

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 дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення механізації збирання кукурудзи з розробкою
конструкції різального апарату стебл до пристосування ПЗКС-6**

Виконав: студент 4 курсу, групи АІС_з-1-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Клеймьонов Роман Тарасович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____ Рибкін Антон Петрович

Дніпро – 2025

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

прізвище, ініціали

« ____ » _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Клеймьонову Роману Тарасовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення механізації збирання кукурудзи з розробкою конструкції різального апарату стебл до пристосування ПЗКС-6

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 07 » травня 2025 року
№ 961

2. Строк подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання в галузі рослинництва та існуючих конструкцій машин для збирання кукурудзи. Патентний пошук, аналіз літературних джерел.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз господарської діяльності базового господарства 2. Огляд існуючих конструкцій машин та пристосувань для збирання кукурудзи на зерно. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічні запропонованої машини. Висновки загальні. Література, Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Огляд конструкцій машин (А1). 2. Кресленик загального виду (А1). 3. Складальне креслення різального апарату (А1). 4. Деталювання. 5. Техніко-економічні показники (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз господарства		
2	Оглядовий		
3	Конструкційний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Графічна частина		

Студент

_____ **Клеймьонов Р.Т.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

_____ **Теслюк Г.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Клеймьонов Р.Т. Удосконалення механізації збирання кукурудзи з розробкою конструкції різального апарату стебл до пристосування ПЗКС-6 / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

Дипломний проєкт присвячений вдосконаленню технологічного процесу механізованого збирання кукурудзи, що є одним із ключових етапів у вирощуванні цієї важливої сільськогосподарської культури. У роботі детально проаналізовано сучасні технології збирання кукурудзи, а також конструктивні особливості наявних машин, які використовуються для цієї мети.

На основі проведеного аналізу запропоновано нову конструктивну схему пристосування ПЗКС-6 до серійного зернозбирального комбайна ДОН-1500Б. Це дозволяє адаптувати комбайн до ефективної роботи з кукурудзою, підвищити продуктивність і знизити витрати на збирання.

У рамках проєкту виконані всі необхідні інженерні розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність запропонованої конструкції, а також розроблена повна комплектність конструкторської документації, яка дозволяє впровадити пристосування у виробництво та експлуатацію.

Крім того, в дипломному проєкті досліджено особливості використання модернізованої машини в умовах сільського господарства, виявлено переваги й можливі недоліки її застосування. Надано рекомендації щодо оптимальної експлуатації машини, з урахуванням умов роботи, обслуговування та організації виробничого процесу.

Ключові слова: різальний апарат, кукурудза, комбайн.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГОСПОДАРСТВО ТОВ «ШЕСТИРНЯ»	10
1.1. Загальні відомості про господарство	10
1.2. Методика вирощування кукурудзи в господарстві	16
1.3. Висновки по розділу	18
2. ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ І ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ	19
2.1. Особливості механізації процесу збору кукурудзи на зерно	19
2.2. Специфіка технологічного процесу збирання зерна кукурудзи	20
2.3. Аналіз конструкцій, що забезпечують узгоджену роботу пікерно-стріперного качановідокремлювального апарата з сегментним різальним пристроєм.....	27
2.4. Висновки по розділу	31
3. РОЗРОБКА ВДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТА ПРИСТАВКИ ПЗКС-6.....	33
3.1. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми.....	33
3.2. Визначення граничного розміщення різального апарата	34
3.3. Розрахунок швидкості руху ножа	38
3.4. Розрахунок приводу різального апарата.....	41
3.5. Розрахунок ланцюгової передачі.....	42
3.6. Визначення швидкісних режимів обертання бітерів.....	46
3.7. Висновок по розділу	48
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	48
4.1. Оцінка стану охорони праці на підприємстві	49

4.2. Вимоги до безпечного виконання робіт при експлуатації сільськогосподарської техніки	50
4.3. Захист навколишнього середовища під час збирання кукурудзи на зерно	53
4.4. Висновки по розділу	55
5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ.....	566
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	599
ЛІТЕРАТУРА.....	622
ДОДАТКИ.....	65

ВСТУП

Збирання врожаю кукурудзи – це складний, багатостадійний і трудомісткий процес, який вимагає значних зусиль, технічного забезпечення і врахування багатьох біологічних особливостей самої культури. Кукурудза є однією з найурожайніших сільськогосподарських культур із широким спектром використання, тому її збір здійснюється з урахуванням цільового призначення отриманої сировини.

Цю культуру збирають у різні фази дозрівання, залежно від призначення врожаю. Так, у фазі молочно-воскової стиглості її використовують на зелений корм і на силос разом із подрібненням стебел і качанів. У фазі воскової стиглості можливе відділення качанів для їх окремого силосування. Повністю стиглу кукурудзу збирають або в качанах, або одразу обмолочують для отримання зерна.

На сьогодні найпоширенішими є два основні способи збирання кукурудзи на зерно. Перший передбачає збирання лише зернової частини врожаю – у вигляді качанів або одразу в зерні – при цьому стебла залишаються на полі. Такий спосіб характерний для країн, де стеблова маса не використовується для кормових потреб, наприклад, у США. Другий спосіб дозволяє зібрати всю біомасу – зерно та стебла – що дає можливість максимально використовувати кукурудзу як кормову культуру. Саме цей метод широко застосовується в Україні при вирощуванні кукурудзи на зерно.

Механізоване збирання кукурудзи значно ускладнюється через низку фізико-біологічних властивостей культури. Серед них – слабка стійкість до вилягання, міцний зв'язок качанів зі стеблами, нерівномірне розташування качанів по висоті. Це створює додаткові труднощі для техніки і вимагає точного налаштування машин. У зв'язку з цим, як в Україні, так і за кордоном, активно проводяться селекційні роботи зі створення нових сортів

і гібридів кукурудзи, які були б не лише високоврожайними, а й адаптованими до умов механізованого збирання.

Основна мета таких селекційних програм – отримання рослин, які не вилягають, мають компактне розміщення качанів, знижене енергоспоживання під час зрізування, обмолоту, подрібнення та післяжнивної обробки зерна. Особлива увага приділяється гібридам із низькою збиральною вологістю зерна, адже витрати на сушіння складають до 30% загальних витрат на виробництво кукурудзи. Так, на сушіння 1 тонни зерна високої вологості потрібно до 40 кг пального, а для качанів – до 80 кг.

У зв'язку з цим розробляються енергозберігаючі технології – природна сушка, консервування вологого зерна, зберігання зерно-стрижневої суміші. Згідно з дослідженнями на генетичній станції НВО "Дніпро", для механізованого збирання в умовах України найбільше підходять середньоранні гібриди кукурудзи. Вони мають оптимальну висоту, стійкість до вилягання, зручне розміщення качанів та помірну масу листостеблової частини, а також знижений рівень вологості на момент збору.

Для Західного регіону України районовані та рекомендовані до вирощування такі гібриди: "Дніпровський-472МВ", "Дніпровський-921ТВ", "Саноріна", "Опхем", "Арабас", "Ударнік", "ПР-612". Ці гібриди поєднують у собі високу врожайність, стійкість до стресових умов і відповідність технічним вимогам сучасного збирання.

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГОСПОДАРСТВО ТОВ

«ШЕСТИРНЯ»

1.1. Загальні відомості про господарство

Товариство з обмеженою відповідальністю «Шестірня» розташоване в селі Приображенка, що входить до складу Широківського району Дніпропетровської області. Територіально господарство знаходиться в центральній частині області, в межах північно-східної частини Нікопольського району, яка належить до помірно-посушливого агрокліматичного району. Такий кліматичний режим обумовлює особливості сільськогосподарського виробництва, зокрема впливає на вибір культур, технології обробітку ґрунтів і строки виконання польових робіт.

Господарство має вигідне, хоча й не центральне, розташування щодо транспортної інфраструктури. Найближча залізнична станція – Лошкарівка – знаходиться за 18 км, що забезпечує доступ до вантажоперевезень. Відстань до найближчого великого міста – районного центру Кривий Ріг – становить 45 км, а до обласного центру, міста Дніпро (Дніпропетровськ), – 135 км. Таке розташування дозволяє підприємству підтримувати стабільні логістичні зв'язки з регіональними ринками та постачальниками.

Земельний фонд ТОВ «Шестірня» становить 3281 гектар сільськогосподарських угідь. Основними ґрунтами є чорноземи малосуглинкової та важкосуглинкової структури, які належать переважно до 2–4 класів родючості. Однак близько 10% площ розташовані на схилах ярів та мають ознаки ерозії, що знижує їхню продуктивність до 5–6 класу.

Польові ділянки мають різну протяжність – більшість гонів сягає 600–1000 метрів, хоча на ділянках складної форми до 10% площ мають гони завдовжки менше 600 метрів, що дещо ускладнює механізовану обробку.

Детальний розподіл земель за видами угідь і їх структура наведені в таблиці 1.1, яка відображає особливості землекористування підприємства та його виробничий потенціал.

Таблиця 1.1.

Склад і розподіл земельних ресурсів підприємства

Вид угідь / Показник	Площа, га
Загальна земельна площа	3281
Сільськогосподарські угіддя – всього	2781
у тому числі:	
Рілля	2722
Багаторічні насадження	59
Площа земель, що перебувають в оренді	2222

Господарство ТОВ «Шестірня» має переважно орендовані сільськогосподарські землі, з яких приблизно 98% становить рілля. Це свідчить про високий рівень використання землі для вирощування однорічних культур, зокрема зернових, технічних або кормових. Такий показник характерний для інтенсивного землеробства, де основна увага приділяється польовим сівозмінам і максимальному завантаженню площ.

Лише 2% земельного фонду займають багаторічні насадження, до яких можуть належати сади, виноградники або ягідники. Їхня частка в структурі незначна, що може бути обумовлено природно-кліматичними умовами, профілем діяльності господарства або економічною доцільністю таких насаджень у даному регіоні.

Більш детальне уявлення про структуру використання орних земель дає аналіз посівних площ, що представлений у таблиці 1.2. У ній відображено розподіл площ під окремі культури, що вирощуються в господарстві, а також їх питома вага в загальному посівному кліні.

Таблиця 1.2. Розподіл посівних площ

Культура	Площа, га	Питома вага, %
Пшениця озима	850	26,4
Кукурудза на зерно	920	28,6
Соняшник	700	21,8
Ячмінь ярий	350	10,9
Горох	180	5,6
Соя	150	4,7
Інші культури (овес, просо тощо)	72	2,0
Разом	3222	100,0

У структурі посівних площ господарства ТОВ «Шестірна» переважають ярі та озимі зернові культури, які займають найбільшу частку сільськогосподарських угідь. Саме вирощування цих культур забезпечує основну частину прибутку підприємства. Завдяки сприятливим агрокліматичним умовам регіону, застосуванню сучасних агротехнологій і систематичному оновленню технічної бази, господарство досягає високої врожайності зернових, що дозволяє успішно реалізовувати вирощену продукцію на ринку.

У результаті раціонального використання земельних ресурсів та ефективного підходу до виробництва, обсяги виробництва зернових культур зросли на 10%. Позитивна динаміка спостерігається також у галузі тваринництва. Загальний приріст продукції великої рогатої худоби становить 14%, у тому числі виробництво молока зросло на 6%. Крім того, обсяги продукції свинарства збільшилися на 7,7%, що свідчить про стабільне функціонування та поступовий розвиток тваринницької галузі.

Важливою складовою ефективного ведення сільськогосподарського виробництва є належний рівень механізації, основою якої є машинно-тракторний парк господарства. За наявності фінансових можливостей підприємство прагне постійно оновлювати свою технічну базу шляхом

придбання високопродуктивних тракторів, комбайнів, сільськогосподарських знарядь та механізмів. Це дозволяє підтримувати стабільність у виконанні основних польових робіт, підвищувати продуктивність праці та знижувати витрати часу.

Проте механізація має й негативні аспекти. Зокрема, спостерігається зростання витрат на електроенергію та паливо-мастильні матеріали, що в умовах постійного зростання цін на енергоресурси створює додаткове фінансове навантаження на господарство. Щороку підприємству доводиться зіштовхуватись із все більшими труднощами, пов'язаними з оплатою цих ресурсів.

Для досягнення високої ефективності роботи техніки в господарстві впроваджуються сучасні організаційні підходи до механізованих робіт. Зокрема, активно застосовується поточно-комплексна організація виробничих процесів, яка передбачає формування тимчасових спеціалізованих підрозділів (загони посівні, збиральні тощо), що дозволяє концентрувати техніку на окремих ділянках та більш ефективно її використовувати. Такий груповий метод значно підвищує продуктивність агрегатів, скорочує строки виконання робіт і покращує їхню якість.

Склад машинно-тракторного парку господарства подано в таблиці 1.3. Найбільшу кількість у ньому займають колісні трактори, вантажні автомобілі та тракторні причеми, що формують основу для виконання більшості польових і транспортних операцій.

У розрізі марок техніки, найбільш поширеними є трактори МТЗ-82, МТЗ-892, John Deere 6930, а також гусеничні трактори Т-150 та Challenger MT765. Серед зернозбиральної техніки переважають комбайни Дон-1500Б, а також Claas Lexion 580 і Claas Tucano 450. До основного переліку сільськогосподарських машин входять культиватори КРН-5,6, Horsch Cruiser 5XL, плуги ПЛН-5-35 та Lemken EurOpal 7, а також сівалки УПС-8, Vaderstad Rapid і СЗ-3,6. Серед транспортної техніки найбільше

використовуються вантажні автомобілі марок ГАЗ-53, КАМАЗ-5320, а також ЗІЛ-130.

Таблиця 1.3 – Машинно-тракторний парк ТОВ «Шестірна»

Вид техніки	Марка / модель	Кількість, од.
Колісні трактори	MT3-82, MT3-892, John Deere 6930	12
Гусеничні трактори	T-150, Challenger MT765	3
Зернозбиральні комбайни	Дон-1500Б, Claas Lexion 580	4
Кукурудзозбиральні комбайни	Claas Tucano 450, Case IH 6088	2
Сівалки	УПС-8, Vaderstad Rapid, C3-3,6	5
Плуги	ПЛН-5-35, Lemken EurOpal 7	4
Культиватори	KPH-5,6, Horsch Cruiser 5XL	4
Обприскувачі	Amazone UX 3200, ОПШ-2000	3
Причепи тракторні	2ПТС-4, 2ПТС-6	6
Вантажні автомобілі	ГАЗ-53, КАМАЗ-5320, ЗІЛ-130	7
Фронтальні навантажувачі	JCB 531-70, Амкодор 342	2

У сучасному інтенсивному землеробстві особливу роль відіграє система основної обробки ґрунту, яка базується на комплексному використанні різних методів обробки: чергування різноглибинної оранки, плоскорізної та чизельної обробок. Такий підхід дозволяє найбільш ефективно впливати на структуру ґрунту, що є ключовим фактором для забезпечення високої врожайності сільськогосподарських культур.

Глибина обробки ґрунту визначається кількома факторами, серед яких важливими є ґрунтово-кліматичні умови, особливості сівозміни, а також біологічні властивості культур, що вирощуються. Наприклад, для різних видів культур може бути доцільним застосування різних глибин обробітку, що дозволяє забезпечити оптимальні умови для розвитку кореневої системи та поглинання поживних речовин.

Однією з ключових переваг різноглибинної обробки ґрунту є підвищення врожайності польових культур. Дослідження показують, що такий підхід сприяє створенню більш сприятливих умов для росту рослин, зокрема завдяки поліпшенню структури ґрунту, забезпеченню кращого аераційного режиму та збереженню вологи. Це позитивно позначається на врожайності, особливо в умовах, коли погодні умови є нестабільними або вологість ґрунту варіюється.

Крім того, система чергування оранки, плоскорізної та чизельної обробки ґрунту має високий потенціал для попередження ерозійних процесів. Оскільки кожен з методів обробки зменшує ризики ерозії, такі як водна або вітрова ерозія, що можуть серйозно пошкодити структуру ґрунту, зменшити його родючість і призвести до втрат урожаю. Це особливо важливо в регіонах, де є проблеми з ерозією ґрунтів.

Ще однією суттєвою перевагою є підвищення потенційної родючості ґрунту, оскільки використання комбінованих методів обробки покращує умови для розвитку корисних мікроорганізмів, забезпечує більш рівномірне розподілення органічних речовин у ґрунті, а також оптимізує структуру ґрунту, що дозволяє краще утримувати вологу і живильні елементи.

Завдяки такому підходу також можна суттєво знизити витрати на обробіток ґрунту, оскільки комбінація різних методів дозволяє зменшити кількість необхідних операцій і, відповідно, знизити витрати на паливе, обслуговування техніки та трудовитрати. Це робить цей метод не тільки ефективним з точки зору врожайності, але й економічно вигідним для господарств.

Загалом, система основної обробки ґрунту, яка включає чергування різних методів обробки, є оптимальним рішенням для інтенсивного землеробства. Вона дозволяє збалансувати потреби в збереженні родючості ґрунту, підвищенні врожайності та зниженні витрат на обробіток землі.

1.2. Методика вирощування кукурудзи в господарстві

У Лісостеповій зоні найвищу врожайність кукурудза дає після таких культур, як озимина, зернобобові, цукрові та кормові буряки, гречка і картопля. У Поліссі сприятливими попередниками є люпин, багаторічні трави, льон, зернобобові, озимі культури та картопля. Водночас кукурудза не надто вибаглива до попередніх культур, що дає змогу досить гнучко підходити до планування сівозміни.

Кукурудзу можна вирощувати як монокультуру, проте важливо враховувати тип ґрунту. На чорноземах за умови систематичного внесення органічних добрив її можна сіяти безперервно протягом 6–10 років. На бідніших ґрунтах цей термін скорочується до 3–5 років. У добре зволжених районах Лісостепу та Полісся кукурудза, вирощувана на силос, більше реагує на внесення добрив, ніж на попередню культуру. Водночас у зонах з обмеженою вологістю не варто сіяти кукурудзу після культур, які сильно висушують ґрунт, як-от цукрові буряки, суданська трава чи соняшник. Також не рекомендується висівати кукурудзу після проса, оскільки обидві культури уражуються кукурудзяним метеликом.

Обробіток ґрунту відіграє важливу роль у вирощуванні кукурудзи, особливо коли не застосовуються гербіциди. Основні агротехнічні заходи планують з урахуванням попередньої культури, типу ґрунту, рельєфу місцевості та рівня забур'яненості поля. Якщо поле сильно засмічене бур'янами, доцільно використовувати напівпаровий обробіток. Після ранніх попередників, таких як зернові, ґрунт спочатку дискують на глибину 6–8 см, вносять добрива, а потім проводять оранку на глибину 27–30 см. Обов'язковим є й подальший обробіток — культивація або боронування — для знищення бур'янів, що проростають.

Метою передпосівного обробітку ґрунту є збереження ґрунтової вологи, знищення бур'янів і створення сприятливих умов для проростання насіння. Обов'язково навесні проводять боронування і вирівнювання

поверхні поля. Коли з'являються перші бур'яни, виконують культивуацію на глибину 10–12 см. Завершальним етапом перед сівбою є обробіток комбінованими агрегатами, які ефективно знищують бур'яни й готують ґрунт до висіву.

Щодо удобрення, кукурудза потребує значних норм добрив, зокрема органічних. Під час оранки зазвичай вносять підстилковий гній. Його кількість визначається рівнем родючості ґрунту та кліматичними особливостями регіону. Наприклад, у західному Лісостепу гній вносять у нормі 30–40 тонн на гектар, тоді як на Поліссі — 40–60 тонн на гектар. Для задоволення потреби в азоті, фосфорі та калії кукурудза потребує значних норм добрив. Важливим є врахування критичних періодів засвоєння елементів, таких як азот під час цвітіння та формування зерна, фосфор на ранніх етапах росту.

Кукурудза також чутлива до дефіциту мікроелементів, тому застосування мікроелементів є важливим для її нормального росту. Мікроелементи краще вносити при інкрустації насіння.

Регулятори росту є важливим елементом підвищення врожайності, оскільки вони стимулюють ріст і розвиток рослин, підвищують їх стійкість до стресових умов і можуть підвищити урожай на 10-20%. Їх можна застосовувати як для обробки насіння, так і для обприскування посівів у фазі 8-10 листків.

Щодо сівби, кукурудзу висівають при температурі ґрунту 10-12°C, в залежності від регіону. В умовах Західного Лісостепу та Полісся оптимальні строки сівби — з 1 по 15 травня, для холодостійких гібридів можна починати сівбу раніше.

Норма висіву залежить від густоти посіву та типу гібриду. Для отримання оптимальної густоти важливо враховувати не тільки кількість насіння, але й рівномірне його розміщення на полі. Для забезпечення рівномірного розподілу насіння в рядках важливо контролювати швидкість руху посівного агрегату.

Догляд за посівами включає в себе боронування, розпушування та підживлення, щоб забезпечити хороші умови для росту рослин. У разі потреби можна застосовувати гербіциди для боротьби з бур'янами.

1.3. Висновки по розділу

1. Якісні показники ґрунту перебувають у доброму стані, що свідчить про ефективне управління агротехнічними заходами, попри наявну проблему нестачі добрив. Це дозволяє отримувати стабільно хороші врожаї без значних втрат у родючості землі. Враховуючи, що наявного парку техніки достатньо для виконання всіх необхідних технологічних операцій з вирощування та збору кукурудзи у відповідності до агротехнічних вимог, питання вдосконалення існуючих машин є актуальним. Зокрема, удосконалення машини ПЗКС-6 для збирання кукурудзи сприятиме підвищенню її продуктивності та ефективності, зменшенню втрат врожаю під час збору та покращенню якості роботи. Це також дасть змогу зберегти технологічну дисципліну і своєчасно виконувати роботи, що особливо важливо для кукурудзи, яка має чутливість до строків збору.

2. Тому розробка та вдосконалення технічних засобів, зокрема комбінованих машин, має важливе значення для підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва і зниження витрат на його здійснення. Тема удосконалення машини ПЗКС-6 для збирання кукурудзи, безумовно, є важливою для подальшого розвитку агропромислового комплексу і має значний потенціал для впровадження в практичну діяльність.

2. ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ І ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ

2.1. Особливості механізації процесу збору кукурудзи на зерно

Збирання врожаю кукурудзи є складним та трудомістким процесом. Кукурудза, завдяки своїй високій врожайності та багатофункціональному використанню, збирається за різними технологіями. Це може бути: на зелений корм, у фазі молочно-воскової стиглості зерна – для виготовлення силосу з одночасним подрібненням стебел або качанів; на силос у стадії молочно-воскової та воскової стиглості, коли відділяють і подрібнюють качани для самостійного силосування; а також стиглий урожай, який збирається в качанах або з обмолотом зерна.

Сьогодні існують два основні методи збирання кукурудзи на зерно. Перший передбачає збір тільки зернової частини врожаю – або в качанах, або з обмолотом зерна, при цьому стебла залишають на полі для подрібнення та внесення в ґрунт. Цей метод є популярним у США та в країнах, де стебла кукурудзи не використовуються для кормів. Другий метод передбачає одночасний збір всього біологічного врожаю: зерна – у качанах або з обмолотом, а стебел – із зрізом і подрібненням для силосування, щоб використовувати їх як корм для тварин. Така технологія є характерною для нашої країни, коли кукурудза вирощується на зерно.

Механізоване збирання кукурудзи на зерно ускладнюється через її фізичні та біологічні особливості. Зокрема, це слабка стійкість рослин до вилягання, міцне прикріплення качанів до стебел і їхнє нерівномірне розміщення на різній висоті, що ускладнює роботу збиральної техніки. Ці фактори ускладнюють збирання, тому в багатьох країнах, зокрема й у нашій, активно проводяться селекційні роботи, спрямовані на створення нових

сортів і гібридів кукурудзи, які поєднуюватимуть високу врожайність з біологічними властивостями, що дозволяють легше механізувати збирання.

Основною метою таких досліджень є створення сортів, стійких до вилягання та обвисання качанів, що знижує енергоємність таких процесів, як зрізання, відділення качанів, подрібнення та обробка зерна після збирання. Це дозволяє зменшити витрати енергії на ці операції та підвищити ефективність збирання.

Особливу увагу в останні роки приділяють створенню гібридів кукурудзи з низькою вологою зерна, оскільки виробництво кукурудзи супроводжується великими енергетичними витратами на сушку. Сушіння врожаю є енерговитратним процесом, що складає близько 30% загальних витрат на виробництво кукурудзи. Для штучної сушки 1 тонни зерна з високою вологістю потрібно 35-40 кг пального, а для 1 тонни качанів – до 80 кг пального. У зв'язку з цим активно розробляються енергозберігаючі технології, такі як природне сушіння, консервація вологого зерна та суміші зерна і стержнів, щоб знизити енергетичні витрати при обробці врожаю.

2.2. Специфіка технологічного процесу збирання зерна кукурудзи

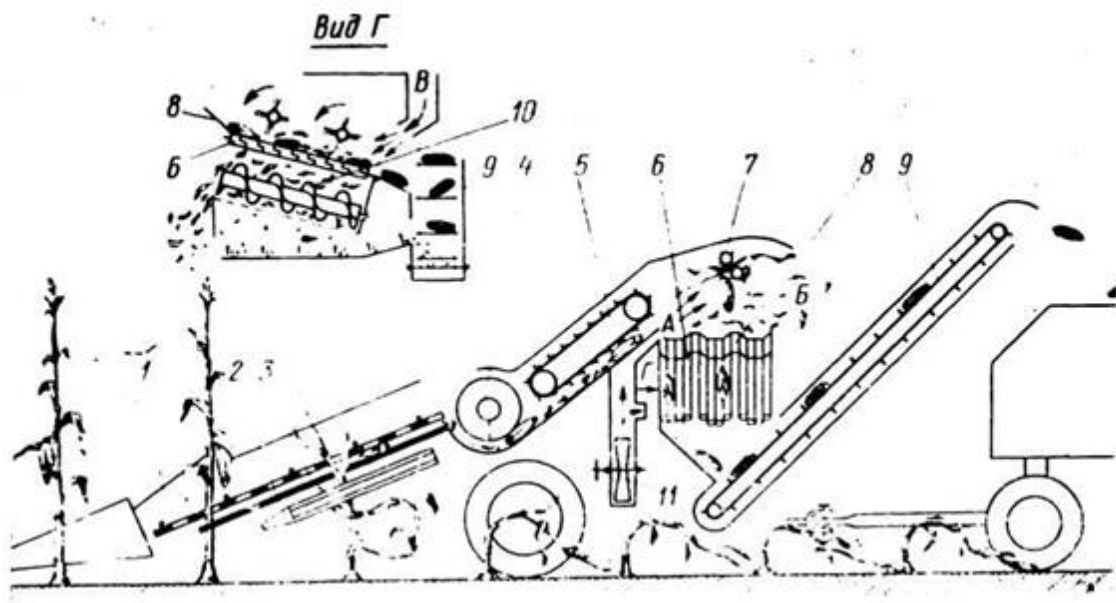
Процес збирання лише зерна кукурудзи складається з кількох ключових стадій. Насамперед потрібно відділити качани від стебел. Це здійснюється за допомогою спеціальних машин, які відокремлюють качани, після чого вони очищуються від обгорток або одразу обмолочуються, якщо це передбачено технологією. Потім очищені качани або обмолочене зерно транспортуються в спеціальний транспортний засіб для подальшої обробки чи зберігання.

У процесі такого збирання стебла зрізаються, подрібнюються і розкидаються по полю, щоб згодом їх можна було закрити в ґрунт або використовувати для інших цілей. Оскільки збирання обмежується лише зерновою частиною врожаю, машини, що застосовуються для цього, мають

більш просту конструкцію, що робить їх більш маневреними та економічними в плані використання металу і енергії. Це робить їх менш затратними у порівнянні з машинами, що здійснюють збирання всього біологічного врожаю.

Для збирання зерна кукурудзи переважно застосовують машини двох типів: збирачі-очищувачі качанів (пікер-хескери) та збирачі-обмолочувачі качанів (пікер-шеллери). Ці машини прості в конструкції, але дуже ефективні для виконання необхідних операцій. Вони здатні швидко і якісно відокремлювати качани від стебел, очищати їх і навіть обмолочувати зерно.

За кордоном великою популярністю користується збирач-очищувач качанів (пікер-хескер) марки «Джон-Дір» (США), який зображений на рис. 2.1. Це причіпна машина, спеціально створена для ефективного збирання стиглої кукурудзи у вигляді цілих качанів із одночасним їх очищенням від листяних обгорток. Такий збирач складається з двох головних частин: ходової бази, на якій розміщений качаноочисний механізм, та змінних поточкових приставок, що адаптують машину до різних умов збирання і типів кукурудзи. Завдяки своїй конструкції і функціональності ця машина забезпечує високу продуктивність і якість збирання, значно знижуючи втрати врожаю і підвищуючи ефективність роботи на полі. Вона також дозволяє швидко і легко проводити технічне обслуговування та заміну комплектуючих, що робить її зручною в експлуатації. Залежно від кількості рядів кукурудзи, машина оснащується дворядною (модель 243) або трирядною (модель 343) приставкою, що дозволяє адаптувати техніку до різних умов вирощування і щільності посівів.



2.1. Схематичне зображення процесу роботи збирача-очисника «Джон-Дір-300»: 1 — ланцюги подачі; 2 — вальці протягування; 3 — стріперні пластини; 4 — поперечний шнек для качанів; 5 — похилий транспортер качанів; 6 — очищувальні вальці; 7 — пристрої для захоплення стебел; 8 — скатна дошка; 9 — елеватор для очищених качанів; 10 — транспортер для обгорток; 11 — вентилятор для очищення.

У конструкції машини передбачено регулювання приставки для підгонки під потрібну ширину міжрядь. Це досягається за рахунок перестановки качановідокремлювальних апаратів і щитків русел на поперечній балці, що дає змогу пристосувати машину до різних умов вирощування та видів посівів.

Агротехнічна оцінка збирача-очищувача "Джон-Дір-300", проведена на Південноукраїнській машинно-технологічній станції, показала високий рівень його роботи за основними якісними показниками. Наприклад, при робочій швидкості до 5 км/год втрати зерна складають лише 4%, причому основні втрати припадають на качани, що залишаються на повалених стеблах, і складають приблизно 1,5%.

Однак, як і інші пікерні машини, збирач-очищувач "Джон-Дір-300" не знайшов широкого застосування в Україні. Це пов'язано з тим, що машина не збирає листостеблову масу, що є важливою частиною врожаю для подальшого використання в кормових технологіях або для обробки ґрунту. Тому, попри її високу ефективність при збиранні зерна, вона не відповідає всім вимогам, що висуваються до техніки в українських умовах.

Серед обмолочувальних збирачів (піккер-шеллерів) особливе місце займає французька самохідна машина «Рівер-Казалі» (рис. 2.2). Вона оснащена трьох- або чотирирядною піккерною приставкою з похилою камерою та молотаркою, яка має два барабани для ефективного обмолоту качанів. Ця самохідна машина призначена для збирання зрілої кукурудзи, одночасно обмолочуючи качани. При цьому стебла кукурудзи не зрізаються і залишаються на полі.

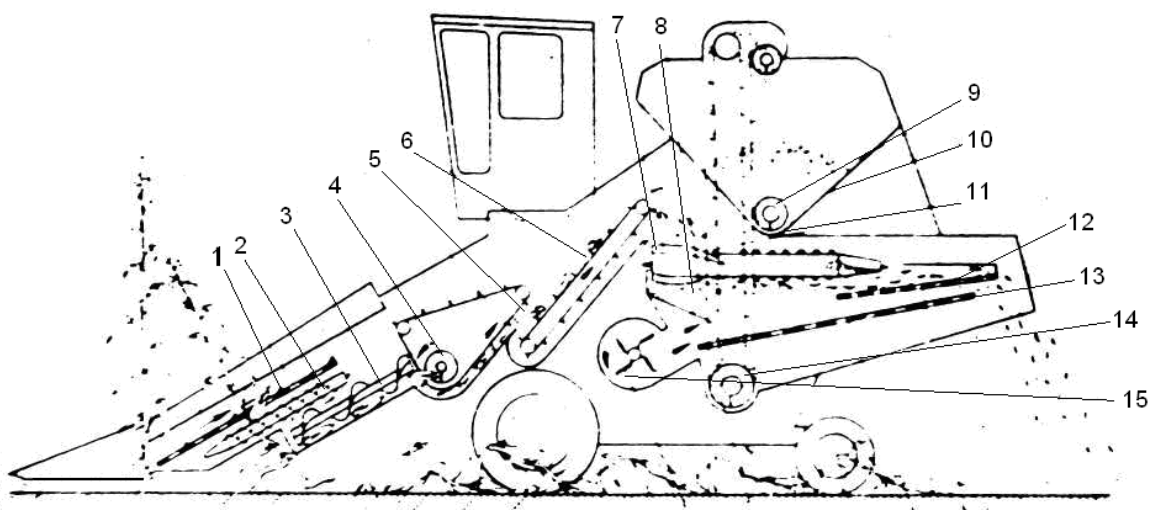


Рис. 2.2. Схема технологічного процесу збирача -обмолочувача

"Рівер-Казалі":

Машини складається з таких основних частин: 1- ланцюги подачі – механізми, що переміщують качани кукурудзи до зони обробки; 2 - Відривні вальці – пристрої, які відокремлюють качани від стебел; 3- гвинтові (шнекові) транспортери – переміщують качани в напрямку до молотарки; 4

- поперечний шнек – подає масу в центральну частину машини; 5 - Скребковий транспортер – забезпечує горизонтальне або вертикальне переміщення матеріалу; 6 - елеватор молотарки – піднімає качани до молотильного апарата; 7 - молотильний апарат – розділяє зерно від качанів; 8 - дека з прутами – частина молотильного апарата, яка допомагає відділенню зерна; 9- вивантажувальний шнек – подає обмолочене зерно з машини в транспортний засіб; 10 -бункер – резервуар для тимчасового зберігання зібраного зерна; 11 - елеватор для зерна – транспортує зерно вгору до бункера; 12, 13 - решета очистки – відділяють зерно від домішок; 14 - зерновий шнек – транспортує очищене зерно після просіювання; 15 - вентилятор – продуває повітря для очищення зерна від легких домішок.

Серед конструктивних особливостей, які варто відзначити, — цікаве технічне виконання пікерних відривних вальців зварної конструкції. Вони зроблені з циліндричних труб, на які ззовні приварені литі секції гвинтових ребер і кулачків. У парі вальці мають різну довжину: один — 1370 мм, інший — 1275 мм, і розташовані під нахилом 30° до горизонту. Над ними встановлені подаючі ланцюги з лапками, які рухаються у двох контурах.

Під час випробувань збирач-обмолочувач "Рівер-Казалі" показав досить хороші агротехнічні та експлуатаційні характеристики: він маневрений, зручний у використанні. При робочій швидкості до 6 км/год і подачі зерна приблизно 2 кг/с, середні втрати зерна становили близько 2%. Однак ця техніка не набула широкого застосування в Україні, оскільки вона не передбачає збирання стебел.

У багатьох розвинених країнах світу активно застосовуються спеціальні приставки до зернозбиральних комбайнів, які призначені виключно для збирання зернової частини кукурудзи — качанів. Використання таких пристроїв дозволяє значно підвищити ефективність використання зернозбиральної техніки протягом року. Завдяки цьому збільшується тривалість експлуатації комбайнів у сезоні, що дає змогу раціональніше використовувати їх потужності та підвищити загальну

продуктивність машин. Окрім того, збільшення ширини захвату дає змогу обробляти більші площі за менший проміжок часу, що особливо важливо при збиранні врожаю у стислі строки.

Комбайни, що використовуються для збирання кукурудзи, поділяються на два основні типи за принципом роботи: в одних машинах стебла зрізуються й разом із качанами подаються до молотильного апарата, в інших — качани відокремлюються без зрізування стебел. У будь-якому з варіантів обробки листостеблова маса не залишається на полі у непереробленому вигляді: вона подрібнюється і рівномірно розкидається по поверхні поля, що сприяє покращенню структури ґрунту та збереженню органічної маси.

Яскравим прикладом сучасного підходу до збирання кукурудзи є комбайни нового покоління "Axial Flow" моделей 1440, 1460 та 1480 (рис.2.3) виробництва американської компанії *International Harvester*. Ці машини універсальні — вони придатні для збирання як зернових культур, так і кукурудзи та сої.

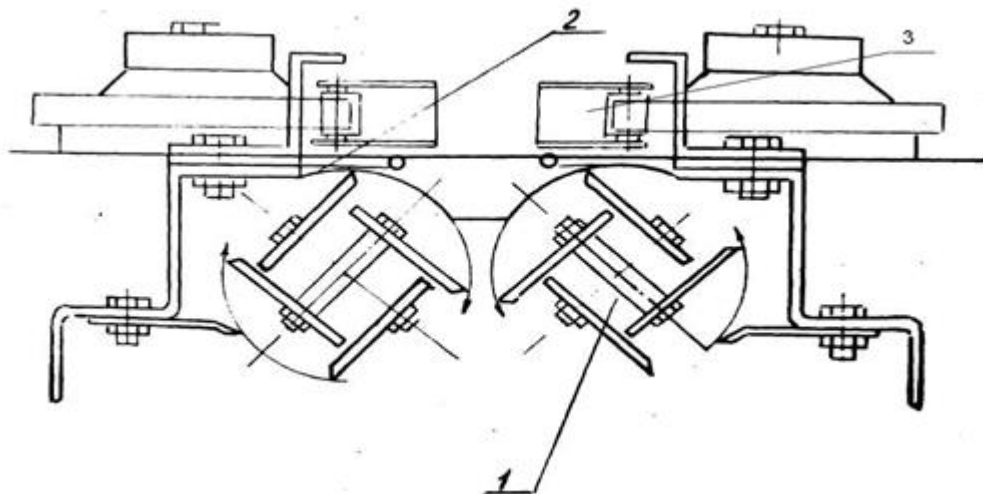


Рис .3.3. Схема пристрою качановідокремлювального апарата фірми «Інтернейшнл Харвестер»: 1 — вальці протягування; 2 — стріперні пластини; 3 — ланцюги подачі.

Ці машини універсальні — вони придатні для збирання як зернових культур, так і кукурудзи та сої. Особливість їх конструкції полягає в тому, що під час збирання кукурудзи стебла не зрізуються повністю, а залишаються на полі у подрібненому вигляді. Такого результату вдається досягти завдяки застосуванню спеціального качановідокремлювального апарата, обладнаного протягувальними вальцями, які одночасно виконують функцію подрібнення стебел. Такий підхід дозволяє зменшити кількість проходів техніки по полю, скоротити витрати пального та часу, а також покращити агротехнічний стан полів.

Особливість їх конструкції полягає в тому, що під час збирання кукурудзи стебла не зрізуються повністю, а залишаються на полі у подрібненому вигляді. Такого результату вдається досягти завдяки застосуванню спеціального качановідокремлювального апарата, обладнаного протягувальними вальцями, які одночасно виконують функцію подрібнення стебел. Такий підхід дозволяє зменшити кількість проходів техніки по полю, скоротити витрати пального та часу, а також покращити агротехнічний стан полів.

Ці машини дуже зручні в експлуатації, мають високу продуктивність та знижують витрати на збирання, що робить їх дуже популярними на великих сільськогосподарських підприємствах. Особливо це актуально для країн з розвиненим аграрним сектором, де використовуються великі площі для вирощування кукурудзи.

Важливим моментом є те, що збирання лише зернової частини кукурудзи з подальшим подрібненням стебел є не лише економічно вигідним, але й екологічним. Подрібнені стебла, що залишаються на полі, можуть служити добривом для ґрунту, що підвищує його родючість і зменшує необхідність у додаткових внесеннях органічних чи мінеральних добрив.

На жаль, в Україні подібні технології поки не отримали широкого впровадження. Основні причини — висока вартість імпортової техніки,

недостатнє технічне переоснащення сільськогосподарських підприємств та обмежений доступ до сучасних рішень. Більшість вітчизняних господарств продовжують використовувати традиційні методи збирання, які не передбачають одночасного подрібнення листостеблової маси або її ефективного розподілу по полю. Це, своєю чергою, знижує загальну ефективність виробництва та збільшує трудові й енергетичні витрати.

Загалом, розвиток техніки для збирання кукурудзи, зокрема збирачів очищувачів качанів, відіграє важливу роль у підвищенні ефективності аграрного виробництва, знижуючи витрати та покращуючи якість зібраного врожаю.

2.3. Аналіз конструкцій, що забезпечують узгоджену роботу пікерно-стріперного качановідокремлювального апарата з сегментним різальним пристроєм.

Всі запропоновані машини, незалежно від відмінностей у конструкції та схемах виконання, які включають сегментний ріжучий апарат та пікерний апарат для відокремлення качанів, можна умовно поділити на дві основні групи за принципом їх дії.

До першої групи належать машини, в яких робочі органи не мають спеціальних механізмів для відбору листостеблової маси після її зрізування та передачі до транспортувальних пристроїв. У таких машинах подальше переміщення маси не передбачено.

Другу групу становлять машини, оснащені додатковими пристроями, які забезпечують захоплення і переміщення листостеблової маси від ріжучого апарата до відповідних транспортувальних механізмів для подальшої обробки чи розкидання.

Прикладом машини, що належить до першої групи, є конструктивна схема (рис. 2.4), в якій для збирання листостеблової маси передбачалося застосування шнека як основного робочого елемента. При цьому

сегментний ріжучий апарат встановлювався безпосередньо на кожусі цього шнека.

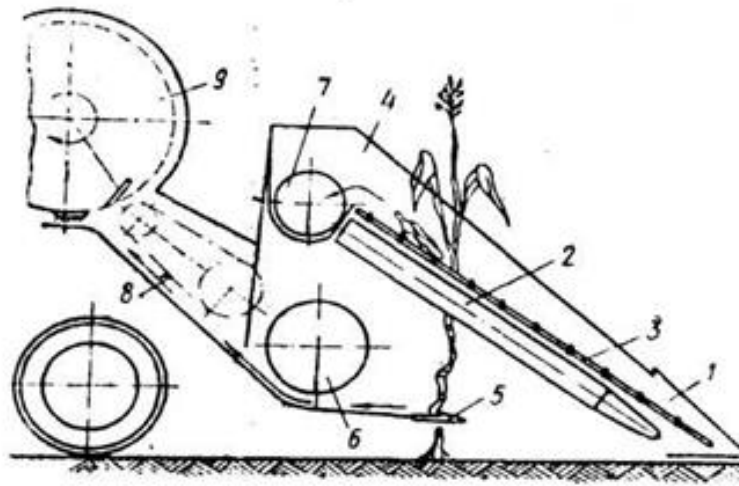


Рис.2.4. Конструктивна схема жатної частини першої групи: 1 — дільник; 2 — вальці відривання качанів; 3 — ланцюги подачі; 4 — капот; 5 — різальний механізм; 6 — шнек стебел; 7 — шнек качанів; 8 — ланцюгово-планчатий транспортер; 9 — барабан подрібнювача.

Машина, побудована за такою конструктивною схемою, була досліджена ГKB ПО «Херсонський комбайновий завод» [3], але виявилася неефективною. Відсутність подаючого механізму і стан стебел після проходження через вальці качановідокремлювального апарата призводили до того, що різальний апарат не забезпечував якісного зрізу і часто забивався. Зрізані стебла не передавались у шнек, а накопичувалися перед різальним пристроєм. Через ці проблеми дана конструктивна схема не була впроваджена у виробництво.

Подібна конструкція (рис. 2.5) розроблена для кращого повторення рельєфу поля та зменшення втрат урожаю під час подавання маси з різального апарату. У цій версії передбачалося розташування різального апарату на шарнірно приєднаному до рами днищу кожуха шнека, яке

обладнано копіром. Даній конструкції притаманні ті ж недоліки, що й у схемі (рис.2.4).

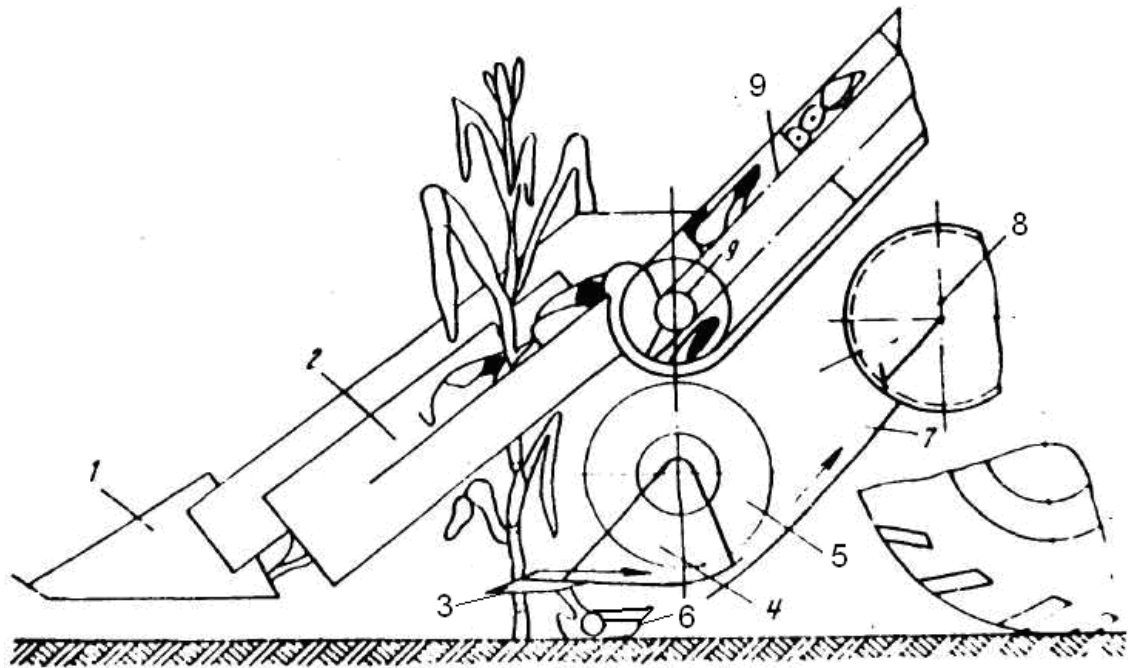


Рис.2.5. Технічна схема жатної частини із шарнірним кріпленням днища шнека

Машини, що розподіляються на дві групи за типом застосування додаткових робочих органів для відокремлення листостеблової маси від різального апарату та її спрямування у транспортуючі пристрої, дозволяється умовно поділити на два види: 1 - транспортерні; 2 - бітерні.

Прикладом машини транспортерного типу є дослідний кукурудзозбиральний комбайн «Качан-2». Згодом спеціалісти ГСКБ при ПО «Херсонський комбайновий завод» розробили нову конструктивно-технологічну схему, в якій замість звичайного транспортера застосували зубчасту гумову стрічку. Це дозволило збільшити швидкість її руху. Для кращого орієнтування стебел, а саме — спрямування кореневої частини ближче до центру транспортера, на зовнішній бік стрічки були встановлені

дугоподібні виступи (рифи), вигнуті вглиб у напрямку руху. Така конструкція відображена на рисунку 2.5.

Незважаючи на вдосконалення і зміну параметрів транспортера, випробування показали, що ця схема виявилася непрацездатною — вона не забезпечувала належного функціонування машини в реальних умовах.

Конструктивна схема (за а.с. №973064), яка відноситься до машин другого типу за розміщенням робочих елементів, схожа на конструкцію кукурудзозбиральних комбайнів КСКУ-6 (рис. 2.6), які проходили випробування. Проте ця схема має раніше згадані недоліки.

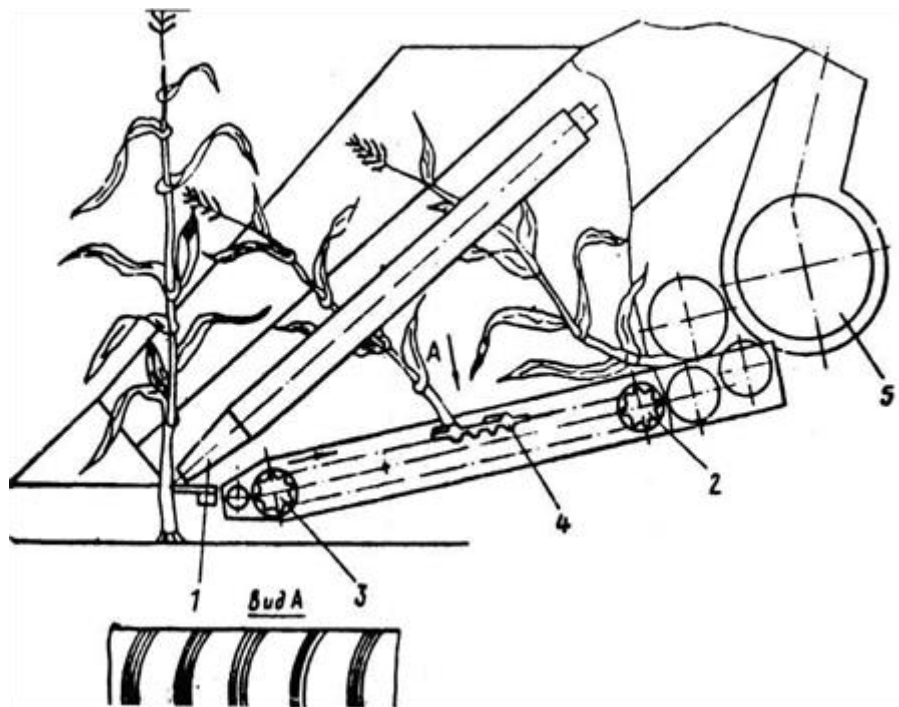


Рис.2.6. Конструктивна схема жатної частини з транспортерним пристроєм для відбору зрізаної маси

На ПО «Херсонський комбайновий завод» була запропонована конструктивна схема (рис. 2.7), в якій для збирання зрізаних стебел із різального апарата використовувався бітер, розташований над різальним апаратом.

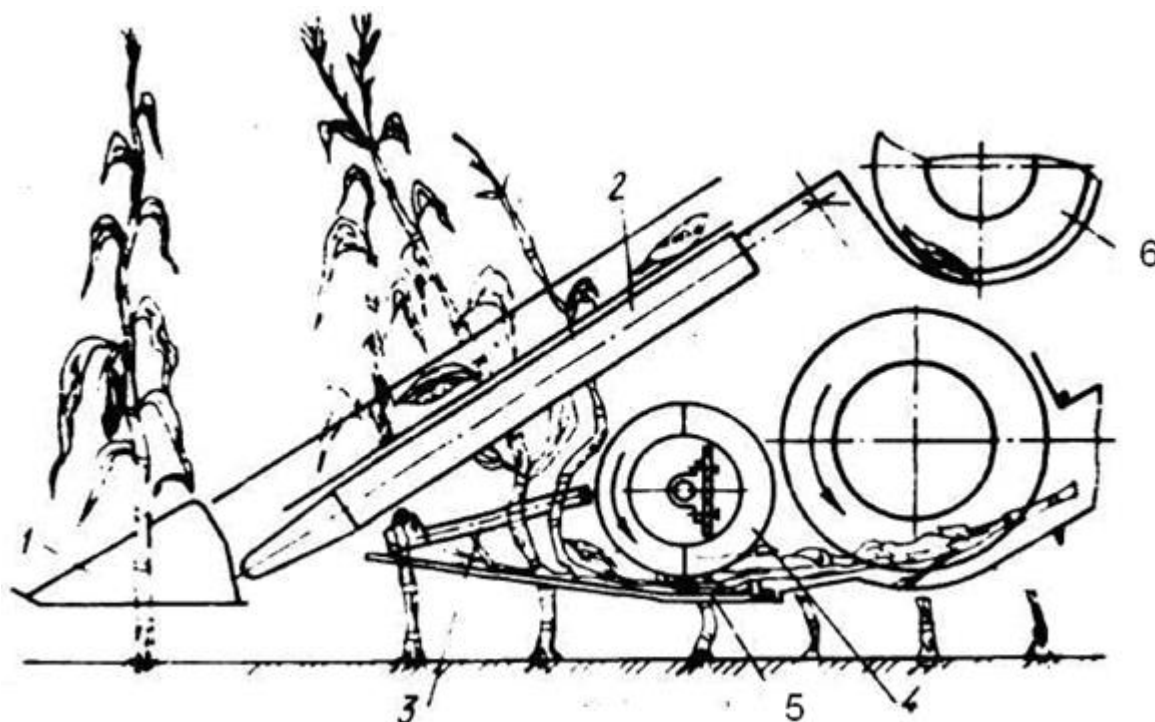


Рис.2.7. Технологічна схема жатної частини з бітерним пристроєм для збору зрізаної листостеблової маси: 1-миси; 2-качановідокремлювальний апарат; 3-орієнтир стебел; 4-подаючий бітер; 5-шнек листостеблової маси; 6-шнек качанів.

Для зменшення втрат листостеблової маси перед різальним апаратом між напрямними жатки були встановлені платформи, а під качановідокремлювальним апаратом у зоні русел — орієнтатор.

Дослідження машини, побудованої за цією конструктивно-технологічною схемою, показали, що вона не є працездатною. Встановлення платформи перед різальним апаратом, яка не мала транспортних властивостей, призводило до накопичення листостеблової маси на ній, що, в свою чергу, викликало забивання листостеблової камери.

2.4. Висновки по розділу

1. Сучасні вітчизняні комбайни, оснащені різноманітними різальними апаратами, значно покращили агротехнічні показники, такі як

ефективність збирання зернової частини урожаю. Вони знизили рівень подрібнення та вилущування зерна, що позитивно впливає на якість продукції. З огляду на ці досягнення, доцільним є використання традиційних сегментних різальних апаратів у кукурудзозбиральних комбайнах, які оснащені піккерно-стріперними качановідокремлювальними апаратами. Це поєднання дозволить забезпечити ефективне та акуратне збирання кукурудзи, з мінімальними втратами зерна та поліпшеними результатами.

2. Аналіз конструктивних схем, які розроблялися раніше для поєднання піккерних качановідокремлювальних апаратів з ножовими сегментними різальними апаратами в одній жатці, показав можливість значного покращення якості збирання кукурудзи на зерно. Такий підхід дозволяє не тільки зменшити втрати зерна, а й підвищити ефективність роботи машини за рахунок кращої взаємодії різальних апаратів і качановідокремлювачів. Крім того, використання таких схем дозволяє знизити рівень механічних пошкоджень зерна та листостеблової маси, що сприяє збереженню більшої кількості якісного зерна.

3. Таким чином, розробка та впровадження нових конструкцій для кукурудзозбиральних комбайнів, що поєднують традиційні та новітні технології, можуть значно покращити ефективність збирання, знизити втрати та забезпечити високу якість врожаю.

3. РОЗРОБКА ВДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТА ПРИСТАВКИ ПЗКС-6

3.1. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми

Виходячи із основних задач, які виконує пристрій та аналізу відомих конструкцій, можна сформулювати наступні умови забезпечення ефективної і надійної роботи конструктивно-технологічної схеми різально-транспортного пристрою жаткової частини кукурудзозбирального комбайна:

- різальний апарат слід розміщувати перед стеблопротягувальними вальцями, оскільки після проходження через них стебла утворюють нерівномірний ворох, що ускладнює різання і призводить до втрат стеблової маси.

- між шнеком стебел і сегментним різальним апаратом доцільно встановлювати бітерний транспортер, причому слід розміщувати не менше двох бітерів, так як один бітер схильний до намотування стебел;

- площину різання апарата необхідно розміщувати вище нижньої кромки подавального бітера.

Як видно із схеми (рис. 3.1), технологічний процес роботи різально-транспортуючого пристрою характеризується такими зонами:

l_1 — зона направлення стебла мисками та його захоплення протягувачем у вигляді вальців.

l_2 — зона початку протягування стебла до упору його в різальний апарат;

l_3 — простір, у якому стебло зрізається — від контакту з різальним механізмом до відриву від ґрунту.

l_4 – зона переміщення стебла після зрізування до упору в подавальний бітер;
 l_5 і l_6 – зони дії на стебло подавального і стеблоснімного бітерів.

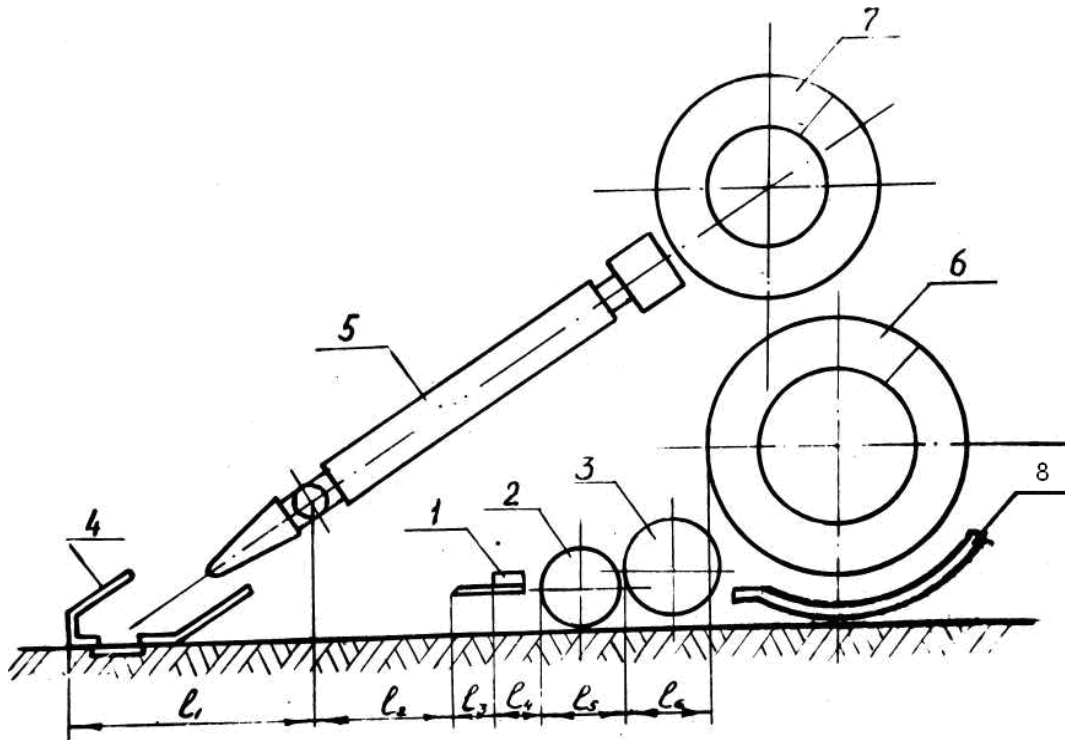


Рис. 3.1. Схема різально-транспортного пристрою

Виходячи з приведених умов, нами пропонується конструктивно-технологічна схема (рис. 3.1), яка містить: різальний апарат - 1; подавальний бітер - 2; стеблоснімно-відбійний бітер - 3; рама русла - 4; стеблопротягувальні вальці - 5; шнек стебел - 6; шнек качанів - 7; кожух шнека стебел - 8.

Надійність роботи в цих ділянках визначається такими факторами, як збережена пружність стебел, правильне розташування різального апарата та транспортуючих бітерів, а також параметри їхнього руху, тобто кінематичні режими роботи.

3.2. Визначення граничного розміщення різального апарата

Правильне розташування різального апарата різально-транспортного пристрою щодо протягувальних вальців

качановідокремлювального апарата має суттєвий вплив як на якість зрізування стебел, так і на обсяг втрат листостеблової маси.

В цьому контексті важливо звернути увагу на два ключові моменти:

По-перше, стебло має зберігати контакт із землею до того моменту, коли його надійно захоплять протягувальні вальці. Це дозволяє уникнути відштовхування вже зрізаних стебел від робочих елементів транспортних каналів, що зменшує втрати матеріалу та покращує продуктивність.

По-друге, щоб забезпечити найкращу якість зрізу, різальний апарат слід встановлювати якомога ближче до місця, де починається протягування стебел. Такий підхід забезпечує більш акуратний зріз і зменшує пошкодження рослинної маси, що позитивно впливає на загальну ефективність процесу збирання.

Отже, максимально допустиме положення різального апарата визначається так, щоб початок протягування найтонших стебел збігався з моментом їхнього контакту з різальним апаратом. За такого розташування забезпечується надійний захват навіть найтонших стебел. Однак виникає питання щодо величини прогину товстіших стебел під час їх протягування вальцями до моменту зрізування. Для аналізу цієї ситуації скористаємось схемою, наведеною на рисунку 3.2.

Як видно із схеми

$$\Delta l = l'_{\text{ст}} - h' , \quad (3.1)$$

де $l'_{\text{ст}}$ - відстань від основи стебла до місця його захоплення у момент зрізання;

h' - відстань між поверхнею поля і місцем захоплення стебла у момент його зрізування.

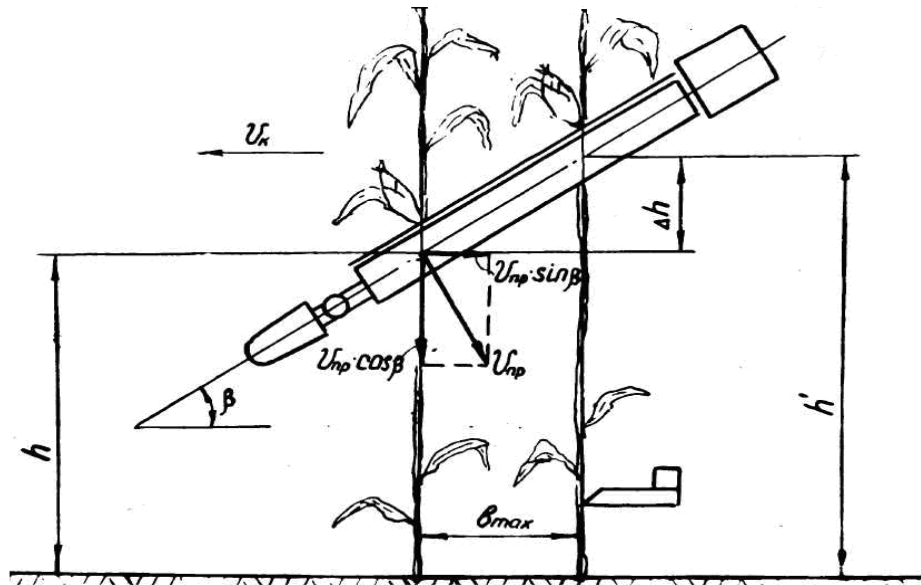


Рис. 3.2. Схема до визначення умовного видовження стебла Δl

Якщо врахувати, що кожна точка стебла здійснює складний рух: відносний зі швидкістю протягування і переносний зі швидкістю комбайна, $V_{пр}$ і V_k відповідно, і знехтувати проковзуванням стебла в момент протягування, то можна записати

$$\Delta l = l_{пр} - \Delta h . \quad (3.2)$$

Тут $l_{пр}$ - величина протягнутої частини стебла за час $t_{пр}$;

Δh - зміна відстані точки захоплення стебла по висоті.

$$\Delta h = (V_k - V_{пр} \cdot \sin \beta) \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot t_{пр} ,$$

де β - кут нахилу вальців до горизонту, $\beta = 33^\circ$.

Тоді, враховуючи, що $l = V_{пр} \cdot \cos \beta \cdot t_{пр}$, отримаємо

$$\Delta l = V_{пр} \cdot \cos \beta \cdot t_{пр} - (V_k - V_{пр} \cdot \sin \beta) \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot t_{пр} . \quad (3.3)$$

Після перетворень і, ввівши в (3.3) величину $\lambda = \frac{V_{пр}}{V_k}$ - показник кінематичного режиму роботи протягувальних вальців, отримаємо вираз:

$$\Delta l = V_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}} \cdot \left(\frac{\lambda - \sin \beta}{\cos \beta} \right). \quad (3.4)$$

Якщо врахувати, що час протягування визначається із умови проходження комбайном відстані b_{max} – розміщення різального апарата, то

$$t_{\text{пр}} = \frac{b_{\text{max}}}{V_{\text{к}}}. \quad (3.5)$$

І, підставивши (3.5) в (3.4), отримаємо

$$\Delta l = b_{\text{max}} \cdot \left(\frac{\lambda - \sin \beta}{\cos \beta} \right),$$

$$b_{\text{max}} = \frac{\Delta l \cdot \cos \beta}{\lambda - \sin \beta}. \quad (3.6)$$

Як видно із (3.6), величина b_{max} визначається граничним значенням Δl , яке залежить в першу чергу від фізико-механічних властивостей стебел. Тому, в практичних розрахунках користуватися формулою (4.6) незручно. З певною ступінню точності b_{max} можна визначити, скориставшись схемою (рис. 3.5).

Як видно із схеми (рис. 3.5) і, використовуючи схему (рис. 3.4), отримаємо

$$b_{\text{max}} = \frac{\Delta d \cdot \cos \beta}{\sin \gamma}, \quad (3.7)$$

$$\Delta d = d_{\text{max}} - d_{\text{min}}.$$

Тут d_{max} , d_{min} - максимальний і мінімальний діаметр стебла;

γ - центральний кут між вальцями.

Прийнявши, наприклад, $d_{\text{max}}=40$ мм; $d_{\text{min}}=15$ мм; $\gamma=11^\circ$; $\beta=33^\circ$, отримаємо

$$b_{\max} = \frac{25 \cdot 0,866}{0,0872} \approx 248 \text{ мм.}$$

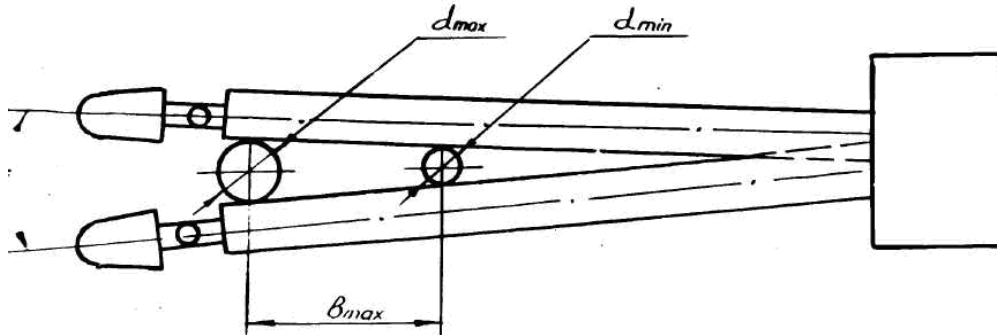


Рис. 3.3. Схема до визначення $b_{\max}$

Приймаємо значення $b_{\max}$ рівним 250 мм. Якщо відомий максимальний приріст довжини стебла, можна розрахувати граничне значення кінематичного режиму роботи протягувальних вальців, при якому забезпечується якісний і правильний зріз:

$$\lambda_{\text{гр}} = \frac{l_{\text{гр}}}{\Delta d} \cdot \sin \gamma + \sin \beta . \quad (3.8)$$

Визначення Δl – деформацій за рахунок поздовжнього згину, досить забруднена, так як разом з ними відбуваються деформації ґрунту; невідомий також напрямок цих деформацій. Тому Δl – можна визначити приблизно. В практичних розрахунках приймають $\lambda_{\text{гр}}$ із значним запасом для забезпечення пропускної здатності. Тому $\lambda_{\text{гр}} = 1,8 \dots 3$.

3.3. Розрахунок швидкості руху ножа

Конструкція та принцип роботи різального апарата без подавального пристрою мають свої особливі особливості. Аналіз діаграми швидкостей (рис. 3.6) показує, що ключове значення має співвідношення швидкостей руху комбайна і ножа. Це співвідношення має бути підібране таким чином, щоб компонента абсолютної швидкості сегмента V_a вздовж леза ножа була

спрямована до його нижньої основи. Такий напрямок руху забезпечує ефективне і якісне різання.

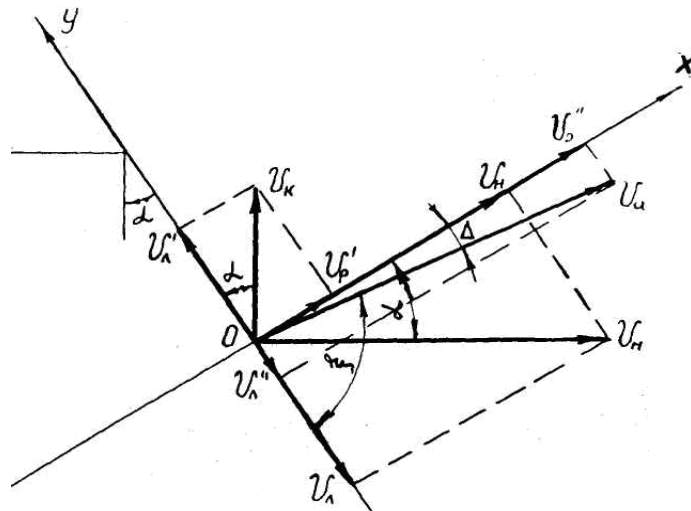


Рис. 3.5. Діаграма швидкостей

Рух ножа різального апарата поєднує в собі гармонійне коливання, яке здійснюється завдяки кривошипу з радіусом r вздовж осі OX (див. рис. 3.7), а також поступальний рух уздовж осі OY . У такій системі руху рівняння, що описують рух ножа, мають наступний вигляд

$$\begin{cases} x = r \cdot (1 - \cos \omega t) \\ y = V_k \cdot t \end{cases} \quad (3.9)$$

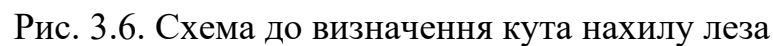
У такому випадку абсолютна швидкість руху ножа можна розрахувати за допомогою рівняння

$$V_a = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}, \text{ або}$$

$$V_a = \sqrt{V_k^2 + r^2 \cdot \omega^2 \cdot \sin^2 \omega t}. \quad (3.10)$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \psi_{\min} &= \frac{V_K}{r \cdot \omega}, a \approx 0 \\ \operatorname{tg} \alpha &\leq \frac{V_K}{r \cdot \omega}. \end{aligned} \quad (3.11)$$

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \frac{V_K}{r \cdot \omega}. \quad (3.11)$$


$$\omega = \frac{V_k}{r \cdot \operatorname{tg} \alpha} . \quad (3.12)$$

40

$$\omega = \frac{2,8}{0,045 \cdot 0,9} = 69,12 \text{ с}^{-1}.$$

Приймаємо $\omega = 70 \text{ с}^{-1}$.

Визначимо здатність різального апарата до зтягування стебел, яка оцінюється коефіцієнтом можливості зтягування $\text{tg}\Delta$

$$\text{tg}\Delta = \frac{\text{tg}\alpha - \frac{V_k}{V_H}}{1 + \frac{V_k}{V_H} \text{tg}\alpha}, \quad (3.13)$$

тоді

$$\text{tg}\Delta = \frac{0,9 - \frac{2,8}{0,045 \cdot 70}}{1 + \frac{2,8}{0,045 \cdot 70} \cdot 0,9} = 0,05.$$

При: $\omega = 80 \text{ с}^{-1}$ - $\text{tg}\Delta = 0,076$;

$\omega = 90 \text{ с}^{-1}$ - $\text{tg}\Delta = 0,13$.

Як видно з розрахунків, на вибраних режимах забезпечуються умови зтягування стебел в різальні пару. Тому, враховуючи, що розрахунки проведені для максимально можливого значення $V_k = 2,8 \text{ км/год}$ (10 км/год) і з метою зниження енергомісткості процесу, приймаємо $\omega = 70 \text{ с}^{-1}$ або 660 подвійних ходів ножа за хвилину.

3.4. Розрахунок приводу різального апарата

Визначення потужності на приводі.

Виходячи із конструктивних особливостей жаткової частини приставки ПЗКС-5 до зернозбирального комбайна ДОН-1500, виконуємо привід ланцюговою передачею від вихідного вала центрального редуктора. Частота обертання вала становить $n_1 = 1000 \text{ хв}^{-1}$.

Передатне відношення ланцюгової передачі визначимо за формулою

$$i_{\text{л}} = \frac{n_1}{n_2}, \quad (3.14)$$

де n_2 - частота обертання вала кривошипа, $n_2 = 660 \text{ хв}^{-1}$.

Тоді
$$i_{\text{л}} = \frac{1000}{660} = 1,515.$$

Приймаємо $i_{\text{л}} = 1,5$.

Потужність на валу кривошипа визначимо за формулою:

$$N_2 = \frac{m_{\text{н}} \cdot r^2 \cdot \omega^3}{2000}. \quad (3.15)$$

Тут $m_{\text{н}}$ - маса ножа різального апарата, кг;

r - радіус кривошипа приводу ножа, м;

ω - швидкість обертання вала кривошипа, вимірювана в кутових одиницях.

$$N_2 = \frac{12 \cdot 0,045^2 \cdot 70^3}{2000} = 4,2 \text{ кВт}.$$

Потужність на ведучому валу приводу буде дорівнювати

$$N_1 = \frac{N_2}{i_{\text{л}}} = \frac{4,2}{1,5} = 2,8 \text{ кВт}. \quad (3.16)$$

3.5. Розрахунок ланцюгової передачі

Розраховуємо передачу роликового ланцюга за такими вихідними даними:

- $N_{\text{ц}} = N_1$ - потужність на валу ведучої зірочки, $N_{\text{ц}} = 2,8 \text{ кВт}$;
- $n_{\text{ц}} = n_1$ - частота обертання ведучої зірочки, $n_{\text{ц}} = 1000 \text{ об/хв.}$;
- $i_{\text{ц}}$ - передаточне число ланцюгової передачі, $i_{\text{ц}} = 1,5$.

Регулювання натягу проводимо зміщенням натяжної зірочки.

Кількість зубів ведучої вибираємо із довідкових даних [8]: $z_1=21$;
 $z_2=z_1$; $i=21 \cdot 1,5=31 \approx 30$.

Крок ланцюга визначаємо за емпіричною залежністю:

$$t_{\text{ц}} \geq \frac{2760}{\sqrt[3]{n_{\text{ц}}^2 \cdot z}}, \quad (3.17)$$

$$t_{\text{ц}} \geq \frac{2760}{\sqrt[3]{1000^2 \cdot 21}} = 10,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо у відповідності з ГОСТ 10947-82 привідний роликовий ланцюг ПР-15.875-2300-1, у якого крок $t_{\text{ц}} = 15,875$ мм, руйнуюче навантаження $Q=25,56$ кН.

Швидкість ланцюга визначається із формули:

$$V_{\text{ц}} = z \cdot t_{\text{ц}} \cdot n_{\text{ц}} / (60 \cdot 1000), \quad (3.18)$$

$$V_{\text{ц}} = 21 \cdot 15,875 \cdot 100 / (60 \cdot 1000) = 5,6 \text{ м/с.}$$

Максимально допустима швидкість визначається із емпіричної залежності

$$V_{\text{max}} \leq 7,3 \cdot \sqrt{\frac{z}{t}}, \quad (3.19)$$

$$V_{\text{max}} \leq 7,3 \cdot \sqrt{\frac{21}{15,875}} = 8,4 \text{ м/с.}$$

Колову силу на ведучій зірочці визначаємо із формули

$$P_{\text{ц}} = 10^3 \cdot N_{\text{ц}} / V_{\text{ц}}, \quad (3.20)$$

$$P_{\text{ц}} = 10^3 \cdot 2,8 / 5,6 = 1500 \text{ Н.}$$

Міжцентрову відстань приймаємо, виходячи із конструкції: $A_{\text{ц}}=800$ мм.

Необхідну кількість ланцюгів визначаємо з формули:

$$L_t = \frac{2 \cdot A}{t_{ц}} + \frac{z_2 + z_1}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{t}{A}, \quad (3.21)$$

$$L_t = \frac{2 \cdot 800}{15,875} + \frac{30 + 21}{2} + \left(\frac{30 - 21}{2 \cdot 3,14} \right)^2 \cdot \frac{15,875}{800} = 121,1.$$

Округлюємо значення до $L_t=121$.

Таким чином, повна довжина ланцюга

$$L = L_t \cdot t_{ц} = 121 \cdot 15,875 = 1920 \text{ мм.}$$

Перевірку ланцюга на довговічність проводимо по допустимій кількості ударів в секунду

$$U = 4 \cdot z_1 \cdot n_k / (60 \cdot L_t) \leq [U], \quad (3.22)$$

де $[U] = 50$;

$$U = 4 \cdot 21 \cdot 1000 / (60 \cdot 121) = 11,57 \leq [U].$$

Фактичний коефіцієнт безпеки n_{ϕ} визначаємо попередньо розрахувавши сумарний натяг у ведучій гілці ланцюга від колової сили, відцентрової сили і провисання ланцюга:

$$P_{\text{сум}} = P_{ц} + P_i + P_d. \quad (3.23)$$

Тут $P_{ц} = 1500 \text{ Н}$;

$$P_i = q \cdot V^2 / g = 2,8 \text{ Н};$$

$$P_d = k_d \cdot g \cdot A = 60 \cdot 0,84 \cdot 0,8 = 40,3 \text{ Н.}$$

Звідки

$$P_{\text{сум}} = 1500 + 2,8 + 40,3 = 1543,1 \text{ Н.}$$

Коефіцієнт безпеки визначається за формулою:

$$n_{\phi} = Q / P_{\text{сум}}, \quad (3.24)$$

$$n_{\phi} = 22560 / 1543,1 = 14,6,$$

При цьому, $n_{\phi} > [n]$, де $[n] = 8,2$.

Тиск ланцюга на ведучий вал визначаємо із виразу:

$$Q_v = k_v \cdot P_{ц}, \quad (3.25)$$

де k_B - коефіцієнт навантаження вала, $k_B = 1,15$;

$$Q_B = 1,15 \cdot 1500 = 1725 \text{ Н.}$$

Габаритні розміри ланцюгової передачі крім міжцентрової відстані і довжини ланцюга характеризуються діаметрами зірочок. Зокрема, діаметри ділительних кіл визначаємо за формулами:

$$d_{z1} = d_{z2} = t_{\text{ц}} / \sin(180^\circ / z); \quad (3.26)$$

$$d_{z1} = 15,875 / \sin(180^\circ / 21) = 106,6 \text{ мм.}$$

$$d_{z2} = 15,875 / \sin(180^\circ / 30) = 151,9 \text{ мм.}$$

Розрахунок шпонкового з'єднання.

Для посадки ведучої зірочки на вал редуктора, використовуємо шпонкове з'єднання, основні розміри якого такі:

$$d_B = 30 \text{ мм, - діаметр вала;}$$

$$b \times h = 10 \times 8 \text{ - номінальні розміри шпонки.}$$

Довжину шпонки визначаємо з формули:

$$4 \cdot M_{\text{кр}} / (d \cdot l \cdot h) \leq [\sigma_{\text{см}}]. \quad (3.27)$$

Після перетворення виразу (3.36), отримаємо:

$$l \geq 4 \cdot M_{\text{кр}} / (d \cdot h \cdot [\sigma_{\text{см}}]). \quad (3.28)$$

$$l \geq 4 \cdot 26700 / (160 \cdot 30 \cdot 8) = 9,79 \text{ мм.}$$

Приймаємо довжину шпонки $l = 20 \text{ мм.}$

Перевірку міцності шпонки на зріз проводимо за формулою:

$$\tau_c = 2 \cdot M_{\text{кр}} / (d_B \cdot l) \leq [\tau_c], \quad (3.29)$$

$$\tau_c = 2 \cdot 26700 / (30 \cdot 10 \cdot 20) = 31,3 \text{ Н/мм}^2.$$

$$[\tau_c] = 60 \text{ Н/мм}^2.$$

Таким чином, міцність шпонки забезпечена.

3.6. Визначення швидкісних режимів обертання бітерів

Для обґрунтування швидкісних режимів обертання транспортуючих бітерів нами прийняті такі допущення і спрощення:

- після проходження через вальці стебла зберігають певну пружність, тому при зміні напрямку їх руху бітерами відбувається їхнє самовільне притискання до бітерів;
- ігноруємо вплив протягувальних вальців качано-відокремлювального апарата на переміщення стебел.

Щоб уникнути технологічних збоїв, пропускна здатність бітерного транспортуючого пристрою має бути не меншою за обсяг подачі листостеблової маси, тобто

$$g_6 = \mu \cdot g_0, \quad (3.30)$$

де g_6 - пропускна потужність бітерного механізму;

g_0 – подача рослинної маси;

μ - ступінь нерівномірності врожайності стеблової маси по рядках; (20...50%).

Пропускна здатність бітерів g_6 залежить від їх робочої довжини, степені її використання, швидкості просування маси по поверхні бітерів та товщини шару. Ця залежність представляється таким виразом [12].

$$g_6 = a \cdot l \cdot \gamma \cdot V_n \cdot \varepsilon, \quad (3.31)$$

де a – товщина шару маси;

l – робоча довжина бітерів;

γ - об'ємна вага маси кукурудзи;

V_n – швидкість переміщення шару маси;

ε - коефіцієнт використання довжини бітерів ($\varepsilon = 0,15 \dots 0,20$).

Підставивши (3.31) в (3.30) і виразивши V_{π} через колову швидкість бітерів V_{δ} , отримаємо

$$\mu \cdot g_0 = a \cdot l \cdot \gamma \cdot V_{\delta} \cdot \varepsilon \cdot k, \quad (3.32)$$

З іншого боку, кількість листостеблової маси, що подається на бітери, відповідатиме масовій продуктивності комбайна, тобто

$$g_0 = B \cdot V_k \cdot Y_m \quad (3.33)$$

де B – робоча ширина захвату комбайна, м;

V_k – швидкість руху комбайна, м/с;

Y_m – врожайність маси.

Звідси

$$\mu \cdot B \cdot V_k \cdot Y_m = a \cdot l \cdot \gamma \cdot V_{\delta} \cdot \varepsilon \cdot k. \quad (3.34)$$

Або, після перетворень, отримаємо:

$$\lambda_{\delta} = \frac{V_{\delta}}{V_k} = \frac{\mu \cdot B \cdot Y_m}{\varepsilon \cdot \gamma \cdot a \cdot l \cdot k}, \quad (3.35)$$

де λ_{δ} – показник кінематичного режиму роботи бітерів.

k – коефіцієнта ковзання стебел по поверхні вальців, $k=0,15$.

Підставивши значення в формулу (4.6) для відповідних значень B , Y_m отримаємо

$$\lambda_a = \frac{1,2 \cdot 4,2 \cdot 25 \cdot 10^{-4}}{0,2 \cdot 0,8 \cdot 0,2 \cdot 4,2 \cdot 0,15} = 0,625,$$

Або для ширини захвату $B = 4,2$ м і урожайності маси 25 т/га співвідношення колової швидкості руху бітера й швидкості руху комбайна знаходиться в залежності

$$V_{\delta} = 0,625 \cdot V_k.$$

Отже, виходячи з вище приведеного, швидкості обертання бітерів у першу чергу залежать від подачі листостеблової маси, її фізико-механічних властивостей (кута тертя).

3.7. Висновок по розділу

З урахуванням максимальної подачі та стану листостеблової маси в умовах господарства, вибираємо частоту обертання подавального бітера $250...300 \text{ хв}^{-1}$, а відбійного $180...230 \text{ хв}^{-1}$. Це дає можливість забезпечити значення показника кінематичного режиму роботи бітерів λ_6 в межах $\lambda_{61}=0,625...1,5$ і $\lambda_{62}=0,625...1,5$.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Оцінка стану охорони праці на підприємстві

У господарстві ТОВ «Шестірна» охорона праці є важливим напрямом діяльності, який здійснюється відповідно до вимог чинного законодавства України. Згідно з нормативними документами, повна відповідальність за організацію безпечних умов праці та дотримання законодавчих норм покладається на керівника підприємства. Він відповідає за створення належного виробничого середовища, упровадження сучасних технологій і засобів безпеки, що зменшують ризики виробничого травматизму, а також за забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов праці з метою запобігання професійним захворюванням.

На підприємстві діє система інструктажів з охорони праці, яка охоплює всі категорії працівників. Первинні, повторні, цільові та позапланові інструктажі проводяться регулярно відповідно до вимог нормативно-правових актів. Зміст інструктажів відповідає специфіці виконуваних робіт та вимогам техніки безпеки. Всі інструктажі фіксуються в журналі реєстрації, який ведеться належним чином: прошнурований, пронумерований, з усіма необхідними підписами.

У господарстві наочно представлена агітація з питань охорони праці, однак значна її частина застаріла й потребує оновлення згідно з сучасними стандартами інформування. Оновлення стендів, плакатів та інших візуальних матеріалів дозволить ефективніше донести інформацію до працівників і підвищити їх обізнаність з питань безпеки.

Особливістю ТОВ «Шестірна» є широке залучення сезонних працівників, кількість яких у піковий період може досягати 500 осіб. До сільськогосподарських робіт, зокрема збору овочів, часто залучають учнів місцевої школи, що висуває додаткові вимоги до організації охорони праці.

У зв'язку з цим інструктажі проводяться з урахуванням вікових особливостей працівників, а також із посиленням контролем з боку головного інженера, бригадирів, ланкових та інженера з охорони праці.

Залучення неповнолітніх до виконання фізичної роботи вимагає особливої уваги та дотримання всіх норм безпеки, передбачених законодавством. Огляд технічного стану наявної техніки в господарстві засвідчує її справність і готовність до використання. Всі виробничі машини та механізми проходять своєчасне технічне обслуговування. Інструменти, пожежні вогнегасники та аптечки мають відповідні сертифікати, повністю укомплектовані та перебувають у робочому стані.

У цілому, стан охорони праці в господарстві можна оцінити як задовільний. Разом з тим, є певні напрями, які потребують покращення, зокрема оновлення інформаційних матеріалів і подальше підвищення кваліфікації персоналу щодо питань безпеки. Системна робота в цьому напрямку сприятиме створенню безпечного та комфортного виробничого середовища.

4.2. Вимоги до безпечного виконання робіт при експлуатації сільськогосподарської техніки

Для забезпечення безпечної та ефективної роботи при експлуатації комбайнів і тракторів необхідно суворо дотримуватись визначених правил техніки безпеки, що стосуються як самого процесу роботи, так і підготовки до неї.

Загальні вимоги безпеки при роботі з технікою. Під час руху комбайна головна муфта зчеплення повинна бути повністю включеною. Це попереджає пробуксовування дисків, що може спричинити передчасне зношення фрикційних накладок і поломку вузлів. Перемикання передач має здійснюватися лише при повністю виключеній муфті зчеплення, аби уникнути механічних пошкоджень.

Якщо комбайн працює з начіпними або причіпними машинами, необхідно правильно встановити і закріпити елементи механізму навішування:

- розтяжки прикріплюють до верхніх площин, щоб уникнути їхнього зачіпання за причіпну скобу,
- нижні тяги піднімають у крайнє верхнє положення,
- верхню тягу фіксують у транспортному положенні спеціальним пристроєм.

Підготовка до роботи. Перед початком роботи машиніст (тракторист) зобов'язаний:

- ознайомитися з фронтом робіт і технологічним процесом;
- перевірити справність технічного обладнання та наявність захисних огорож;
- впевнитись у наявності попереджувальних і заборонних знаків;
- врахувати рельєф місцевості та інші особливості ділянки, де виконуватимуться роботи.

Категорично забороняється:

- переходити з трактора на причіп і назад під час руху;
- вмикати передачу, якщо між трактором і причіпною машиною перебувають люди.

Площадки для роботи техніки повинні бути огорожені та обладнані відповідними знаками безпеки. Якщо роботи виконуються на проїжджих частинах або в зоні відкритого руху транспорту, необхідно встановити відповідні дорожні знаки та бар'єри.

Контроль технічних показників. Під час експлуатації комбайна слід постійно контролювати:

- тиск у системі змащення: при номінальних обертах – 3–5 кгс/см², при холостому ході – не менше 1 кгс/см²;
- температуру охолоджувальної рідини: нормальний діапазон – 75–100 °С.

Тривала робота двигуна з навантаженням при температурі нижче 75 °С заборонена, оскільки це призводить до надмірного зносу деталей двигуна та зменшення його ефективності.

При відкритті радіатора під час перегріву слід бути обережним – кришку потрібно знімати в рукавицях, стоячи з навітряного боку, щоб уникнути опіків від пари чи антифризу.

Робота в умовах великої кількості техніки. Якщо одночасно працюють декілька агрегатів:

- відстань між тракторами з причіпними машинами повинна становити не менше 20 метрів;
- мінімальний допустимий інтервал між тракторами – 10 метрів.

Заборони під час роботи комбайна. З метою уникнення нещасних випадків забороняється:

- передавати управління трактором іншим особам;
- залишати техніку з працюючим двигуном без нагляду;
- перебувати на частинах машини (рамі, гусеницях, крилах);
- перебувати поблизу рухомих частин техніки;
- відчіплювати причіп без повної зупинки агрегату;
- перевозити пасажирів у кабіні трактора, не призначеній для цього.

Правила технічного обслуговування. Обслуговування техніки дозволено лише після повної зупинки двигуна. Обов'язково:

- важіль коробки передач – у нейтральному положенні;
- механізм навішування – опущений;
- вимкнутий головний вимикач живлення ("маса").

Використовуваний інструмент повинен бути технічно справним – без тріщин, сколів, деформацій. Використовуйте лише гайкові ключі відповідного розміру. Заборонено підкладати сторонні предмети між ключем і гайкою. При підтягуванні болтів потрібно уникати контакту з гострими кутами та краями деталей. При перевірці мастила в кінцевих передачах слід остерігатися опіків від гарячої оливи.

Перевірка рівня електроліту забороняє використання відкритого вогню. При роботі з акумуляторами:

- дотримуйтесь обережності;

- приготування електроліту проводьте у правильній послідовності: спочатку вода, потім – кислота (додавати тонким струменем, постійно перемішуючи);
- при перевірці батарей не торкайтеся розігрітих елементів навантажувального опору.

4.3. Захист навколишнього середовища під час збирання кукурудзи на зерно

Збирання кукурудзи на зерно є інтенсивним сільськогосподарським процесом, що може впливати на навколишнє природне середовище. Тому при проведенні цих робіт необхідно враховувати екологічні вимоги та дотримуватись принципів сталого землекористування.

Мінімізація забруднення повітря. Під час збирання кукурудзи широко застосовуються комбайни й трактори з дизельними двигунами, які викидають у повітря продукти згоряння (оксиди азоту, сірки, вуглецю тощо). Щоб зменшити вплив на атмосферу:

- необхідно використовувати техніку з відрегульованими та справними двигунами;
- рекомендується застосовувати паливо підвищеної якості та перевіряти наявність каталізаторів або фільтрів;
- уникати надмірного холостого ходу техніки.

Охорона ґрунтів. Під час проходження важкої техніки по полю можливе ущільнення ґрунту, що призводить до погіршення водопроникності та аерації. Для запобігання цьому:

- слід дотримуватись оптимальної вологості ґрунту перед початком робіт;
- обирати маршрут руху техніки з урахуванням мінімізації повторних проходів;

- використовувати колісну техніку з широкими шинами або гусеничні агрегати для зменшення навантаження на ґрунт.

Залишки рослин (подрібнені стебла, обгортки качанів тощо) рекомендується рівномірно розподіляти по полю, що сприятиме збагаченню органічною речовиною та покращенню структури ґрунту.

Збереження біорізноманіття. У процесі збирання кукурудзи можливе порушення середовища існування дрібних тварин, птахів та комах. Щоб мінімізувати цей вплив:

- збирання проводять вдень, коли фауна активніша та має більше шансів уникнути техніки;
- рекомендується залишати невеликі смуги незайманої рослинності (захисні буфери), особливо поблизу лісосмуг чи водойм;
- уникати спалювання рослинних залишків, що може знищити комах та дрібних тварин.

Розумне використання паливно-мастильних матеріалів:

- ПММ мають зберігатися в спеціально облаштованих місцях, які унеможливають їх витік у ґрунт чи воду.
- заправку техніки слід проводити на відведених майданчиках з твердим покриттям і засобами збору можливих розливів.
- категорично забороняється зливати залишки мастил або палив у польових умовах.

Управління відходами. Всі відпрацьовані мастила, фільтри, ганчір'я та інші забруднені матеріали необхідно збирати в герметичні контейнери та передавати на утилізацію відповідно до екологічних норм. Пластикову тару з-під технічних рідин не можна залишати на полі — її слід здавати до спеціалізованих пунктів прийому.

4.4. Висновки по розділу

1. У даному розділі проведено всебічний аналіз стану охорони праці в господарстві, особливу увагу приділено вивченню організації безпечних умов праці під час збирання кукурудзи на зерно. Розглянуто відповідність наявної системи охорони праці вимогам чинного законодавства, зокрема, щодо проведення інструктажів, наявності засобів індивідуального захисту, технічного стану сільськогосподарської техніки, а також контролю за дотриманням норм безпеки.

2. Запропоновано комплекс практичних заходів, спрямованих на покращення умов праці: удосконалення системи навчання та інструктажів працівників, модернізація обладнання, посилення контролю за технічним станом машин і механізмів, адаптація техніки до особливостей польових умов. Важливим аспектом є врахування віку та досвіду тимчасових працівників, зокрема школярів, що залучаються до сезонних робіт.

3. Окремим напрямом розглянуто вимоги безпеки до виконання кожного етапу технологічного процесу, починаючи від підготовки техніки до роботи і закінчуючи її технічним обслуговуванням. Це дозволяє мінімізувати ризики виробничого травматизму та забезпечити ефективне виконання робіт. Таким чином, запропоновані рекомендації та вимоги створюють надійну основу для підвищення рівня безпеки праці в господарстві, сприяють збереженню здоров'я працівників, підвищенню продуктивності праці та загальному покращенню виробничої культури.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ

У межах даного проекту нами було проведено модернізацію зернозбирального комбайна «ДОН-1500» та приставки ПЗКС-6 з метою покращення надійності та підвищення ефективності роботи основних вузлів — зокрема, різального апарата та качановідокремлюючого механізму. В результаті впроваджених технічних рішень вдалося значно підвищити технологічну надійність машини, що сприяло скороченню часу, необхідного на підготовку до роботи, а також зменшенню простоїв через технологічні збої та несправності.

Покращення конструктивних елементів дозволило досягти більш стабільної та ефективної роботи агрегату в польових умовах. Як наслідок, продуктивність модернізованої машини зросла з 11 тонн на годину у стандартній версії до 13,1 гектарів на годину у модернізованій, що свідчить про значне підвищення її експлуатаційних характеристик.

Усі вихідні дані, які були використані для проведення техніко-економічних розрахунків та аналізу результатів модернізації, систематизовано та наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна	Модернізована
1	Щорічний обсяг роботи машини	га	320	320
2	Продуктивність роботи комбайна	т/год	11,20	13,30
3	Витрати ПММ	кг/га	13,80	12,60
4	Вартість запропонованої конструкції: - Комбайн - Машини - Всього	грн	560000 128000 688000	560000 128600 688600
5	Кількість персоналу для обслуговування		1	1

Отримані в ході розрахунків результати узагальнено та внесено до таблиці 5.2 для наочності та зручності подальшого аналізу. Таблиця дозволяє чітко простежити динаміку змін основних показників та оцінити ефективність проведеної модернізації. Самі розрахунки наведені в додатку А.

Таблиця 5.2

Економічна ефективність проекту

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Різновид роботи	Збирання кукурудзи	
2	Об'єм роботи, га	320	320
3	Склад агрегата: Комбайн Пристосування	ДОН-1500 КМД-6	ДОН-1500 ПЗКС-6М
4	Продуктивність, т/год	11,2	13,3
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	28,57	24,06
6	Кількість працівників для обслуговування -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 -	1 -
7	Витрати праці, люд.год/га	28,57	24,06
8	Тарифний розряд роботи	V	V
9	Тарифна ставка, грн/год	10	10
10	Норма витрати пального, кг/га	13,8	12,6
11	Вартість за балансом, грн: - трактора - машини	560000 128000	560000 1286000
12	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	51,80	51,80
13	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі: Амортизаційні відрахування: -трактор -машини -всього Витрати на ПММ Витрати на ТО, ТР, зберігання, -трактора -машина -всього	1071,41 4,83 2,95 7,78 714,84 336,01 33,33 369,34	1006,01 4,07 25 6,57 652,68 336 32,95 368,95
14	Капітальні вкладення до машини, грн/га	2150	2151,87
15	Приведені затрати до машини, грн/га	1393,91	1328,79
16	Економічний ефект за рік, грн		20838,4

Висновки по розділу

1. Проведені розрахунки свідчать про високу ефективність модернізованої машини. Завдяки вдосконаленню ключових вузлів та покращенню експлуатаційних характеристик, агрегат демонструє стабільну та продуктивну роботу в польових умовах. Це дозволяє зробити висновок, що дана конструкція є доцільною для широкого впровадження у сільськогосподарське виробництво, зокрема в умовах інтенсивного навантаження та обмежених ресурсів.

2. Згідно з прогнозними економічними розрахунками, очікуваний річний економічний ефект від використання модернізованої машини становить 20 838,4 грн за умови сезонного навантаження в обсязі 320 гектарів. Це свідчить про доцільність інвестицій у модернізацію, оскільки вона забезпечує не лише підвищення технічної продуктивності, а й сприяє зменшенню експлуатаційних витрат, що в комплексі позитивно впливає на загальну економічну ефективність господарської діяльності.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даному дипломному проєкті проведено детальний аналіз виробничої діяльності фермерського господарства «Шестірня», розташованого в Широківському районі Дніпропетровської області. Розглянуто сучасні технології та засоби механізації, які застосовуються для збирання кукурудзи на зерно.

Особливу увагу приділено обґрунтуванню основних елементів технологічного процесу збирання кукурудзи. У проєкті запропоновано низку конструктивних і технологічних удосконалень, спрямованих на покращення ефективності та якості роботи зернозбирального комбайна «ДОН-1500» у поєднанні з приставкою ПЗКС-6.

На основі проведених досліджень і розрахунків зроблено відповідні висновки щодо доцільності запропонованих рішень, їх впливу на підвищення продуктивності техніки та загальної ефективності процесу збирання кукурудзи.

1. Одним із ключових резервів для нарощування обсягів виробництва зерна, особливо для забезпечення потреб тваринництва у фуражному кормі, а також для підвищення загальної ефективності зернового господарства, є активний розвиток виробництва кукурудзи на зерно. Кукурудза відзначається високим рівнем урожайності, доброю енергетичною цінністю та широким спектром використання — як у кормовій базі, так і в харчовій та переробній промисловості. Її вирощування сприяє не лише зміцненню продовольчої безпеки, а й забезпеченню економічної стабільності аграрних підприємств, зокрема за рахунок збільшення доходів та зниження собівартості продукції. Тому удосконалення технологій вирощування і збирання кукурудзи є важливим напрямом розвитку сучасного аграрного сектору.

2. В останні роки в господарстві спостерігається зниження ефективності виробництва зерна кукурудзи. Основними причинами такої

ситуації є недостатній рівень агротехнічного забезпечення під час вирощування цієї культури, а також відсутність чітко сформованих, науково обґрунтованих технологій, які враховували б особливості місцевих умов. Зокрема, потребує покращення система підбору сучасних високопродуктивних сортів і гібридів кукурудзи, здатних забезпечити стабільний урожай навіть за змінних кліматичних і виробничих умов.

Крім того, надзвичайно важливо приділити особливу увагу оптимізації параметрів і засобів механізації збирання кукурудзи, оскільки саме цей етап є одним із найбільш трудомістких та енерговитратних у всьому виробничому процесі. Раціональний вибір технічних засобів і налаштування їх параметрів відповідно до специфіки культури може суттєво вплинути на якість збирання, зменшення втрат урожаю, а також загальну ефективність сільськогосподарської діяльності.

3. На сьогоднішній день більшість сучасних кукурудзозбиральних машин ще не повністю відповідають вимогам, які висувуються до них у плані якості виконання основних технологічних операцій — зокрема, зрізування стебел та ефективного відокремлення качанів. Через це виникає необхідність удосконалення технічних рішень, спрямованих на покращення цих процесів.

У цьому контексті модернізація приставки ПЗКС-6 шляхом оснащення її покращеним різальним апаратом та подальше агрегування з зернозбиральним комбайном «ДОН-1500» є технічно обґрунтованим і економічно доцільним рішенням. Запропоновані конструктивні зміни дозволяють істотно зменшити трудомісткість процесу збирання — орієнтовно на 28%, а також забезпечують економію матеріальних ресурсів до 25%. Це сприяє підвищенню загальної ефективності господарської діяльності та зменшенню собівартості продукції.

4. Враховуючи максимальну подачу сировини та стан листостеблової маси в умовах конкретного господарства, оптимальними параметрами роботи є частота обертання подавального бітера в межах 250–300 об/хв, а

для відбійного бітера — 180–230 об/хв. Такий вибір забезпечує стабільну і злагоджену роботу механізмів, а також дозволяє підтримувати кінематичний режим бітерів у рекомендованих межах: для подавального — $\lambda_{б1} = 0,625 \dots 1,5$, і для відбійного — $\lambda_{б2} = 0,625 \dots 1,5$. Дотримання цих параметрів сприяє зменшенню втрат та підвищенню якості обробки рослинної маси.

5. На основі прогнозних економічних розрахунків встановлено, що річний економічний ефект від експлуатації модернізованої машини за умови сезонного навантаження в 320 гектарів становить 20 838,4 грн. Це підтверджує доцільність вкладень у модернізацію, адже покращення технічних характеристик не лише підвищує продуктивність агрегату, але й дозволяє знизити експлуатаційні витрати. У підсумку це позитивно впливає на загальну ефективність виробничої діяльності господарства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Волков В.Ф., Панасюк І.І., Ковальов С.О. Технічне забезпечення збирання кукурудзи: монографія. – Київ: НУБіП України, 2020. – 132 с.
2. Мельник І.М. Технологія сільськогосподарського виробництва: Підручник / І.М. Мельник, М.А. Куценко. – Чернівці: Книги – ХХІ, 2016. – 432 с.
3. Мартинюк В.І., Даниленко С.П. Механізація збирання зернових і кукурудзи: навчальний посібник. – Вінниця: ВНАУ, 2021. – 148 с.
4. Гаркавий А.Д., Лисенко О.М., Петренко П.О. Обґрунтування параметрів і режимів роботи кукурудзозбирального обладнання. – Харків: ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, 2019. – 116 с.
5. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
6. Кравчук В. І. Алгоритм розвитку сільськогосподарського машинобудування на сучасному етапі / Володимир Іванович Кравчук. // Техніка і технології АПК. – 2011. – №2 (17). – С. 32–33.
7. Сучасні технології збирання кукурудзи на зерно: стан та перспективи / за ред. І.М. Онищенко – Полтава: ПДАА, 2022. – 104 с.
8. Нестеров О.А. Основи механізації сільськогосподарських робіт: Підручник / О.А. Нестеров, В.В. Шевченко. – К.: Наукова думка, 2013. – 512 с.
9. Ковальчук В.М., Семененко Т.І. Інноваційні рішення в конструкції кукурудзозбиральних комбайнів // Агроінженерія і механізація сільського господарства. — 2023. — Вип. 45. — С. 55–63.
10. Основні напрями ефективного використання соломи та рослинних решток у сільському господарстві і задачі досліджень / В. П.Ситник, В. В.

Адамчук, Я. С. Гуков, М. І. Грицишин. // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2009. – Вип. 93. – С. 13–22.

11. Павчак В.А. Економіка сільського господарства. /В.А. Павчак. – К.: Вища школа, 1990. – 224 с.

12. Лінник М.К. Технологічні та технічні аспекти використання соломи для удобрення ґрунту / М.К. Лінник, М.І. Лукаш. // Механізація та електрифікація сільського господарства. — 2010. — Вип. 94. — С. 76 – 84.

13. Козак О.О. Охорона праці в сільському господарстві: Навчальний посібник / О.О. Козак, І.Я. Ковальчук. – Львів: Львівський національний університет, 2016. – 284 с.

14. Литвиненко С.О. Оптимізація режущих механізмів кукурудзозбиральних машин для підвищення продуктивності // Техніка і технології АПК. — 2021. — №3. — С. 34–41.

15. Hula J., Kovaricek P., Mayer V. Exploitational indicators, Diesel fuel consumption and work quality during disc tiller skimming / J. Hula, P. Kovaricek, V. Mayer. // Res. Agr. Eng. – 2003. – Vol. 49 (3). – P. 85 - 95.

16. Черняк В.Д. Теорія механізмів і машин: Підручник. — К.: Вища школа, 2003. — 351 с.

17. Бондаренко В.І. Охорона праці в аграрному виробництві: Навчальний посібник / В.І. Бондаренко, В.В. Лисенко. – К.: Літера, 2018. – 472 с.

18. Технологія заготівлі кормів: Підручник / За ред. С.П. Левченка. – К.: Агроосвіта, 2012. – 288 с.

19. Arshad M.A. Tillage practises for sustainable agriculture and environmental quality in different agro ecosystems / M.A. Arshad. // Soil Till. Res. – 1999. – No. 53. – P. 1–3.

20. Сидоренко В.Г. Сільськогосподарські машини: Підручник / В.Г. Сидоренко, О.В. Мельник, С.О. Буряк. – К.: Аграрна наука, 2015. – 352 с.

21. Дубровін В.О. Машини для сільськогосподарських робіт: Підручник / В.О. Дубровін, О.О. Костюк. – К.: Вища освіта, 2006. – 476 с.

22. Ковальчук В.Л. Механізація сільськогосподарських робіт: Підручник / В.Л. Ковальчук, П.І. Шевченко. – К.: Наукова думка, 2011. – 384 с.
23. Бойко В.О. Сільськогосподарські машини: Основи конструювання та технічного обслуговування: Підручник / В.О. Бойко, В.В. Мороз. – К.: Вища школа, 2013. – 472 с.
24. Ільченко В.Ю.. Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві. /В.Ю. Ільченко., П.І. Карасьов., А.С. Лімонт. – К.: Урожай, 1993. – 348 с.
25. Державна служба України з питань праці. Правила охорони праці при виконанні сільськогосподарських робіт: Нормативний акт / Державна служба України з питань праці. – К.: Держпраця, 2017. – 112 с.
26. Бухалова Н.М. Економіка підприємств аграрного сектора: Підручник / Н.М. Бухалова, В.Г. Лисенко. – К.: Аграрна освіта, 2017. – 352 с.
27. Степанов В.В. Теорія механізмів і машин: Навчальний посібник. — Харків: ХНАДУ, 2007. — 286 с.
28. Гринь В.В. Основи охорони праці у сільському господарстві: Підручник / В.В. Гринь, О.А. Ковальчук. – Одеса: Одеський аграрний університет, 2017. – 480 с.
29. Бондаренко О.В., Романенко Ю.П. Аналіз енергозбереження у процесі механізованого збирання кукурудзи // Вісник аграрної науки. — 2022. — Т. 15, №2. — С. 89–95.
30. Савченко І.В. Вдосконалення параметрів подавального пристрою зернозбиральних комбайнів // Сучасні проблеми аграрної науки. — 2020. — Вип. 7. — С. 22–28.
31. Діденко М.Г., Орловський П.В. Технічні засоби підвищення якості збирання кукурудзи в умовах змінного клімату // Збірник наукових праць. — 2023. — С. 101–109.

ДОДАТКИ

У відповідності з виданим на дипломний проект завданням:

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Базовий

$$K_{нг} = \frac{W_{сез}}{W_{год}} = \frac{320}{11,2} = 28,57 \text{ год}$$

Проект

$$K_{нг} = \frac{W_{сез}}{W_{год}} = \frac{320}{13,3} = 24,06 \text{ год}$$

Витрати праці:

Базовий

Проект

$$Вп = K_{нг} \cdot n = 28,57 \cdot 1 = 28,57 \text{ год} \quad Вп = K_{нг} \cdot n = 24,06 \cdot 1 = 24,06 \text{ год},$$

де $n=1$ - кількість обслуговуючого персоналу.

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:

$$\Pi = \frac{C_r}{W_{год}} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де C_r - тарифна ставка, 86,80 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

$$\Pi = \frac{86,80}{11,2} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 12,78 \text{ грн/га}$$

$$\Pi = \frac{86,80}{13,3} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 10,76 \text{ грн/га}$$

Амортизаційні відрахування

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

Нормативне завантаження на рік:

- трактора - 1550 год;
- машини - 580 год

Базовий

Проект

$$\text{Комбайн: } A_{\text{ТР}} = \frac{560000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 11,2} = 4,83 \text{ грн/га}$$

$$A_{\text{ТР}} = \frac{560000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 13,3} = 4,07 \text{ грн/га}$$

$$\text{машина: } A_{\text{М}} = \frac{128000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 11,2} = 2,95 \text{ грн/га}$$

$$A_{\text{М}} = \frac{128600 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 13,3} = 2,50 \text{ грн/га}$$

$$\text{Всього: } A_{\Sigma} = 4,83 + 2,95 = 7,78 \text{ грн/га}$$

$$A_{\Sigma} = 4,07 + 2,50 = 6,57 \text{ грн/га}$$

Витрати на ПММ.

Базовий

$$V_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 51,80 \cdot 13,8 = 714,84 \text{ грн/га}$$

Проект

$$V_{\text{ПММ}} = 51,80 \cdot 12,6 = 652,68 \text{ грн/га}$$

Витрати на ТО, ТР, зберігання.

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

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

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$B = \frac{B_{\text{с}} \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_{\text{З}} + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{нг}} \cdot W_{\text{год}}}$$

$$\text{Комбайн: } B_K = \frac{\text{Базовий } 560000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 28,57 \cdot 11,2} = 336,01 \text{ грн/га}$$

$$\text{Проект } B_K = \frac{560000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 24,06 \cdot 13,3} = 336,00 \text{ грн/га}$$

$$\text{Машина: } B_M = \frac{\text{Базовий } 128000 \cdot (8+0,2)}{100 \cdot 28,57 \cdot 11,2} = 33,33 \text{ грн/га}$$

$$\text{Проект } B_M = \frac{128600 \cdot (8+0,2)}{100 \cdot 24,06 \cdot 13,3} = 329,53 \text{ грн/га}$$

Всього по агрегатам:

$$B = B_T + B_M = 336,01 + 33,33 = 369,34 \text{ грн/га}$$

$$B = 336,00 + 32,95 = 368,95 \text{ грн/га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

$$\text{Базовий } E_B = 12,78 + 7,78 + 714,84 + 336,01 = 1071,41 \text{ грн/га}$$

$$\text{Проект } E_B = 10,76 + 6,57 + 652,68 + 336,00 = 1006,01 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

$$\begin{array}{ll} \text{Базовий} & \text{Проект} \\ E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{\text{сез}} = 1071,41 \cdot 320 = 342851,2 \text{ грн} & E_{\Sigma} = 1006,01 \cdot 320 = 321923,2 \text{ грн} \end{array}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

$$\begin{array}{ll} \text{Базовий} & \text{Проект} \\ \text{Комбайн: } K_B = \frac{B_K}{W_{\text{сез}}} = \frac{560000}{320} = 1750 \text{ грн/га} & K_B = \frac{560000}{320} = 1750 \text{ грн/га} \end{array}$$

$$\text{Машина: } K_B = \frac{128000}{320} = 400 \text{ грн/га} \quad K_B = \frac{128600}{320} = 401,87 \text{ грн/га}$$

Всього:

$$K_B = 1750 + 400 = 2150 \text{ грн/га} \quad K_B = 1750 + 401,87 = 2151,87 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на 1га:

$$П_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

Базовий

$$П_B = 1071,41 + 0,15 \cdot 2150 = 1393,91 \text{ грн/га}$$

Проект

$$П_B = 1006,01 + 0,15 \cdot 2151,87 = 1328,79 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Базовий

$$П_{B\Sigma} = П_B \cdot W_{\text{сез}} = 1393,91 \cdot 320 = 446051,2 \text{ грн}$$

Проект

$$П_{B\Sigma} = 1328,79 \cdot 320 = 425212,8 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 446051,2 - 425212,8 = 20838,4 \text{ грн}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.2.

[illegible]

