

Центральноукраїнський національний технічний університет

Центр заочної та дистанційної освіти

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

«Механізація вирощування кукурудзи з удосконаленням різального
апарата кормозбирального комбайна»

Виконав здобувач вищої освіти __IV__ курсу,

групи AI-22з-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Зюзь Вікторія Григорівна

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

доцент, канд.техн.наук

_____ Ірина СИСОЛІНА

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент _____ Андрій СОЛОВИХ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Центр заочної та дистанційної освіти

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітньо-наукова програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«___» _____ 2026 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Зюзь Вікторії Григорівни _____
прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Механізація вирощування кукурудзи з удосконаленням різального апарата кормозбирального комбайна
2. Керівник роботи (проекту) Сисоліна Ірина Петрівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 20.06.2026 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи Визначення проблем механізації вирощування кукурудзи на силос, знаходження шляхів удосконалення процесу збирання, що буде сприяти ресурсозбереженню і дозволить покращити технологічний процес збільшити продуктивність, знизити трудомісткість..
5. Перелік ілюстративного матеріалу 1 Технологічна карта на вирощування кукурудзи на силос 2. Функціональна схема роботи комбайна 3. Складальне креслення різального апарата; 4. Креслення деталей різального апарата.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Виконання розділу «Вступ»	.	
2	Виконання розділу «Аналіз типової технології вирощування культури з визначенням шляхів її удосконалення»	.	
3	Виконання розділу «Операційна технологія виконання заданої операції з вирощування культури»		
4	Виконання розділу «Інженерна частина»		
5	Виконання розділу «Охорона праці».		
6	Формулювання загальних висновків. Оформлення пояснювальної записки та ілюстративної частини. Підготовка до захисту.		

Дата видачі завдання
« » 2026 р.

Підпис керівника

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« » 2026 р.

Підпис здобувача _____
(прізвище та ініціали)

<i>Формат</i>	<i>Зона</i>	<i>Поз.</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кільк.</i>	<i>Примітка</i>
				<u>Документація загальна</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A4			МВК 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	51	
				<u>Документація по</u>		
				<u>технологічній частині</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A1			МВК 00.000 ТЧ1	Технологічна карта на вирощування кукурудзи	1	
A1			МВК 00.000 С2	Функціональна схема роботи комбайна	1	
				<u>Документація по</u>		
				<u>складальним одиницям</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A1			МВК 00.001 СК	Різальний апарат	1	
				<u>Документація по деталям</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A4			МВК 00.001.302	Палець	1	A4x4
				MVK 00.000 ВП		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум .</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		
<i>Розроб.</i>		Зюзь				
<i>Перевір.</i>		Сисоліна				
<i>Н.контр.</i>		Артеменко				
<i>Затверд.</i>		Васильковський				
					Vidomist' roboty	Litera Arkush Arkushev
						3 2
					ЦНТУ, гр. AI-22з-1	

[illegible]

Анотація

В роботі проведено аналіз існуючих технологій вирощування кукурудзи на силос. Досліджена операційна технологія виконання збирання. В інженерній частині був проведений огляд конструкторських особливостей кормозбиральних комбайнів, що сприяв визначенню їз модернізації, а також були зроблені технологічні, кінематичні, силові розрахунки та на міцність для комбайна. Розглянуті заходи по охороні праці.

Ключові слова: кукурудза, силос, кормозбиральний комбайн, збирання, різальний апарат

Abstract

The paper analyzes existing technologies for growing corn for silage. The operational technology of harvesting is studied. In the engineering part, a review of the design features of forage harvesters was conducted, which contributed to the definition of modernization, and technological, kinematic, force and strength calculations for the harvester were also made. Occupational safety measures are considered.

Keywords: corn, silage, forage harvester, harvesting, cutting device

ЗМІСТ

Номер розділу	Структурна одиниця і розділ	Сторінка
1	Вступ	7
2	Аналіз типової технології вирощування кукурудзи на силос з визначенням шляхів її удосконалення	9
3	Операційна технологія виконання операції збирання з вирощування кукурудзи	20
4	Інженерна частина	28
5	Охорона праці	47
6	Висновки	49
-	Список використаної літератури	50

1. Вступ

Стабільне функціонування та продуктивність сучасного тваринництва безпосередньо зумовлені рівнем розвитку кормової бази. Вона являє собою комплексну систему, яка охоплює вирощування, заготівлю, зберігання та раціональне згодовування поживних речовин сільськогосподарським тваринам.

Основу раціону для великої рогатої худоби становлять корми рослинного походження, які за своїми фізичними та поживними властивостями поділяються на такі основні групи: соковиті корми: силос, сінаж, коренеплоди; грубі корми: сіно, солома, трав'яне борошно; Зелені корми: свіжа трава пасовищ та сидеральних площ; концентровані корми: зернофураж, комбікорм, шроти; побічна продукція: відходи переробної й технічної промисловості (жом, барда, висівки).

Для відродження та успішного ведення вітчизняного молочного й м'ясного скотарства критично важливо забезпечити поголів'я високоякісними компонентами. Ключове місце тут посідає вирощування силосної кукурудзи, оскільки саме якісний силос виступає базовим джерелом енергії та клітковини у щоденному раціоні травоядної худоби.

Процеси механізації під час вирощування та заготівлі кормових культур (кукурудзи, люцерни, сумішей однорічних і багаторічних трав) вважаються одними з найскладніших завдань в агроінженерії. Цей напрямок вимагає чіткої координації між біологічними потребами рослин, технічними можливостями машин і зоотехнічними вимогами до годівлі тварин.

Дослідженнями доведено, що загальна поживність і безпечність готових кормів на 60–70% визначаються суворим дотриманням оптимальних агротехнічних термінів збирання. Реалізувати це без залучення високопродуктивного машинно-тракторного парку неможливо.

					МВК 00.000 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.	Зюзь				Механізація вирощування кукурудзи з удосконаленням різального апарата кормозбирального комбайна			Літ.	Арк.	Акрушіє		
Перевір.	Сисоліна									7	51	
Н. контроль	Артеменко							ЦНТУ, гр. АІ-22з-1				
Затв.	Васильковський											

Технологічний цикл виробництва кормів відрізняється підвищеною питомою витратою паливно-мастильних матеріалів. Для зниження собівартості готового силосу сучасні підприємства намагаються модернізувати технічний парк, впроваджуючи комбіновані ґрунтообробні агрегати та оптимізуючи транспортну логістику від поля до силосної траншеї.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Аналіз типової технології вирощування кукурудзи з визначенням шляхів її удосконалення

2.1. Особливості вирощування та заготівлі силосної кукурудзи

Кукурудза є однорічною однодомною культурою з роздільностатевим перехресним типом запилення. Вона формує пряме, округле та гладке стебло. Залежно від генетичного потенціалу гібрида, родючості полів, погодних умов та рівня агротехніки, висота рослин може коливатися в дуже широких межах - від 0,5 метра до рекордних 6–7 метрів.

Успіх вирощування цієї культури закладається ще під час осіннього обробітку, особливо якщо вона йде після рано скошених попередників суцільного висіву.

Отримання якісного соковитого корму напряду залежить від правильного підбору насіннєвого матеріалу.

У деяких господарствах доводиться зустрічати практику вирощування кукурудзи на силос такого типу: сіють звичайний зерновий (максимум - зерно-силосний) гібрид, просто з більшою густотою висіву, вважаючи, що цього цілком достатньо для отримання якісного силосу.

Фахівці рекомендують для вирощування кукурудзи на силос обирати спеціалізовані силосні гібриди, що характеризуються низьким вмістом лігніну (мають набагато вищу перетравлюваність для худоби).

При виборі гібрида на силос звертають увагу на наступні показники:

Урожайність зеленої маси.

Енергетична цінність (вміст крохмалю).

Перетравлюваність (кількість хімічно активної клітковини, вміст лігніну).

Ремонтантність (здатність зберігати зелене забарвлення та соковитість листя навіть за стресових умов).

Професійні агрономи радять зупинитися на гібридах із високим потенціалом формування вегетативної маси, які мають індекс ФАО в межах 300–400. Головний секрет успішного вирощування полягає у дотриманні оптимальних термінів сівби, коли земля на глибині заробки насіння (близько 4–

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 см) вже прогрілася щонайменше до +8°C...+10°C. Не менш важливо вчасно скосити культуру - орієнтиром слугує молочно-воскова стиглість зерна, коли вологість сировини становить від 65% до 70%, а подрібнення відбувається максимально якісно.

Кукурудза демонструє чудову адаптивність, проте існують чіткі обмеження. Агрономи не радять відводити під неї бідні піщані ділянки, а також площі, де підземні води підходять занадто близько до поверхні.

Найкращі результати культура демонструє за кислотності ґрунтового розчину в межах рН 5,6–7,5. Якщо цей показник падає нижче відмітки 5,6, збір сировини різко зменшується. За критичного рівня рН 4,0 рослини просто гинуть: їхня коренева система втрачає колір і починає інтенсивно гнити.

Надмірне ущільнення землі, низька здатність пропускати воду або наявність твердих сланцевих шарів змушують культуру формувати поверхневу, пласку кореневу систему. Через це кукурудзяне поле стає беззахисним перед тривалою літньою посухою та легко полягає від сильних поривів вітру.

Попередники у сівозміні

- Найкращі варіанти: будь-які колосові зернові, просапні культури, соя, горох, а також однорічні чи багаторічні трави.
- Небажані попередники: цукровий буряк та соняшник, оскільки вони максимально виснажують запаси поживних речовин і вологи. Сіяти після них силосну кукурудзу можна лише за умови застосування максимальних доз комплексних добрив.

Головні етапи технологічного процесу

1. Передпосівна підготовка поля та система живлення

- Ґрунтообробіток: починають із глибокої зяблевої оранки на 25–27 см. Навесні обов'язково проводять заходи для збереження вологи у ґрунті, після чого поле культивують, щоб повністю знищити перші сходи бур'янів.

Головна мета осіннього обробітку поля - розпушити тверді шари та ліквідувати так звану "плужну підшову" (переущільнений шар ґрунту після багаторазової оранки). Для цього восени проводять якісну глибоку оранку або

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

безвіддальне глибоке розпушування, орієнтуючись на ступінь залягання щільних пластів.

Традиційна система землеробства передбачає максимальне знищення небажаної рослинності за допомогою якісного обробітку ґрунту, що дозволяє зменшити хімічне навантаження на агроценоз. Велике значення має стан поля після осіннього комплексу робіт:

В боротьбі з бур'янами дає двохразове лушення стерні на глибину 8 – 10 см дисковими лушильниками ЛДГ–10, ЛДГ–15, ЛДГ–20 і дисковими боронами БДТ–7, БДТ–10. При цьому гине 76 % бур'янів.

Надійне знищення бур'янів на початкових етапах розвитку культури досягається завдяки застосуванню ефективних ґрунтових гербіцидів. До базового переліку препаратів, які закладають у ґрунт безпосередньо перед посівом, належать сутан, ерадікан, атразин та алелол. Для якісного та рівномірного внесення цих засобів фахівці радять використовувати комбіновані широкозахватні агрегати. Добре себе зарекомендували зчіпки важких дискових борін із комбінованими ґрунтообробними машинами, зокрема: БДТ-7 у поєднанні з Комбі-8,8; БДТ-7 разом із КАПП-8,8; Лушильник ЛДГ-10 у парі з Комбі-8,8.

Передпосівне розпушування поля виконують чітко на глибину заробки насіннєвого матеріалу. Ідеальну якість структури насіннєвого ложа гарантує використання пружних борін ВП-8 або спеціалізованих культиваторів УСМК-5,4А.

Порівняльні дані практичних досліджень:

- Зяб із відкритими борознами: На ділянках, залишених на зиму у нерівному стані під впливом морозів, весняний облік зафіксував появу лише 12 бур'янів на 1 м².
- Вирівняна восени рілля: на полях, де після глибокої оранки провели осіннє вирівнювання поверхні, навесні зафіксували масове проростання насіння бур'янів - у середньому 114 шт. на 1 м².

З приходом весни, щойно земля прогрівається до +4°С...+5°С, активізуються корисні мікроорганізми. Разом із цим починається швидке

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

випаровування весняної вологи через пори та капіляри, які утворилися після зимового осідання землі.

Ранньовесняне боронування у фазі фізичної стиглості ґрунту руйнує ці природні капіляри. Воно створює пухкий верхній шар, що надійно блокує вихід води з глибоких горизонтів і зберігає її для майбутніх сходів.

- Удобрення: ця культура споживає багато поживних елементів, зокрема азот, калій та фосфор. Внесення припосівних добрив (зазвичай це азотні форми або азотно-фосфорні комплекси) є обов'язковим агроприйомом у певних стресових чи специфічних умовах.

Для формування високого врожаю кукурудза повинна мати безперешкодний доступ до легкозасвоюваних мінеральних сполук. Щоб зорієнтуватися у потребах культури, варто зважати на обсяг виносу макро- та мезоелементів. На кожну тонну основного врожаю (у еквіваленті зерна) разом із відповідною кількістю листя і стебел рослини поглинають (Азот (N): 25–30 кг; Калій (K): 30–40 кг; Фосфор (P): 10–15 кг; Кальцій (Ca): 6–10 кг; Магній (Mg): 6–10 кг).

Єдиним надійним інструментом для точного розрахунку мінерального живлення під заплановану врожайність залишається регулярний лабораторний аналіз ґрунту. Жодні усереднені схеми не здатні показати реальний вміст доступних елементів у конкретному полі.

Щоб внесений азот засвоювався максимально повно і без втрат перетворювався на рослинний білок, його обов'язково балансують сіркою. Рекомендована пропорція: на кожні 10 кг діючої речовини азоту додають 1,5–2,0 кг діючої речовини сірки.

Якщо для живлення чи підкислення обирають сульфат амонію або інші фізіологічно кислі форми, їх доцільно вносити під осінній обробіток (зяб) або навесні під час закриття вологи. Наявність великої кількості води у ці періоди нівелює локальне підкислення ґрунтового розчину, тому воно протікає короткочасно і не завдає шкоди молодим проросткам.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Початковий старт та гармонійне живлення визначають архітектуру майбутньої рослини. Силосна кукурудза програмує свій потенціал у період від появи першого до дев'ятого листка:

- Етап 1–3 листків: У цей час усередині стебла відбувається закладання майбутніх вузлів, що безпосередньо визначає загальну кількість листя на рослині, а отже - і майбутній об'єм зеленої маси.
- Етап 3–9 листків: Рослина активно формує, закладає та розвиває майбутні качани. Оскільки для якісного силосу потрібен високий вміст крохмалю, повноцінне живлення у цей проміжок часу є вирішальним для загальної енергетичної цінності корму.

Поряд із базовим мінеральним комплексом, кукурудзяні посіви мають гостру потребу в збалансованому наборі мікроелементів. Найважливішими серед них є цинк, магній, бор, мідь та марганець. Доцільність їхнього додаткового внесення визначається на основі фактичної наявності та рухливості цих сполук у ґрунтовому розчині.

Практичний досвід передових господарств підтверджує, що силосний напрямок демонструє чудову окупність за умови використання органічних добрив. Внесення гною чи компосту під час осінньої підготовки поля є найкращим способом забезпечити рослини пролонгованим живленням протягом усього періоду вегетації.

2. Проведення посівної кампанії

- Календарні терміни: найкраще висівати насіння з останніх чисел квітня до середини травня. У цей період зазвичай зникає ризик весняних приморозків, а десятисантиметровий шар ґрунту стабільно прогрівається до +8°C...+10°C.

Кінцева продуктивність силосних площ та поживність вегетативної маси суттєво залежать від технічної точності посівної кампанії. Оптимальний горизонт заробки насіння становить 4–6 см від поверхні, причому вкрай важливо, щоб щонайменше 1,5–2 см цього шару були забезпечені продуктивною вологою.

Сучасний підхід до нормування висіву кардинально змінився. Спираючись на посівні якості насіннєвого матеріалу, норму розраховують так, щоб перед

					МВК 00:000 ПЗ	Арк.
ЗМН:	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

початком збиральних робіт густота стояння становила від 69 до 74 тисяч продуктивних рослин на один гектар.

Експерти провідних селекційних інститутів більше не рекомендують практикувати надмірне загущення силосних посівів. Якщо раніше нормативи допускали щільність до 100 тисяч рослин/га, то сьогодні таку густоту визнано економічно та біологічно недоцільною, адже вона призводить до витончення стебел та зменшення частки качанів у загальній масі.

Безпосередній висів насіння здійснюють сучасними сівалками, які обладнані точними пневматичними висівними апаратами, наприклад, моделями СУПН-8 або СПЧ-6А. Вони мінімізують пропуски та забезпечують задану густоту стояння.

Під час роботи в полі критичне значення має точне налаштування висівних агрегатів. Механізаторам необхідно контролювати:

- Стабільну глибину ходу сошників;
- Рівномірний інтервал між насінинами у кожному рядку;
- Відсутність "двійників" (попадання кількох зернин в одне гніздо), які створюють внутрішньовидову конкуренцію та послаблюють рослини.
- Густота стояння: Створюючи силосний конвеєр, норму висіву збільшують приблизно на 10–20% порівняно із зерновим напрямком. На момент збирання густота рослин має коливатися в межах 69–74 тис. шт./га, зважаючи на кліматичну зону та характеристики конкретного гібрида.

3. Догляд за посівами та захист рослин

- Контроль засміченості: для очищення полів застосовують досходові або селективні післясходові гербіциди, створені на основі дикамби, мезотріону чи нікосульфурону.
- Фітосанітарний моніторинг: для захисту від стеблового метелика, попелиць та поширених хвороб використовують сучасні хімічні ЗЗР або ефективні біологічні препарати.

Коли сходи культури стають рівномірними та чітко формують рядки, настає час для механічного догляду. Головні завдання цього етапу - знищення нової хвилі бур'янів та руйнування щільної верхньої кірки.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільшу небезпеку ґрунтова кірка становить до моменту появи проростків. Якщо вона занадто щільна і заважає молодим рослинам пробитися на поверхню, проводять невідкладне руйнування за допомогою кільчасто-шпорових чи зубчастих котків. Важливе технологічне обмеження: робоча швидкість руху трактора під час цієї операції не повинна перевищувати 4 км/год, щоб не пошкодити підземну частину сходів.

Подальший догляд за міжряддями планують залежно від засміченості поля та стану посівів. Зазвичай агрономи практикують таку схему:

Перша міжрядна культивуація: Фаза 3–4 листків.

Розпушування проводять на глибину 7–8 см. Цю технологічну операцію найчастіше поєднують із першим прикореневим підживленням мінеральними азотними добривами.

Друга міжрядна культивуація: Фаза 7–9 листків.

Обробіток роблять мілкішим, щоб не травмувати розгалужене коріння. Робочі органи налаштовують на легке підгортання рослин, одночасно вносячи другу порцію поживних елементів.

Сучасне великотоварне виробництво кукурудзи створює сприятливе середовище для накопичення специфічних патогенів та комах. Надійний захист та збереження рентабельності можливі лише завдяки поєднанню агротехнічних, організаційних, біологічних та хімічних методів контролю.

Головними інструментами протидії пухирчастій та летучій сажці залишаються суворе дотримання сівозміни і обов'язкове використання високоякісних фунгіцидних протруйників для насіння. Поодинокі прояви пухирчастої сажки здатні спровокувати потужну другу хвилю інфекції через швидке розсіювання спор.

Найбільші економічні збитки посівам силосної кукурудзи завдають такі види комах:

- личинки коваликів (дротяники) та чорнишів (несправжні дротяники);
- підгризаючі та листогризучі совки;
- кукурудзяний стебловий метелик і шведська муха;

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- західний кукурудзяний жук (діабротика): надзвичайно агресивний карантинний шкідник, який останніми роками стрімко завойовує нові території в країнах Європи та в усіх регіонах України, знищуючи кореневу систему рослин.

4. Технологія збирання врожаю

- Фаза стиглості: скошування рослин розпочинають у період, коли зерно досягає молочно-воскового або воскового стану.

- Суха речовина: для правильного перебігу процесів ферментації цей показник повинен триматися на рівні 30–35%.

- Висота скошування: жатковий апарат комбайна налаштовують на висоту не менше 15–20 см від землі. Це допомагає уникнути потрапляння бруду та суттєво знижує рівень зольності майбутнього корму.

5. Технологія консервування та зберігання

- Якість подрібнення: довжина часток має становити 1–2 см. Водночас кожне зернятко повинно пройти через корн-крекер для розплющування, оскільки ціле зерно не перетравлюється організмом худоби і цінний крохмаль втрачається.

- Консервація: подрібнену зелену масу відвозять у силосні траншеї або ж спеціальні полімерні рукави. Там її пошарово ретельно утрамбовують важкою технікою та герметично накривають плівкою для перекриття доступу кисню.

Сьогодні на практиці все ще зустрічається підхід, коли аграрії засівають площі звичайними зерновими чи універсальними гібридами, просто підвищуючи норму висіву у сподіванні отримати хороший силос. Проте експерти наголошують, що для тваринництва критично важливо купувати саме спеціалізовані силосні гібриди. Вони відрізняються генетично низьким рівнем лігніну, завдяки чому велика рогата худоба значно краще засвоює такий корм.

Враховують:

- Загальний обсяг отриманої зеленої маси з гектара.
- Поживність: концентрація крохмалю, яка визначає енергетичну цінність.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- Засвоюваність: обсяг хімічно активної клітковини та мінімальний відсоток лігніну.
- Ремонтантність (ефект "stay green"): здатність листового апарату тривалий час залишатися зеленим і наповненим вологою навіть під впливом посухи чи стресових чинників.

2.2. Проектування та розробка технологічної карти

Цей документ виступає базовим нормативно-технічним регламентом, що визначає алгоритм вирощування конкретного виду рослинницької продукції в умовах визначеного агропідприємства. Створена модель для оптимізації виробництва силосних форм кукурудзи акумулює у собі кілька ключових інформаційних масивів:

- Агрономічний сегмент: фіксує точний перелік польових робіт, планові обсяги завдань, а також календарні строки та тривалість виконання кожної маніпуляції;
- Інженерно-технічний блок: регламентує залучення конкретних шлейфів машин і визначає експлуатаційні параметри (годинну чи змінну продуктивність агрегатів, ліміти паливно-мастильних матеріалів);
- Ресурсне планування: розраховує кількісну потребу в мобільних енергозасобах, причіпних робочих органах, залученні механізаторів і допоміжного персоналу із зазначенням необхідного часового фонду.

Безпосередньому формуванню матриці карти має передувати глибокий аудит специфіки конкретного землекористування. До уваги беруться локальні гідротермічні коефіцієнти, типи ґрунтових різновидів із обов'язковим урахуванням показників питомого опору під час плужного чи безвідвального обробітку. Також аналізують геометрію ділянок, середню протяжність робочого гону та особливості рельєфу, оскільки зазначені змінні безпосередньо диктують вибір рушіїв і конфігурацію посівних чи збиральних комплексів.

Для наочності всі математичні та техніко-економічні розрахунки у карті виконано на прикладі фінішної операції - скошування та подрібнення зеленої

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

маси кукурудзи за допомогою модернізованого кормозбирального поїзда у складі трактора МТЗ-82 та причіпного комбайна КПІ-2,4.

Кількісні параметри технологічного навантаження для розрахунку продуктивності техніки встановлюються за допомогою таких залежностей:

Вектор виробітку в площинних одиницях:

$$\Omega = F \cdot k, \text{ га} \quad (2.1)$$

Обсяг зібраної біомаси у вагових одиницях:

$$\Omega = F \cdot U, \text{ т}, \quad (2.2)$$

де F – загальний лінійний розмір площі, відведеної під культуру (га);

k – індекс кратності (циклічності) проведення конкретної операції протягом сезону;

U – фактична продуктивність біологічного врожаю (т/га).

Для цього проектного завдання вихідні масиви даних становлять: загальна площа посіву $F=180$ га, а планова середня врожайність силосної маси $U=42$ т/га за умови збереження природної вологості скошених рослин у межах від 65% до 75%.

Тоді: $\Omega = 180 \cdot 42 = 7140$ т.

Під час складання графіків роботи збиральної техніки важливим організаційним параметром є коефіцієнт змінності ($K_{зм}$). Він відображає інтенсивність використання машинно-тракторного парку протягом доби і визначається як відношення добового часу роботи до тривалості однієї стандартної зміни:

$$K_{зм} = T_d / T_{зм} \quad (2.3)$$

де T_d – загальна тривалість експлуатації агрегату за добу, год. Приймаємо тривалість роботи агрегату за добу $T_d = 10,5$ год.;

$T_{зм}$ – нормативна тривалість однієї робочої зміни, год., $T_{зм} = 7$ год.

Нормативна тривалість однієї робочої зміни, год.

$$K_{зм} = 10,5 / 7 = 1,5$$

Отримане значення показує, що для виконання запланованого добового

обсягу робіт комбайн має відпрацювати півтори нормативні зміни.					Арк.
МБК 00.000 ПЗ					19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

3. Операційна технологія виконання операції збирання з вирощування кукурудзи на силос

3.1. Агротехнічні вимоги

За аналогією з класичними колосовими зерновими, ключовим критерієм успішності збиральної кампанії для силосних та зернових форм кукурудзи виступає максимальне збереження вирощеної біомаси. Діючі агротехнічні стандарти чітко регламентують параметри, які безпосередньо зумовлюють ефективність роботи техніки та лімітують можливий недобір продукції. До них відносяться: оптимальні календарні терміни, лінійна висота скошування, фракційний склад подрібнених часток, сумарний обсяг втрат стеблостою, качанів чи вільного зерна, а також ступінь механічного пошкодження і чистота отриманого корму.

Визначення фази початку жнив безпосередньо залежить від цільового використання рослин. Заготівлю сировини для силосних траншей зазвичай розпочинають на етапі молочної або молочно-воскової стиглості, коли вологість рослинних тканин перебуває на рівні 75–80%. Водночас найвищу поживну цінність мають масиви, зібрані наприкінці воскової стиглості. У цей період концентрація кормових одиниць на кожному гектарі зростає в 1,6–1,7 раза порівняно з початковими етапами формування зернівки, а відсоток рідини природним чином знижується до оптимальних 60–65%.

Регулювання робочих органів за висотою зрізу має подвійне значення: під час заготівлі силосу це дозволяє максимізувати валовий збір, а під час обмолоту на зерно - мінімізувати обсяг пожнивних решток для полегшення подальшого обробітку ґрунту. Стандартний агротехнічний регламент передбачає скошування кукурудзи на силос на рівні 8–10 см від поверхні поля. Конкретна висота адаптується оператором з урахуванням архітекtonіки гібрида (товщини та висоти стебла), ярусу закладання нижніх качанів, фактичної густоти стояння рослин та наявності ділянок із виляганням.

Технологічні втрати біомаси під час скошування складаються з кількох факторів: незрізаних або притиснутих до землі рослин, відірваних качанів, а

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також розсипання подрібненого силосу поза кузов через неправильне налаштування дефлектора силосопроводу. З метою оптимізації процесу та підвищення якості збирання, критично важливо провести ретельне інженерне налаштування всього шлейфу машин і скоординувати швидкість руху комбайна з транспортними засобами. Згідно з чинними нормативами, сукупні втрати на етапах скошування, подрібнення та логістики не повинні перевищувати 3% від загальної біологічної маси.

Точний розрахунок дати початку збиральної кампанії критично важливий для створення поживного соковитого корму. Оптимальна стиглість силосної кукурудзи настає в період воскового стану зерна, коли процеси накопичення крохмалю повністю завершилися. На цьому етапі вміст сухої речовини в качанах перевищує 55%, а в цілому по рослині коливається в межах 28–35%. За умови нормального розвитку посівів питома вага качанів у загальній структурі врожаю досягає або перевищує половину всієї маси. Саме така фаза забезпечує максимальний збір кормових одиниць, ідеальні умови для бродіння та найвищу поживність.

Останнім часом серед агровиробників поширилося прагнення заготовити якомога більше сухої речовини разом із зеленою масою. Така гонитва часто призводить до надмірного перестоювання культури на пні. Як наслідок, різко падає аеробна стабільність готового корму під час зберігання, і силос починає сильно самозігріватися.

Підвищення температури всередині силосної маси всього на +10°C призводить до щоденної втрати енергії в розмірі близько 0,1 МДж на кожен кілограм сухої речовини. Через таке розігрівання загальні втрати енергетичної цінності можуть сягати 25%, після чого смакові якості корму псуються і худоба починає їсти його значно гірше.

Непросто визначити точну дату збирання, оскільки сучасні гібриди мають індивідуальні особливості дозрівання (табл. 3.1). Професійний підхід вимагає лабораторного контролю сухої речовини та візуальної оцінки зрілості зерна. Більшість господарств намагаються розпочати косовицю за показника сухої речовини в межах 30–34%. Деякі фахівці вважають цільовим орієнтиром 38%.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Проте очікування такої високої цифри в полі є ризикованим: під час ферментації в траншеї рівень сухої речовини природним чином зростає ще на 1–2%, що робить занадто суху масу непридатною для якісного ущільнення.

Таблиця 3.1

Вплив часу збирання на якість силосу

Наслідки раннього збирання	Наслідки пізнього збирання
Низька продуктивність: невелике співвідношення качанів до загальної маси рослини	Проблеми з консервацією: суху масу важко якісно утрамбувати, всередині залишається повітря
Дефіцит енергії: низька концентрація крохмалю в незрілому зерні	Повільне бродіння: уповільнення ферментації через низький вміст розчинних цукрів
Втрата цукрів: цінний сік разом із поживними речовинами витікає зі сховища	Псування корму: високий ризик розвитку плісняви та вторинного зігрівання маси

3.2. Підготовка поля до збирання врожаю

Проведення організаційно-технічних заходів перед початком збирання гарантує максимальну продуктивність техніки та високу якість силосної маси. На підготовчому етапі обов'язково оцінюють поточний стан посівів: визначають фактичну врожайність зеленої маси та рівень її вологості. Спираючись на фазу розвитку рослин, встановлюють точні календарні строки початку косовиці.

Перед виїздом техніки проводять ретельний огляд території. Усі сторонні предмети та перешкоди, що можуть заважати безпечному руху машинно-тракторного агрегату (МТА) або пошкодити жатку, повністю прибирають. Перешкоди, які неможливо ліквідувати, чітко знакують спеціальними високими віхами.

Для безперебійної роботи техніки з обох кінців поля розмічають поворотні смуги. Саму площу розбивають на окремі робочі загінки. Між ними заздалегідь прокошують роздільні смуги, ширини яких має вистачати для вільного паралельного проходу комбайна та вантажного транспорту. Щоб забезпечити

достатньо простору для маневрів і розворотів збирального комплексу, обкіс ділянок роблять щонайменше у три проходи.

Для збирання кукурудзи на силос у складі трактора МТЗ-82 та комбайна КПП-2,4 обирають гоновий спосіб руху. Ця схема є найбільш ефективною, оскільки дозволяє виконувати корисну роботу під час прямолінійного руху вздовж рядків від одного краю поля до іншого, а розвороти здійснювати на спеціально відведених кінцях ділянки. З-поміж можливих варіантів маневрування доцільно прийняти безпетльовий поворот із прямолінійною ділянкою.

Необхідна для розворотів ширина поворотної смуги (E_p) (рис. 3.1) математично залежить від радіуса повороту, габаритів та довжини виїзду машинно-тракторного комплексу за контрольну лінію:

$$E_p = 1,5 t \cdot R + e \quad (3.1)$$

де E_p – розрахункова ширина поворотної смуги, м;

R – радіус повороту МТА, м;

e – довжина виїзду техніки за межі контрольної лінії, м.



Рис. 3.1. Схема робочої ділянки

Величина радіуса повороту (R) визначається специфікою зчіпки, її шириною та швидкісним режимом:

$$R = 1,2 \cdot B_p = 1,2 \cdot B_k \cdot \beta, \text{ м} \quad (3.2)$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату, м

(під час підбирання $B_p = 1,1 \cdot B_k = 1,1 \cdot 1,8 = 1,98$ м);

β - коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату, $\beta = 1,1$.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Звідси отримуємо радіус повороту:

$$R = 1,2 \cdot 1,98 = 2,4 \text{ м}$$

Загальну кінематичну довжину агрегату (l_a) визначають шляхом додавання відповідних параметрів трактора і комбайна:

$$l_a = l_t + l_k$$

Для трактора МТЗ-82 кінематична довжина становить $l_t=1,3\text{м}$, а для комбайна КПІ-2,4 цей показник дорівнює $l_k=5,5\text{ м}$:

$$l_a = 1,3 + 5,5 = 6,8\text{м}$$

Дистанція виїзду техніки (e) за контрольну лінію розраховується за пропорцією:

$$e = (0,5 \dots 0,7) l_a = 0,6 \cdot 6,8 = 4,08\text{м}$$

Таким чином, мінімальна теоретична ширина поворотної смуги становить:

$$E_p = 1,5 \cdot 2,4 + 4,08 = 7,68 \text{ м}$$

3.3. Розрахунок оптимальних параметрів заїмки

На практиці ширину зони для розворотів часто задає попередня технологічна операція (наприклад, прокоси самохідним комбайном широкого захвату). Зважаючи на це, для подальшої роботи приймають фактичну ширину поворотної смуги, яка дорівнює трьом проходкам широкозахватної техніки з жаткою 4,2 м. Фактична ширина становить $E_\phi = 14,0\text{ м}$

Якщо загальна довжина поля (L) становить 800 метрів, то чиста довжина корисного робочого ходу (L_p) всередині гону дорівнюватиме:

$$L_p = 800 - 2 \cdot 14 = 772 \text{ м}$$

Оптимальну за кінематичними показниками ширину робочої заїмки ($C_{\text{опт}}$) визначають за формулою:

$$C_{\text{опт}} = \sqrt{16R^2 + 2B_p \times L_p}, \text{ м}$$

$$C_{\text{опт}} = \sqrt{16 \cdot 2,4^2 + 21,98 \cdot 772} = 56,1 \text{ м}$$

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для зручності роботи техніки та кратності проходів, отримане значення коригують під конкретну кількість заїздів ($n = 15$):

$$C_{\phi} = 2 n B_p > C_{opt}, \text{ м},$$

$$C_{\phi} = 2 \cdot 15 \cdot 1,98 = 59,4 \text{ м} > C_{opt} = 56,1 \text{ м}$$

Оскільки фактична ширина заїмки ($C_{\phi}=59,4\text{м}$) є більшою за розрахунковий оптимум ($C_{opt} = 56,1 \text{ м}$), це забезпечить стабільний рух техніки без зайвих маневрів.

Ефективність використання часу та палива під час виконання цієї операції оцінюють через коефіцієнт робочих ходів (φ). Його розраховують як співвідношення корисної дистанції до сумарного кілометражу разом із холостими переїздами:

$$\varphi = \frac{S_p}{S_p + S_x}$$

де S_p - загальний корисний робочий шлях агрегату, м;

S_x - сумарний холостий шлях під час виконання розворотів, м.

Загальний лінійний шлях, який агрегат проходить безпосередньо під час виконання технологічного процесу (корисна дистанція), розраховується за такою залежністю:

$$S_p = \frac{L_p \cdot C_{\phi}}{B_p}$$

Для аналізованого комбайнового комплексу сумарний робочий кілометраж становитиме:

$$S_p = \frac{772 \cdot 59,4}{1,98} = 23160 \text{ м}.$$

Сукупну траєкторію неробочих переміщень (непродуктивні розвороти та заїзди) визначають за такою формулою:

$$S_x = \frac{L_x (C_{\phi} + 2 E_{\phi})}{B_p}$$

У цьому рівнянні показник L_x відображає довжину поодинокого необоротного маневру за один технологічний розворот. Його величина

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безпосередньо лімітується обраною кінематичною схемою руху, радіусом розвороту техніки та просторовою шириною загону:

$$L_x = 0,5C_\phi + 3R + 2e$$

Підставивши вихідні інженерні параметри, отримуємо значення поодинокого холостого ходу:

$$L_x = 0,5 \cdot 59,4 + 3 \cdot 2,4 + 2 \cdot 4,08 = 45,06 \text{ м}$$

Відповідно, сумарний холостий шлях для всієї площі поля дорівнюватиме:

$$S_x = \frac{45,06(59,4 + 2 \cdot 14)}{1,98} = 1989,01 \text{ м}$$

На основі отриманих просторових величин визначають коефіцієнт робочих ходів, який характеризує кінематичну досконалість обраного способу руху:

$$\varphi = \frac{23160}{1989,01 + 23160} = 0,92$$

Отриманий індекс ефективності маршруту повністю відповідає оптимальним нормативним вимогам агроінженерного проектування, що свідчить про раціональну організацію праці на полі.

3.4. Контроль і оцінка якості виконання роботи

Оперативний аудит якості здійснюється безпосередньо у полі за обов'язкової присутності механізаторів, які виконують роботу. Біометричну оцінку етапу органогенезу проводять візуальним методом безпосередньо перед виходом збиральних комплексів. За агрономічний маркер початку конкретної фази розвитку беруть стан, за якого відповідні ознаки зафіксовані щонайбільше у 25% стеблостою, тоді як настання повної фази констатують за умови досягнення цього показника у 60% рослин. Параметри вологості (або масової частки сухої речовини) розраховують за допомогою мобільних експрес-вологомірів або класичним арбітражним способом, що передбачає термостатно-вагове висушування в лабораторній сушильній шафі відповідно до положень

стандарту ГОСТ 27548-97.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Фактичний рівень зрізу рослинних решток вимірюють за допомогою каліброваної лінійки на вирівняних облікових майданчиках. Для фіксації меж використовують спеціальні рамки геометричною площею 0,5 м² (під час оцінки агроценозів суцільного висіву) або 1 м² (якщо аналізуються широкорядні посіви кукурудзи).

Ці контрольні точки закладають рівномірно вздовж діагоналі аналізованого масиву щонайменше у трьох репрезентативних місцях поля. Вимірювальний інструмент встановлюють суворо вертикально до поверхні ґрунту, а фінальну висоту стерні обчислюють як середнє арифметичне значення за результатами всіх проведених замірів.

Для верифікації фракційного складу та ступеня подрібнення рослинної маси (довжини отриманої різки) з кузовів транспортних засобів або безпосередньо з силосних траншей відбирають точкові проби з різних рівнів загальною вагою не менше 2 кг. Після ретельного гомогенізаційного перемішування формують середню робочу наважку: її вага становить 0,5 кг для товстостеблових культур (кукурудза, сорго) та 0,2 кг - для дрібностеблових трав'яних сумішей. Довжину окремих подрібнених частинок фіксують лінійкою по максимальній осі поперечного перерізу. Отримані елементи диференціюють за цільовими розмірними фракціями, зважують на точних терезах і визначають відсотковий вміст кожної групи у загальній структурі відібраної наважки.

4. Інженерна частина

4.1. Обґрунтування модернізації

Комбайн КУФ-1,8, що поєднує в собі функції косарки, підбирача, подрібнювача та навантажувача, являє собою універсальну причіпну або навісну аграрну машину. Цей технічний засіб розроблений для ефективного скошування зеленої маси або підняття з попередньо сформованих валків різноманітних бобових і злакових травостоїв. Окрім роботи з низькостебловими луговими та сіяними травами, комбайн активно застосовують на заготівлі високорослих силосних культур, зокрема сорго та кукурудзи.

Головна перевага цієї кормозаготівельної техніки полягає в повній автоматизації та безперервності виробничого циклу.

Такий комбінований підхід дозволяє суттєво оптимізувати логістику в господарстві, оскільки відпадає потреба у залученні додаткових тракторів для проміжних етапів збирання. Завдяки швидкому подрібненню відразу після зрізання, рослинна сировина краще зберігає поживну цінність, внутрішні соки та вологу, що є критично важливим для подальшої правильної ферментації та отримання високоякісного збалансованого корму для худоби.

Для якісного збирання силосних площ Білоцерківський завод сільськогосподарського машинобудування розробив кормозбиральний комбайн КПП-2,4, який прийшов на заміну застарілій моделі КУФ-1,8.

Ця сільськогосподарська машина розроблена для виконання комплексу робіт: скошування зелених трав, підбирання з валків підв'яленої природної чи сіяної маси, а також безпосереднього збирання кукурудзи та інших високорослих силосних культур. Технологічний процес включає одночасне скошування, інтенсивне подрібнення та завантаження отриманого корму в кузов транспортного засобу, що рухається поруч.

Конструктивно комбайн (рис. 4.1) складається з базового причіпного польового подрібнювача, на який, залежно від завдання, монтують змінні робочі органи:

- Платформу-підбирач для валків;

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Жатку для низькостеблових трав'яних культур;
- Спеціалізовану жатку для високостеблових культур (кукурудзи, сорго).

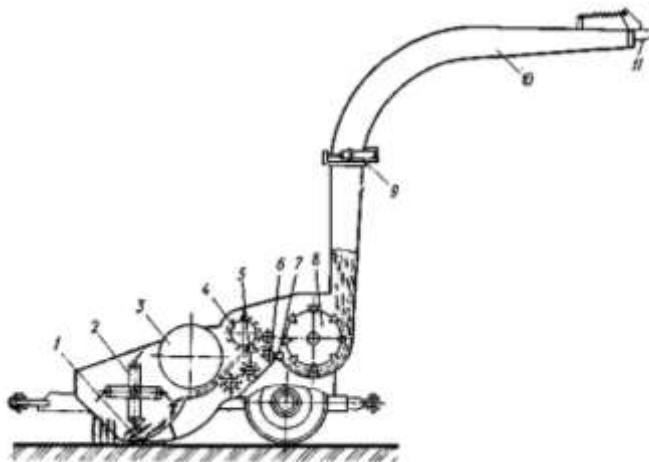


Рис. 4.1 – Технологічна схема комбайна КПІ-2,4:

1 – різальний апарат; 2 – мотовило; 3 – шнек; 4, 5 – верхній, нижній вальці; 6 – гладенький валець; 7 – протирізальна пластина; 8 – подрібнювальний барабан; 9 – поворотний гідроциліндр; 10 – силосопровід; 11 – козирок

Ця модель отримала суттєві конструктивні покращення, які значно підвищили її продуктивність та якість подрібнення сировини порівняно з попередником.

Таблиця 4.1

Конструктивні відмінності комбайнів КУФ-1,8 та КПІ-2,4

Технічний параметр	комбайн КУФ-1,8	комбайн КПІ-2,4
Ширина захвату жатки (для трав)	1,8 м	2,4 м
Діаметр робочого барабана	600 мм	750 мм
Кількість подрібнювальних ножів	8 шт.	12 шт.
Діапазон довжини різання маси	9–89 мм	10–160 мм

Кормозбиральний комбайн КПІ-2,4 призначений для ефективної роботи в зчипці з колісними тракторами класу МТЗ-80/82, а також більш потужними МТЗ-100/102. Обов'язковою умовою є налаштування вала відбору потужності (ВВП)

трактора на частоту обертання 1000 об/хв. Завдяки високому рівню автоматизації процесів, увесь комплекс повністю обслуговує один тракторист.

Головне завдання різальних органів комбайна (косарки) полягає в якісному та рівномірному скошуванні як природних сіножатей, так сіяних культур або травостоїв. За своїм конструктивним принципом і характером взаємодії з рослиною ці механізми поділяються на дві великі категорії:

1. Апарати підпiрного зрізування: культура (трава) зрізується за принципом ножиць, завдяки взаємодії рухомого сегмента та нерухомої протирізальної пластини (пальця).
2. Апарати безпідпiрного (ротаційного) зрізування: зріз виконується за рахунок високої швидкості руху та інерції самого леза, без використання нерухомого контрножа.

Передача крутного моменту на різальні елементи найчастіше здійснюється від вала відбору потужності (ВВП) енергетичного засобу (трактора). На сучасних та модернізованих машинах також може застосовуватися автономний гідравлічний або електричний привід. Залежно від призначення корму та специфіки технології, косарки додатково доукомплектовують механізмами для подрібнення або плющення скошеної сировини.

Конструктивна будова пальцевого різального апарата (рис.4.2)

Основою класичного підпiрного механізму є жорсткий пальцевий брус, на якому змонтовано рухомий ніж, що здійснює швидкі зворотно-поступальні рухи.

До складу цього вузла входять такі елементи:

- Опорна частина та регулювання: пальцевий брус надійно зафіксований між внутрішнім та зовнішнім подільниками поля. Обидва подільники спираються на спеціальні регульовані опорні полозки (лижі). Змінюючи положення цих полозків по висоті, агроном налаштовує необхідний рівень зрізу травостою.
- Нерухомі елементи: за допомогою міцних болтових з'єднань на брусі закріплені стандартні різальні пальці. Кожен такий палець оснащений вкладишем - гострою протирізальною пластиною.

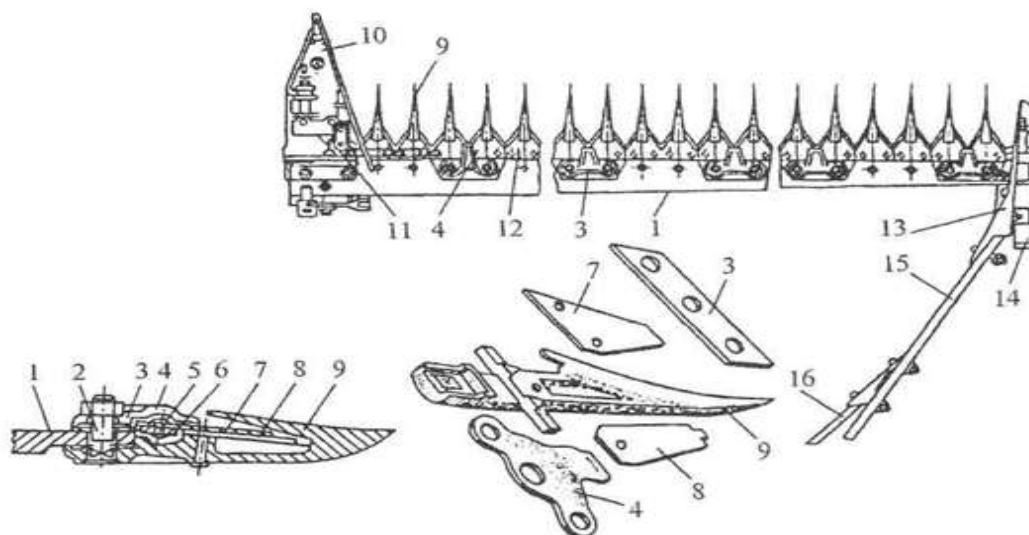


Рис. 4.2. Різальний апарат сегментно-пальцевого типу комбайну:

1 – пальцевий брус; 2 – болт; 3 – пластина тертя, 4 – притискна лапка, 5 – заклепка; 6 – спинка ножа; 7 – сегмент; 8 – протирізальна пластина; 9 – палець; 10 – внутрішній подільник; 11 – головка ножа; 12 – ніж; 13 – зовнішній подільник; 14 – опорний полозок; 15 – польова дошка; 16 – прутки-стеблевідводи

- Рухомий ніж: складається зі сталеві шини (спинки), на яку по всій довжині щільно наклепані трикутні сталеві сегменти. На одному з кінців ножової смуги встановлена масивна головка, призначена для з'єднання з приводним шатуном або ексцентриком.

Робота механізму базується на чіткому взаємному приляганні рухомих і нерухомих деталей. Передньою робочою частиною сегменти лежать безпосередньо на протирізальних вкладишах пальців, тоді як їхня тильна сторона разом зі спинкою ножа спирається на змінні пластини тертя.

Щоб запобігти вертикальному люфту ножа під час зустрічі з густим травостоєм, на пальцевому брусі встановлюють спеціальні притискні лапки. Вони унеможливають піднімання ножової смуги вгору та гарантують мінімальний зазор у парі "сегмент-вкладиш".

Порядок дій:

1. Спрямування рослин: вхід у стеблестій.

Під час руху косарки вперед внутрішній подільник плавно розділяє і спрямовує порції прямостоячих стебел до робочої зони.

2. Робота сегментів: затискання та зріз.				Арк.	
МВК 00.000 ПЗ				32	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Ніж здійснює зворотно-поступальні рухи у пазах пальців. Леза рухомих сегментів захоплюють рослини, нахиляють їх убік, притискають до країв протирізальних пластин і миттєво зрізують.

3. Відведення культури: очищення зони проходу.

Скошена рослинна маса потрапляє на польову дошку (активний подільник), яка зміщує зрізану траву в лівий бік. Це звільняє чисту смугу для безперешкодного проходження коліс трактора під час наступного кола.

Налаштування та регулювання сегментно-пальцевого механізму для забезпечення бездоганної якості скошування та запобігання забиванню різального органу:

- Кут нахилу різальної платформи: щоб підлаштувати жатку під стан культур або травостою (наприклад, підлеглі чи густі трави), змінюють кут нахилу пальцевого бруска вперед або назад. Це реалізується за допомогою повороту рухомої частини робочої рами відносно нерухомого базового каркаса.
- Центрування ходу ножа: цей параметр критично важливий для чистоти зрізу. Його регулюють за допомогою зміни робочої довжини приводного шатуна. Головна мета налаштування - досягти такого положення, щоб у крайніх точках амплітуди руху (ліворуч і праворуч) геометричні центри рухомих сегментів чітко збігалися з осьовими лініями нерухомих пальців. Допускається мінімальне відхилення, коли сегмент не доходить до центру пальця максимум на 5 мм.
- Зазор у різальній парі: відстань між носком робочого сегмента та поверхнею протирізального вкладиша має перебувати в жорстких межах - від 0,1 до 0,3 мм. Оптимальний проміжок виставляють експериментально за допомогою встановлення або вилучення спеціальних каліброваних змінних прокладок під притискними елементами.

4.2. Технологічний розрахунок

В основі проектування та експлуатації збиральних машин лежать фізичні закономірності підпирного й безпідпирного способів розділення стебел.

У механізмах із підпирним принципом дії виділяють дві конструктивні групи:

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Безпальцеві різальні апарати (де назустріч один одному рухаються дві ножові смуги);
- Сегментно-пальцеві апарати (класична схема з нерухомим пальцевим рядом).

Головна відмінність цієї групи полягає в тому, що під час безпосереднього перерізання рослинні волокна обов'язково спираються на жорсткі металеві конструкційні елементи збиральної машини, що гарантує низький та рівний зріз навіть за невеликої швидкості руху комплексу.

У сегментно-пальцевих системах безпосередній зріз виконує скоординована робоча пара: рухомий сталевий сегмент трикутної форми (рис. 4.3, а) та нерухома протирізальна пластина (рис. 4.3, б), яка зафіксована всередині паза пальця. У процесі розрахунку геометрії цих елементів ключовими параметрами є крок ножа, кут заточування лез та швидкість зворотно-поступального руху ножової смуги відносно швидкості руху самого трактора.

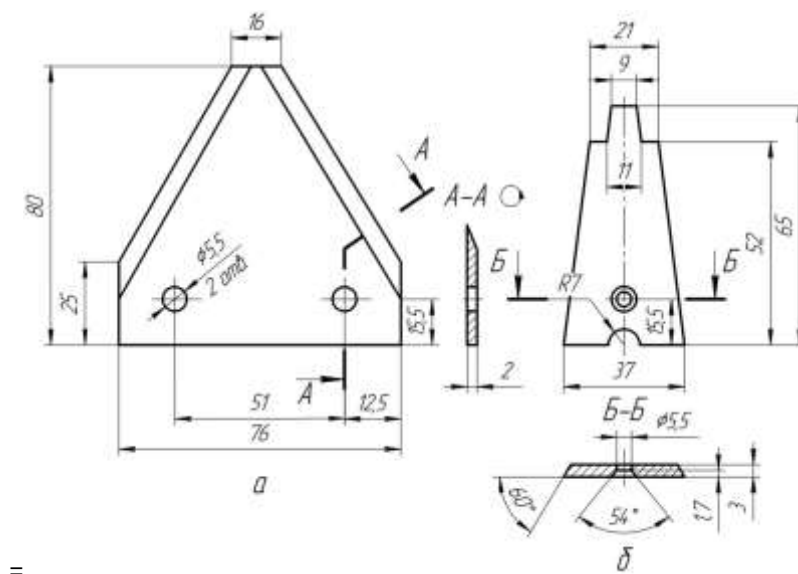


Рис. 4.3. Геометричні параметри різальної пари апарата для комбайна КПП-2,4:
а – сегмент; б – протирізальна пластина (укладка)

Всі геометричні розміри та пропорції деталей, з яких складається різальна пара (сталевий сегмент і нерухомий вкладиш пальця), чітко підпорядковані діючим машинобудівним стандартам. Це забезпечує повну взаємозамінність елементів під час ремонту.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

У процесі роботи косарки комбайна рухомий сегмент захоплює стеблостій і плавно переміщує його до робочої крайки протирізальної пластини, затискаючи рослинні волокна у звужувальному просторі між двома лезами. Під час безпосереднього перерізання рослина отримує жорстку фіксацію. Вона одночасно спирається на дві точки: на поверхню протирізальної пластини (точка А) та на спеціальний пероподібний відросток робочого пальця (точка В).

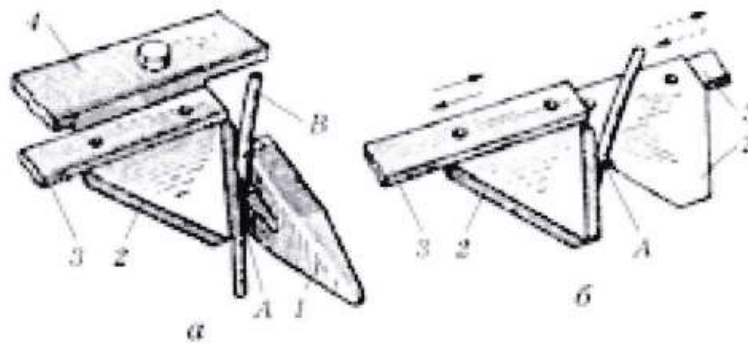


Рис. 4.4. Різальні апарати підпiрного зрізування:

а – сегментно-пальцевий; *б* – безпальцевий;

1 – палець; 2 – сегмент; 3 – спинка ножа; 4 – пальцевий брус

Таким чином зменшується можливість згинання стебла, особливо тонкостеблених рослин, які мають малу жорсткість. Дві опори негативно впливають на зріз, при збиранні товстостеблених культур (соняшник, кукурудза). Сегменти, врізаючись у товсте стебло, заклинюються надрізними стеблами, що призводить до надмірних зусиль при зрізуванні.

Наявність подвійної точки опори мінімізує ризик неконтрольованого згинання рослин. Це особливо важливо під час заготівлі тонкостеблених лугових трав, які мають низьку природну жорсткість і без належного підпору просто притискалися б ножем до землі замість чистісінського зрізу.

Попри високу ефективність на луках, подвійна опора має певні технологічні недоліки, які яскраво проявляються під час скошування товстостеблених агрокультур (наприклад, кукурудзи чи соняшнику). Через великий діаметр стебла трикутні сегменти врізаються у щільну деревину і часто блокуються надрізними волокнами всередині паза. Таке заклинювання створює критичні пікові навантаження на привідний механізм і потребує значних механічних зусиль для завершення робочого ходу.

Функціонування сегментно-пальцевих систем характеризується певними перевагами та обмеженнями, пов'язаними зі швидкісними режимами:

- **Енергоефективність:** Якщо робоча швидкість різання (руху ножової смуги) тримається в межах від 1,5 до 3,0 м/с, підпірні апарати акуратно відокремлюють рослини без їх супутнього подрібнення чи розминання. Завдяки цьому питомі витрати палива та енергії є значно меншими, ніж у косарок ротаційного (безпідпірного) типу.

- **Швидкісний бар'єр:** Головним стримувальним фактором для підвищення темпу збирання є сам характер зворотно-поступального руху ножа. Постійна швидка зміна напрямку руху важкої металевої смуги генерує величезні сили інерції та вібраційні навантаження. Саме ці деструктивні сили не дозволяють експлуатувати такі косарки на високих робочих швидкостях, оскільки це призводить до передчасного руйнування головки ножа або шатуна.

Незважаючи на обмеження у швидкості руху по полю, сегментно-пальцеві конструкції досі залишаються затребуваними на ринку завдяки високій надійності, простоті обслуговування та стабільній якості зрізу на чистих сіножатах.

Конструкції нормального різання, у яких ніж здійснює один пробіг за цикл, мають чітко визначені технічні характеристики. Сегментно-пальцеві системи такого типу мають декілька очевидних переваг:

- Чисте та акуратне скошування рослинної маси;
- Порівняно невеликі динамічні навантаження інерції (якщо порівнювати з іншими кінематичними схемами);
- Високий рівень експлуатаційної стійкості під час роботи.

Проте базовій кінематичній схемі притаманні й суттєві технічні недоліки. Серед них — прискорене затуплення робочих крайок, значне концентрування механічних напружень на несучій смузі ножа, а також підвищена вібрація пальцевого бруса й тримальних елементів рами.

Головним експлуатаційним мінусом заводського механізму є низька ремонтпридатність, висока трудомісткість сервісу та небезпека для персоналу під час проведення ремонтних робіт у загінці. Ці труднощі пов'язані з тим, що

					МБК 00.000 ПЗ	Арж.
Змн.	Арж.	№ докум.	Підпис	Дата		36

різальні елементи з'єднані з опорною смугою суцільними металевими заклепками, утворюючи монолітну нерозбірну конструкцію.

Коли під час косовиці трапляється аварійна зупинка через пошкодження сегмента або зрізання кріплення, механізатор змушений проводити складні відновлювальні роботи прямо в полі. Такий процес вимагає повного демонтажу вузла, вибивання залишків кріплень та повторного клепання. Оскільки ремонт часто виконується під піднятою на гідроциліндрах жаткою, це створює додаткові ризики для життя та здоров'я оператора.

Для усунення цих технологічних недоліків було розроблено вдосконалену конструктивно-технологічну схему жатки. В основу оновленої моделі покладено принципово нову конструкцію взаємодії деталей, яка дозволяє виконувати оперативну заміну пошкоджених елементів без використання спеціалізованого інструменту. Це підвищує добову продуктивність збирального агрегату та робить роботу безпечнішою.

Модернізований різальний апарат містить стандартний набір елементів (притискні пристрої, кутник, напрямні пальці, вкладиші, фрикційні пластини та привід), але має дві ключові конструктивні відмінності:

- Допоміжні фрикційні накладки: пальці косарки обладнані додатковими площинами тертя. Вони створюють надійну точку опори для тильної частини ножа, повністю розвантажуючи його від шкідливих вертикальних зусиль. Завдяки цьому спинка зазнає навантажень лише у площині поздовжнього переміщення.

- Фіксація на повідкових штифтах: замість заклепок сегменти тримаються на спинці за допомогою спеціальних напрямних штифтів.

Завдяки такій фіксації робочі елементи вільно ковзають уздовж протирізальних вкладишів і своїх напрямних ліній. У разі поломки будь-який сегмент можна демонтувати й замінити за лічені хвилини прямо на полі. Це суттєво скорочує час вимушених простоїв техніки та мінімізує потребу в небезпечних маніпуляціях під важкою піднятою жаткою.

Детальна схема модернізованого різального вузла базується на чіткому розподілі механічних навантажень між рухомими та нерухомими компонентами

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(рис. 4.5). Основу каркаса становить тривальний кутник рами 11, на якому за допомогою надійних гвинтових з'єднань нерухомо зафіксовані робочі пальці.

Для здійснення чистого підпірного зрізу кожен палець 1 укомплектований зносостійкою протирізальною пластиною 2, яка міцно тримається на своєму місці завдяки заклепковому кріпленню.

Під час швидкого зворотно-поступального руху ножової смуги виникають сильні різновекторні зусилля. Для їх повної компенсації та захисту механізму від деформацій за допомогою тих самих силових гвинтів 12 на рамі закріплено допоміжний блок стабілізації.

Він складається з нижніх та верхніх пластин тертя 8, 10, а також спеціальних каліброваних вкладишів 9. Цей робочий комплекс повністю поглинає шкідливі вертикальні та поздовжні сили, що діють на сегменти під час зустрічі з товстими стеблами, і забезпечує надійний упор їх тильної частини у жорстку основу рами.

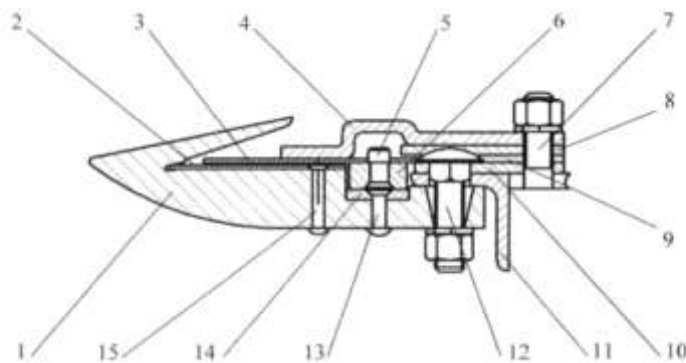


Рис. 4.5. Поперечний розріз різального апарата

1- палець; 2- протиріжуча пластина; 3- сегмент; 4- притискна лапка; 5- штифт; 6-спинка ножа; 7,12- гвинти; 8,10,14- пластина тертя; 9- вкладиш; 11- кутник; 15- заклепка

Увімкнення робочих органів активує приводний механізм, який передає крутний момент на збиральну платформу. Спинка ножа 6, що надійно спирається на допоміжні площини тертя 14, починає здійснювати швидкі зворотно-поступальні рухи паралельно тривальному кутнику рами 11. Потужні повідкові штифти 5, які жорстко зафіксовані на рухомій смузі, входять у зачеплення з отворами трикутних сегментів і змушують їх синхронно рухатися вліво та вправо відносно нерухомих протирізальних вкладишів.

					Арк.	
					38	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МВК 00.000 ПЗ	

Коли косарка заходить у густий травостій, стебла рослин безперервно потрапляють у вільні проміжки між рухомими та нерухомими елементами. Рослинна тканина миттєво затискається гострими краями лез і гладко зрізується без зминання чи виривання з коренем.

Якщо під час косовиці трапляється наїзд на приховану перешкоду (камінь, дріт) і робочий сегмент зазнає пошкодження, його заміну виконують безпосередньо у загінці за простим алгоритмом:

1. Зупинка агрегату: обов'язкова безпека.

Трактор або самохідний комбайн повністю зупиняють. Обов'язково вимикають вал відбору потужності (ВВП), глушать двигун і фіксують техніку стоянковим гальмом.

2. Демонтаж притиску: послаблення фіксатора.

За допомогою ключа злегка послаблюють гайку кріпильного гвинта. Це дозволяє повернути або повністю вивільнити верхню притискну лапку.

3. Заміна сегмента: без інструментів (рис. 4.6).

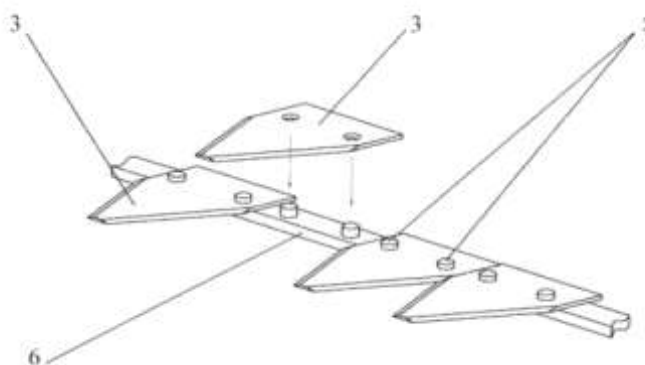


Рис. 4.6. Схема заміни сегментів ножа

Зруйнований чи затуплений елемент просто піднімають пальцями вгору, знімаючи його з повідкових штифтів. На звільнене місце так само легко насаджують новий запасний сегмент.

4. Фіксація вузла: повернення у роботу.

Притискну лапку повертають у вихідне робоче положення та затискають гайку кріпильного гвинта. Після швидкої візуальної перевірки зазору агрегат готовий до продовження косовиці.

Запропонована модернізація кардинально покращує конструуцію класичного зрізального механізму (який зазвичай складається з рами, кутника, пальців, вкладишів, фрикційних пластин, ножової смуги та приводу).

Нове технічне рішення полягає у встановленні на кожному пальці індивідуальної додаткової пластини тертя, що бере на себе вагу ножа, а також у переведенні робочих сегментів на штифтовий спосіб кріплення замість стаціонарного заклепкового з'єднання. Це забезпечує унікальну ремонтпридатність жатки під час збиральної кампанії.

4.3. Кінематичний розрахунок

Проведення кінематичних розрахунків зрізального вузла спрямоване на те, щоб точно узгодити між собою робочу швидкість переміщення ножів та величину допустимої подачі рослинної маси на один хід різального органу. Швидкість, із якою сегмент врізається в рослинну тканину, безпосередньо впливає на чистість стерні та загальні енергетичні витрати збирального агрегата. Дослідами встановлено: технологічна швидкість різання трав $v_T \geq 2,15 \text{ м/с}$, а зернових культур $v_T \geq 1,5 \text{ м/с}$.

У сучасній інженерній практиці для визначення точних швидкісних параметрів і траєкторії руху леза відносно стеблостою застосовують два взаємодоповнюючі підходи:

Графічний метод (побудова кінематичних діаграм): дозволяє наочно візуалізувати переміщення, швидкість та прискорення ножової смуги залежно від кута повороту приводного кривошипа (рис. 4.7).. За допомогою спеціальних графіків (діаграм годографа швидкостей) проектувальники визначають зони максимальних інерційних навантажень та аналізують траєкторію абсолютного руху кінчика сегмента по полю.

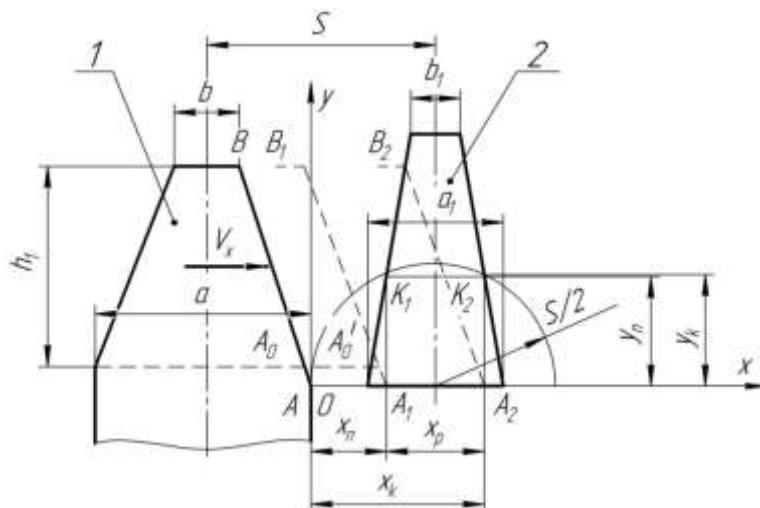


Рис. 4.7. Графік для визначення швидкості початку та кінця різання:
1 – сегмент; 2 – протирізальна пластина (укладка);
 $X_n, Y_n; X_k, Y_k$ – координати початку та кінця різання

Аналітичний метод: базується на використанні математичних формул і диференціальних рівнянь, які описують рух кривошипно-шатунного чи ексцентрикового механізму. Аналітичний розрахунок дозволяє з високою точністю обчислити миттєву швидкість різання в будь-якій точці ходу ножа, що необхідно для правильного підбору потужності приводу жатки.

$$\vartheta_x = \omega \sqrt{(0,5 \cdot S)^2 - (0,5 \cdot S - X)^2} \quad (4.1)$$

де ω – кутова швидкість кривошипа;

S – хід ножа, м (для апаратів нормального різання з одинарним пробігом становить 0,0762 м);

X – поточна координата будь-якої точки сегмента, м.

$$\vartheta_x = 88,1 \cdot \sqrt{(0,5 \cdot 0,0762)^2 - (0,5 \cdot 0,0762 - 0,03)^2} = 1,76 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Кутову швидкість кривошипа визначають за формулою:

$$\omega = \pi \cdot \vartheta_m / h, \quad (4.2)$$

де ϑ_m – швидкість агрегату, м/с;

h – шлях, пройлений агрегатом за один хід ножа (полача);

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h = k \cdot h_I \quad (4.3)$$

для косарок $p \leq 1,3 \cdot h_I$,

h_I – висота різальної частини сегмента, м,

$$h = 1,035 \cdot 0,057 = 0,059 \text{ м}$$

$$\omega = 3,14 \cdot \frac{1,7}{0,059} = 88,1 \frac{1}{\text{с}}$$

Для різальних апаратів нормального різання з одинарним розбігом ножа га мінімальною технологічною швидкістю різання швидкість початку різання може бути виражена таким чином:

$$v_n = \omega \sqrt{(0,5 \cdot S)^2 - (0,5 \cdot S - X_n)^2} \quad (4.4)$$

$$v_n = 88,1 \cdot \sqrt{(0,5 \cdot 0,0762)^2 - (0,5 \cdot 0,0762 - 0,022)^2} = 3,11 \text{ м/с}$$

$$X_n = S - 0,5(a + a_1) \quad (4.5)$$

a – ширина нижньої основи сегмента, м

a_1 – ширина нижньої основи укладки, м,

$$X_n = 0,0762 - 0,5 \cdot (0,076 + 0,032) = 0,022$$

або швидкість кінця різання:

$$v_k = \omega \sqrt{(0,5 \cdot S)^2 - (0,5 \cdot S - X_k)^2} \quad (4.6)$$

$$v_k = 88,1 \cdot \sqrt{(0,5 \cdot 0,0762)^2 - (0,5 \cdot 0,0762 - 0,057)^2} = 2,23 \text{ м/с}$$

$$X_k = S - 0,5(b + b_1) \quad (4.7)$$

b – ширина верхньої полиці сегмента, м;

b_1 – ширина верхньої полиці укладки, м,

$$X_k = 0,0762 - 0,5 \cdot (0,016 + 0,021) = 0,057$$

Якщо v_n чи v_k менше v_T , слід прийняти граничне значення технологічної швидкості та визначити для цього нове значення кутової швидкості:

$$\omega_1 = (2,15 \text{ або } 1,5) / \sqrt{(0,5 \cdot S)^2 - (0,5 \cdot S - X)^2} \quad (4.8)$$

де X – це X_n чи X_k .

Потім визначити нове значення подачі

$$h_n = \pi \cdot v_n / \omega_1 \quad (4.9)$$

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

яка не повинна перевищувати граничне значення.

$$h_H = 3,14 \cdot \frac{1,78}{79,6} = 0,07 \text{ м}$$

$$\omega_1 = 2,15 / \sqrt{(0,5 \cdot 0,0762)^2 - (0,5 \cdot 0,0762 - 0,022)^2} = 79,6$$

4.4. Силовий розрахунок

Проведення силового аналізу спрямоване на точне визначення векторів сил, що діють безпосередньо на привідні елементи жатки. Розрахунок охоплює рухому несучу смугу (у точці її стикування з тяговою штангою), саму штангу (шатун), ексцентриковий вал (кривошип), а також обчислення крутного моменту й сумарної механічної потужності.

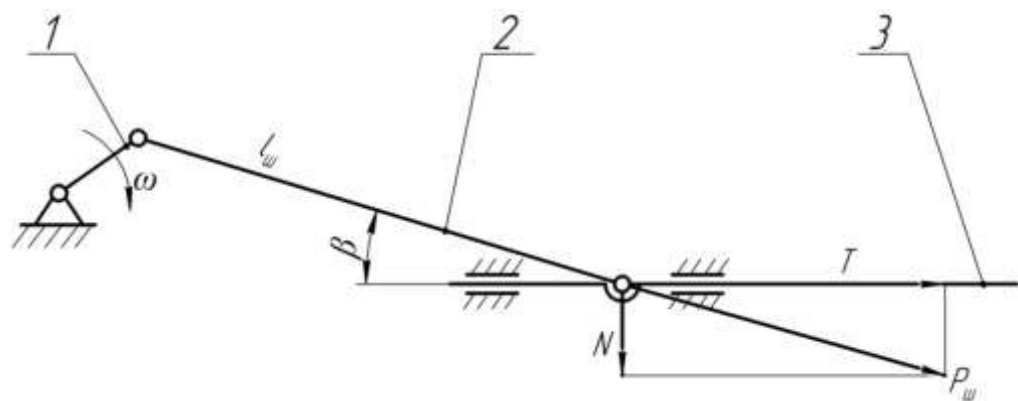


Рис. 4.8. Схема для силового розрахунку привода ножа:

1 – кривошип; 2 – шатун; 3 – ніж

На вузол з'єднання несучої смуги із шатуном одночасно діють такі сили: корисний опір від перерізання рослинних волокон $P_{зр}$; динамічні сили інерції від швидкої зміни напрямку руху ножа $P_{ін}$; сили тертя, зумовлені власною вагою деталей та притискними елементами F_1 :

$$P_H = P_{зр} + P_{ін} + F_1, \text{ Н}$$

$$F_1 = 0,3 \cdot 22 \cdot 2,1 = 13,86$$

$$P_{зр} = B \cdot h \cdot A_0 / X_p$$

$$P_{зр} = 2,1 \cdot 0,057 \cdot \frac{250}{0,035} = 855$$

де A_0 – питома робота, яка витрачається на процес зрізування рослин з 1 м² поля

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(для трави – $A_0 = 250 \text{ Н/м}$);

B – конструктивна ширина захвату косарки комбайну, м;

h – подача, м ($h = K \cdot h_1$);

X_p – рух ножа від початку до кінця зрізування, м

$$X_p = X_k - X_n$$

$$P_{iH} = m_H \cdot \omega^2 (0,5 \cdot S - X)$$

$$P_{iH} = 4,7 \cdot 88,1^2 \cdot (0,5 \cdot 0,0762 - 0,022) = 587,32$$

m_H – маса ножа, $\text{Нс}^2/\text{м}$, ($m_H = Q/g$);

$$m_H = 2,2 \cdot \frac{2,1}{9,8} = 4,7$$

Q – сила ваги ножа (1 м довжини ножа має силу ваги 22 Н);

g – прискорення сили ваги $\text{м}^2/\text{с}$;

$$F_I = f \cdot Q$$

f – коефіцієнт тертя ковзання ($f=0,3$).

Щоб виконати перевірочний розрахунок на міцність у найбільш навантаженій зоні (де встановлено головку шатуна), аналізують сумарне пікове навантаження P_H :

$$P_H = P_{iH} + F_I \quad (\text{при } X=0)$$

$$P_H = 587,32 + 13,86 = 601,18$$

чи

$$P_H = P_{зр} + P_{iH} + F_I \quad (\text{при } X = X_H)$$

$$P_{iH} = 4,7 \cdot 88,1^2 \cdot (0,5 \cdot 0,0762 \cdot 0,022) = 143,71$$

Ці сили необхідно порівняти між собою і для розрахунків вибрати ту, що має значення більше.

Пікове поздовжнє зусилля всередині шатуна обчислюють за формулою:

$$P_{ш} = P_H / (\sqrt{1 - \sin^2 \beta} - f \cdot \sin \beta)$$

$$P_{ш} \leq \frac{1012,57}{\sqrt{1 - \sin^2 1,72} - 0,3 \cdot \sin 1,7} = 1017,05 \text{ Н}$$

$$P_H = 13,86 + 855 + 143,71 = 1012,57$$

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sin\beta = (e + r \cdot \sin\alpha_H)/l_{\text{ш}}$$

де α_H — кут повороту кривошипа;

β — кут відхилення шатуна відносно осі руху ножа.

Зв'язок між цими кутами задається через геометричні параметри привода

$$\sin\beta = (0,249 + 0,0332 \cdot \sin 65,1)/0,564 = 0,47$$

де e — величина ексцентриситету, м;

r — радіус кривошипа, м;

$l_{\text{ш}}$ — повна довжина шатуна, м.

$$\alpha_H = \arccos((r - X_H)/r)$$

$$\alpha_H = \arccos\left(\frac{0,0332 - 0,022}{0,0332}\right) = 56$$

При цьому значення величини сили P_H беруть при положенні ножа, коли $X = X_H$.

Максимальне значення сили фіксують у положенні кривошипно-шатунного механізму, коли кут $\alpha_H = 90^\circ$. За цих кінематичних умов найбільший крутний момент на ексцентриковому валу дорівнює:

$$M_{\text{кр}} = P_{\text{ш}} \cdot r \cdot \sin\psi$$

$$M_{\text{кр}} = 1017,05 \cdot 0,0332 \cdot \sin 53,3 = 27,01 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де $\psi = \alpha_H - \beta$, а механічну потужність, яка витрачається на забезпечення стабільної роботи ведучого вала, знаходять:

$$N = M_{\text{кр}} \cdot n / 7162$$

$$N = 27,01 \cdot \frac{841,71}{7162} = 3,17 \text{ кВт}$$

$$n = 30\omega/\pi,$$

$$n = 30 \cdot \frac{88,1}{3,14} = 841,71 \text{ с}^{-1}$$

де k — коефіцієнт пропорційності, $k=1,05$;

V_M — швидкість агрегату, $V_M=1,78 \text{ м/с}$;

$l_{\text{ш}}$ — довжина шатуна, $l_{\text{ш}}=0,564 \text{ м}$;

					Арк.	
					45	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МВК 00.000 ПЗ	

l – величина ексцентриситету, $l=0.249\text{ м}$;

r – радіус кривошипа, $r=0,0332\text{ м}$.

4.5. Розрахунки деталей на міцність

4.5.1. Визначення міцності шпонкового з'єднання

Для фіксації елементів на валу використовується стандартна призматична шпонка 3–7–8х50 (згідно з ГОСТ 8789–68).

Розрахунок діючих напруг зминання здійснюють за формулою:

$$\sigma_{зм} = \frac{4 \cdot M_{зм}}{d \cdot l_p \cdot h}$$

де $M_{зм}$ – граничний крутний момент, що передається шпонковим з'єднанням, $M_{зм}=271,5\text{ Н}\cdot\text{м}$;

d – діаметр робочого валу, $d=0,035\text{ м}$.

l_p – робоча довжина шпонки, $l_p=0,05\text{ м}$;

h – повна висота шпонкового бруска, $h=0,008\text{ м}$

$$\sigma_{зм} = \frac{4 \cdot 271,5}{0,035 \cdot 0,05 \cdot 0,008} = 77,6\text{ МПа}$$

Отримане розрахункове значення обов'язково порівнюють із гранично допустимим для обраного матеріалу

$$\sigma_{зм} \leq [\sigma_{зм}]$$

де $[\sigma_{зм}]$ – допустиме напруження зминання, яке для сталевих конструкцій становить $[\sigma_{зм}]=120\cdot\text{МПа}$.

$$47,6\text{ МПа} < 120\cdot\text{МПа}$$

4.5.2. Визначення довговічності підшипників

На базовій машині використовуються радіальні підшипники моделі 1650207. Під час проектування модернізованої жатки виконують перевірочний розрахунок, щоб підтвердити можливість їх подальшої безпечної експлуатації.

		Еквівалентне динамічне навантаження на підшипниковий вузол			Арк.
					46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

визначають за формулою:

$$Q = R_A \cdot K_k \cdot K_T \cdot K_6$$

де R_A – радіальна реакція в підшипнику, $R_A = 1864,9$ Н;

K_T – температурний коефіцієнт середовища, $K_T = 1$;

K_k – коефіцієнт обертання кільця, $K_k = 1$;

K_6 – коефіцієнт безпеки врахування динамічних поштовхів, $K_6 = 1,5$.

$$Q = 1864,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2797,4 \text{ Н}$$

Довговічність підшипника

$$L = \frac{4 \cdot M_{зм}}{d \cdot l_p \cdot h}$$

На основі знайденого еквівалентного навантаження та базової динамічної вантажопідйомності за таблицями підраховують розрахунковий ресурс (довговічність) підшипника в мільйонах обертів або робочих годинах, щоб гарантувати його надійність протягом усього збирального сезону.

5. Охорона праці

5.1. Технологічні заборони під час заготівлі корму

Комплекс кормозаготівельних робіт належить до категорій із підвищеним рівнем небезпеки. До виконання будь-яких процесів допускаються лише ті працівники й механізатори, які успішно пройшли відповідні інструктажі з техніки безпеки та пожежної охорони.

З метою запобігання травматизму та аварійним ситуаціям під час роботи суворо заборонено:

- Робота без захисту: починати рух або вмикати вал відбору потужності, якщо елементи запобіжного огороження механізмів зняті або закріплені неналежним чином.
- Обслуговування на ходу: проводити будь-який візуальний огляд, технічне регулювання, усунення забивань чи ремонт робочих органів під час руху агрегату або при увімкненому двигуні (електроустановці).
- Очищення та змащування рухомих частин: намагатися вручну або за допомогою підручних засобів очищати від рослинної маси різальні апарати, транспортерні стрічки, живильні вальці чи барабани під час їхнього обертання, а також змащувати ланцюги й підшипники під навантаженням.
- Сторонні особи: знаходитися на рамі комбайна, у кузові чи в безпосередній близькості до зони роботи ножів особам, які не задіяні безпосередньо у технологічному процесі.
- Небезпечна напруга: використовувати для переносних ліхтарів чи персонального локального освітлення джерела живлення з електричною напругою понад 12 В.
- Порушення пожежних норм: експлуатувати трактори та самохідні машини, які не обладнані справними іскрогасниками та первинними засобами пожежогасіння.
- Забруднення паливно-мастильними матеріалами: допускати проливання або витікання дизельного палива, бензину та оливи на землю чи конструкційні елементи машин під час заправки чи технічного сервісу.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Головне правило безпеки: під час експлуатації, сервісного обслуговування або поточного ремонту будь-яких агрегатів, задіяних на збиранні та трамбуванні силосу, необхідно неухильно дотримуватися офіційних інструкцій від заводів-виготовлювачів техніки.

5.2. Технічні вимоги до обладнання

- **Захисні кожухи:** усі рухомі вузли, відкриті передачі, карданні вали та деталі комбайнів, що обертаються, мають бути повністю закриті захисними щитами.
- **Попереджувальні знаки:** на корпусах машин поблизу найбільш небезпечних робочих органів (різальний апарат, подрібнювальний барабан) обов'язково наносяться яскраві застережні написи та символи.
- **Протипожежне та медичне оснащення:** трактори, силосозбиральні комбайни, а також місця постійного зберігання (силосні траншеї, склади) комплектуються сертифікованими вогнегасниками, медичними аптечками першої допомоги та блискавковідводами.

Для управління силосним обладнанням з електроприводом облаштовують загальний пульт керування. Його монтують у спеціальному захисному металевому ящику на негорючій основі (стіні або окремій опорі) на відстані не ближче ніж 5 метрів від основної споруди. Після налаштування ящик підлягає обов'язковому пломбуванню.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

6. Висновки

У межах проведеної роботи деталізовано специфіку передових технологій обробітку й вирощування силосної кукурудзи. Окрему увагу приділено жорстким агротехнічним вимогам до проведення косовиці, принципам раціонального підбору й комплектування машинно-тракторних комплексів, а також алгоритмам їх точного налаштування безпосередньо в полі. Результати розрахунків успішно втілено у розроблених технологічній та операційній картах збирання.

Аналіз практичної експлуатації традиційних жаток виявив низку суттєвих конструктивних недоліків, які негативно впливають на загальну економічну ефективність заготівлі кормів. Стандартний механізм має низьку експлуатаційну продуктивність, високу трудомісткість технічного обслуговування та супроводжується підвищеною небезпекою для життя і здоров'я операторів під час відновлювальних робіт.

Ці проблеми безпосередньо зумовлені застарілим способом фіксації деталей: трикутні сегменти намертво прикріплені до тримальної смуги за допомогою суцільних заклепок. Таке нерозбірне з'єднання робить неможливою швидку заміну елементів у разі їх деформації чи поломки.

Головною метою технічного вдосконалення став кардинальний перегляд архітектури та конструктивно-технологічної схеми зрізального пристрою. Завдяки розробці нової сукупності деталей, оптимізації їх просторового розташування та переосмисленню механічних зв'язків між ними, класичний вузол було успішно трансформовано.

Модернізація базується на переході до швидкознімного принципу монтажу сегментів на спинку ножа за допомогою спеціальних повідкових штифтів. Ця модернізація забезпечує комплексний позитивний ефект: зростання продуктивності, зниження трудомісткості безпека обслуговування.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. [Агрономічний портал](#)
2. Автоматизоване проектування в машинобудуванні. Навчальний посібник / М.О. Свірень, І.М. Осипов, М.М. Петренко та ін. Кропивницький: КОД. 2017. 324 с.
3. Басанець О. Кукурудза на силос: технології вирощування та збирання, визначення сухої речовини. 2020 <https://superagronom.com/articles/455-kukurudza-na-silos-tehnologiyi-viroshchuvannya-ta-zbirannya-viznachennya-suhoyi-rechovini>
4. Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник / За ред. В.В. Марченка. Київ.: Кондор. 2007. 334 с.
5. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / Укладачі: В.М. Сало, С.М. Лещенко, Д.І. Петренко, О.М. Васильковський, П.Г. Лузан. Кропивницький : ЦНТУ, 2018. 170 с.
6. Пат. 70626 Україна, МПК' А01D34/83. Ріжучий апарат жатки / Малюта С.І.; заявник і патентовласник. Таврійський держ. аграрнотехнол. ун-т. № u2001112166; заявл. 18.10.2011; опубл. 25.06.2012.
7. Проектування технологічних процесів у рослинництві: навчальний посібник / С.М. Бондар, І.І. Мельник, В.Д. Гречкосій ; за ред. І. І. Мельника. Ніжин: АСПЕКТ Поліграф, 2005. 192 с.
8. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. Машини для рільництва / П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Сало. За редакцією Черновола М.І. Київ.: Урожай, 2002. 364 с.
9. Сільськогосподарські машини (практичні заняття): навч. посібник / П.В. Сисолін, В.М. Сало, М.О. Свірень. Кіровоград: Рай. друкарня, 2002. 131 с.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

10. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.
11. Сисоліна І., Зюзь В., Усатенко О. Механізація вирощування кормових культур: проблеми і перспективи. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції»*. Кропивницький: ЦНТУ. 2026. С.29-30.
12. Машинновикористання в землеробстві / В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка і Ю. П. Нагірного. Київ.: Урожай, 1996. 384 с.
13. Kurkul.com.
14. superagronom.com

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		