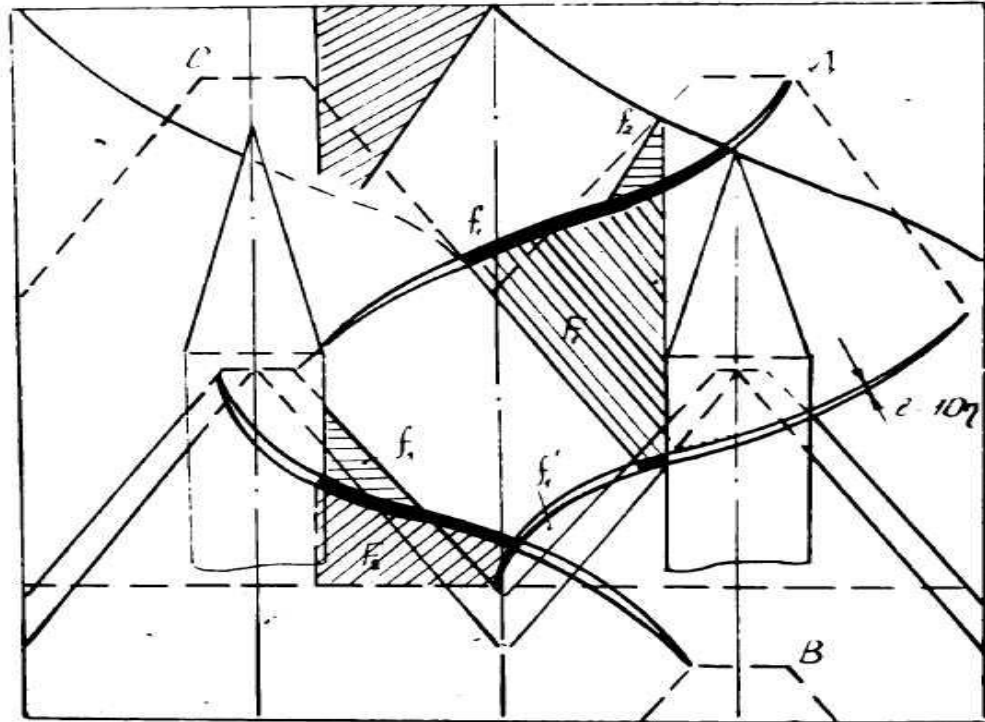


Рис.2.4. Діаграма пробігу активного леза ножа

- $F_1$  - площа на якій стебла зрізуються;
- $F_2$  – площа яку сегмент проходить двічі;
- $f'_1, f_2$  -площі, які сегмент не проходить;
- $f_1, f'_2$  – площі, які проходить неробоче лезо;
- $F$ -теоретична площа, яку проходить сегмент в припущенні надзвичайно швидкої подачі.

Майданчики  $f_1, f'_1, f_1, f_2$  непокриті ходом ріжучої кромки, шкідливі, оскільки в їх полі стебла відгинаються вперед пальцями ріжучого апарату при його русі і зрізаються лише при зворотному ході ножа.

Співвідношення між виділеними площами, визначають коефіцієнти різання і ефект різання:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = \frac{F_1 + F_2}{F} \\ \eta = \frac{\sum f}{F} \\ \xi = \mu - \eta \end{array} \right. , \quad (2.29)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт, пробігу сегментом;

$\eta$  – коефіцієнт пропусків;

$\xi$  - коефіцієнт різання

Для сегментних різальних апаратів кінематичними характеристиками є: переміщення  $x$ , швидкість  $v_n$  і прискорення ножа залежно від кута повороту кривошипного валу. Рівняння переміщення, швидкості і прискорення при цьому мають вигляд:

$$X=r \cdot [1-\cos(\omega \cdot t)]. \quad (2.30)$$

$$V_n=r \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t). \quad (2.31)$$

$$j = r \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t). \quad (2.32)$$

Для спрощення кінематичного аналізу режиму і встановлення зв'язку з основними параметрами різальних апаратів різних типів, формули (2.30), (2.31), (2.32) можна спростити, виразивши швидкість і прискорення залежно від переміщення  $x$ . Виключивши кут повороту з формул (2.30) і (2.31), отримаємо:

$$\left[ \frac{r-x}{r} \right]^2 + \left[ \frac{V_n}{r \cdot \omega} \right]^2 = 1. \quad (2.33)$$

Якщо рівняння (2.33) вирішити відносно  $v_n$ , отримаємо вираз для визначення швидкості  $v_n$  через його переміщення:

$$V_n = r \cdot \omega \cdot \sqrt{\frac{x}{2} \cdot \left( 2 - \frac{x}{r} \right)}. \quad (2.34)$$

Для дослідження виразу (2.34) на максимум, знайдемо похідну і прирівняємо її до нуля:

$$\frac{\frac{r \cdot \omega \cdot \left(1 - \frac{x}{r}\right)}{r}}{\sqrt{\frac{x}{2} \cdot \left(2 - \frac{x}{r}\right)}} = 0, \quad (2.35)$$

Коренем рівняння є значення  $x = r$ , при якому функція має максимум. У крайніх положеннях (при  $x = 0$  і при  $x = 2 \cdot r$ ) швидкість рівна нулю, при  $x = r$  швидкість матиме максимальне значення  $V_H = r \cdot \omega$ .

Вирішуючи спільно рівняння (2.30 і 2.32), отримаємо:

$$j = \omega^2 \cdot r - \omega^2 \cdot x. \quad (2.36)$$

Аналогічно бачимо, що в крайніх положеннях при ( $x = 0$  і при  $x = 2 r$ ) прискорення матиме максимальне значення, рівне  $\omega^2 \cdot r$ , а при  $x = r$ , рівно нулю. На рис.2.5 представлена діаграма швидкостей ножа сегментного ріжучого апарату.

#### 2.4.3. Визначення кута нахилу леза сегмента і швидкості руху ножа

Рух ножа різального апарату складається з гармонійного коливального руху від кривошипа по осі  $ox$  (рис.2.6), визначеного по рівнянню (2.30) і поступального руху по осі  $oy$  із швидкістю руху комбайна  $y = V_K \cdot t$ . Тоді абсолютна швидкість руху ножа визначиться з рівняння:

$$V_a = \sqrt{\left[\frac{dx}{dt}\right]^2 + \left[\frac{dy}{dt}\right]^2} = \sqrt{V_K^2 + r^2 \cdot \omega^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t)}, \quad (2.37)$$

Абсолютну швидкість руху ножа можна розкласти на два доданки:  $v_A'$  - нормальна до леза ножа  $v_A''$  - дотична до леза ножа (рис.2.6):

$$V_a' = V_a \cdot \cos(\psi - \omega) = V_K \cdot \sin \alpha - r \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \cos \alpha, \quad (2.38)$$

$$V_a'' = V_a \cdot \sin(\psi - \omega) = V_K \cdot \cos \alpha - r \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \sin \alpha, \quad (2.39)$$



Швидкість  $V_a$  отримана, як геометрична сума швидкостей ножа і комбайна. Швидкість комбайна приймається постійною, а швидкість ножа міняється за законом синуса (2.31) і рівна:

$$V = r \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t). \quad (2.43)$$

Розкладемо швидкість комбайна і швидкість ножа  $V_k$  напрям уздовж леза (вісь  $oy$  і перпендикулярно їй вісь  $ox$ ):

$$\begin{aligned} V_l' &= V_k \cdot \cos\alpha. \\ V_p' &= V_k \cdot \sin\alpha. \\ V_l' &= V_n \cdot \sin\alpha. \\ V_p &= V_n \cdot \cos\alpha. \end{aligned} \quad (2.44)$$

Абсолютна швидкість  $V_a$  розкладеться на тіж напрями на складові  $V_l''$  (по осі  $oy$ ) і  $V_p$  (по осі  $ox$ ):

$$\begin{aligned} V_l'' &= V_l - V_l' = V_n \cdot \sin\alpha - V_k \cdot \cos\alpha. \\ V_p' &= V_p - V_p' = V_n \cdot \cos\alpha - V_l \cdot \cos\alpha. \end{aligned} \quad (2.45)$$

Після перетворень отримаємо вираз для визначення тангенса кута зтягування:

$$tg\Delta = \frac{tg\alpha \frac{v_k}{v_n}}{1 + \frac{V_k}{v_n} \cdot tg\alpha}. \quad (2.46)$$

Отриманий вираз характеризує здатність зтягування стебел кукурудзи різальним апаратом при куті нахилу різальної кромки сегменту  $\alpha$  і швидкості руху комбайна  $V_k$  і ножа  $V_n \cdot tg\Delta$  називається коефіцієнтом можливості зтягування.

Величина  $tg\alpha$  може приймати як позитивне, так і негативне значення залежно від швидкості по лезу ножа, направленою до верхньої або нижньої основи сегмента, тобто від відношення  $\frac{V_k}{V_n}$ .

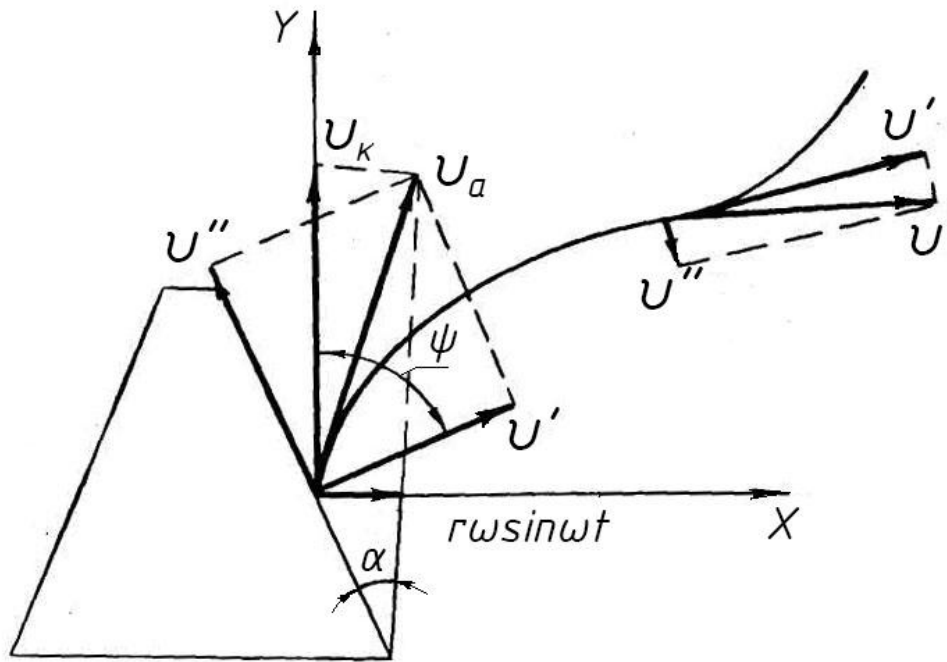


Рис.2.6. Схема для визначення кута нахилу леза

Зменшення відношення  $\frac{V_k}{V_n}$  дає збільшення складової по лезу.

Причому вона постійно направлена до нижньої основи сегмента. Таким чином, поки швидкість по лезу направлена до нижньої основи сегмента, немає небезпеки, що зрізані стебла вислизатимуть вперед, що дуже важливе за відсутності подаючих пристроїв, а також поліпшуються умови передачі зрізаних рослин з різального апарату на відбійний бітер. Тому дуже важливо, щоб швидкість протягом ходу ножа якомога довше залишалася направленою до нижньої основи сегмента або, іншими словами, щоб кут  $\xi$  між напрямом абсолютної швидкості ножа і лезом сегменту залишався менше  $\frac{\pi}{2}$ . З цією метою необхідно підібрати такий кут  $\alpha$ , при якому швидкість ножа якомога довше відповідала нерівності:

$$V_{нсп} \cdot \sin \alpha < V_k \cdot \cos \alpha, \quad (2.47)$$

або

$$\frac{V_k}{V_{нсп}} < \operatorname{tg} \alpha. \quad (2.48)$$

Із нерівності (2.44) видно, що при роботі сегментного різального апарату при відсутності подаючих механізмів, важливе значення має визначення оптимальних швидкостей ножа менше оптимального значення, частина зрізаних стебел прямуватиме вперед по ходу руху різального апарату, що погіршує умови передачі їх на подаючий бітер.

## 2.5. Обґрунтування основних конструктивних параметрів транспортуючих бітерів

### 2.5.1. Вимоги до конструкції бітерів

Транспортуючий пристрій досліджуваної конструктивно-технологічної схеми являє собою встановлені один за одним два бітера.

Вибір двох бітерної схеми транспортуючого пристрою пояснюється наступним:

1. Аналіз технологічного процесу показав, що транспортуючий пристрій в цій технологічній схемі виконує, як згадувалося вище, три послідовно зв'язані операції: відбір зрізаних стебел від різального апарату; транспортування стебел; передача стебел в шнек.

2. Вимоги цих операцій до активності поверхонь транспортуючих пристроїв різні. Так, відбір стебел від різального апарату повинен проводитися з більшою активністю, а передача їх в шнек жнивarki з меншою активністю, але достатньою для забезпечення безперебійного транспортування стебел. Ці вимоги може забезпечити транспортуючий пристрій, у якого не менше двох бітерів. Отже, пристрої, що раніше розроблялися, такі як одиничний бітер, не могли створити такі режими, чим і пояснюється їх непрацездатність. Забивання шнека жнивarki серійних комбайнів кукурудзозбиральних машин, обладнаних роторними різальними апаратами, також можна пояснити зайвою активністю ротора.

Бітери володіють транспортуючою здатністю унаслідок виникнення між стеблом і вальцями сил тертя і механічного зчеплення достатніх для

транспортування стебел, а обґрунтування їх конструкції ставить своєю метою визначення: розмірних параметрів; швидкісних режимів обертання бітерів; динамічних чинників, що виникають в зоні дії на стебла транспортуючих бітерів.

### 2.5.2. Обґрунтування діаметрів і конфігурації ліфтерів

Розмірні параметри бітерів в більшості випадків визначалися конструктивними міркуваннями, оскільки транспортуючий пристрій встановлюється в обмеженому просторі під качановідокремлюваним апаратом, і вибиралися в розумних межах, що допускаються вимогами компоновки.

З погляду надійного транспортування стебел від різального апарату до шнека і запобігання намотуванню стебел на бітери, діаметри останніх повинні бути максимально можливими. При діаметрі бітера, коли довжина кола більше довжини стебла, виключений ефект намотування його на бітер, тобто більший по діаметру бітер менш схильний до намотування. Проте, збільшення діаметрів веде за собою і збільшення висоти зрізування. Враховуючи це, в конструктивній схемі знімання стеблової маси з різального апарату і подача на подальшу обробку забезпечується застосуванням двох приймальних бітерів, які очищають один одного.

Для надійного відбору стебел від різального апарату вісь обертання подаючого бітера повинна розташовуватися нижче за площину різання. Це покращує умови сходу зрізаних стебел з різального апарату на подаючий бітер, оскільки при цьому мінімальна висота перепаду між площиною різання і верхньою частиною робочої поверхні бітера. При такій установці забезпечується ефективно відведення зрізаних стебел від різального апарату, унаслідок того, що з'являється горизонтальна складова сили впливу на масу в напрямі шнека стебел.



Діаметр подаючого бітера визначає висоту розташування різального апарату і висоту зрізування. Виходячи з висоти зрізування, згідно агротехнічним вимогам - 100 мм, і зазору між ґрунтом і бітером 30 - 50 мм, значення його діаметру вибираємо в межах 150 мм.

Діаметр стебло-знімного відбійного бітера вибираємо максимально можливим з умови компоновки в межах 200-250 мм.

Для вибору конфігурації робочої поверхні бітерів нами проведений аналіз існуючих бітерних пристроїв, що виконують функцію транспортування зрізаних рослин. Такі пристрої в даний час широко застосовуються в кормозбиральних, силосо і кукурудзозбиральних машинах.

За призначенням вживані бітери можна розділити на, подаючі, притискні, площильні і протягувальні. За типом робочої поверхні - на активні і пасивні.

Наприклад, в силосозбиральному комбайні КСС-2,6 для передачі зрізаних стебел з подовжнього ланцюгово-планчастого транспортера застосовується два типи бітерів: верхній подаючий, виконаний з активною поверхнею для спрямування зрізаних рослин в зазор між вальцями і нижній що живить, виконаний гладким для зменшення зазору між ним і задньою кромкою протирижучої пластини.

У пропонованій нами конструктивній схемі подаючий бітер повинен зняти з різального апарату стебла і направити їх на стебловідбійний бітер, тому його поверхня повинна бути активнішою, тобто мати рифи, розташовані радіально або близькі до радіального напрямку.

Для забезпечення надійного сходу стебел із стеблоснімного відбійного бітера, його поверхня повинна бути менш активною, тобто повинна бути замкнутою згладженою поверхнею з рифами, нахиленими до радіальної площини. Це запобігає захопленню стебел і затягуванню їх в зазор між кожухом шнека і бітером.

Вибрані конфігурації робочої поверхні подаючого і стебловідбійного бітерів, представлені на рис.2.7.

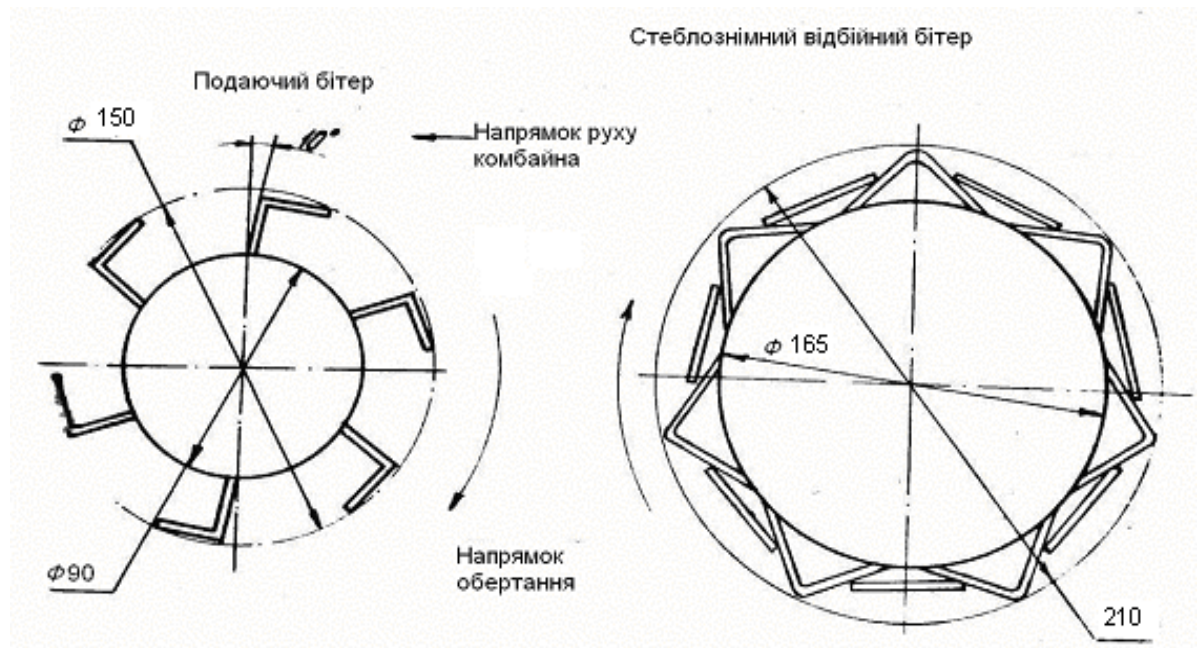


Рис.2.7. Геометричні параметри бітерів

Перш ніж приступити до теоретичного обґрунтування швидкісних режимів обертання бітерів, приймаємо такі допущення і спрощення, які перевірятимуться в ході експериментальних досліджень:

1. Після протягування стебла мають низьку залишкову пружність, так що в результаті зміни напрямку руху їх транспортуючими бітерами, відбувається само притиснення стебел до бітера з якимсь зусиллям  $p$  і під дією власної ваги.

2. Переміщення зрізаних стебел здійснюється тільки транспортуючими бітерами, тобто вплив протягувальних вальців на величину переміщення стебел, вони впливають тільки на величину зусилля притиснення стебел до бітера

### 2.5.3. Визначення швидкісних режимів обертання літерів

Виходячи з вимог, що ставляться до транспортуючого пристрою, для виключення технологічних відмов пропускну здатність бітерного транспортуючого пристрою повинна бути не нижче за величину подачі листостеблової маси. В цілях компенсації можливої нерівномірності розподілу

стебел по рядках, значення пропускної здатності приймають на 20-50% більше величини подачі [24,31], тобто:

$$g_6 = \mu \cdot g_0, \quad (2.49)$$

де  $g_6$  - пропускна здатність бітерного транспортуючого пристрою;

$g_0$  - подача листостеблової маси;

$\mu$  - коефіцієнт нерівномірності врожайності стебел по рядках.

Пропускна здатність бітерів залежатиме від робочої довжини останніх, ступеня її використання, швидкості руху маси по поверхні бітерів, товщини шару. Цю залежність можна виразити наступним виразом [24,31]:

$$g_6 = a \cdot l \cdot \gamma \cdot \xi \cdot v_6 \cdot k, \quad (2.50)$$

де  $a$  - товщина шару переміщеної маси;

$l$  - робоча довжина бітерів;

$\gamma$  - об'ємна маса стебел кукурудзи;

$v_6$  - швидкість просування шару маси;

$\xi$  - коефіцієнт використання довжини бітерів (оскільки жниварка русельного типу, то  $\xi = 0,15 - 0,2$ ).

Підставивши (2.49) в (2.50) і виразив  $v_6$  через кутову швидкість бітерів, отримаємо:

$$g_6 = a \cdot l \cdot \gamma \cdot v_6 \cdot v \cdot k, \quad (2.51)$$

де  $v_6$  - кутова швидкість бітерів;

$k$  - коефіцієнт, що враховує буксування стебел по бітерам.

З іншого боку, подача листостеблової маси на бітери (вираз 2.49), дорівнюватиме продуктивності комбайна по масі, тобто:

$$g_0 = B \cdot V_K \cdot Y_M, \quad (2.52)$$

де  $B$  - ширина захвату кукурудзозбирального комбайна;

$V_K$  - робоча швидкість руху комбайна;

$Y_m$  - врожайність збиральної маси.

Підставивши у вираз (2.48) значення  $g_b$  і  $g_0$ , отримаємо:

$$a \cdot l \cdot \gamma \cdot V_b \cdot k = \mu \cdot B \cdot V_k. \quad (2.53)$$

Або після перетворень:

$$\lambda_b = \frac{V_b}{V_k} = \frac{\mu \cdot B \cdot Y_m}{\varepsilon \cdot \gamma \cdot a \cdot l \cdot k}, \quad (2.54)$$

де  $\lambda_b$  - показник кінематичного режиму роботи бітерів.

У виразі (2.54) певні труднощі представляє визначення величини буксування бітерів по масі. Тут можна скористатись основними положеннями теорії тертя, тобто або визначити значення  $K$  експериментальним шляхом.

#### Висновки

1. На підставі проведеного теоретичного аналізу отримані залежності, що ідеалізуються, для розрахунку основних конструктивних і кінематичних параметрів досліджуваного різально-транспортуючого пристрою.

2. Запропоновані розрахункові залежності дозволяють визначити розташування різального апарату щодо протягувальних вальців качановідокремлювального апарату ( $b_{\max}$ ), діаметри транспортуючих бітерів, швидкість пересування стебел ( $V_n$ ).

3. Отримана теоретична залежність співвідношення швидкості протягання стебел і швидкості руху комбайна ( $\lambda$ ), яка забезпечує надійність технологічного процесу за умови збереження стійкості стебла.

4. Швидкість різання ( $V_n$ ) повинна бути достатньою для забезпечення умови зтягування стебел різальним апаратом ( $tg\Delta$ ), що сприяє напрямую руху зрізаних стебел на подавальний бітер.

### 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Програма досліджень

Аналітичні вирази, отримані в ході теоретичних досліджень, відображають технологічний процес, що ідеалізується. Метою експериментальних досліджень є перевірка конструктивної схеми різально-транспортувального пристрою в реальних польових умовах, визначення технологічної надійності, енергоємності технологічного процесу, а також якісних показників технологічного процесу по таких критеріях оптимізації: повнота збору стебел, відхилення від заданої висоти зрізування, якість зрізу.

Для досягнення цієї мети програма експериментальних досліджень передбачала:

- дослідження кінематичних і режимних параметрів різально-транспортувального пристрою:

- дослідження розміщення різального апарату щодо протягувальних вальців качановідокремлювального апарату і його типу на якість зрізування і надійність технологічного процесу;

- визначення оптимальної швидкості різання залежно від швидкості руху комбайна;

- визначення оптимальних швидкісних режимів бітерного транспортуючого пристрою;

- визначення енергоємності основних робочих органів комбайна методом тензометричних вимірювань;

- визначення повноти збору листостеблової маси залежно від режимів роботи різально-транспортувального пристрою ;

#### 3.2 Методика експериментальних досліджень, і математичної обробки дослідних даних

При визначенні фізико-механічних властивостей і характеристик стебел кукурудзи використовувалася методика і рекомендовані прилади і пристосування згідно рекомендацій [18,22].

При вивченні тертя ковзання стебел, використовувався прилад конструкції Щучкіна . Як поверхні тертя вибиралися рифлені поверхні, аналогічні робочим поверхням подавального і стебло-знімного відбійного бітерів досліджуваного різально-транспортувального пристрою.

Як об'єкт досліджень відбиралися стебла, що подавалися дії протягувальних вальців качановідокремлювального апарату шляхом відбору їх з підвальцевого простору. Після чого вони поміщалися на похилу площину, на якій закріплений зразок поверхні тертя. Похила площина піднімалася на кут  $\varphi$ , при якому починався рух стебел.

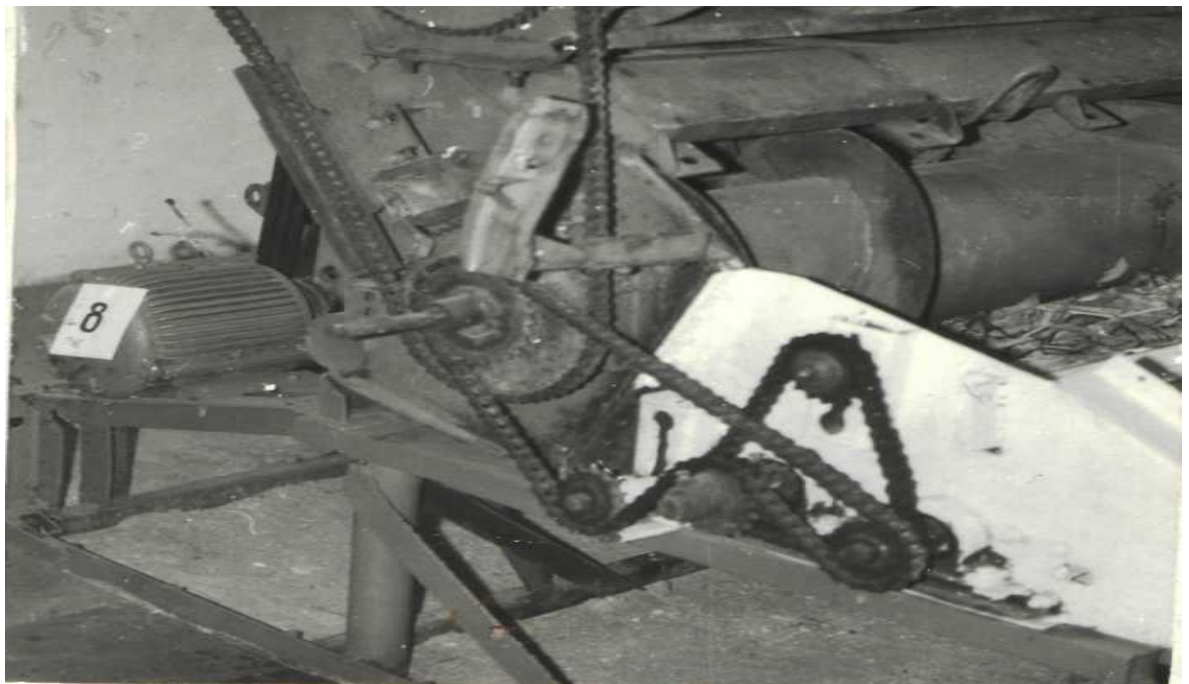
Коефіцієнти тертя ковзання визначалися по відомій методиці:

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

У дослідженнях режимів зрізування і транспортування стебел застосовувалася лабораторна установка (рис.3.1), що складається з кукурудзозбиральної приставки ППК-4 1, з якої знято подрібнювальний і роторний різальний апарат, жорстко встановленої на раму 2, обладнаної одним русл 3. Різально-транспортувальний пристрій, що містить сегментний різальний апарат 4, подаючий бітер 5, стеблоснімний відбійний бітер 6, закріпленний до змінених боковин приставки 7. Електродвигуном 8, на валу якого посаджений шків, зв'язаний пасовою передачею з шківом приводу подрібнювача приставки, кривошипно шатунного механізму приводу різального апарату, приводом транспортуючих бітерів.



а)



б)

Рис.3.1.Лабораторна установка  
а) вигляд спереду; б) вигляд збоку.

Живильний пристрій 9 складається з скребкового транспортера, до скребків якого жорстко кріпляться затискачі стебел, які змонтованого в направляючому жолобі, двигун-редуктора, обладнаного клино пасовим варіатором.

Конструкція кріплення різального апарату і бітерів дозволяла змінювати їх положення у вертикальному і горизонтальному напрямі щодо протягувальних вальців, а в приводах передбачено поєднання зірочок ланцюгових передач з різною кількістю зубів для зміни швидкісних режимів роботи різальних апаратів

Для досліджень вибрані три типи різальних ,які складались:

1-рухомий ніж з одним сегментом і двома противорізальними пластинами (від комбайна " Херсонєць-7")-ширина прокошу 76 мм;

2-рухомий ніж з трьома сегментами ,а не рухомий з чотирма сегментами (від жатки ЖРБ-4,2)ширина прокошу 180мм;

3-рухомий ніж з трьома,а нерухомий з чотирма сегментами ( від комбайна " Херсонєць-7")- ширина прокошу 300мм.

Випробуванням піддавалися стебла кукурудзи у фазі повної стиглості в період збирання, чим усувалася зміна їх фізико-механічних властивостей після зрізування в полі.

### 3.3. Методика математичної обробки дослідних даних

При плануванні експериментів нами використовувався статистичний метод, запропонований в роботах[4,7,20], який відноситься до експресних і дозволяє уникнути не обґрунтовано великої кількості повторюваності дослідів, разом з тим забезпечуючи при цьому отримання достовірних результатів. Необхідне число повторюваностей вимірювань визначалося по формулі:

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

де  $m$  - число повторності вимірів в попередньому експерименті;

$\omega = X_{\max} - X_{\min}$  – межі варіювання вимірюваної величини  $x$ ;

$K_w$ –коефіцієнт для розрахунку меж інтервалів середніх по межах варіювання



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

де  $t_p \cdot \sqrt{m-1}$  - коефіцієнт Стьюдента для числа дослідів  $m-1$ . ймовірності;  
 $d_m$ - коефіцієнт для оцінки стандартного відхилення по межах варіювання;  
 $I_p$ - допустиме відхилення середнього значення варіації  $X$  від істинного (задається у відсотках від  $X$  ).

При розрахунках числа повторності  $n$  ми задавалися  $I=0,03 \cdot x$  з достовірністю 99%.

Методами математичної статистики визначали ступінь змінних величин і характер їх розподілу, середню помилку і точність дослідів, по яких перевіряли достатність кількості повторності в експериментах.

Середня арифметична результатів вимірювань обчислювалася по формулі:

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

де  $X_j$  - варіанта вимірюваної величини;  
 $n$  - об'єм вибірки.

Для характеристики розсіяно вимірюваних величин вибірки  $X_j$  навколо свого середнього значення  $x$  обчислювалися значення [4,21] дисперсій  $G_B^2$ :

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

Стандартів

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

і коефіцієнта варіації

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

Оцінка відхилень емпіричних розподілів від нормальних здійснювалася по асиметрії  $a_s$  і ексцесу  $e_k$  [4] які при нормальному розподілі рівні нулю.

Асиметрія  $a_s$  емпіричного розподілу обчислювалася за формулою:

$$a_s = \frac{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^3}{G^4}, \quad (3.8)$$

де  $\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^3$  - це центральний емпіричний момент третього порядку.

Ексцес емпіричного розподілу  $e_k$  обчислювався за наступною формулою:

$$e_k = \frac{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^4}{G^4} - 3, \quad (3.9)$$

де  $\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^4$  - центральний емпіричний момент четвертого порядку.

Достатність кількості проведених вимірів  $n$  перевірялася [4.21.22] по середній помилці  $\eta$ :

$$\eta = \pm \frac{G_B}{\sqrt{n}}. \quad (3.10)$$

і показнику точності досвіду  $p_c$ :

$$p_c = \frac{100 \cdot \eta}{x}. \quad (3.11)$$

За літературними даними [4,21] вважається, що кількість дослідів достатня, якщо  $P_c$  не перевищує 3 – 4%.

### 3.4. Планування експериментів і методика обробки їх результатів

Методика планування експериментів досить добре і повно викладена в спеціальній літературі [14,17], тому в цій роботі приводиться лише опис використовуваних планів і послідовність регресійного і статистичного аналізу отриманих математичних моделей.

Для отримання об'єктивної інформації про залежність показників якості роботи від одночасної зміни декількох кінематичних режимів, було використано трьох рівневі планування Бокса –Бенкіна [24], матриця якого приведена в табл. 1-3 (Додатки).

Як параметри оптимізації, тобто критеріїв по яких оцінюється якість роботи різально-транспортного пристрою які зв'язують незалежні чинники в математичну модель, були вибрані:

- відхилення від заданої висоти зрізування, яка не повинна перевищувати  $BC \leq 10\%$ ;

- повнота збору стебел повинна прагнути до максимального рівня, тобто  $ПС \rightarrow 100\%$ ;

-якість зрізування, значення якого повинне наближатись до максимально можливого тобто  $КС \rightarrow 100\%$ .

Для кожного дослідження відбиралося 80-100 стебел, зрізаних в період збирання. Маса відібраних стебел заносилася в журнал лабораторно-польових спостережень.

Після проведеного дослідження перевірялася :

- висота зрізування стебел  $h_c$ ;

- кількість рваних і подвійних зрізів  $N_p$  ;

- кількість втрачених стебел і відрізків  $M_{п}$ ;

У відрізків стебел, що залишилися в затискачах живильного транспортера, зрізування яких відбулося вище заданої висоти зрізування  $h$ , відрізувалася верхня не зрізана частина, після чого визначалися:

- маса відрізків стебел, втрачених в результаті збільшення висоти зрізування  $M_{пв}$ ;

- маса всіх відрізків стебел, зрізаних на заданій висоті зрізування, які залишилися в затискачах живильного транспортера  $M_c$ .

Повнота збирання стебел складала:

$$ПС = \frac{[M - M_c] + [M_n + M_{ne}]}{M - M_c} \cdot 100\%, \quad (3.12)$$

Відхилення від заданої висоти зрізування визначалася по формулі:

$$ВС = \frac{\sum_{j=1}^N |h_a - h_j|}{N \cdot h_3} \cdot 100\%, \quad (3.13)$$

де  $N$  - кількість стебел.

Якість зрізування стебел:

$$КС = \frac{N - N_p}{N} \cdot 100\%. \quad (3.14)$$

Кінцевою метою експерименту було рішення компромісної задачі, при якій на екстремальне значення одного із критеріїв оптимізації можливе накладення обмеження з боку двох інших критеріїв.

Для оптимізації технологічного процесу, необхідно знайти математичні моделі, що описують відхилення від заданої висоти зрізування, втрати стебел і чистоту зрізування, і встановити оптимальне співвідношення. Це завдання відноситься до задач нелінійного програмування і може бути записане [27]:

$$ВС = B_0 + \sum_{j=1}^n B_j \cdot x_j + \sum_{i<j} B_{ij} \cdot x_j + \sum_{i=1}^n B_{ii} \cdot x_i^2, \quad (3.15)$$

$$ПС = B'_0 + \sum_{j=1}^n B'_j \cdot x_j + \sum_{i<j} B'_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i=1}^n B'_{ii} \cdot x_i^2, \quad (3.16)$$

$$КС = B''_0 + \sum_{j=1}^n B''_j \cdot x_j + \sum_{i<j} B''_{ij} \cdot x_j \cdot x_i + \sum_{i=1}^n B''_{ii} \cdot x_i^2, \quad (3.17)$$

при:  $ВС \leq 10\%$ ;  $ПС \rightarrow 0$ ;  $КС \rightarrow 0$ ,

де  $n$  - число незалежних чинників;

$B_0, \dots, B_{ij}$  - теоретичні оцінки коефіцієнтів математичної моделі.

Для визначення інтервалів коефіцієнтів залежно від використовуваного плану, застосовувалися формули, приведені в [14,17]. При виконанні умови  $|B| > \Delta B$ , де  $(\Delta B)$ -знайдений інтервал, коефіцієнт визнавався значущим і використовувався в рівнянні математичної моделі; якщо  $|B| < \Delta B$  - коефіцієнт в математичній моделі не враховувався.

Адекватність математичної моделі визначалася по критерію Фішера.

### Висновки

1. Методики, що використані в процесі експериментальних досліджень загальновідомі, неодноразово використовувались і сумнівів в адекватності не визивають.

2. Запропоновані оригінальні методики експериментальних досліджень дозволять у повному обсязі виконати програму досліджень. Виконана апробація підтверджує їх адекватність.

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 4.1. Дослідження фізико- механічних властивостей рослин курудзи

При виборі режиму роботи різально-транспортувального пристрою, розташування різального апарату щодо протягувальних вальців качановідокремлювального апарату, визначальне значення має межа варіювання максимального і мінімального діаметрів стебел.

Згідно досліджень, проведених ГСКБ ПО "Херсонський комбайновий завод", діаметр стебел на висоті зрізування (12-15 см) коливається в межах від 14 до 40 мм. Дослідженнями [2,] встановлено, що діаметр стебел на другому міжвузлі (12-15 см) коливається в межах від 0,016Н (у високорослих рослин) до 0.011Н (у низькорослих), де Н - висота стебел.

В процесі досліджень, проведених нами, оцінка необхідного числа повторюваності вимірів діаметрів стебел проводилася на стеблах кукурудзи сортів ПР-612, Дніпровський 472 МВ. У попередньому досліді із загальної маси відібрали навмання 20 стебел і проводили виміри і діаметрів d. Максимальне і мінімальне значення склали, наприклад, для сорту Дніпровський 472 МВ, відповідно 34,2 і 17,8 мм, середнє значення  $d = 25$  мм, розмах варіювання  $W_{20} = 16,4$  мм.

Задавшись величиною  $I_p = 0,035_d$  з достовірністю 99% і, вибравши по табл.3 [4]  $k_v = 0,12$ , визначимо кількість необхідного числа повторності вимірів по формулі (3.2):

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

Припускаючи, що по інших досліджуваних сортах і рослинах, що вирощуються в інших умовах, розрахункова кількість  $n$  необхідних повторностей вимірів сильно не відрізняться від отриманого, приймаємо

$$n = 100.$$

Математична обробка експериментальних даних проводилася по методиці, викладеній в розділі 3.2.3 на ПЕОМ. У табл.4.1. зведені узагальнені дані за визначенням діаметрів стебел кукурудзи.

Таблиця 4.1

Результати статистичної обробки даних вимірів діаметрів стебел

Сорт кукурудзи і умови вирощування	Показник				
	Максимальний $d_{\max}$ мм	Мінімальний $d_{\min}$ мм	Границя варіації $\Delta d$ мм	Середнє значення $\Delta d$ мм	Точність дослідів %
ПР-612	32,6	15,5	17,1	24	2.4
Дніпровський 472 МВ	34,8	16,2	18,6	26	2.6

Дані вимірів діаметрів стебел і межі варіювання використовувалися при аналізі параметрів різально-транспортного пристрою із застосуванням залежностей, отриманих в ході теоретичних досліджень.

Величина відхилення стебел від середньої лінії рядка впливає на якість виконання технологічного процесу різально-транспортного пристрою. Визначення її значень необхідне при виборі типу різального апарату, швидкісних режимів його роботи.

Попадання стебел в зону зрізування в результаті відхилення їх від середньої лінії рядка залежить від ширини прокошування, яку утворює різальний апарат.

Згідно вимог до посівів кукурудзи стосовно механізованого збирання, стебла повинні розташовуватися з відхиленням від середньої лінії рядка не більш  $\pm 20$  мм. З цим розрахунком кукурудзозбиральні комбайни КОП-1,4

"Херсонєць-7" оснащувалися рїзальним апаратом з шириною прокошування 76 мм.

Проведенї нами дослїдження показали, що величина вїдхилення коливається в досить широких межах вїд 0 до 40 мм, в окремих випадках цей показник складав – 150 мм. З урахуванням цього, в дослїдженнях впливу типів рїзальних апаратів нами передбачено використання апаратів (роздїл 3.2) з шириною прокошування 76 мм, 180 мм і 300 мм.

Тертя ковзання стебел кукурудзи вивчалоя і ранїше. Значення коефїцієнтів тертя приведенї в роботах [2,27]. Проте, при обгрунтуванні основних параметрїв дослїджуваного рїзально-транспортувального пристрою, виникла необхіднїсть визначення кутїв тертя стебел, схильних до багатократного вигину-зламу, а також впливу типу поверхнї бїтерїв на їх величину. Як і в попереднїх дослїдах, кїлькїсть повторюваностї приймалоя 100%. Для дослїжень вїдбиралоя як зеленї стебла вологїстю 50-60%, так і сухї - вологїстю 12-15%. У табл. 4.2 зведенї загальнї данї визначенням кутїв тертя ковзання стебел кукурудзи.

Таблиця 4.2.

Результати дослїдження кутїв тертя ковзання по рїзних поверхнях

Поверхня тертя	Сорт кукурудзи					
	ПР-612			Днїпровський 472 МВ		
	макс	мін	середнє	макс	мін	середнє
1Робоча поверхня подаючого бїтера						
Стебла зеленї	16 <sup>0</sup>	6 <sup>0</sup>	12 <sup>0</sup> 30'	15 <sup>0</sup>	7 <sup>0</sup>	11 <sup>0</sup> 42'
Стебла сухї	9 <sup>0</sup>	5 <sup>0</sup>	8 <sup>0</sup> 28'	10 <sup>0</sup>	6 <sup>0</sup>	8 <sup>0</sup> 14'
2Робоча поверхня стебло знїмного бїтера						
Стебла зеленї	14	6	10 <sup>0</sup> 2'	14	6	9 <sup>0</sup> 38'
Стебла сухї	8 <sup>0</sup>	5 <sup>0</sup>	6 <sup>0</sup> 40'	9 <sup>0</sup>	4 <sup>0</sup>	7 <sup>0</sup> 15'



Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що у робочій поверхні подаючого бітера значення кутів тертя ковзання вище, ніж у стебло-знімно-відбійного бітера. Кути тертя ковзання зелених стебел значно вищі, ніж у сухих; по сортах відмінності незначні.

Дані визначення кутів тертя ковзання (табл.4.2) використовувалися при визначенні швидкісних режимів роботи бітерів, де необхідно враховувати зменшення швидкості пересування стебел порівняно з коловою швидкістю обертання бітерів в результаті буксування.

#### 4.2. Дослідження якості роботи і оптимізація режимів різально-транспортувального пристрою

##### 4.2.1. Дослідження якості роботи і оптимізація режимів різально-транспортуючого пристрою з різальним апаратом 1 типу

Якість виконання технологічного процесу обумовлюється повнотою збору листостеблової маси (ПС), відхиленням від заданої висоти зрізування (ВС) і якістю зрізування (КС), методика визначення яких викладена в розділі 3.2.4. Вказані параметри залежать від розміщення різального апарату щодо протягувальних вальців ( $b_{\max}$ ), швидкості різання ( $V_n$ ) і швидкості руху комбайна ( $V_k$ )

Розміщення різального апарату щодо протягувальних вальців на прийнятому в плані експерименту рівні, проводилася шляхом фіксації різального бруса на боковинах кукурудзозбиральної приставки (рис.3.1).

Швидкість різання, відповідно до прийнятих рівнів, задавалася кількістю подвійних ходів ножа ( $n$ ), змінювалася шляхом заміни привідних зірочок кривошипно-шатуного механізму. Швидкість руху комбайна задавалася швидкістю руху транспортера живильника (рис.3.1), вимірювалася тахометром.

Рівні установки незалежних змінних (чинників) і діапазони їх варіювання, прийняті при проведенні експериментів, приведені в табл. 1 (Додатки). При

визначенні їх значень використовувалися вирази (2.13, 2.42, 2.43), отримані в результаті теоретичних досліджень.

Після реалізації плану і обробки результатів експерименту, отримані наступні математичні моделі критеріїв оптимізації, що вивчаються:

$$\begin{aligned} \text{ПС} &= 91,89 + 2,59 \cdot x_1 + 2,28 \cdot x_1^2 + 2,14 \cdot x_2^2 - 3,38 \cdot x_3^2; \\ \text{ВС} &= 13,4 + 5,23 \cdot x_1 + 5,9 \cdot x_3 + 4,19 \cdot x_1^2 - 3,42 \cdot x_2; \\ \text{КС} &= 90,2 - 1,87 \cdot x_3 + 1,63 \cdot x_2^2 - 1,19 \cdot x_1^2. \end{aligned} \quad (4.1)$$

Як видно з отриманих залежностей (4.1), на величину повноти збирання (ПС), відхилення від заданої висоти зрізу (ВС) і якості зрізу (КС), істотний вплив робить положення різального апарату ( $x_1$ ). Із збільшенням його відстані від початку протягування стебел вальцями, підвищується повнота збирання стебел, але одночасно зростають відхилення від заданої висоти зрізу, знижується якість зрізування.

Для знаходження оптимального поєднання значень розміщення різального апарату, швидкості різання і швидкості руху комбайна, в тих точках простору чинника, де проводився експеримент, використовувався метод двомірних перетинів [24]. Побудова перетинів поверхонь відгуку проводилася при фіксованому значенні швидкості руху комбайна  $X_3 = +1 (V_k = 2,8 \text{ м/с})$ . Вибір даного рівня пояснюється тим, що при максимальній швидкості руху комбайна буде забезпечена висока продуктивність збиральних робіт.

При фіксованих значеннях швидкості руху комбайна на рівні  $X_3 = +1 (V_k = 2,8 \text{ м/с})$ , система критеріїв оптимізації прийме вигляд:

$$\begin{aligned} \text{ПС} &= 88,51 + 2,59 \cdot x_1 + 2,28 \cdot x_1^2 + 2,42 \cdot x_2^2 \\ \text{ВС} &= 19,3 + 5,23 \cdot x_1 + 4,19 \cdot x_1^2 - 3,42 \cdot x_2^2 \\ \text{КС} &= 88,33 - 1,19 \cdot x_1^2 + 1,63 \cdot x_2^2 \end{aligned} \quad (4.2)$$

Аналізуючи варіанти кривих, отриманих при двомірному перетині, можна зробити висновок, що критерії оптимізації повноти збору стебел (ПС),

відхилення від заданої висоти зрізування (BC) і якості зрізу (КС), будуть апроксимуватися кривими типу параболи.

Залежність досліджуваних критеріїв оптимізації від розташування різального апарату і швидкості різання при фіксованому значенні рівня швидкості руху комбайна  $x_3=+1$  ( $V=2,8$  м/с) приведена на рис.4.1.

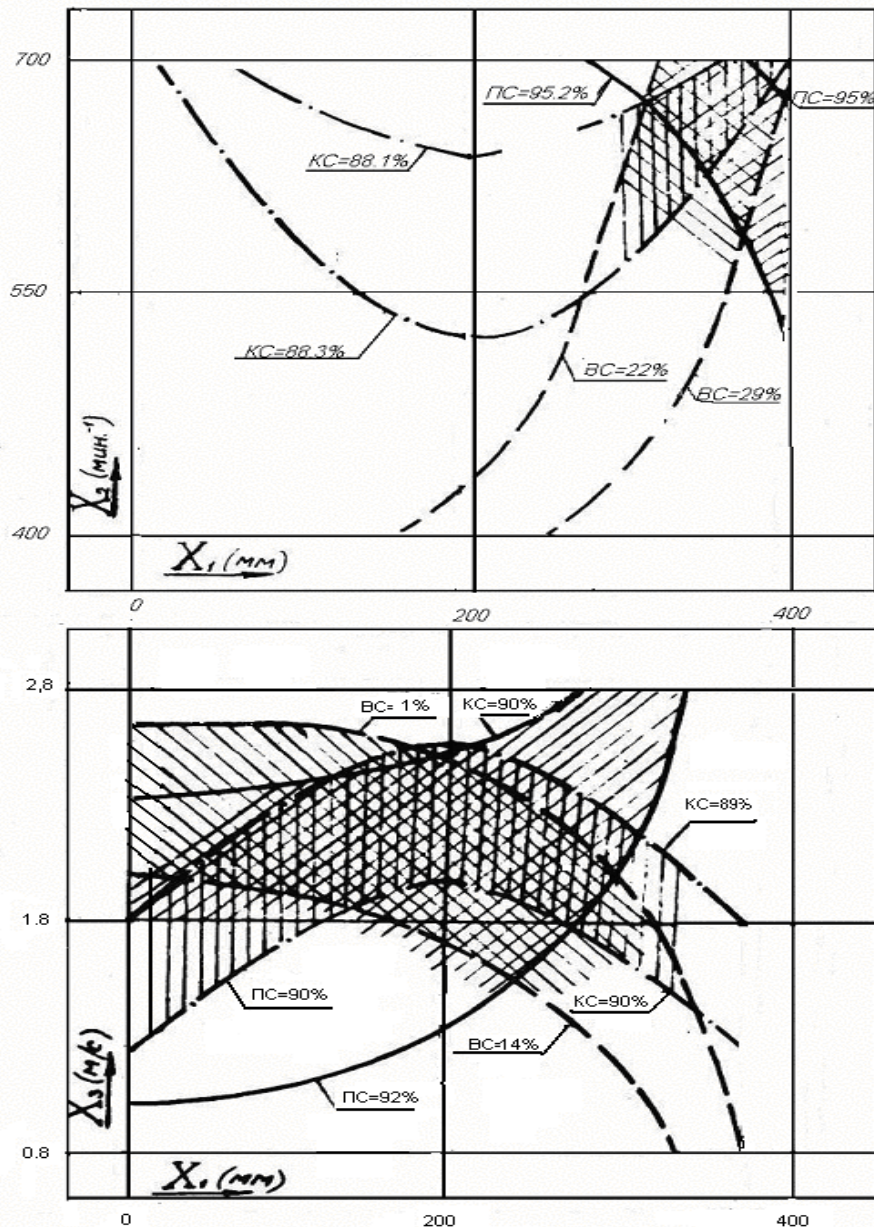


Рис.4.1. Залежність повноти збору стебел (ПС), відхилення від заданої висоти зрізування (BC) і якості зрізування (КС) від режимів роботи різального апарату 1 типу: а) при  $x_3 = +1$  ( $V_K = 2,8$  м/с); б) при  $x_2 = 0$  ( $n = 550$  хв<sup>-1</sup>)

Аналізуючи отримані перетини, можна зробити висновок, що із збільшенням швидкості різання поліпшується якість зрізування, зменшується

відхилення від заданої висоти зрізування. Збільшення частоти подвійних ходів ножа за межі 650-670 хв<sup>-1</sup> недоцільно, оскільки це приводить до незначного поліпшення якості зрізування і веде за собою збільшення енергоємності на привід.

Із збільшенням відстані різального апарату від початку протягання стебел вальцями качановідокремлювального апарату збільшується повнота збору стебел, але погіршується якість зрізування і збільшується відхилення від заданої висоти зрізування.

В результаті аналізу двомірних перетинів поверхонь відгуку, побудованих при  $x_3=+1$  ( $V_K=2,8$  м/с), рекомендуємо наступні режими роботи різального апарату: відстань від початку протягання стебел  $b_{max}=320^{\circ}-330$  мм частота подвійних ходів ножа  $n=650 - 670$  хв<sup>-1</sup>. При цьому забезпечуються наступні значення критеріїв оптимізації: ПС= 92,5 - 95%; ВС =22 - 25%; КС = 88,3 - 88.7%.

Для визначення точок, де критерій оптимізації приймає екстремальне значення, досить узяти приватні похідні по кожному з чинників [34] і прирівняти їх до нуля:

$$\frac{d\Pi\Pi}{dx_2} = 259 + 4.56 \cdot x_1 = 0; \quad (4.3)$$

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

Рішеннями даної системи будуть:  $x_1^{\circ} = -0,56$ ;  $x_2^{\circ} = 0$ .

Для якнайповнішого дослідження простору чинника, охопленого зоною експерименту, необхідно провести графічне дослідження поверхонь відгуку моделей ПС, ВС, КС при фіксованому значенні  $x_2$ . Побудову ізолінії поверхонь зрізу доцільно провести при нульовому значенні  $x_2=0$  ( $n=550$  хв<sup>-1</sup>)

Початкова система математичних моделей критеріїв оптимізації при цьому запишеться:

$$\begin{aligned}
 PC &= 91,89 + 2,59 \cdot x_1 + 2,28x_1^2 - 3,38 \cdot x_3^2; \\
 BC &= 13,4 + 5,23 \cdot x_1 + 5,9 \cdot x_3 + 4,19 \cdot x_1^2 \\
 KC &= 90,2 - 1,87 x_3 - 1,19x_1^2.
 \end{aligned}
 \tag{4.4}$$

Аналізуючи отримані лінії рівного виходу, можна зробити висновок про те, що зростання швидкості руху комбайна знижує повноту збору стебел, якість зрізування і збільшує відхилення від заданої висоти зрізування. Точками А, В, С, Д, К і М рис.4.1б відмічена зона поєднання чинників, в якій повнота збору стебел в межах  $PC = 90-92\%$ ; якість зрізу  $KC = 89-90\%$ . Для збільшення повноти збору стебел із збільшенням швидкості руху комбайна до 2,8 м/с, необхідно розміщувати різальний апарат щодо протягу вальних вальців на відстані не меншого 340 мм від початку протягування стебел, але при цьому погіршуються такі показники, як якість зрізування і відхилення від заданої висоти зрізування.

Точки, де критерій оптимізації приймає екстремальне значення, в даному випадку визначаються:

$$\begin{aligned}
 \frac{dIII}{dx_1} &= 2,59 \cdot x_1 = 0 \\
 \frac{dIII}{dx_3} &= -6,76 \cdot x_3 = 0,
 \end{aligned}
 \tag{4.5}$$

Рішеннями даної системи будуть:  $x_1^0 = -0,57$ ;  $x_3^0 = 0$  про, що є координатами центру поверхні відгуку, який лежить в зоні експерименту.

4.2.2. Дослідження якості роботи і оптимізація режимів різально-транспортуючого пристрою з різальним апаратом 3 типу

Аналогічно проводився аналіз результатів досліджень роботи різальних апаратів 2-го і 3-го типів.

При цьому найкращі результати отримані при роботі різального апарату 3-го типу рекомендованого до використання.

Рівняння регресії за наслідками реалізації плану експерименту для різального апарату 3 типу має вигляд:

$$\begin{aligned} \text{ПС} &= 94,5 + 1,43 \cdot x_1 + 1,78 \cdot x_2 + 1,67 \cdot x_2^2 - 2,8 \cdot x_2^2; \\ \text{ВС} &= 10,1 + 2,94 \cdot x_1 + 3,13 \cdot x_3 + 2,3 \cdot x_2^2; \\ \text{КС} &= 93,2 - 1,24 \cdot x_1^2 + 2,84 \cdot x_2^2 - 2,24 \cdot x_3^2. \end{aligned} \quad (4.6)$$

Подальші дослідження поверхонь відгуку проведені при  $x_3 = +1$ , при цьому початкові рівняння регресії приймають вигляд :

$$\begin{aligned} \text{ПС} &= 91,7 + 1,43 \cdot x_1 + 1,78 \cdot x_2 + 1,67 \cdot x_1^2; \\ \text{ВС} &= 13,23 + 2,9 \cdot x_1 + 2,3 \cdot x_2^2; \\ \text{КС} &= 90,96 - 1,24 \cdot x_1 + 2,84 \cdot x_2^2; \end{aligned} \quad (4.7)$$

і при  $x_2 = 0$ , початкові рівняння регресії приймають вигляд:

$$\begin{aligned} \text{КС} &= 93,2 - 1,24 \cdot x_1^2 + 2,24 \cdot x_3^2 \\ \text{ПС} &= 94,5 + 1,43 \cdot x_1 + 1,67 \cdot x_1^2 - 2,8 \cdot x_3^2; \\ \text{ВС} &= 10,1 + 2,94 \cdot x_1 + 3,13 \cdot x_3; \end{aligned} \quad (4.8)$$

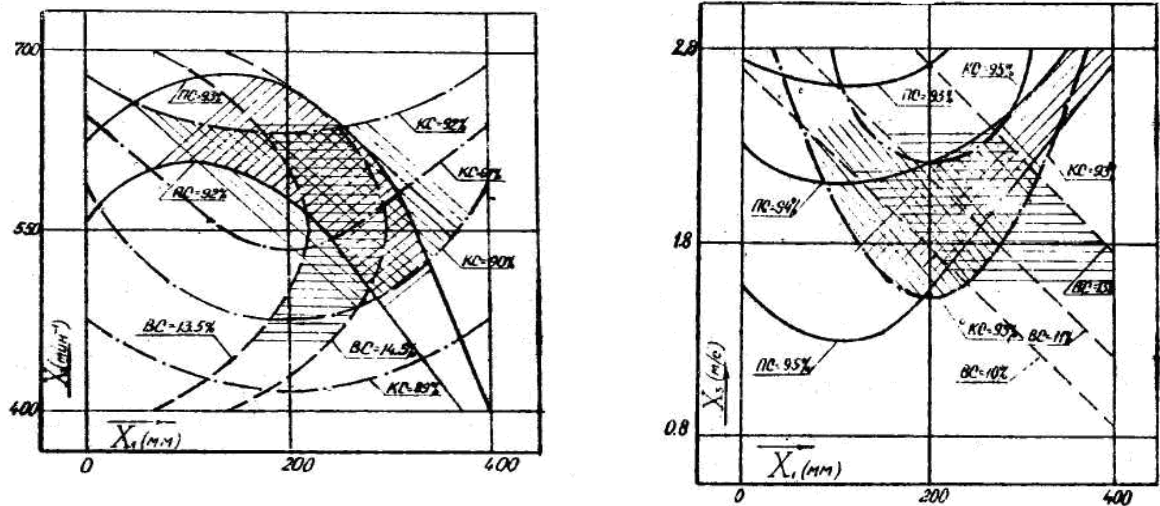


Рис.4.2 Залежність повноти збору стебел

(ПС), відхилення від заданої висоти зрізування (ВС) і якості зрізування (КС) від режимів роботи різального апарату 3 типу: а) при  $x_3 = +1$  ( $V_K = 2,8$  м/с);

б) при  $x_2 = 0$  ( $n = 550$  хв<sup>-1</sup>)

На рис.4.2. представлені залежності показників якості роботи різального апарату 3 типу від режимів при  $x_3=+1$  ( $V_k=2,8$  м/с (рис.4.3.а), і при  $x_2=0$  ( $n=550$  хв<sup>-1</sup> (рис.4.2.б).

Для роботи різального апарату третього типу при швидкості руху комбайна  $V_k=2.8$  м/с, можна рекомендувати наступний режим роботи:  $b_{max}= 300-350$  мм;  $n= 650-680$  хв<sup>-1</sup>, який дозволяє довести повноту збору стебел 96%, якість зрізування до 93% при відхиленні від заданої висоти зрізування до 15%.

Двомірні перетини поверхонь відгуку при  $x_2=0$   $n=550$ хв<sup>-1</sup>, зображені на рис.4.2 б, свідчать про те, що установка різального апарату на відстані  $b_{max}=300$  мм при швидкості руху комбайна  $V_k=2,5$  м/с дозволяє отримати повноту збору стебел не менше 95%, якість зрізування - не менше 93%, відхилення від заданої висоти зрізування при цьому складатиме не більше 13%. Якщо понизити вимоги до відхилення від заданої висоти зрізування і прийняти його значення  $BC=15\%$ , то можна збільшити швидкість руху комбайна до 2,8 м/с, як наслідок цього підвищити продуктивність роботи, зберігши значення повноти збору стебел на рівні 95%, а якість зрізування - 93%. Відстань різального апарату при цьому повинна бути прийнята в межах 320 - 360 мм.

#### 4.3 Аналіз ефективності використання енергії робочими органами кукурудзозбиральних машин

Суть енергозбереження як процесу покращення конструкції машинобудування, оптимізації параметрів і режимів їх роботи, полягає в підвищенні ефективності використання енергії тобто не в зниженні абсолютних показників затрат енергії, а в рості кількості виконаної роботи (обробленого технологічного матеріалу) на одиницю затраченої енергії. Тому для порівняльної оцінки показники енергоємності доцільно аналізувати в питомих величинах .

Дослідження енергомісткості основних робочих органів кукурудзозбиральних машин проводилось нами методом тензометричних вимірювань спільно з ГСКБ ВО „Херсонські комбайни" в польових умовах з використанням пересувної тензометричної лабораторії.

При цьому вимірювались крутні моменти на валах механізмів приводу таких робочих органів кукурудзозбиральних комбайнів ККП-3 „Херсонєць-9”: роторного різального апарата серійного комбайна; сегментного різального апарата експериментального комбайна; качановідокремлювального апарата серійного комбайна; подрібнювача серійного комбайна і качаноочисного. Для досліджень вибрані три типи різальних, які склались:

В (табл.4.3) представлені узагальнені результати дослідження енергомiсткостi досліджуваних робочих органiв в перерахунку на один рядок робочої ширини захвату одиницю зiбраної маси.

Таблиця 4.3

Узагальнені результати досліджень енергомiсткостi робочих органiв кукурудзозбиральних комбайнiв

Робочі органи		Подача кг/с		Енергомiсткiсть, кВт		
Назва	Тип	Загальна	Качанiв	На один рядок захвату	На одиницю загальної потужностi	
					Всього	Потужностi холостого ходу
Рiзальний апарат	Сегментний (експериментальний)	0	0	0.42	-	-
		3.2	1.3	0.46	0.43	0.39
		4.9	2.2	0.49	0.3	0.25
		6.6	2.9	0.51	0.24	0.19
	Роторний	0	0	1.1	-	-
		3.2	1.3	3.0	2.8	1.03
		4.9	1.2	3.2	1.96	0.67
		6.6	2.9	5.1	2.32	0.56
Качанові докременлювальний апарат	Пiкeрнo-стриперний	0	0	1.16	-	-
		3.2	1.3	7.7	7.2	1.09
		4.9	2.2	10.2	6.24	0.71
		6.6	2.9	12.3	5.59	0.53
Подрiбнювач	Барабанний	0	0	1.16	-	-
		3.2	1.3	7.7	7.2	1.09
		4.9	2.2	10.2	6.24	0.71
		6.6	2.9	12.3	5.59	0.53
Качаноочисник	Вальцевий	0	0	2.43	-	-
		3.2	1.3	3.0	2.81	2.28
		4.9	2.2	3.6	2.2	1.49
		6.6	2.9	4.1	1.81	1.42



Подача рослинної маси, змінювалась шляхом зміни робочої швидкості, руху і визначилась із урахування урожайності листостебелевої маси і качанів. На (рис4.3) представлені графічні залежності енергомісткості на один рядок робочої ширини захвату комбайна і на одиницю загальної подачі від загальної подачі зібраної маси.

Аналіз показників затрат потужності (табл.4.3) на виконання технологічного процесу збирання кукурудзи на зерно і графічних залежностей (рис4.1) показав, що по всіх робочих органах кукурудзозбирального комбайна із збільшенням подачі питомої енергомісткості на одиницю зібраної маси знижується. Зокрема із збільшенням рівня подачі рослинної маси в 2,1 рази, енергомісткість качановідокремлювального апарата знижується на -32,8%; подрібнювального апарата - 22,4%, сегментного різального апарата -44,2%; роторного різального апарата -46%; качаноочисного апарата -35,6%, тобто бачиться доцільним пошук резервів потужності для підвищення продуктивності кукурудзозбиральних комбайнів за рахунок зниження енергомісткості окремих робочих органів і збільшення подачі зібраної маси в межах їх технологічних можливостей.

Максимальним значенням питомої енергомісткості характеризується подрібнювальний апарат, доля затрат потужності на який складає в межах 41-48%. Це пояснюється високою енергоємністю власне процесу подрібнення листостебелевої маси. Зокрема потужність холостого ходу становить лише 19,5% від загальних затрат потужності, що нижче рівня затрат потужності на холостий хід качановідокремлювального і качаноочисного пристроїв. В зв'язку з цим виникає питання щодо доцільності збирання листостебелевої маси і її подрібнення, адже в період повної стиглості зернової кукурудзи кормова цінність стебел зведена до мінімуму, тобто стоїть проблема удосконалення технології збирання урожаю.

Високою енергомісткістю характеризується також качановідокремлювальний, качаноочисний і роторний різальний апарати. Високий рівень енергозатрат на привід пікерно стріперного качановідокремлювального апарата можна оправдати високою енергомісткістю технологічних операцій які він виконує, а також значно вищими показниками якості роботи апаратів в порівнянні з апаратами першого покоління. Проте значні затрати потужності на привід качаноочисного апарата не оправдані. В результаті недосконалої технології очистки качанів і конструкції качаноочисного пристрою на його холосте прокручування тратиться від 60-80% загальних затрат потужності.

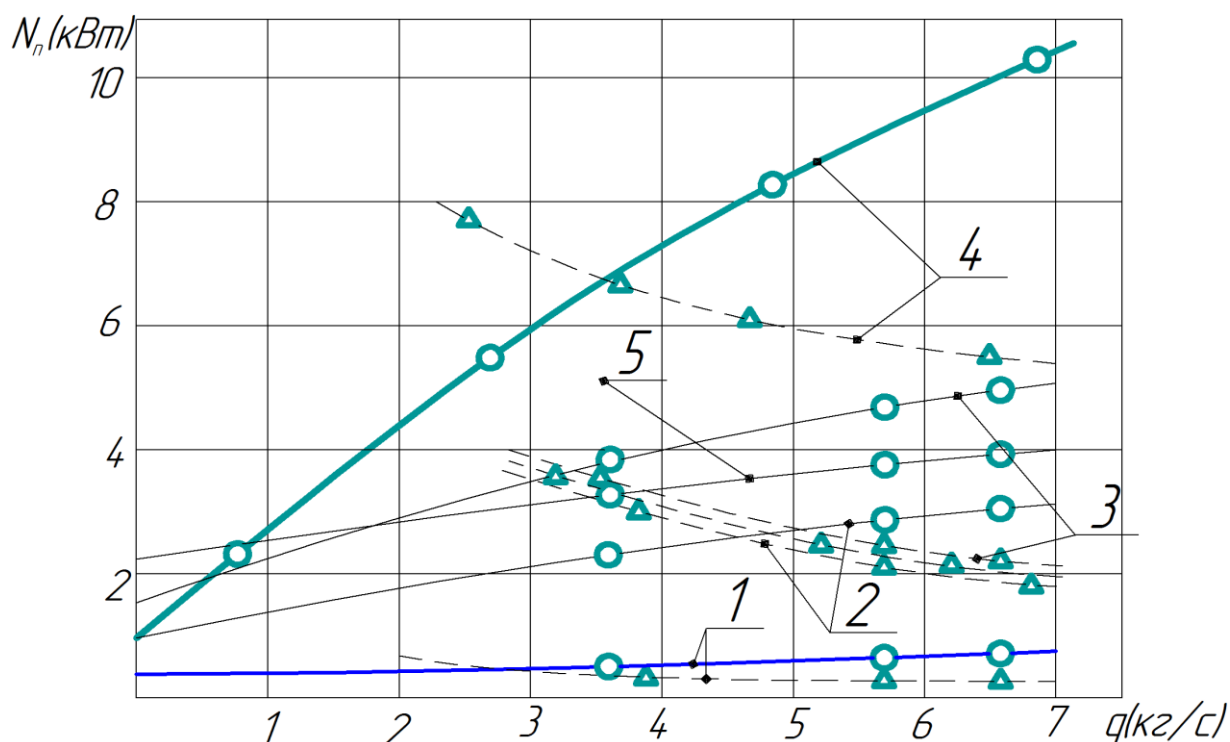


Рис. 4.1 Залежність питомої енергомісткості на 1 рядок ширини захвату комбайна (○) і на одиницю зальної подачі (△) від загальної рослинної маси відповідно для: 1- сегментно-різального апарата; 2- роторного різального апарата; 3- качановідокремлювального апарата; 4- подрібнювача; 5- качаноочисника.

Оцінюючи показники затрат потужності холостого ходу в розрахунку на одиницю загальної подачі (табл. 4.3) можемо розрахувати коефіцієнт корисної дії робочих органів, які для качаноочисного пристрою знаходяться в межах 18-

38%, в той же час для качановідокремлювального апарата він 'знаходиться в межах 67-76%, а для подрібнювача 85-92%. Це вказує на необхідність докорінні зміни технологічного процесу і конструкцій качаноочисного пристрою, так як вальцевий механізм, який використовується вже більше 40 років без істотних змін в його конструкції, вичерпав резерви для істотного підвищення технологічної та енергетичної ефективності через низьку пропускну здатність, недостатньою активністю дії вальців і бітерної системи на вільні качани[26].

Як показують результати тензометричних вимірювань (табл.4.3) та графічні залежності 1 і 2 (рис4.1) питома енергомідкість сегментного різального апарата в розрахунку на один рядок робочої ширини захвату на одиницю загальної подачі зібраної маси в 6...7 разів менша порівняно з роторним різальним апаратом.

Окремо слід відмітити високі енерго затрати на здійснення технологічного процесу зрізування стебел роторним різальним апаратом Використання різального апарата в серійних кукурудзозбиральних машинах призвело також до різкого погіршення якісних показників зрізування стебел. З цієї точки зору є доцільним використанням сегментних різальних апаратів.

## Висновки

1. В результаті проведених експериментальних досліджень виявлені основні фактори, які впливають на якість виконання технологічного процесу різально-транспортного пристрою, а саме розташування різального апарату відносно протягу вальних вальців, швидкості руху комбайна, швидкості різання; встановлена їх залежність з вибраними критеріями оптимізації визначені математичні моделі показників якості виконання технологічного процесу .

2. Результати аналізів енергоємності основних робочих органів кукурудзозбиральних машини підтвердила доцільність застосування запропонованого різально-транспортного пристрою на сучасних

кукурудзозбиральних комбайнах, встановлена висока надійність технологічного процесу експериментальної стеблової камери.

3. З урахуванням вищенаведеного можна зробити висновок, що застосування сегментного різального апарата дає значний резерв підвищення продуктивності кукурудзозбиральних комбайнів.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1. Загальні вимоги охорони праці при роботі на комбайні.

- 1) До самостійної роботи з комбайном допускаються особи, які знають його будову, правила та інструкції з безпеки його експлуатації, які засвоїли правильне проведення технологічного процесу, викладене в технологічних інструкціях з експлуатації комбайна, що оволоділи практичними навичками безпечного проведення робіт, що пройшли інструктаж на робочому місці, перевірку знань і навичок.
- 2) Робітник зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, яку йому доручено бригадиром відповідно до виробничої інструкції.
- 3) Перед початком роботи робітник повинен одягнути необхідний для даного виду робіт спецодяг, спецвзуття, головний убір і за необхідності, захисні пристосування, перевірити справність обладнання і допоміжних пристосувань і підготувати відповідне робоче місце.
- 4) Робочий зобов'язаний тримати в чистоті і порядку своє робоче місце. Забороняється загороджувати пожежний інвентар і застосовувати не за призначенням пожежні вогнегасники, хлопавки і т. ін.
- 5) Працювати на обладнанні з несправними або знятими захисними щитками рухомих частин забороняється.
- 6) Про всі помічені до початку роботи несправності техніки працівник зобов'язаний негайно повідомити начальству.
- 7) Робітник повинен знати способи і прийоми надання першої допомоги потерпілому та негайно повідомити про нещасний випадок, якщо такий стався, начальнику або бригадиру.
- 8) Особи, які припускаються порушення вимог інструкцій з охорони праці, притягуються до відповідальності в адміністративно або судовому порядку, залежно від характеру порушення.

## 5.2. Охорона праці перед початком роботи на комбайні

- 1) Випробувати роботу молотарки комбайна на холостому ході.
- 2) Перед початком руху агрегату переконатися у відсутності людей в безпосередній близькості від агрегату.
- 3) Перевірити наявність захисних кожухів на деталях і вузлах, які обертаються.
- 4) Перевірити рівень масла в двигуні і гідравлічній системі комбайна, рівень води в радіаторі.
- 5) Перевірити натяг ременів і ланцюгів.

## 5.3. Охорона праці під час роботи на комбайні

- 1) Заборонено керувати комбайном або обслуговувати його в стані алкогольного сп'яніння.
- 2) Необхідно користуватися тільки справним інструментом при виконанні операцій технічного обслуговування. Молоток з розщепленою головкою, зубило з пошкодженою головкою та інші подібні несправні інструменти повинні бути вибракуваними.
- 3) Потрібно працювати в добре заправленому, одязі (комбінезоні) і користуватися пілозахисними окулярами.
- 4) Слід зберігати запасний ніж в дерев'яному чохлі на стані бригади.
- 5) Укомплектувати комбайн набором справного інструменту і пристосувань відповідно до заводської інструкції.
- 6) На комбайні повинна бути аптечка.
- 7) Необхідно щодня заповнювати свіжою водою питний бак (термос).
- 8) Потрібно попередньо перевірити і підготувати поле, намічене для збирання.

- 9) Потрібно попередньо до початку руху комбайна з місця, переконатися в тому, що гальмо стоянки вимкнене, при цьому індикатор на щитку приладів не горить.
- 10) Необхідно, час від часу, перевіряти зтяжку шківа двигуна, який передає рух на ходову частину.
- 11) Можна проводити всі види регулювань і технічного обслуговування тільки після повної зупинки машини і вимикання двигуна, крім регулювання частоти обертання вентилятора і барабана, а також натягу пасу барабана.
- 12) Забороняється виконувати будь-які операції під комбайном на схилах, якщо під його колеса не поставлені упори.
- 13) Забороняється виконувати будь-які операції під жаткою комбайна в той час, коли вона піднята.
- 14) Не можна повертати робочі органи комбайна при ввімкненому зчепленні. Під час руху не можна випускати з рук рульове колесо.
- 15) Не можна знаходитися попереду ріжучого апарату і позаду розкидача під час роботи комбайна. Не можна відкручувати штуцери гідросистеми при працюючому двигуні.
- 16) Не можна працювати зі знятими кожухами шківів, зірочок, ланцюгів і ременів.
- 17) Потрібно зійти з комбайна при роботі у відкритому полі під час грози і відійти від нього на відстань не менше 15 м.

#### 5.4. Охорона праці після закінчення роботи на комбайні

- 1) Очистити комбайн від соломи, полови та бруду.
- 2) Очистити від пилу повітряний фільтр ДВЗ та фільтр повітря, що надходить в кабінку.
- 3) Поставити комбайн на місце стоянки, встановити ручне гальмо.
- 4) Після закінчення роботи зняти спецодяг, вимити лице і руки теплою водою з милом або прийняти душ.

### 5.5. Заходи щодо поліпшення стану охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

Зі стихійних лих, які можна спостерігати на території розташування підприємства, можуть мати місце: пожежі, урагани, сильні морози.

Від швидкості ліквідації та попередження наслідків надзвичайних ситуацій можуть залежати не тільки виробничо-матеріальні аспекти, але і здоров'я працюючого персоналу. Тому підприємство працює відповідно до програми Державної системи попередження надзвичайних ситуацій, яка включає в себе:

- 1) забезпечення надійного контролю за станом потенційно небезпечних об'єктів;
- 2) створення резервних матеріально-технічних засобів, медичних засобів та інших матеріалів;
- 3) забезпечення високої готовності органів управління, сил і засобів до дій за надзвичайних ситуацій;
- 4) проведення аварійно-відновлювальних та інших робіт по ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

### **Висновок**

У даному розділі представлені вимоги охорони праці при підготовці та роботі зернозбирального комбайна. Представлено перелік заходів які зменшують травмування під час виконання робіт, перед початком виконання робіт і під час аварійних ситуацій.



## 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

У проекті нами модернізовано серійну кукурудзозбиральну машину ККП-3 з метою підвищення надійності і якості роботи качановідокремлюючого пристрою. Завдяки цьому, що модернізована машина має більшу технологічну надійність, вона потребує менше часу на підготовку до роботи і менше часу на зупинки по технологічним причинам. Це дозволило збільшити продуктивність агрегату з 11 т/год у базового до 13,1 га/год у проекті.

Вихідні дані для розрахунків зведено до табл.6.1.

Таблица 6.1.

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна ККП-3	Модернізована ККП-3М
1	Річний обсяг гоботи	га	150	150
2	Продуктивність	т/год	11,0	13,1
3	Витрати ПММ	кг/га	25,8	22,1
4	Вартість:	грн		
	- Трактора		580000	580000
	- Машини		236000	237000
	- Всього		816000	817000
5	Кількість обслуговуючого персонала		1	1

У відповідності з виданим на дипломний проект завданням:

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Базовий

Проект

$$K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{150}{11,0} = 13,04 \text{ год} \quad K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{150}{13,1} = 11,4 \text{ год} \quad (6.1)$$

Витрати праці:

Базовий

Проект

$$V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 13,04 \cdot 1 = 13,04 \text{ год} \quad V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 11,4 \cdot 1 = 11,4 \text{ год}, \quad (6.2)$$

де  $n = 1$  - кількість обслуговуючого персонала.

Експлуатаційні витрати.

Експлуатаційні витрати складаються з основної і додаткової заробітної плати, амортизаційних відрахувань, витрат на паливо-мастильні матеріали, витрат на технічне обслуговування, ремонт і зберігання агрегата.

Основна і додаткова заробітна плата.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$\Pi = \frac{C_{\text{T}}}{W_{\text{ГОД}}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (6.3)$$

де  $C_{\text{T}}$  - тарифна ставка, 19,89 грн/год; $K_1 = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

$K_2 = 1,375$  – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні міроприємства.

Базовий

Проект

$$\Pi = \frac{19,89}{11,0} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 2,98 \text{ грн/га}$$

$$\Pi = \frac{19,89}{13,1} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 2,51 \text{ грн/га}$$

## Амортизаційні відрахування

Норма амортизації для трактора – 15%, кукурудзозбиральної машини – 15%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора - 1550год;
- машини - 580год

Базовий	Проект
Трактор: $A_{TP} = \frac{580000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 11,0} = 5,10$ грн/га	$A_{TP} = \frac{580000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 13,1} = 4,28$ грн/га
машина: $A_M = \frac{236000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 11,0} = 5,55$ грн/га	$A_M = \frac{237000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 13,1} = 4,68$ грн/га
Всього: $A_{\Sigma} = 5,10 + 5,55 = 10,65$ грн/га	$A_{\Sigma} = 4,28 + 4,68 = 8,96$ грн/га

Витрати на ПММ.

Базовий	Проект
$V_{ПММ} = C_{ПММ} \cdot V_{ПММ} = 22,2 \cdot 25,8 = 572,76$ грн/га	$V_{ПММ} = 22,2 \cdot 22,1 = 490,62$ грн/га

$C_{ПММ}$  – комплексна ціна паливо мастильних матеріалів 11,2 грн/га

Витрати на ТО, ТР, зберігання.

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

- $\alpha_{ТО} = 11\%$  - норма відрахувань на ТО;
- $\alpha_3 = 0,2\%$  - норма відрахувань на зберігання;
- $\alpha_{ТР} = 8\%$  - норма відрахувань на ремонт.

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$B = \frac{B_B \cdot (\alpha_{ТО} + \alpha_3 + \alpha_{ТР})}{100 \cdot K_{НГ} \cdot W_{ГОД}} \quad (6.4)$$

де  $V_B$  – балансова вартість, грн;

$$\text{Трактор: } V_{TP} = \frac{\text{Базовий } 580000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 13,04 \cdot 11,0} = 776,35 \text{ грн/га}$$

Проект

$$V_{TP} = \frac{580000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 11,4 \cdot 13,1} = 745,68 \text{ грн/га}$$

$$\text{Машина: } V_M = \frac{\text{Базовий } 236000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 13,04 \cdot 11,0} = 315,90 \text{ грн/га}$$

Проект

$$V_M = \frac{237000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 11,4 \cdot 13,1} = 304,70 \text{ грн/га}$$

Всього по агрегатам:

$$V = V_{TP} + V_M = 776,35 + 315,90 = 1092,25 \text{ грн/га}$$

$$V = 745,68 + 304,70 = 1050,38 \text{ грн/га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

$$\text{Базовий } E_B = 2,98 + 10,65 + 572,76 + 776,35 = 1362,74 \text{ грн/га}$$

Проект

$$E_B = 2,51 + 8,96 + 490,62 + 745,68 = 1247,77 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

$$\text{Базовий } E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{CEZ} = 1362,74 \cdot 150 = 204411 \text{ грн}$$

$$\text{Проект } E_{\Sigma} = 1247,77 \cdot 150 = 187165,5 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

Базовий

Проект

$$\text{Трактор: } K_B = \frac{B_B}{W_{CE3}} = \frac{580000}{150} = 3866,67 \text{ грн/га}$$

$$K_B = \frac{580000}{150} = 3866,67 \text{ грн/га}$$

$$\text{Машина: } K_B = \frac{236000}{150} = 1573,33 \text{ грн/га}$$

$$K_B = \frac{237000}{150} = 1580 \text{ грн/га}$$

Всього:

$$K_B = 3866,67 + 1573,33 = 5440 \text{ грн/га} \quad K_B = 3866,67 + 1580 = 5446,67 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на 1 га:

$$П_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

Базовий

$$П_B = 1362,74 + 0,15 \cdot 5440 = 2178,74 \text{ грн/га}$$

Проект

$$П_B = 1247,77 + 0,15 \cdot 5446,67 = 2064,77 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Базовий

$$П_{B\Sigma} = П_B \cdot W_{CE3} = 2178,74 \cdot 150 = 326811 \text{ грн}$$

Проект

$$П_{B\Sigma} = 2064,77 \cdot 150 = 309715,50 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 326811 - 309715,50 = 17095,50 \text{ грн}$$

Термін окупності додаткових капітальних витрат:

$$T_o = \frac{817000 - 816000}{17095,50} = 0,1 \text{ р.}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

## Економічна ефективність роботи

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Збирання кукурудзи	
2	Об'єм роботи, га	150	150
3	Склад агрегата: Трактор Машина	Т-150К ККП-3	Т-150К ККП-3М
4	Продуктивність, т/год	11,0	13,1
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	13,04	11,4
6	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 -	1 -
7	Витрати праці, люд.-год/га	13,04	11,4
8	Норма витрати пального, кг/га	25,8	22,1
9	Балансова вартість, грн: - трактора - машини	580000 236000	580000 237000
10	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі: Амортизаційні відрахування: -трактор -машини -всього Витрати на ПММ Витрати на ТО, ТР, зберігання, -трактора -машина -всього	1362,74  5,10 5,55 10,65 572,76  776,35 315,90 1092,25	1247,77  4,28 4,68 8,96 490,62  745,68 304,70 1050,38
11	Капітальні вкладення, грн/га	5440,00	5446,67
12	Приведені затрати, грн/га	2178,74	2064,77
13	Річний економічний ефект, грн		17095,50
14	Термін окупності, років		0,1

## Висновок

Як показують розрахунки, модернізована машина має хорошу ефективність і її можна рекомендувати у впровадження. Прогнозований річний економічний ефект складає 17095,50 грн при сезонному навантаженні 150 га.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу робочих органів відомих всвітової практиці кукурудзозбиральних машин встановлено, що найбільш прогресивні, з погляду якості виконання технологічного процесу, піккерно-стріперні качаноочисні і сегментні різальні апарати в сукупності не застосовуються.

Нами розроблена, теоретично і експериментально досліджена і випробувана оригінальна конструкція, що містить сегментний різальний і піккерно стріперний качановідокремлювальний апарати.

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.

3. Запропоновані оригінальні методики експериментальних досліджень які дозволяють у повному обсязі виконати програму досліджень. Виконана апробація підтверджує їх адекватність.

4. За результатами експериментального дослідження трьох типів сегментних різальних апаратів, спільно з піккерно-стріперним качаноочисним, апаратами, отримані математичні моделі технологічного процесу, що взаємопов'язують показники якості основних операцій (повнота збору листостеблової маси - ПС, відхилення від заданої висоти зрізування - ВС, якості зрізування-КС) і параметрів конструкції (розміщення різального апарату  $b_{\max}$ , 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 («Херсонєць 7»; ширина прокошування 300 мм), розташований на відстані 300-320 мм від передньої опори протягувальних

вальців, з частотою руху ножа  $600\text{-хв}^{-1}$ ; діаметром подаючого бітера - 150 мм, частотою його обертання -  $250\text{-}300\text{ хв}^{-1}$ ; діаметром стебло-знімного відбійного бітера - 210 мм, частотою його обертання -  $170\text{-}230\text{ хв}^{-1}$ ; відстанню різального апарату від осі обертання подаючого бітера - 160 мм і стебло знімно відбійного - 340 мм. Це дає можливість забезпечити повноту збору стебел в межах 92-95%, відхилення від заданої висоти зрізування-12-14%, якість зрізування - 91-95%.

5. В розділі охорона праці зроблений аналіз стану безпеки життєдіяльності, а також представлений план заходів щодо поліпшення умов і безпеки праці, які значно можуть покращити умови праці робочому персоналу.

6. Проведені техніко-економічні розрахунки показують, доцільність застосування сегментного різального апарату в комбайні "Херсонєць -7" адже впровадження цього різального апарату дає можливість заощаджувати щорічно 17095,50 грн.



## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гольдшмідт О.В. Аналіз технологічного процесу відокремлення качанів кукурудзи. “Вісник ХДТУ сільського господарства”. / О.В. Гольдшмідт, О.В. Бондаренко -Вип..7, 2001, с. 239 – 245.
2. Анисимова Л.И. Технологические свойства кукурузы, определяющие процесс початкоотделения. / Л.И. Анисимова -Труды ВИСХОМ.Вып.41.-М., 1963.-с.68-71.
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. / И.И. Артоболевский - М.:Наука, 1988, - 639 с.
4. Ашмарин И.П. Быстрые методы статистической обработки и планирования экспериментов./ И.П. Ашмарин, Н.Н. Васильев- Л.: Издат.Ленинградского у-та, 1976, - 76 с.
5. Гольдшмідт О.В. Результати польових випробувань експериментального комбайну ККП–3Е з новим качановідокремлюючим апаратом. “Вісник аграрної науки Причорномор’я”. / О.В. Гольдшмідт, О.В. Бондаренко -Вип. 5, 2001, с. 290 – 294.
6. Гольдшмідт О.В. Результати польових випробувань експериментального комбайну ККП-3Е з новим качановідокремлюючим апаратом. “Вісник аграрної науки Причорномор'я ”/ О.В. Гольдшмідт, О.В. Бондаренко -Вип. 5, 2001,с.290-294.
7. Гребенюк Г.І. Оптимізація конструкції та результати випробувань жаткової частини кукурудзозбиральних машин. “Вісник аграрної науки Причорномор’я”. / Г.І. Гребенюк- Вип.. 2, 1997, с. 145 – 148.
8. Гребенюк .Г.І. Аспекти дослідження кукурудзозбиральних машин на зерно. “Вісник аграрної науки Причорномор'я”. / Г.І. Гребенюк- Вип. 6, 1999..
9. Горячкин В.П. Собрание сочинений. Т.1, 2-е издания. / В.П. Горячкин - М.:Колос, - 1968, 714с.
10. Гребенюк Г.І. Обоснование параметров режуще-транспортирующего устройства кукурузоуборочного комбайна.–

Николаевский с.-х. ин-т.-Николаев, 1994 -15с. / Г.І. Гребенюк, Д.В. Кузенко - Деп. в ГНТБ України N2199 - Ук 94.

11.Гребенюк Г.І. Шляхи розширення технологічних можливостей та ефективності кукурудзозбиральних комбайнів. "Вісник аграрної науки Причорномор'я". / Г.І. Гребенюк -Вип.. 5, 1998, с. 116 – 121.

12. Гребенюк Г.І. Аспекти дослідження кукурудзозбиральних машин на зерно. "Вісник аграрної науки Причорномор'я". / Г.І. Гребенюк, Д.В. Кузенко , О.В. Бондаренко- Вип.. 6, 1999.

13. Гребенюк Г.І. Агротехнологическая оценка применения сегментных режущих аппаратов в современных комбайнах при интенсивной технологии выращивания кукурудзы на зерно. - В кн.: Биология и агротехника зерновых культур в условиях интенсивного сельскохозяйственного производства. Сборник научных трудов. / Г.І. Гребенюк, Б.Д. Козачек , А.А. Носик - Одесса, 1987, -с.121-127.

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

15. Кузенко Д.В. Шляхи розширення технологічних можливостей русел кукурудзозбиральних машин на зерно. "Вісник аграрної науки Причорномор'я", / Д.В. Кузенко, В.Ю. Тимощук -Вип.. 8. 2000.

16. Кузенко Д.В. Теоретичний аналіз підвищення якісних показників качановідокремлювальних апаратів кукурудзозбиральних машин. "Вісник аграрної науки Причорномор'я"/ Д.В. Кузенко, В.Ю. Тимощук -Вип..9. 2000.

17.Кузенко.Д.В. Сучасний стан та напрямки технологічного вдосконалення кукурудзозбиральних машин."Праці Таврійської державної агротехнічної академії"/ Д.В. Кузенко, В.Ю. Тимощук -Вип.2-2001.-С43-47.

18. Лехман С.Д. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві./ С.Д. Лехман, В.І. Рубльов, Б. І. Рябцев -Київ "Урожай "1993-268с

19. Лукьянченко А.В. Кукурудза в Индии. Кукуруза и сорго. / А.В. Лукьянченко -1991, N1, - с.46-48.

20. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. / С.В. Мельников - Л.: Колос, 1980, -212с.
21. Отчет о проделанной работе Херсонского комбайнового завода за период с 1974-1975г.г. по созданию шестирядного самоходного кукурузоуборочного комбайна. - Херсон, 1975 -24с.
22. Протокол N105-74(90380000) Ведомственных испытаний самоходного кукурузоуборочного комбайна КСКУ-6 (КубНИИТЙМ).- Новокубанск, 1974. - 42с.
23. Протокол N22-74-1(9085300) Ведомственных испытаний кукурузоуборочных комбайнов КСКУ-6 (Украинская МИС).Херсон, 1974, 54с.
24. Пьянков А.И. Методика определения качества измельчения кукурузы на силос. Труды ВИСХОМ. / А.И. Пьянков -Вып.54, 1969, -с.88-94.
26. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. / Н.Е. Резник - М.: Машиностроение, 1975 г - 286с.
27. Техническое описание и инструкция по эксплуатации кукурузоуборочного комбайна КОП-1,4 "Херсонь-7".-К.:Реклама, 1972, - 68с.
- 28.Тростяный М.Я. Спосіб збирання кукурудзи. / М.Я. Тростяний, Д.В. Кузенко, О.В. Бондаренко -Позитивне рішення на вихід № 2001021112, 2001.
- 29.Усенко А.В. Нормування витрат сукупної енергії ресурсів як чинник підвищення економічної ефективності Вісник ХНТУСГ: економічні науки./ А.В. Усенко -Випуск 32. Харків ХНТУСГ:
30. Циков В.С. На пищевые цели.-Кукуруза и сорго. / В.С. Циков 1994, N3, - с.2-3.
31. Циков В.С. Прогрессивная технология выращивания кукурузы. / В.С. Циков - К.: Урожай, 1984, - 192с.
- 32.Шатилов К.В. Кукурузоуборочные машины./ К.В. Шатилов, Б.Д. Козачок, А.П. Орехов -М.: Машиностроение, 1989, - 222с.
33. Boschi V. Sistema culturale a mais contínuo: trdici anni di prove nella Pianura Padana. 1. Agrotecnica e concimazione. / V. Boschi, M. Onjfi, F. Lanza -Infirmatore Agrario, 1991, v. 37, N 8, p. 14233-14834, 14237-14339.

## **ДОДАТКИ**

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно – технологічний факультет**  
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**Удосконалення технології збирання кукурудзи з  
розробкою конструкції та дослідження різального  
апарату комбайна**

демонстраційний матеріал  
до дипломної роботи освітнього ступеня «магістр»

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМ-1-1 9  
Стрижка Євгеній Сергійович  
**Керівник:** к.т.н., доц. Теслюк Геннадій Володимирович

## 2

**Мета досліджень:** обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів різально-транспортуючого пристрою кукурудзозбирального комбайна шляхом забезпечення сумарної роботи пікрно-стріперного качановідокремлювального та сегментного різального апарату.

### **Задачі досліджень:**

- провести огляд патентно-інформаційних джерел з питань розробки сучасних конструкцій різальних апаратів кукурудзозбиральних машин;
- визначити основні фактори, які впливають на підвищення технологічної і експлуатаційної ефективності;
- провести теоретичні дослідження технологічного процесу зрізування 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 рослини кукурудзи;
- провести експериментальні дослідження запропонованої конструкції в лабораторних умовах;
- визначити економічну ефективність та додатковий економічний ефект від проведеної науково-дослідної роботи.

### 3 Гіпотеза щодо роботоздатності різально-транспортувального пристрою

1 - різальний апарат необхідно розміщувати на початку стебло-протягувальних вальців, оскільки після протягання стебла набувають вигляду хаотичного вороху, що ускладнює процес зрізування і приводить до втрат листостеблової маси;

2 - між шнеком стебел і сегментним різальним апаратом доцільно встановлювати не стрічковий, а бітерний транспортер, причому слід розташовувати не менше двох бітерів, оскільки один бітер схильний до намотування стебел, а якщо різальний апарат змонтувати безпосередньо перед шнеком, то через недостатню його активності він забивається;

3 - площину різання апарату необхідно розташовувати вище осі обертання подаючого бітера;

4 - подаючий бітер повинен бути активним для ефективного відведення стебел від різального апарату, а стебло-відбійний бітер менш активним і більшого діаметру, що створює сприятливі умови для сходження стебел в шнек;

5 - для орієнтації комлевої частини стебел по напрямку руху, поверхня бітерів повинна бути рифленою, причому подаючого бітера активнішою, ніж стебло-знімального відбійного бітера

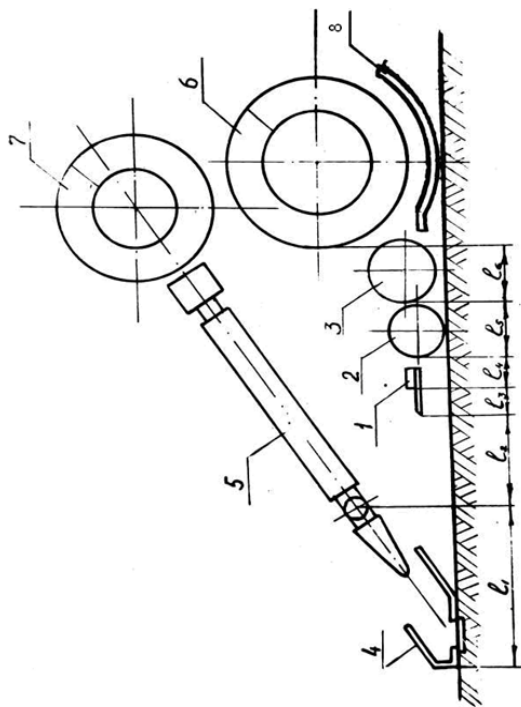


Схема різально-транспортувального пристрою.

1-Ніж різального апарату; 2-подаючий бітер; 3-стеблознімний відбійний бітер; 4-рама руслу; 5-стеблопротягуючий валець; 6-шнек стебел; 7-шнек качанів; 8-піддон шнека стебел.

$l_1$  - орієнтації стебла мисами і захоплення його протягувальними вальцями.

$l_2$ - початок протягання стебла до упору його в різальний апарат.

$l_3$ - зрізування стебла, від моменту упору стебла в різальний апарат до втрати зв'язку його із землею.

$l_4$ - просування стебла після зрізування до подаючого бітера.

$l_5$ - $l_6$  дії на стебло подаючого і стебло-знімного відбійного бітерів.

### Аналіз взаємодії стебел з робочими елементами русла

4

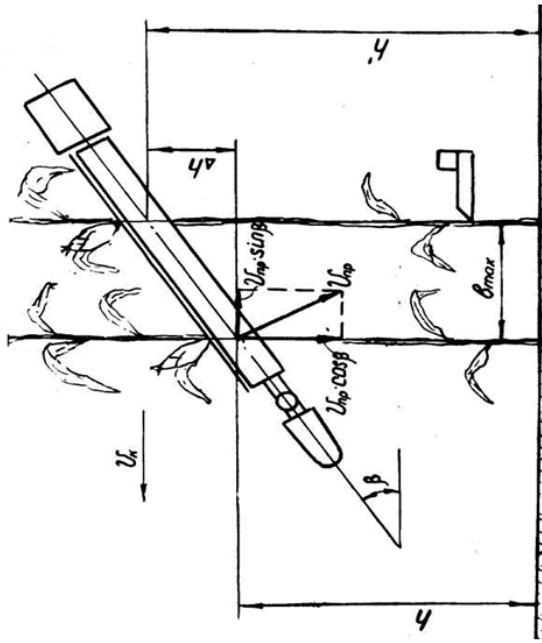


Схема до визначення умовного подовження стебла  $\Delta l$

$$b_{\max} = \Delta l \frac{\cos \beta}{\lambda - \sin \beta}$$

$$\lambda_{\text{впр}} = \frac{\Delta l_{\text{впр}} \cdot \sin \gamma + \Delta d \cdot \sin \beta}{\Delta d} = \frac{\Delta l_{\text{впр}}}{\Delta d} \cdot \sin \gamma + \sin \beta$$

$$V_{\text{к}} = \frac{V_{\text{впр}} \cdot \Delta l}{(v \cdot i - h) \cdot (\sin \gamma + \sin \beta)}$$

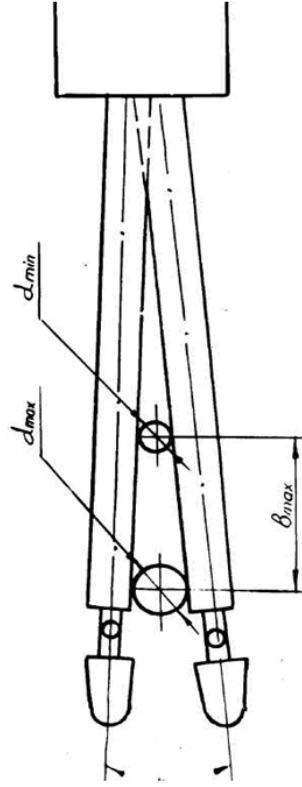


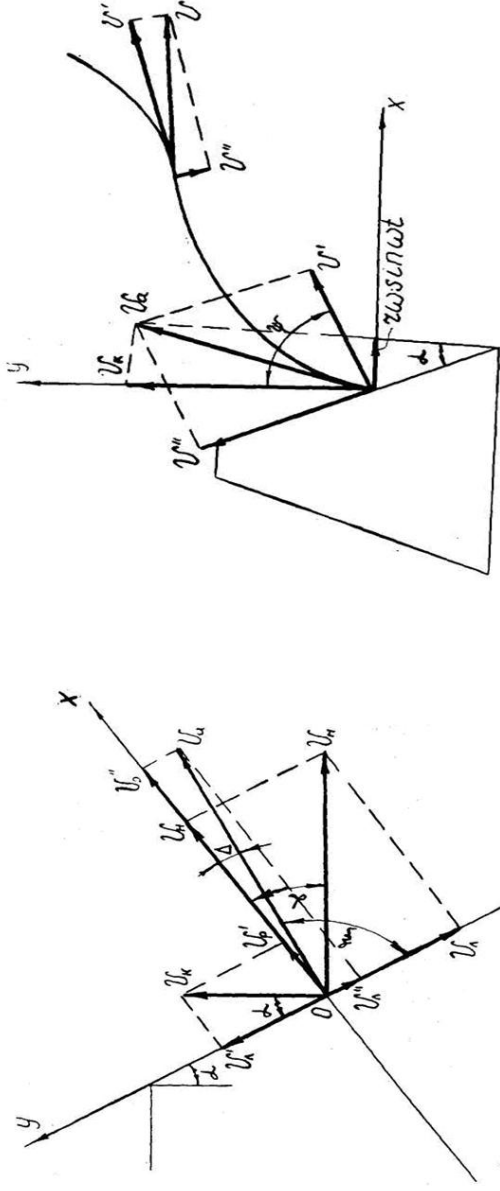
Схема для визначення  $b_{\max}$

$$b_{\max} = \frac{\Delta d \cdot \cos \beta}{\sin \gamma}$$



Аналіз роботи різального апарату

5



Діаграма швидкостей

$$V_{п}'' = V_{п} - V_{т}' = V_{н} \cdot \sin \alpha - V_{к} \cdot \cos \alpha.$$

$$V_{п}' = V_{п} - V_{т} = V_{н} \cdot \cos \alpha - V_{д} \cdot \cos \alpha.$$

$$\operatorname{tg} \Delta = \frac{V_{к} \cdot \frac{V_{к}}{V_{н}}}{1 + \frac{V_{к}}{V_{н}} \cdot \operatorname{tg} \alpha}$$

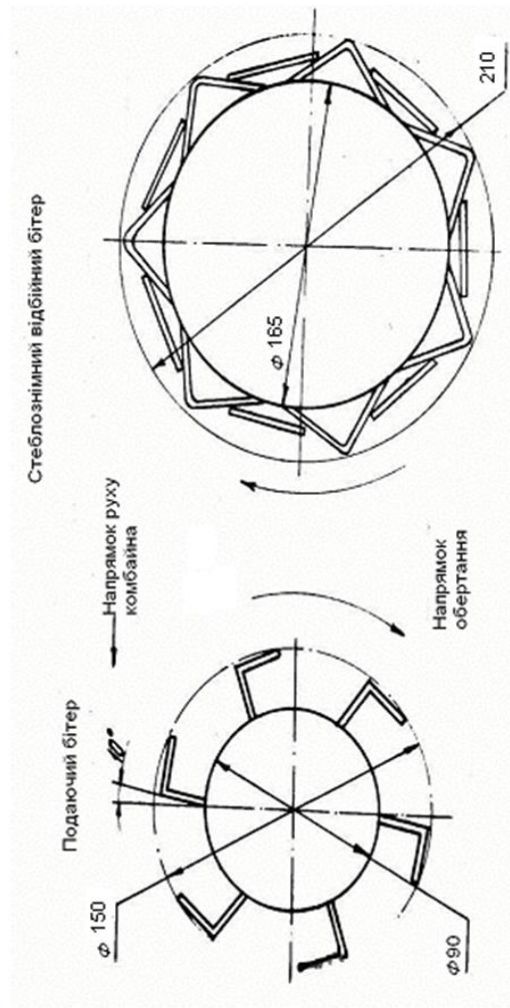
Схема для визначення кута нахилу леза

$$V_{нсп} \cdot \sin \alpha \sim V_{к} \cdot \cos \alpha$$

або

$$\frac{V_{к}}{V_{нсп}} \sim \operatorname{tg} \alpha$$





Геометричні параметри бітерів

$$g_{\delta} = a \cdot l \cdot \gamma \cdot \xi \cdot V_{\delta} \cdot k.$$

$$\lambda_{\delta} = \frac{V_{\delta}}{V_k} = \frac{\mu \cdot B \cdot Y_M}{\varepsilon \cdot \gamma \cdot a \cdot l \cdot k}.$$

7

Лабораторна установка



**Матриця планування і рівня варіювання факторів (для різального апарату 3 типу)**

По- зна- че- ння	Фактори			Взаємодія факторів									Критерій оптимізації		
	Від- різ. апар. В <sub>п</sub> мм	ши- рину руху ножа ХВ-1 мм	ши- рину руху комб. V <sub>к</sub> м/с	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>			
+1	400	700	2,8												
0	200	550	1,8												
-1	0	400	0,8												
План дослідів															
1	+1	+1	0	+1	0	0	+1	+1	0	96,3	23,3	91,6			
2	-1	-1	0	+1	0	0	+1	+1	0	84,2	12,0	90,6			
3	+1	-1	0	-1	0	0	+1	+1	0	93,7	22,7	88,3			
4	-1	+1	0	-1	0	0	+1	+1	0	88,3	13,7	91,6			
5	+1	0	+1	0	+1	0	+1	0	+1	91,6	30,0	89,0			
6	-1	0	-1	0	+1	0	+1	0	+1	91,3	7,1	95,0			
7	+1	0	-1	0	-1	0	+1	0	+1	86,7	16,3	91,8			
8	-1	0	+1	0	-1	0	+1	0	+1	83,7	17,7	89,3			
9	0	+1	+1	0	0	+1	0	+1	+1	93,0	18,7	90,1			
10	0	-1	-1	0	0	+1	0	+1	+1	90,3	7,2	92,4			
11	0	+1	-1	0	0	-1	0	+1	+1	93,0	7,8	95,2			
12	0	-1	+1	0	0	-1	0	+1	+1	90,3	19,2	91,6			
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95,3	13,3	92,3			
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92,1	13,0	88,3			
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88,2	13,9	90,2			
										Y <sub>0</sub>	91,89	13,4	90,2		
										G <sup>2-y</sup>	13,8	38,63	4,12		
										ΔB	2,04	3,41	1,12		

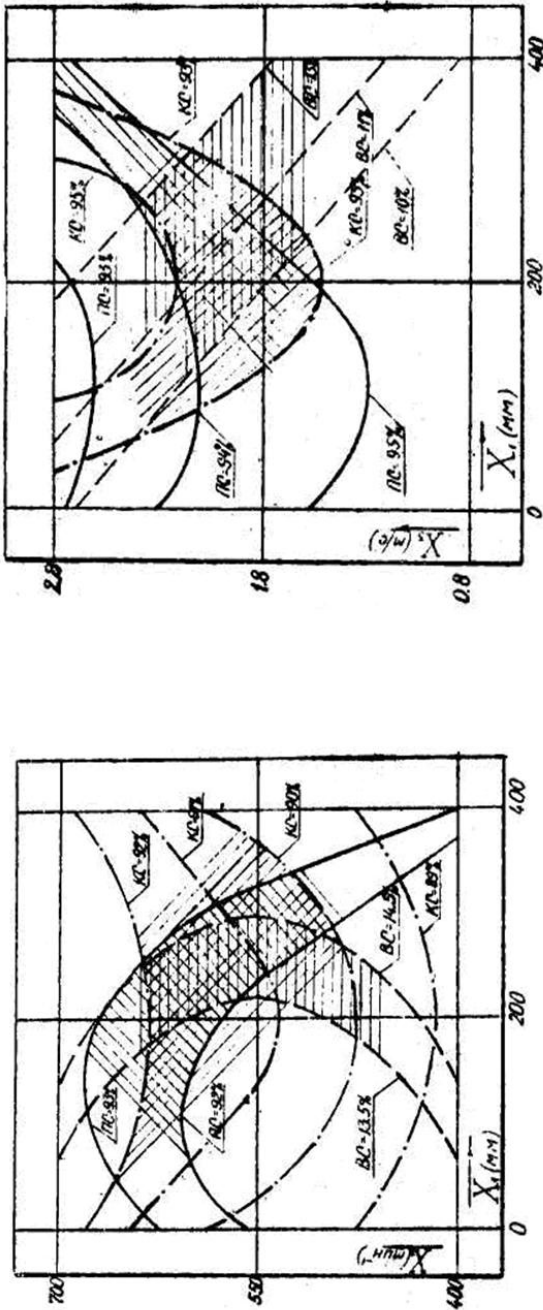
$$BC = B_0 + \sum_{j=1}^n B_j \cdot x_j + \sum_{j=1}^n B_{jj} \cdot x_j^2,$$

$$IIC = B_0 + \sum_{j=1}^n B_j' \cdot x_j + \sum_{i,j} B_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i=1}^n B_i'' \cdot x_i^2,$$

$$KC = B_0 + \sum_{j=1}^n B_j'' \cdot x_j + \sum_{i,j} B_{ij}'' \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i=1}^n B_i''' \cdot x_i^3,$$

Результати експериментальних досліджень

9



Залежність повноти збору стебел (ПС),

відхилення від заданої висоти зрізування (ВС) і якості зрізування (КС) від режимів роботи різального апарату 3 типу:

а) при  $x_3 = +1 (V_k = 2,8 \text{ м/с})$ ;

$$PC = 91,7 + 1,43 \cdot x_1 + 1,78 \cdot x_2 + 1,67 \cdot x_1^2;$$

$$BC = 13,23 + 2,9 \cdot x_1 + 2,3 \cdot x_2^2$$

$$KC = 90,96 - 1,24 \cdot x_1 + 2,84 \cdot x_2^2;$$

б) при  $x_2 = 0 (v = 550 \text{ хв}^{-1})$

$$PC = 94,5 + 1,43 \cdot x_1 + 1,67 \cdot x_1^2 - 2,8 \cdot x_3^2;$$

$$BC = 10,1 + 2,94 \cdot x_1 + 3,13 \cdot x_3$$

$$KC = 93,2 - 1,24 \cdot x_1^2 + 2,24 \cdot x_3^2$$

## Економічна ефективність роботи

№	ПОКАЗНИКІ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Збирання кукурдзи	
2	Об'єм роботи, га	150	
3	Склад агрегата: Трактор Машина	T-150K ККП-3	T-150K ККП-3М
4	Продуктивність, т/год	11,0	13,1
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	13,04	11,4
6	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машинистів -допоміжних працівників	1 -	1 -
7	Витрати праці, люд.-год/га	13,04	11,4
8	Норма витрати пального, кг/га	25,8	22,1
9	Балансова вартість, грн: – трактора – машини	580000 236000	580000 237000
10	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі: Амортизаційні відрахування: -трактор -машини -всього Витрати на ПММ Витрати на ТО, ТР, зберігання, -трактора -машина -всього	1362,74 5,10 5,55 10,65 572,76 776,35 315,90 1092,25	1247,77 4,28 4,68 8,96 490,62 745,68 304,70 1050,38
11	Капітальні вкладення, грн/га	5440,00	5446,67
12	Приведені затрати, грн/га	2178,74	2064,77
13	Річний економічний ефект, грн		17095,50
14	Термін окупності, років		0,1

