

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

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:

**Проект використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно з
удосконаленням роботи збирально-транспортної ланки**

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-3-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Щербина Роман Миколайович

Керівники: _____ Деркач Олексій Дмитрович
_____ Вітер Віталій Андрійович

Рецензент: _____ Лисенко Олександр Анатолійович

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ЕМТП

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

прізвище, ініціали

«05» травня 2026 р

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

Щербині Роману Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Проект використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно з удосконаленням роботи збирально-транспортної ланки

керівники проєкту Деркач Олексій Дмитрович, к.т.н., доцент

Вітер Віталій Андрійович, асистент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «5» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом проєкту 12.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання в галузі рослинництва та існуючих засобів збирання. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Сучасний стан вирощування кукурудзи в Україні та вплив технології збирання на формування її врожайності. 2. Розробка плану механізованих робіт виробництва кукурудзи на зерно. 3. Удосконалення конструкції молотильного апарата комбайна. 4. Розробка операційно-технологічної карти збирання 5. Охорона праці та захист навколишнього середовища 6. Техніко-економічні показники удосконаленого комбайна. Висновки та пропозиції. Література.

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

1. Аналіз вирощування кукурудзи (A1) 2. План механізованих робіт вирощування кукурудзи (A1) 3. Комбайн (кресленик загального вигляду) (A1). 4. Фланець. Складальне креслення (A2). 5. Біч у зборі. Складальне креслення (A2) 6. Підбічник (3хA4) 7. Вал (3хA4). 8. Пруток (A4) 9. Ступиця (A4) 10. Операційно-технологічна карта сівби (A1) 11. Техніко-економічні показники (A1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Деркач О.Д., зав. кафедри Вітер В.А., асистент	05.05.2026	12.06.2026
нормоконтроль	Деркач О.Д., зав. кафедри	12.06.2026	

7. Дата видачі завдання: 05.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 12.05.2026 р.	
2	Розробка плану вирощування гірчиці	до 19.05.2026 р.	
3	Конструкційний	до 26.05.2026 р.	
4	Операційно-технологічний	до 02.06.2026 р.	
5	Охорона праці	до 09.06.2026 р.	
6	Економічний аналіз	до 12.06.2026 р.	
7	Графічна частина	до 12.06.2026 р.	

Студент

(підпис)

Щербина Р. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Деркач О.Д.

(прізвище та ініціали)

Вітер В.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Щербина Р. М. Проект використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно з удосконаленням роботи збирально-транспортної ланки / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Метою дипломного проекту є розроблення проекту використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно з обґрунтуванням раціональної роботи збирально-транспортної ланки та удосконаленням конструкції зернозбирального комбайна для умов невеликих сільськогосподарських підприємств.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності вирощування та збирання кукурудзи на зерно. Проведено аналіз сучасного стану виробництва кукурудзи в Україні, досліджено вплив технології збирання на формування врожайності та виконано обґрунтування комплексу механізованих робіт.

Розроблено план механізованих робіт для вирощування кукурудзи на зерно, удосконалено конструкцію молотильного апарата комбайна шляхом застосування барабана з криволінійною поверхнею та гладкими прутками. Виконано розрахунок основних параметрів модернізованого вузла, розроблено операційно-технологічну карту збирання кукурудзи, проведено оцінку умов охорони праці та визначено техніко-економічну ефективність запропонованого рішення.

Результати розрахунків показали, що модернізація молотильного апарата забезпечує підвищення продуктивності комбайна на 17,9 %, зменшення витрат палива на 11,3 % та скорочення експлуатаційних витрат на 328 грн/га. Строк окупності модернізації становить 0,35 року.

Ключові слова: кукурудза, зерно, збирання врожаю, комбайн, молотильний апарат, модернізація, продуктивність, механізовані роботи, техніко-економічна ефективність, збирально-транспортна ланка.

Зміст

ВСТУП.....	7
1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ В УКРАЇНІ ТА ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ЇЇ ВРОЖАЙНОСТІ.....	9
1.1 Народногосподарське значення кукурудзи.....	9
1.2 Аналіз посівних площ та рівня врожайності кукурудзи	12
1.3 Особливості впливу технологій збирання на врожайності кукурудзи	17
1.4 Особливості агротехнічних умов проведення збирання кукурудзи на зерно.....	21
1.5 Сучасні конструкції комбайнів для збирання зерна кукурудзи	25
1.4 Висновки з розділу	29
2. РОЗРОБКА ПЛАНУ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО	30
2.1 Обґрунтування комплексу основних технологічних операцій при вирощуванні кукурудзи на зерно	30
2.2 Обґрунтування та розрахунок елементів технології вирощування кукурудзи на зерно	33
2.3 Висновки з розділу	37
3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МОЛОТИЛЬНОГО АПАРАТА КОМБАЙНА..	39
3.1 Конструктивно-технологічна молотильного апарата комбайна	39
3.2 Визначення навантаження на прутки молотильного барабана	42
3.3 Розрахунок прутка молотильного барабана	43
3.4 Розрахунок шпонкового з'єднання	47
3.5 Висновки з розділу	49
4. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ЗБИРАННЯ	50
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	55
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ УДОСКОНАЛЕНОГО КОМБАЙНА	58
ВИСНОВКИ	61
БІБЛІОГРАФІЯ	63
ДОДАТКИ	66

ВСТУП

Кукурудза на зерно є однією з найважливіших сільськогосподарських культур України та світу. Висока продуктивність, універсальність використання та значний попит на внутрішньому й зовнішньому ринках зумовлюють постійне збільшення площ її вирощування. Зерно кукурудзи широко використовується в харчовій промисловості, тваринництві, біоенергетиці та інших галузях економіки, що робить підвищення ефективності його виробництва важливим завданням аграрного сектору.

Одним із найбільш відповідальних та енергоємних етапів технології вирощування кукурудзи є збирання врожаю. Саме під час збирання можуть виникати значні втрати зерна, зниження його якості та збільшення експлуатаційних витрат. Особливо актуальною ця проблема є для невеликих фермерських господарств, де використання високопродуктивних сучасних комбайнів часто є економічно недоцільним через високу вартість придбання та експлуатації. У таких умовах широко застосовуються комбайни попередніх поколінь, технічний стан і конструктивні особливості яких не завжди забезпечують належну ефективність роботи під час збирання кукурудзи.

Важливе значення для зниження втрат урожаю та підвищення продуктивності має раціональна організація роботи збирально-транспортної ланки. Недостатня узгодженість роботи комбайнів і транспортних засобів призводить до простоїв техніки, збільшення витрат пального та зростання собівартості виробництва зерна. Тому удосконалення технологічного процесу збирання та оптимізація взаємодії збиральних і транспортних засобів є важливим резервом підвищення ефективності виробництва кукурудзи.

Одним із перспективних напрямів вирішення зазначених проблем є модернізація існуючих зернозбиральних комбайнів, які експлуатуються в невеликих господарствах. Удосконалення конструкції окремих вузлів дозволяє підвищити продуктивність машини, зменшити втрати зерна, покращити надійність роботи та скоротити експлуатаційні витрати без значних

капіталовкладень. Особливо актуальним є вдосконалення технологічного обладнання комбайна під час збирання кукурудзи на зерно, що дає можливість підвищити ефективність використання наявного машинно-тракторного парку.

Метою дипломного проєкту є розроблення проєкту використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно з обґрунтуванням раціональної роботи збирально-транспортної ланки та удосконаленням конструкції зернозбирального комбайна для умов невеликих сільськогосподарських підприємств.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань:

- провести аналіз сучасного стану виробництва кукурудзи на зерно та особливостей її збирання;
- дослідити існуючі технології та технічні засоби для виконання збиральних робіт;
- обґрунтувати склад і параметри збирально-транспортної ланки;
- виконати розрахунок технологічних та експлуатаційних показників роботи машинно-тракторного агрегату;
- розробити конструктивне удосконалення зернозбирального комбайна для підвищення ефективності його роботи на невеликих площах;
- провести оцінку економічної ефективності запропонованих технічних рішень;
- розглянути питання охорони праці та безпеки під час виконання збиральних робіт.

Об'єктом дослідження є технологічний процес збирання кукурудзи на зерно в умовах сільськогосподарського підприємства.

Предметом дослідження є технічні та організаційні рішення щодо підвищення ефективності роботи збирально-транспортної ланки та вдосконалення конструкції зернозбирального комбайна.

1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ В УКРАЇНІ ТА ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ЇЇ ВРОЖАЙНОСТІ

1.1 Народногосподарське значення кукурудзи

Кукурудза є однією з найцінніших і найпоширеніших сільськогосподарських культур у світі. За посівними площами та валовим виробництвом зерна вона посідає провідне місце серед зернових культур. Висока врожайність, універсальність використання та значний адаптаційний потенціал забезпечують її важливу роль у розвитку аграрного виробництва, харчової промисловості, тваринництва та енергетичного сектору.

В Україні кукурудза є стратегічною культурою, яка має важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки держави та формування експортного потенціалу аграрного сектору. Завдяки сприятливим ґрунтово-кліматичним умовам більшість регіонів країни придатні для її вирощування. Особливо високі врожаї отримують у Лісостепу та Степу України, де кукурудза є однією з основних зернових культур.

Зерно кукурудзи характеризується високою поживною цінністю та широким спектром використання. Воно містить у середньому 65–70% вуглеводів, 8–12% білка, 4–8% жиру, а також значну кількість вітамінів, макро- та мікроелементів. Завдяки цьому кукурудза використовується як цінна сировина для виробництва харчових продуктів, комбикормів та різноманітної промислової продукції.

У харчовій промисловості зерно кукурудзи застосовують для виробництва крупи, борошна, пластівців, крохмалю, патоки, кукурудзяної олії та інших продуктів. Кукурудзяне борошно широко використовується у виробництві хлібобулочних і кондитерських виробів. З кукурудзяного крохмалю виробляють глюкозу, декстрин, сиропи та інші продукти, що використовуються в харчовій, фармацевтичній і текстильній промисловості.

Особливого значення кукурудза набуває як кормова культура. Зерно є одним із найцінніших концентрованих кормів для всіх видів сільськогосподарських тварин і птиці. Воно характеризується високою енергетичною цінністю та доброю засвоюваністю. У структурі комбікормів частка кукурудзи часто становить від 30 до 70 %, залежно від виду тварин та прямої продуктивності.

Крім зерна, у кормовиробництві широко використовуються інші частини рослини. Зелена маса кукурудзи є цінною сировиною для заготівлі силосу. Кукурудзяний силос відзначається високою поживністю, доброю перетравністю та забезпечує тварин енергією протягом зимового періоду. Саме тому кукурудза займає провідне місце серед силосних культур і є основою кормової бази багатьох тваринницьких господарств.

Важливим напрямом використання кукурудзи є виробництво рослинної олії. Кукурудзяна олія належить до високоякісних харчових жирів, характеризується значним вмістом ненасичених жирних кислот і широко використовується в харчуванні населення. Побічні продукти переробки зерна також мають цінність і використовуються як кормові добавки та сировина для різних галузей промисловості.

Значна роль кукурудзи спостерігається у розвитку біоенергетики. У багатьох країнах світу зерно кукурудзи використовується для виробництва біоетанолу, який є альтернативним видом пального. Зростання попиту на відновлювані джерела енергії сприяє подальшому збільшенню виробництва цієї культури. Крім того, рослинні рештки після збирання можуть використовуватися як біомаса для отримання теплової та електричної енергії.

Кукурудза є також важливою експортною культурою. Україна входить до числа найбільших світових виробників та експортерів кукурудзи. Реалізація зерна на зовнішніх ринках забезпечує значні валютні надходження до державного бюджету та сприяє зміцненню позицій країни на міжнародному аграрному ринку. Основними імпортерами української кукурудзи є країни Європейського Союзу, Близького Сходу, Північної Африки та Азії.

Висока економічна ефективність вирощування кукурудзи обумовлена її значною врожайністю та стабільним попитом на ринку. За сприятливих умов урожайність сучасних гібридів може перевищувати 10–12 т/га, а в окремих господарствах досягати ще вищих показників. Це забезпечує високу окупність витрат та привабливість культури для сільськогосподарських підприємств різних форм власності.

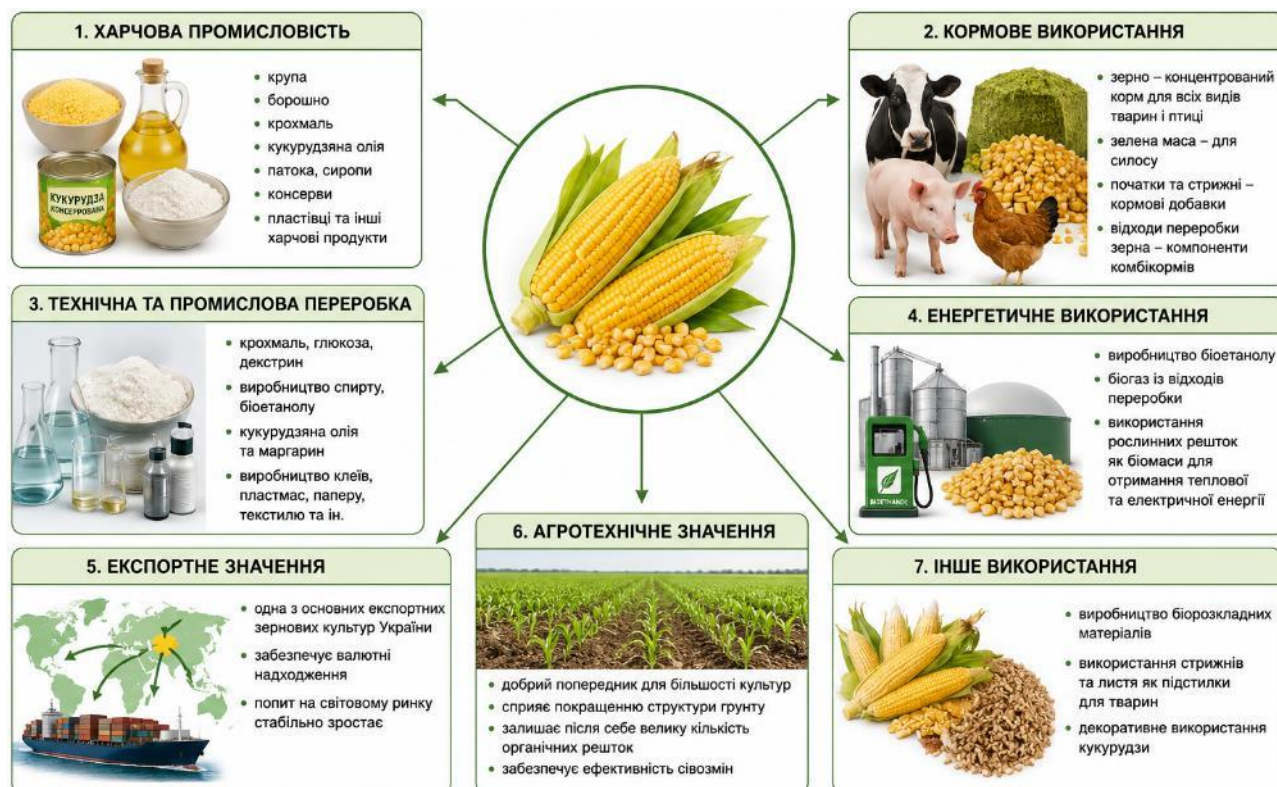


Рисунок 1.1 – Напрями застосування кукурудзи

Кукурудза має важливе агротехнічне значення. Завдяки особливостям росту та розвитку вона є добрим попередником для багатьох польових культур. Широкорядний спосіб сівби створює сприятливі умови для механізованого догляду за посівами та ефективного контролю бур'янів. Після збирання кукурудзи в ґрунті залишається значна кількість органічних решток, що сприяє покращенню його структури та підвищенню родючості.

Сучасний розвиток аграрного виробництва висуває високі вимоги до ефективності вирощування та збирання кукурудзи. Незважаючи на значний

потенціал культури, реалізація її продуктивності значною мірою залежить від дотримання технології вирощування, забезпечення рослин необхідними ресурсами та своєчасного проведення збиральних робіт. Особливе значення має зменшення втрат зерна під час збирання, оскільки навіть незначні втрати можуть призводити до суттєвих економічних збитків.

Для господарств з невеликими площами посівів актуальним є питання підвищення ефективності використання наявної техніки та вдосконалення роботи збирально-транспортної ланки. Використання модернізованих зернозбиральних комбайнів дозволяє скоротити втрати врожаю, підвищити продуктивність праці та знизити витрати на збирання зерна. Саме тому удосконалення конструкцій збиральних машин і технології їх використання є важливим напрямом розвитку механізації виробництва кукурудзи.

Таким чином, кукурудза є однією з найважливіших зернових культур, що має велике продовольче, кормове, технічне, енергетичне та експортне значення. Її вирощування забезпечує стабільний розвиток сільськогосподарського виробництва, сприяє зміцненню економіки держави та підвищенню ефективності функціонування агропромислового комплексу. Тому вдосконалення технологій вирощування та збирання кукурудзи, а також підвищення ефективності роботи збиральної техніки є важливими завданнями сучасного сільського господарства.

1.2 Аналіз посівних площ та рівня врожайності кукурудзи

Кукурудза на зерно є однією з провідних сільськогосподарських культур України. Вона займає важливе місце у структурі посівних площ зернових культур та забезпечує значну частку валового виробництва зерна. Висока врожайність, універсальність використання та значний експортний потенціал сприяють постійному зростанню зацікавленості виробників у вирощуванні цієї культури.

Протягом останніх років виробництво кукурудзи в Україні зазнавало значного впливу економічних, кліматичних та воєнних факторів. Незважаючи на складні умови господарювання, культура продовжує залишатися однією з найбільш рентабельних у рослинництві. Для оцінки сучасного стану галузі важливим є аналіз динаміки посівних площ, валових зборів та рівня врожайності кукурудзи.

За даними статистичних джерел, у 2022 році площа збирання кукурудзи на зерно в Україні становила близько 4,12 млн га, а валовий збір досяг 26,19 млн т. Середня врожайність становила 6,35 т/га. У порівнянні з попереднім роком спостерігалось суттєве скорочення посівних площ, що було пов'язано з воєнними діями, окупацією частини територій та порушенням логістичних ланцюгів.

У 2023 році аграрний сектор поступово адаптувався до нових умов господарювання. Площа збирання кукурудзи становила 3,98 млн га, що дещо менше порівняно з 2022 роком. Водночас валовий збір зріс до 31,03 млн т завдяки суттєвому підвищенню врожайності, яка досягла 7,81 т/га. Це був один із найкращих показників за останні роки. Підвищення врожайності пояснюється сприятливими погодними умовами, використанням високопродуктивних гібридів та вдосконаленням технологій вирощування.

У 2024 році спостерігалось подальше скорочення площ під кукурудзою. За попередніми статистичними даними, площа збирання становила близько 3,76–4,00 млн га, а валовий збір знизився до 24–27 млн т. Середня врожайність перебувала на рівні 6,4–6,6 т/га. Основними причинами зниження врожайності стали несприятливі погодні умови в окремих регіонах, дефіцит вологи в період формування врожаю та складна економічна ситуація в аграрному секторі.

Аналіз структури посівних площ показує, що у 2024 році кукурудза залишалася однією з основних зернових культур України. Незважаючи на певне скорочення площ, вона займала значну частку у структурі зернового клину. За даними статистики, у низці областей України площі посіву кукурудзи залишалися стабільно високими завдяки сприятливим ґрунтово-кліматичним умовам та високій економічній ефективності культури.

У 2025 році спостерігається тенденція до збільшення посівних площ під кукурудзою. За даними Державної служби статистики України, площа посіву кукурудзи під урожай 2025 року зросла на 35,1 % порівняно з попереднім роком. Це свідчить про відновлення зацікавленості аграрних підприємств у вирощуванні культури та покращення економічних очікувань виробників.

На початку збиральної кампанії 2025 року врожайність кукурудзи становила близько 46,8 ц/га. Однак цей показник є попереднім, оскільки збирання врожаю ще тривало. Остаточні результати можуть бути вищими після завершення жнив у регіонах із більш сприятливими умовами вирощування.

Для більш наочного аналізу доцільно розглянути динаміку основних показників виробництва кукурудзи за 2022–2025 роки (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Динаміка площ збирання, валового збору та врожайності кукурудзи в Україні

Рік	Площа збирання, млн га	Валовий збір, млн т	Урожайність, т/га
2022	4,12	26,19	6,35
2023	3,98	31,03	7,81
2024	3,76–4,00	24,16–26,86	6,43–6,60
2025	4,20	29,0	6,90

Наведені показники свідчать про значну залежність виробництва кукурудзи від погодних умов та економічної ситуації. Незважаючи на скорочення площ після 2021 року, культура продовжує демонструвати високий виробничий потенціал.

Важливим показником ефективності виробництва є врожайність. Саме вона найбільшою мірою впливає на економічні результати господарств. Аналіз статистичних даних свідчить, що середня врожайність кукурудзи в Україні за останні роки коливалася в межах від 6,3 до 7,8 т/га. При цьому в окремих областях показники суттєво перевищували середній рівень по країні. Найвищі результати традиційно демонструють господарства західних та центральних регіонів України. У деяких областях урожайність перевищувала 9–10 т/га.

Високий рівень урожайності забезпечується комплексом факторів, серед яких особливе значення мають використання сучасних високопродуктивних гібридів, оптимізація системи удобрення, дотримання строків сівби та застосування ефективних засобів захисту рослин. Водночас значний вплив на кінцеві результати має якість виконання збиральних робіт.

Під час збирання кукурудзи можуть виникати значні втрати зерна через несвоєчасне проведення робіт, недосконалість технологічних процесів та недостатню ефективність збиральної техніки. За несприятливих умов втрати можуть досягати кількох відсотків урожаю, що призводить до суттєвих економічних збитків для господарств.

Особливо актуальною ця проблема є для невеликих сільськогосподарських підприємств, які використовують зернозбиральні комбайни попередніх поколінь. Такі машини часто мають недостатню продуктивність, підвищений рівень втрат зерна та значні експлуатаційні витрати. У зв'язку з цим важливого значення набуває удосконалення конструкції збиральної техніки та оптимізація роботи збирально-транспортної ланки.

Рациональна організація збирального процесу дозволяє скоротити простої комбайнів, забезпечити своєчасне транспортування зерна від поля до місця зберігання та зменшити втрати врожаю. Ефективна взаємодія комбайна і транспортних засобів особливо важлива в період масового збирання, коли кожен день затримки може призвести до погіршення якості зерна та зниження врожайності.

Отже, аналіз посівних площ та рівня врожайності кукурудзи свідчить про важливе значення цієї культури для аграрного сектору України. Незважаючи на вплив воєнних та економічних чинників, кукурудза залишається однією з основних зернових культур країни. Подальше підвищення ефективності її виробництва пов'язане не лише з удосконаленням технології вирощування, а й із підвищенням ефективності роботи збиральної техніки та зменшенням втрат зерна під час збирання врожаю. Це підтверджує актуальність удосконалення

роботи збирально-транспортної ланки та модернізації зернозбиральних комбайнів для умов господарств з невеликими площами посіву.



ПОСІВНА ПЛОЩА
(2025 до 2024)

+35,1% 

Площа посіву кукурудзи під урожай 2025 року зросла на 35,1%



ВАЛОВИЙ ЗБІР
(2025 прогноз)

≈29,0 млн т

Прогноз виробництва кукурудзи у 2025 році



ВРОЖАЙНІСТЬ
(2025 на початок жнив)

46,8 ц/га

Урожайність на початку збиральної кампанії 2025 року



ЕКСПОРТНИЙ ПОТЕНЦІА

Кукурудза – ключовий товар аграрного експорту України

ДИНАМІКА ПОСІВНИХ ПЛОЩ, ВАЛОВОГО ЗБОРУ ТА ВРОЖАЙНОСТІ КУКУРУДЗИ

■ Площа збирання, млн га ■ Валовий збір, млн т — Урожайність, т/га

Рік	Площа збирання, млн га	Валовий збір, млн т	Урожайність, т/га
2022	4,12	26,19	6,35
2023	3,98	31,03	7,81
2024*	3,76–4,00	24,16–26,86	6,43–6,60
2025* (прогноз)	4,20	29,0	6,90

*Дані за 2024 рік – попередні/діапазон оцінок. Дані за 2025 рік – прогнозні та оперативні.

КЛЮЧОВІ ТЕНДЕНЦІЇ

-  У 2023 році врожайність досягла найвищого рівня за останні роки – 7,81 т/га.
-  У 2024 році зниження врожайності пов'язане з несприятливими погодними умовами та дефіцитом вологи.
-  У 2025 році очікується відновлення площ та зростання виробництва кукурудзи.
-  Кукурудза залишається однією з найбільш рентабельних культур в Україні.

УРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗА РЕГІОНАМИ (2024, т/га)



Регіон	Урожайність, т/га
Чернівецька	9,6
Тернопільська	8,8
Хмельницька	8,6
Вінницька	8,2
Івано-Франківська	8,0
Полтавська	7,0
Київська	6,9
Черкаська	6,7
Дніпропетровська	6,5
Харківська	6,1
Миколаївська	5,7
Одеська	5,6
Запорізька	5,4
Херсонська	4,8

т/га: 4 5 6 7 8 9 10

СТРУКТУРА ПОСІВНИХ ПЛОЩ ПІД ЗЕРНОВИМИ КУЛЬТУРАМИ В УКРАЇНІ (2024)



Культура	Площа, млн га	Відсоток
Кукурудза	≈8,9	53%
Пшениця	≈4,0	24%
Інші культури	≈2,9	17%
Ячмінь	≈1,0	6%

16,8 млн га (загальна площа під зерновими культурами)

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВРОЖАЙНІСТЬ



згодні умови



Використання якісного насіння та гібридів



Система удобрення



Захист рослин



Своєчасне збирання та якісна техніка

ВИСНОВОК

Попри виклики останніх років, виробництво кукурудзи в Україні демонструє стійкість та поступове відновлення. Збільшення посівних площ у 2025 році та сприятливі перспективи ринку створюють передумови для подальшого розвитку галузі.

Рисунок 1.2 – Стан виробництва кукурудзи в аграрному секторі України

1.3 Особливості впливу технологій збирання на врожайності кукурудзи

Одним із найважливіших етапів технології вирощування кукурудзи на зерно є збирання врожаю. Саме на цьому етапі формується фактична врожайність культури, яка надходить на зберігання та реалізацію. Навіть за високого біологічного потенціалу врожайності втрати під час збирання можуть досягати значних величин, що негативно впливає на економічні показники виробництва. За даними наукових досліджень та виробничого досвіду, втрати зерна під час збирання кукурудзи можуть становити від 2 до 15 %, а в окремих випадках перевищувати 20 % вирощеного врожаю.

Особливість кукурудзи полягає в тому, що її зерно тривалий час утримується на качанах після досягнення фізіологічної стиглості. Це дозволяє проводити збирання в досить широкому часовому інтервалі. Проте надмірне затягування строків збирання призводить до збільшення втрат зерна внаслідок обламування качанів, вилягання рослин, пошкодження їх шкідниками та несприятливими погодними умовами.

Оптимальним періодом початку збирання кукурудзи на зерно вважається досягнення вологості зерна 28–32 %. За такої вологості забезпечуються мінімальні втрати врожаю та висока продуктивність збиральної техніки. Якщо вологість зерна перевищує 35 %, зростають витрати на сушіння та підвищується ризик механічного пошкодження зернівок. При зниженні вологості до 18–20 % втрати через самоосипання та обламування качанів можуть збільшуватися на 1,5–3,0 %.

Практика показує, що кожні 10 діб запізнення із початком збирання можуть призвести до втрати від 0,3 до 0,8 т/га зерна. За врожайності 8 т/га це становить від 4 до 10 % валового збору. У роки з несприятливими погодними умовами втрати можуть досягати 1,0–1,2 т/га.

Важливим фактором є правильний вибір способу збирання. Найбільш поширеним в Україні є пряме комбайнування із застосуванням кукурудзяних

жаток. Така технологія дозволяє одночасно відокремлювати качани, обмолочувати їх та очищати зерно. За правильно налаштованого комбайна загальні втрати зерна не повинні перевищувати 2,0–2,5 %, що відповідає вимогам сучасних агротехнічних нормативів.

Суттєвий вплив на величину втрат має технічний стан збиральної техніки. Несправність качановідривних апаратів, зношення ланцюгів та вальців жатки призводять до втрат у вигляді необірваних качанів. При цьому втрати можуть досягати 0,2–0,4 т/га. У разі значного зношення робочих органів цей показник збільшується до 0,8 т/га.

Одним із основних показників ефективності роботи кукурудзяної жатки є повнота збору качанів. Для сучасних машин вона повинна становити не менше 98 %. Допустима кількість незібраних качанів не повинна перевищувати 1–2 шт. на 10 м² площі поля.

Важливу роль у формуванні кінцевої врожайності відіграє швидкість руху комбайна. При роботі зі швидкістю 4–6 км/год забезпечується найбільш якісне виконання технологічного процесу. Зі збільшенням швидкості до 8–10 км/год втрати зерна можуть зростати на 1,0–1,5 %, а за швидкості понад 10 км/год – до 3–4 %. Тому для більшості зернозбиральних комбайнів рекомендована робоча швидкість під час збирання кукурудзи становить 5–7 км/год.

Значний вплив на ефективність збирання має продуктивність комбайна. Для господарств з невеликими площами посіву часто використовуються комбайни продуктивністю 8–12 т/год. При врожайності 7–8 т/га та ширині захвату жатки 4–5 м вони забезпечують добову продуктивність 25–40 га. Недостатня продуктивність техніки призводить до затягування строків збирання та збільшення біологічних втрат урожаю.

Важливим елементом технології є робота молотильно-сепарувальної системи комбайна. Неправильне регулювання частоти обертання молотильного барабана та зазорів між робочими органами викликає підвищене дроблення зерна. Допустимий рівень дроблення під час збирання кукурудзи не повинен

перевищувати 2–3 %. За перевищення цього показника погіршується якість продукції та знижуються її товарні характеристики.

Частота обертання молотильного барабана зазвичай встановлюється в межах 300–450 хв⁻¹. При збільшенні частоти понад 500 хв⁻¹ кількість пошкодженого зерна може зрости до 5–7 %. Одночасно збільшуються втрати дрібного зерна через систему очищення.

На величину втрат впливає також якість роботи системи очищення зерна. При неправильному налаштуванні решіт і вентилятора частина зерна виноситься разом із полово-стебловими рештками. Нормативні втрати за молотаркою не повинні перевищувати 1,5 %, а загальні втрати за комбайном – 2,5 % урожаю.

Сучасні технології передбачають використання систем автоматичного контролю втрат зерна та навігаційного обладнання. Застосування GPS-навігації дозволяє зменшити перекриття проходів комбайна на 5–8 %, що забезпечує додаткове зниження експлуатаційних витрат на 7–10 %. Використання автоматизованих систем контролю втрат дозволяє зменшити непродуктивні втрати зерна на 0,3–0,5 т/га.

Особливе значення має організація роботи збирально-транспортної ланки. За недостатньої кількості транспортних засобів виникають простой комбайнів, які можуть досягати 15–25 % робочого часу зміни. Внаслідок цього збільшуються строки збирання та втрати врожаю. Практика показує, що скорочення простоїв комбайнів на 10 % дозволяє додатково зберегти 0,2–0,3 т/га зерна.

Для забезпечення безперервної роботи одного зернозбирального комбайна продуктивністю 10–12 т/год необхідно використовувати не менше двох транспортних засобів вантажопідйомністю 8–10 т. Це дозволяє мінімізувати втрати часу на вивантаження зерна та транспортування його від поля до місця зберігання.

У сучасних умовах особливо актуальним є використання модернізованих зернозбиральних комбайнів у господарствах із невеликими площами посівів. Удосконалення конструкції кукурудзяної жатки, системи подачі маси та

молотильно-сепарувального пристрою дозволяє зменшити втрати зерна на 1,0–1,5 %, підвищити продуктивність машини на 10–15 % та знизити питомі витрати пального на 8–12 %.



Рисунок 1.3 – Особливості впливу збирання на врожайності кукурудзи

За врожайності кукурудзи 8 т/га зменшення втрат лише на 1 % дозволяє додатково отримати 80 кг зерна з кожного гектара. Для господарства з площею посіву 300 га це становить 24 т додаткової продукції. За середньої ціни зерна 9000 грн/т додатковий дохід може перевищувати 216 тис. грн за сезон.

Таким чином, технологія збирання є одним із вирішальних факторів формування фактичної врожайності кукурудзи. Своєчасне проведення збиральних робіт, правильне налаштування комбайнів, використання ефективної збирально-транспортної ланки та удосконалення конструкції збиральної техніки дозволяють суттєво знизити втрати врожаю, підвищити продуктивність праці та забезпечити високу економічну ефективність виробництва кукурудзи на зерно.

1.4 Особливості агротехнічних умов проведення збирання кукурудзи на зерно

Збирання кукурудзи на зерно є завершальним і одним із найвідповідальніших етапів технології її вирощування. Від правильного вибору строків збирання, стану посівів, погодних умов, вологості зерна та агротехнічних параметрів роботи збиральної техніки значною мірою залежить величина фактично отриманого врожаю, його якість і економічна ефективність виробництва.

Особливістю кукурудзи є те, що після досягнення фізіологічної стиглості зерно продовжує поступово втрачати вологу безпосередньо на рослині. Це дає можливість проводити збирання в досить широкому часовому діапазоні. Проте надмірне затягування строків збирання призводить до збільшення втрат урожаю внаслідок вилягання рослин, обламування качанів, пошкодження шкідниками та несприятливими погодними умовами.

Оптимальним терміном початку збирання кукурудзи на зерно вважається досягнення вологості зерна 28–32 %. За таких умов забезпечується мінімальний рівень втрат та висока продуктивність збиральної техніки. Якщо вологість зерна перевищує 35 %, збільшуються витрати на післязбиральне сушіння та зростає навантаження на молотильно-сепарувальні системи комбайна. За вологості менше 20 % значно підвищується ризик самоосипання зерна та обламування качанів.

Важливим агротехнічним показником є густота стояння рослин перед збиранням. Для сучасних гібридів кукурудзи оптимальна густота становить 55–80 тис. рослин на гектар залежно від зони вирощування та групи стиглості. За надмірного загущення посівів погіршується освітлення рослин, підвищується ризик вилягання та ускладнюється робота збиральних машин. Зріджені посіви також негативно впливають на врожайність через неповне використання площі живлення.

Під час проведення збиральних робіт велике значення має висота прикріплення качанів. У більшості сучасних гібридів вона становить 70–120 см від поверхні ґрунту. Нижче розташування качанів ускладнює процес їх відриву жаткою та підвищує втрати. Високе розміщення качанів сприяє більш ефективній роботі кукурудзяних приставок та зменшує навантаження на робочі органи комбайна.

Однією з найважливіших умов якісного збирання є рівномірність дозрівання посівів. За нерівномірного дозрівання частина рослин має надмірну вологість зерна, тоді як інша частина вже пересихає. У результаті погіршується якість обмолоту, збільшується дроблення зерна та зростають втрати. Тому під час вирощування важливим є використання гібридів із вирівняним розвитком рослин і близькими строками досягання.

Суттєвий вплив на проведення збиральних робіт мають погодні умови. Оптимальною для збирання вважається температура повітря від +5 до +20 °C. За нижчих температур зростає крихкість зерна, що може призвести до його пошкодження під час обмолоту. У дощову погоду підвищується вологість зерна та рослинних решток, погіршується сепарація зернової маси, зростає навантаження на комбайн і збільшуються втрати.

Не менш важливим фактором є стан ґрунту. Для ефективної роботи зернозбиральних комбайнів твердість поверхневого шару ґрунту повинна забезпечувати нормальне пересування техніки без пробуксовування. За надмірного перезволоження поля збільшуються втрати часу на маневрування, підвищується витрата пального та виникає ризик пошкодження структури ґрунту. Крім того, погіршується прохідність транспортних засобів, що ускладнює вивезення зерна від комбайнів.

Важливою агротехнічною вимогою є висота зрізу стебел кукурудзи. Під час збирання на зерно висота зрізу зазвичай становить 20–40 см. Зменшення висоти зрізу призводить до потрапляння зайвої стеблової маси до молотарки, що підвищує навантаження на робочі органи комбайна. Надто високий зріз збільшує

втрати рослинної маси, яка може бути використана для кормових або енергетичних потреб.

Для забезпечення якісного відриву качанів велике значення має швидкість руху комбайна. За врожайності 6–10 т/га оптимальна швидкість становить 5–7 км/год. При збільшенні швидкості понад 8 км/год втрати зерна можуть зростати на 1–2 %, а якість обмолоту погіршується. Зниження швидкості нижче 4 км/год призводить до зменшення продуктивності агрегату та збільшення собівартості збирання.

Якість збирання значною мірою залежить від правильного налаштування кукурудзяної жатки. Ширина зазору між відривними пластинами повинна відповідати діаметру стебел і становити приблизно 25–40 мм. Надмірний зазор спричиняє втрати качанів, а недостатній – підвищує забивання робочих органів та пошкодження рослин.

Особливе значення під час збирання кукурудзи має робота збирально-транспортної ланки. Для ефективного використання комбайнів необхідно забезпечити безперервне відвантаження зерна. Практика показує, що простої комбайнів через відсутність транспорту можуть становити 15–20 % робочого часу. Тому на один комбайн продуктивністю 10–12 т/год доцільно використовувати щонайменше два транспортні засоби вантажопідйомністю 8–10 т.

Однією з агротехнічних вимог є дотримання допустимих втрат зерна. Відповідно до сучасних нормативів загальні втрати за комбайном не повинні перевищувати 2,5% біологічного врожаю. Втрати за жаткою допускаються на рівні до 1,0 %, а втрати за молотильно-сепарувальною системою – не більше 1,5%. Дроблення зерна повинно бути меншим за 2–3%.

Післязбиральна обробка також є важливою складовою технології. Для тривалого зберігання вологість зерна повинна бути знижена до 13–14 %. За вологості понад 15 % значно підвищується ризик самозігрівання зернової маси, розвитку грибкових захворювань та втрати якості продукції.

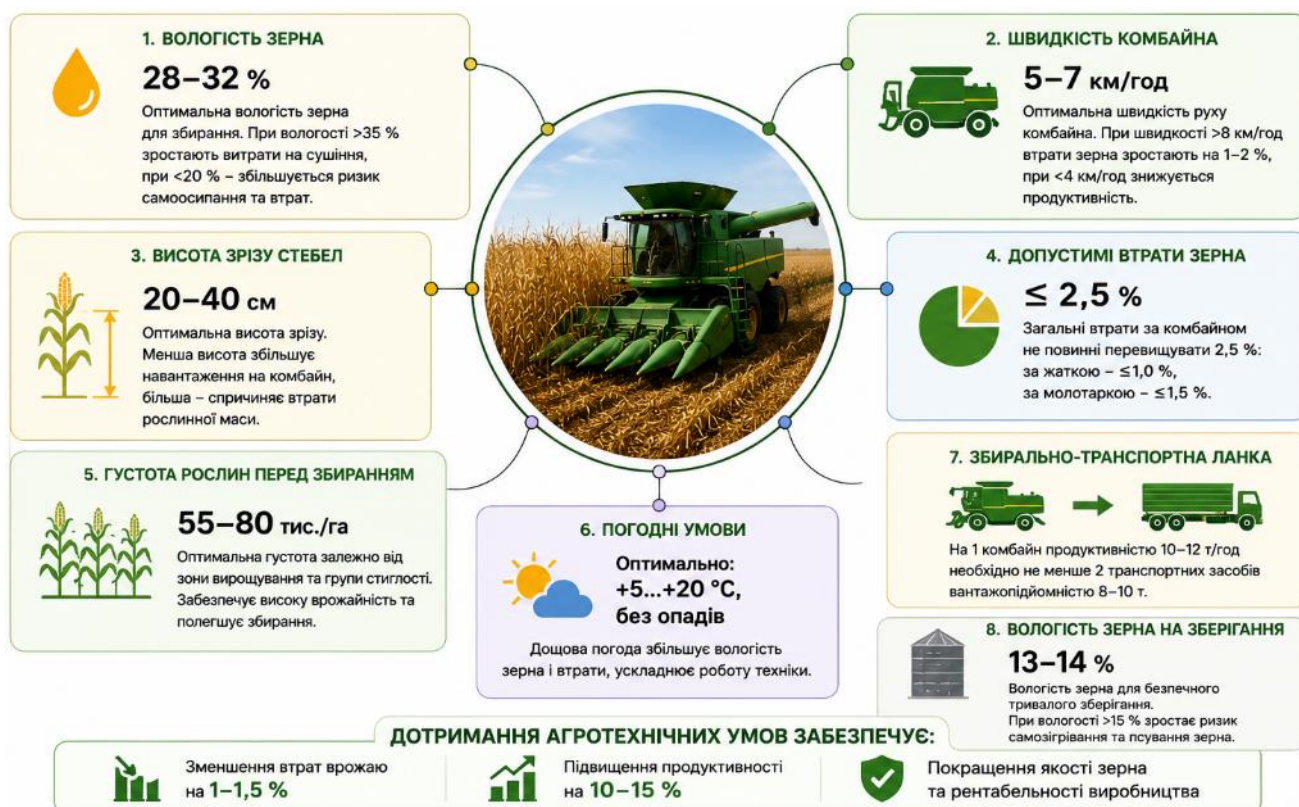


Рисунок 1.4 – Особливості агротехнічних умов проведення збирання кукурудзи на зерно

Для господарств із невеликими площами посіву особливо важливим є ефективне використання наявної техніки. Використання модернізованих комбайнів із удосконаленими кукурудзяними приставками дозволяє зменшити втрати зерна на 1–1,5 %, підвищити продуктивність на 10–15 % та скоротити витрати пального на 8–12 %. Це забезпечує підвищення економічної ефективності виробництва кукурудзи та скорочення строків проведення збиральних робіт.

Таким чином, агротехнічні умови проведення збирання кукурудзи на зерно визначають ефективність роботи збиральної техніки та величину фактично отриманого врожаю. Дотримання оптимальних строків збирання, правильне налаштування комбайнів, забезпечення необхідної кількості транспортних засобів і своєчасна післязбиральна обробка зерна дозволяють мінімізувати втрати врожаю та підвищити рентабельність виробництва кукурудзи.

1.5 Сучасні конструкції комбайнів для збирання зерна кукурудзи

Збирання кукурудзи на зерно є одним із найбільш енергоємних і відповідальних процесів у технології її вирощування. Від технічного рівня зернозбиральних комбайнів залежать величина втрат урожаю, продуктивність збиральних робіт, якість зерна та економічна ефективність виробництва. Сучасні комбайни являють собою складні високопродуктивні машини, які забезпечують виконання кількох технологічних операцій одночасно: зрізування або відрив качанів від стебел, подачу рослинної маси до молотильного апарата, обмолот качанів, сепарацію та очищення зерна, накопичення його в бункері та подальше вивантаження в транспортні засоби.

Сучасні зернозбиральні комбайни, що використовуються для збирання кукурудзи, класифікують за кількома ознаками. За способом пересування вони поділяються на самохідні, причіпні та навісні. Найбільшого поширення набули самохідні комбайни, які характеризуються високою продуктивністю та універсальністю використання. Причіпні та навісні машини сьогодні застосовуються значно рідше, переважно у невеликих господарствах.

За типом молотильно-сепарувальної системи сучасні комбайни поділяються на барабанно-клатішні, роторні та гібридні. Барабанно-клатішні машини мають класичну схему обмолоту, яка включає молотильний барабан, підбарабання та соломотряс. Така конструкція широко використовується в комбайнах середнього класу завдяки простоті, надійності та порівняно невисокій вартості. До представників цього класу належать комбайни серій Claas Tucano, New Holland TC, Deutz-Fahr C6205 та інші.

Роторні комбайни характеризуються використанням одного або двох роторів, які забезпечують одночасно обмолот і сепарацію зерна. Перевагою такої конструкції є висока продуктивність, рівномірне завантаження робочих органів та менше дроблення зерна. Роторні системи використовуються у комбайнах Case IH Axial-Flow, New Holland CR, John Deere S-Series та інших

високопродуктивних моделях. Продуктивність сучасних роторних машин може перевищувати 60–70 т/год зернової маси.

Гібридні комбайни поєднують переваги барабанної та роторної систем. У таких машинах обмолот здійснюється барабаном, а сепарація – роторами. Подібна конструкція використовується у комбайнах Claas Lexion, New Holland CX та ряді інших моделей. Гібридна схема забезпечує високу продуктивність при мінімальних втратах зерна.

Залежно від пропускної здатності комбайни поділяють на машини малого, середнього та високого класу продуктивності. Для невеликих фермерських господарств найбільш доцільними є комбайни продуктивністю 8–15 кг/с. Для середніх господарств використовуються машини продуктивністю 15–25 кг/с, а для великих агропідприємств – понад 25 кг/с.

Принцип роботи сучасного комбайна під час збирання кукурудзи полягає у послідовному виконанні технологічних операцій. На передній частині машини встановлюється спеціальна кукурудзяна жатка, яка забезпечує відрив качанів від стебел. Найбільш поширеними є жатки з кількістю рядків від 6 до 16. У господарствах з невеликими площами посіву зазвичай використовують 6- або 8-рядні приставки, тоді як великі агрохолдинги застосовують 12- та 16-рядні жатки.

Під час руху комбайна стебла кукурудзи захоплюються подавальними ланцюгами та спрямовуються між відривними пластинами. Качан відокремлюється від стебла та подається шнеками до похилої камери. Далі качани надходять до молотильно-сепарувальної системи, де відбувається виділення зерна. Обмолочене зерно через систему решіт і вентиляторів очищається від домішок та транспортується до зернового бункера. Після заповнення бункера зерно вивантажується за допомогою шнека у транспортний засіб.

Однією з головних характеристик сучасного комбайна є потужність двигуна. Для машин середнього класу вона становить 220–350 к.с., тоді як потужність високопродуктивних моделей досягає 500–790 к.с. Наприклад,

комбайн Claas Lexion 8900 оснащується двигуном потужністю 790 к.с., а John Deere S790 – двигуном потужністю 625 к.с.

Важливим показником є місткість зернового бункера. У сучасних комбайнах вона коливається від 7000 до 18000 л. Для машин середнього класу характерний об'єм бункера 8000–12000 л. Збільшення місткості дозволяє скоротити кількість вивантажень та підвищити продуктивність збирального процесу.

Швидкість вивантаження зерна в сучасних машинах становить від 90 до 210 л/с. Наприклад, комбайни Claas Lexion останніх поколінь забезпечують швидкість вивантаження до 180 л/с, а окремі моделі New Holland CR можуть перевищувати 200 л/с.

Для роботи на посівах кукурудзи особливе значення має продуктивність молотильно-сепарувальної системи. Сучасні роторні комбайни здатні обробляти до 70–80 т рослинної маси за годину. При врожайності кукурудзи 10 т/га це дозволяє забезпечити продуктивність понад 7–8 га/год.

В останні роки активно впроваджуються цифрові технології керування збиральним процесом. Практично всі сучасні комбайни обладнуються GPS-навігацією, системами автоматичного водіння, датчиками втрат зерна, автоматичним регулюванням частоти обертання ротора або барабана та системами моніторингу врожайності. Використання таких технологій дозволяє зменшити перекриття проходів на 5–8 %, скоротити витрати пального на 10–15 % та знизити втрати зерна на 0,5–1,0 %.

Особливо перспективними є системи автоматичного налаштування комбайна залежно від урожайності та стану культури. Такі системи використовуються в машинах John Deere Combine Advisor, Claas CEMOS Automatic, New Holland IntelliSense та Case IH AFS Harvest Command. Вони забезпечують автоматичне регулювання параметрів обмолоту, очищення та сепарації, що дозволяє підтримувати мінімальні втрати навіть за змінних умов роботи.

Для господарств із невеликими площами посівів кукурудзи економічно доцільним є використання комбайнів середнього класу продуктивності. До таких машин належать Claas Tucano 320–430, New Holland TC5.90, Deutz-Fahr C6205, John Deere W540 та інші моделі потужністю 250–350 к.с. Вони забезпечують продуктивність 15–25 т/год, мають бункери місткістю 7000–10000 л та дозволяють ефективно збирати врожай на площах до 500–1000 га.

	CLAAS LEXION 8900	JOHN DEERE S790	NEW HOLLAND CR9.90	CASE IH AXIAL-FLOW 8250	CLAAS TUCANO 430	DEUTZ-FAHR C6205
						
Тип системи	гібридна	роторна	роторна	роторна	барабанно-клатівна	барабанно-клатівна
Потужність двигуна, к.с.	790	625	571	634	299	286
Пропускна здатність, кг/с	понад 25	понад 25	понад 25	понад 25	до 15	до 15
Продуктивність, т/год	до 80	до 70	до 65	до 75	до 23	до 23
Об'єм бункера, л	18 000	13 500	12 500	12 500	9 000	8 300
Швидкість вивантаження, л/с	180	180	210	159	90	90
Кількість рядів жатки	6–16	6–16	6–16	6–16	6–8	6–8

Рисунок 1.5 – Сучасні конструкції комбайнів їх особливості

Незважаючи на високий рівень розвитку сучасної техніки, значна кількість українських господарств продовжує використовувати комбайни попередніх поколінь, зокрема СК-5 «Нива», Дон-1500, Єнісей та їх модифікації. Основними недоліками цих машин є недостатня продуктивність, підвищені втрати зерна та значні експлуатаційні витрати. Саме тому актуальним напрямом є модернізація існуючих комбайнів шляхом удосконалення кукурудзяних приставок, молотильно-сепарувальних систем і транспортуючих пристроїв.

Таким чином, сучасні конструкції зернозбиральних комбайнів характеризуються високою продуктивністю, широким застосуванням автоматизованих систем керування та мінімальними втратами зерна. Використання сучасних машин дозволяє забезпечити якісне та своєчасне збирання врожаю кукурудзи. Водночас для невеликих господарств важливим

залишається питання модернізації наявної техніки, що дає можливість підвищити ефективність збирання без значних капіталовкладень у придбання нових високовартісних комбайнів.

1.4 Висновки з розділу

Кукурудза є однією з найважливіших зернових культур України, яка має велике продовольче, кормове, технічне та експортне значення. Аналіз сучасного стану її виробництва показав, що, незважаючи на складні економічні та воєнні умови останніх років, культура залишається однією з провідних у структурі посівних площ країни. У 2022–2025 роках площі посіву кукурудзи становили близько 4,0–4,2 млн га, а врожайність коливалася в межах 6,3–7,8 т/га залежно від ґрунтово-кліматичних умов та рівня технологічного забезпечення господарств.

Встановлено, що одним із вирішальних факторів формування фактичної врожайності кукурудзи є технологія збирання. Порушення оптимальних строків проведення збиральних робіт, незадовільний технічний стан комбайнів та недосконала організація роботи збирально-транспортної ланки можуть призводити до втрат зерна на рівні 5–15 %, а в окремих випадках – понад 20 %. Найкращі результати забезпечуються за початку збирання при вологості зерна 28–32 %, швидкості руху комбайна 5–7 км/год та дотриманні нормативних втрат не більше 2,5 %.

Проведений аналіз сучасних конструкцій зернозбиральних комбайнів показав, що найбільш ефективними є машини з роторними та гібридними молотильно-сепарувальними системами, які забезпечують високу продуктивність, якісне очищення зерна та мінімальні втрати врожаю. Водночас для невеликих фермерських господарств економічно доцільним є використання модернізованих комбайнів середнього класу продуктивності, що дозволяє підвищити ефективність збирання без значних капітальних вкладень.

2. РОЗРОБКА ПЛАНУ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

2.1 Обґрунтування комплексу основних технологічних операцій при вирощуванні кукурудзи на зерно

Ефективність виробництва кукурудзи на зерно значною мірою залежить від правильного вибору та узгодження комплексу технологічних операцій, які виконуються протягом усього виробничого циклу. Сучасна технологія вирощування кукурудзи передбачає комплексне застосування високопродуктивних машинно-тракторних агрегатів, що забезпечують своєчасне та якісне виконання всіх польових робіт, створюють сприятливі умови для росту і розвитку рослин та сприяють отриманню високих і стабільних урожаїв.

Технологічний процес вирощування кукурудзи на зерно включає основний і передпосівний обробіток ґрунту, внесення добрив, сівбу, догляд за посівами, захист рослин від бур'янів, шкідників і хвороб, збирання врожаю та транспортування зерна до місць зберігання. Усі операції повинні виконуватися в оптимальні агротехнічні строки з дотриманням установлених вимог до якості робіт.

Після збирання попередника проводиться основний обробіток ґрунту. Основним його завданням є накопичення та збереження вологи, знищення бур'янів, загортання пожнивних решток і створення сприятливих умов для розвитку кореневої системи кукурудзи. Для виконання цієї операції можуть використовуватися важкі дискові борони типу БДТ-7, БГР-6,3, Lemken Rubin 9 або аналогічні агрегати. Глибина дискування зазвичай становить 8–12 см. Після цього виконується основний обробіток на глибину 25–30 см за допомогою плугів ПЛН-5-35, ПЛН-8-35, Lemken Diamant, Kverneland ES або сучасних глибокорозпушувачів типу Gregoire Besson або Case IH Ecolo-Tiger.

Для виконання операцій основного обробітку доцільно використовувати трактори тягового класу 3–5, зокрема ХТЗ-17221, ХТЗ-243К, МТЗ-2022, John Deere 8430, Case IH Magnum або New Holland Т8 потужністю від 180 до 350 к.с. Такі енергетичні засоби забезпечують високу продуктивність та необхідну якість обробітку ґрунту.

Важливим елементом технології є внесення органічних та мінеральних добрив. Для формування врожаю кукурудзи на рівні 8–10 т/га рослини виносять із ґрунту близько 200–250 кг азоту, 80–100 кг фосфору та 200–250 кг калію. Тому внесення добрив є обов'язковим технологічним заходом. Для внесення мінеральних добрив використовують розкидачі Amazone ZA-M, Rauch Axis, МВУ-8, МВУ-12 та інші машини. Продуктивність таких агрегатів становить 15–30 га/год залежно від ширини захвату.

Передпосівний обробіток ґрунту виконується навесні з метою вирівнювання поверхні поля, закриття вологи та створення дрібногрудчуватої структури посівного шару. Для цього використовують комбіновані агрегати типу Європак, Kompaktor, Lemken Korund, Wil-Rich або АКШ-6. Глибина обробітку повинна відповідати глибині загортання насіння і становити 5–8 см.

Однією з найважливіших операцій є сівба кукурудзи. Від якості виконання цієї операції значною мірою залежить польова схожість насіння та майбутня врожайність культури. Для сівби використовуються високоточні пневматичні сівалки УПС-8, Веста-8, Kinze 3000, Kinze 3600, John Deere 1775NT, Vaderstad Tempo або Horsch Maestro. Ширина міжрядь становить 70 см, а глибина загортання насіння – 5–8 см залежно від типу ґрунту та його вологості.

Норма висіву визначається з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов і групи стиглості гібрида. Для зони Степу вона становить 50–60 тис. насінин на гектар, для Лісостепу – 65–80 тис. насінин на гектар. Сучасні сівалки забезпечують рівномірність розміщення насіння в рядку та відхилення від заданої норми не більше $\pm 3\%$.

Після сівби важливим етапом є догляд за посівами. Для боротьби з бур'янами застосовуються як механічні, так і хімічні методи. Досходове та

післясходове внесення гербіцидів здійснюється штанговими обприскувачами типу ОП-2000, ОПШ-2000, Berthoud, Amazone UX, Hardi Navigator або John Deere R4030. Ширина захвату сучасних обприскувачів становить 18–36 м, а продуктивність досягає 150–250 га за добу.

Міжрядний обробіток проводиться культиваторами КРН-5,6, КРНВ-5,6 або аналогічними машинами. Залежно від засміченості поля виконують 1–2 культивації на глибину 6–10 см. Міжрядний обробіток сприяє знищенню бур'янів, покращенню аерації ґрунту та збереженню вологи.

Важливе значення має захист рослин від шкідників і хвороб. Для цього використовуються інсектицидні та фунгіцидні обробки, які виконуються тими ж обприскувачами, що й гербіцидні. Своєчасний захист дозволяє зберегти до 15–20 % потенційного врожаю.

Найбільш відповідальним етапом технології є збирання врожаю. Збирання кукурудзи на зерно проводиться при вологості зерна 28–32 %. Для виконання цієї операції використовуються зернозбиральні комбайни, обладнані спеціальними кукурудзяними приставками. У господарствах України широко застосовуються комбайни Claas Tucano, Claas Lexion, John Deere серій W та S, New Holland TC, CX і CR, Case IH Axial-Flow, а також модернізовані комбайни Дон-1500 та СК-5 «Нива».

Для невеликих фермерських господарств найбільш доцільними є комбайни середнього класу продуктивності потужністю 250–350 к.с. із 6–8-рядними кукурудзяними жатками. Такі машини забезпечують продуктивність 15–25 т/год та дозволяють ефективно виконувати збирання на площах до 500 га.

Особливе значення має організація роботи збирально-транспортної ланки. Від своєчасного відвезення зерна від комбайна залежить рівень його використання та продуктивність. Для транспортування зерна використовуються автомобілі КамАЗ-45143, КамАЗ-53215, МАЗ-6501, зерновози MAN, DAF, Volvo, а також тракторні причеми 2ПТС-6, 2ПТС-9, ПСТ-12 і ПСТ-18.

На один комбайн продуктивністю 10–12 т/год необхідно передбачати не менше двох транспортних засобів вантажопідйомністю 8–12 т. Така організація

дозволяє мінімізувати простой комбайнів та забезпечити безперервність технологічного процесу.

Після транспортування зерно надходить на післязбиральну доробку. Для очищення використовують машини ОВС-25, ЗАВ-20, БЦС-25 або сучасні сепаратори виробництва Petkus та Cimbria. За необхідності зерно досушують у шахтних або колонкових зерносушарках до вологості 13–14 %, що забезпечує його тривале зберігання без втрати якості.

Таким чином, технологія вирощування кукурудзи на зерно являє собою комплекс взаємопов'язаних технологічних операцій, кожна з яких впливає на кінцевий результат виробництва. Для забезпечення високої врожайності на рівні 8–10 т/га необхідно використовувати сучасні високопродуктивні машинно-тракторні агрегати, дотримуватися агротехнічних вимог та забезпечувати узгоджену роботу всіх елементів технологічного процесу. Особливе значення для даного проєкту має раціональна організація збирально-транспортної ланки, оскільки саме на етапі збирання формується фактичний обсяг отриманого врожаю та його економічна ефективність.

2.2 Обґрунтування та розрахунок елементів технології вирощування кукурудзи на зерно

Розрахунки виконані для типового господарства з площею посіву кукурудзи 300 га, використовуючи трактор МТЗ-1221, сівалку УПС-8, обприскувач ОП-2000 та комбайн СК-5 «Нива» з кукурудзяною приставкою (що відповідає темі удосконалення комбайна для невеликих господарств).

Для забезпечення врожайності кукурудзи на рівні 8,0 т/га необхідно своєчасно та якісно виконати весь комплекс технологічних операцій. Основними показниками ефективності використання техніки є продуктивність агрегатів, витрати палива та трудові витрати.

Для розрахунків приймаємо площу посіву кукурудзи: $F = 300$ га.

Технологія вирощування передбачає виконання таких основних операцій:

- дискування стерні;
- оранка;
- передпосівна культивация;
- сівба;
- обприскування посівів;
- збирання врожаю;
- транспортування зерна.

Розрахунок продуктивності машинно-тракторних агрегатів

Годинна продуктивність агрегату визначається за формулою:

$$W_{\Gamma} = 0,1 \cdot B \cdot V \cdot \tau,$$

де B – робоча ширина захвату, м; V – робоча швидкість, км/год; τ – коефіцієнт використання часу зміни.

Дискування. Для виконання дискування використовуємо трактор МТЗ-1221 та борону БДТ-7.

Приймаємо: $B = 7$ м; $V = 8$ км/год; $\tau = 0,8$.

Тоді: $W_{\Gamma} = 0,1 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 0,8 = 4,48$ га/год.

Змінна продуктивність: $W_{зм} = 4,48 \cdot 8 = 35,8$ га/зміну.

Тривалість виконання робіт: $T = 300 / 35,8 = 8,4$ зміни.

Оранка. Трактор ХТЗ-17221 та плуг ПЛН-5-35.

Приймаємо: $B = 1,75$ м; $V = 8$ км/год; $\tau = 0,8$.

Тоді: $W_{\Gamma} = 0,1 \cdot 1,75 \cdot 8 \cdot 0,8 = 1,12$ га/год.

Змінна продуктивність: $W_{зм} = 8,96$ га/зміну.

Тривалість робіт: $T = 300 / 8,96 = 33,5$ зміни.

Передпосівна культивация. Агрегат МТЗ-1221 + АКШ-6.

Приймаємо: $B = 6$ м; $V = 10$ км/год; $\tau = 0,8$.

Тоді: $W_{\Gamma} = 0,1 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 0,8 = 4,8$ га/год.

Змінна продуктивність: $W_{зм} = 38,4$ га/зміну.

Тривалість виконання: $T = 300 / 38,4 = 7,8$ зміни.

Сівба. Агрегат МТЗ-1221 + УПС-8.

Ширина захвату: $B = 5,6$ м. Робоча швидкість: $V = 8$ км/год. Коефіцієнт використання часу: $\tau = 0,75$.

Годинна продуктивність: $W_{\Gamma} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 8 \cdot 0,75 = 3,36$ га/год.

Змінна продуктивність: $W_{\text{зм}} = 3,36 \cdot 8 = 26,9$ га/зміну.

Тривалість сівби: $T = 300 / 26,9 = 11,2$ зміни.

Обприскування ОП-2000.

Приймаємо: $B = 18$ м; $V = 10$ км/год; $\tau = 0,75$.

Тоді: $W_{\Gamma} = 0,1 \cdot 18 \cdot 10 \cdot 0,75 = 13,5$ га/год.

Змінна продуктивність: $W_{\text{зм}} = 108$ га/зміну.

Тривалість роботи: $T = 300 / 108 = 2,8$ зміни.

Збирання кукурудзи. Комбайн СК-5 «Нива» з 4-рядною кукурудзяною приставкою.

Ширина захвату: $B = 2,8$ м. Швидкість руху: $V = 5$ км/год. Коефіцієнт використання часу: $\tau = 0,75$.

Годинна продуктивність: $W_{\Gamma} = 0,1 \cdot 2,8 \cdot 5 \cdot 0,75 = 1,05$ га/год.

За врожайності 8 т/га продуктивність за зерном: $Q = 1,05 \cdot 8 = 8,4$ т/год.

Змінна продуктивність: $W_{\text{зм}} = 8,4$ га/зміну.

Тривалість збирання: $T = 300 / 8,4 = 35,7$ зміни.

Розрахунок витрат палива. Витрати палива визначаються за нормативами для кожної операції.

Таблиця 2.1 – Витрати палива

Операція	Витрата палива, л/га
Дискування	12
Оранка	22
Культивація	7
Сівба	6
Обприскування	2
Збирання	16

Загальні витрати:

Дискування: $Q_1 = 300 \cdot 12 = 3600$ л.

Оранка: $Q_2 = 300 \cdot 22 = 6600$ л.

№ з/п	Технологічна операція	Агрегат (марка машини)	Параметри роботи		Строк виконання	Призначення операції (оцікуваний результат)
			Ширина захвату, м	Робоча швидкість, км/год		
1	Дискування стерні 	МТЗ-1221 + БДТ-7 	7,0	8 – 10	Після збирання попередника (серпень–вересень)	Подрібнення та заробка поживних решток, знищення бур'янів, збереження вологості.
2	Оранка з оборотом пласта 	ХТЗ-17221 + ПЛН-5-35 	1,75	7 – 8	Вересень–жовтень	Загортання рослинних решток, покращення водно-повітряного режиму ґрунту, накопичення вологості.
3	Передпосівна культивування 	МТЗ-1221 + АКШ-6 	6,0	9 – 11	Квітень	Розпушування та вирівнювання ґрунту, закриття вологості, підготовка насіннєвого ложа.
4	Сівба кукурудзи 	МТЗ-1221 + УПС-8 	5,6	7 – 9	Квітень–травень	Рівномірне розміщення насіння на заданій глибині. Норма висіву – 60–70 тис. насінин/га.
5	Обприскування посівів (захист від бур'янів, шкідників та хвороб) 	МТЗ-1221 + ОП-2000 	18,0	9 – 11	Травень–липень (за потреби)	Захист рослин, зменшення конкуренції бур'янів, підвищення врожайності.
6	Підживлення (внесення добрив) 	МТЗ-1221 + МВУ-8 	12,0	10 – 12	Червень	Внесення мінеральних добрив для забезпечення поживних елементів.
7	Збирання кукурудзи на зерно 	СК-5 «Нива» + кукурудзяна приставка (4 рядки) 	2,8	4 – 6	Вересень–жовтень (при вологості зерна 28–32 %)	Збирання зерна, обмолот, очищення та завантаження в бункер комбайна.
8	Транспортування зерна 	КамАЗ-45143 (зерновоз)	–	–	Під час збирання	Доставка зерна від комбайна до місця зберігання.

ОРІЄНТОВНА ТРИВАЛІСТЬ ВИКОНАННЯ ОСНОВНИХ РОБІТ

Серпень	Вересень	Жовтень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Вересень	Жовтень
								
								

УМОВНІ ПОКАЗНИКИ НА ПЛОЩУ 300 га

 Площа 300 га	 Загальні витрати палива ≈ 19 500 л	 Загальні трудові витрати ≈ 1167 люд.-год	 Середня врожайність 8,0 т/га	 Валовий збір зерна ≈ 2400 т
---	---	---	---	--

Рисунок 2.1 – План механізованих робіт вирощування кукурудзи на зерно

Культивація: $Q_3 = 300 \cdot 7 = 2100$ л.

Сівба: $Q_4 = 300 \cdot 6 = 1800$ л.

Обприскування: $Q_5 = 300 \cdot 2 = 600$ л.

Збирання: $Q_6 = 300 \cdot 16 = 4800$ л.

Сумарні витрати: $Q_{\text{заг}} = 3600 + 6600 + 2100 + 1800 + 600 + 4800 = 19\,500$ л.

Питомі витрати: $q = 19500 / 300 = 65$ л/га.

Розрахунок трудових витрат. Трудомісткість визначається за формулою:

$$T_p = n / W_r,$$

де n – кількість працівників.

Дискування $T_p = 1 / 4,48 = 0,22$ люд.-год/га.

Оранка $T_p = 1 / 1,12 = 0,89$ люд.-год/га.

Культивація $T_p = 1 / 4,8 = 0,21$ люд.-год/га.

Сівба $T_p = 2 / 3,36 = 0,60$ люд.-год/га.

Обприскування $T_p = 1 / 13,5 = 0,07$ люд.-год/га.

Збирання $T_p = 2 / 1,05 = 1,90$ люд.-год/га.

Загальна трудомісткість: $T_{\text{заг}} = 0,22 + 0,89 + 0,21 + 0,60 + 0,07 + 1,90 = 3,89$ люд.-год/га.

Для площі 300 га: $T_{\text{заг}} = 3,89 \cdot 300 = 1167$ люд.-год.

Виконані розрахунки показали, що для вирощування кукурудзи на площі 300 га необхідно забезпечити виконання комплексу механізованих робіт із сумарними витратами палива 19,5 тис. л та трудовими витратами 1167 люд.-год. Найбільш трудомісткою та енергоємною операцією є збирання врожаю, на яке припадає близько 49 % усіх трудових витрат і 25 % загальних витрат палива. Це підтверджує доцільність удосконалення конструкції зернозбирального комбайна та оптимізації роботи збирально-транспортної ланки з метою підвищення продуктивності та зниження експлуатаційних витрат.

2.3 Висновки з розділу

У результаті розробки плану механізованих робіт обґрунтовано комплекс машин та агрегатів для виконання основних технологічних операцій під час вирощування кукурудзи на зерно. Визначено раціональну послідовність виконання робіт, строки їх проведення, а також розраховано основні техніко-експлуатаційні показники машинно-тракторних агрегатів.

Встановлено, що для площі посіву 300 га загальні витрати палива становлять близько 19,5 тис. л, а трудові витрати – 1167 люд.-год, при прогнозованій урожайності 8,0 т/га та валовому зборі зерна 2400 т. Найбільш енергоємними операціями є оранка та збирання врожаю, а найбільш трудомісткою – робота збирально-транспортної ланки.

Розроблений план механізованих робіт забезпечує своєчасне виконання всіх технологічних операцій, ефективне використання машинно-тракторного парку та створює необхідні умови для отримання високого врожаю кукурудзи. Аналіз структури витрат підтвердив, що основні резерви підвищення ефективності виробництва пов'язані з удосконаленням процесу збирання та підвищенням продуктивності зернозбирального комбайна, що є основним напрямом подальших досліджень у даному проєкті.

3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МОЛОТИЛЬНОГО АПАРАТА КОМБАЙНА

3.1 Конструктивно-технологічна молотильного апарата комбайна

Досвід експлуатації зернозбиральних комбайнів під час збирання кукурудзи на зерно свідчить, що навантаження на молотильний апарат у цих умовах значно перевищує навантаження, характерне для збирання зернових колосових культур. Це пов'язано з більшими розмірами та масою качанів, підвищеною міцністю стрижнів, а також значною нерівномірністю надходження обмолочуваної маси до молотильного пристрою. У результаті інтенсивно зношуються робочі органи барабана, підбарабання та привідних механізмів, що призводить до зниження надійності роботи комбайна та необхідності проведення капітального ремонту після декількох сезонів експлуатації.

Аналіз існуючих конструкцій молотильних апаратів показує, що традиційні бильні барабани з рифленими бичами не завжди забезпечують оптимальні умови обмолоту качанів кукурудзи. Під час роботи виникають значні ударні навантаження, що негативно впливають на довговічність вузлів молотильного апарата, підвищують дроблення зерна та обмежують можливість збільшення продуктивності комбайна.

З метою підвищення ефективності обмолоту кукурудзи науковцями запропоновано конструкцію молотильного апарата з барабаном криволінійного профілю. Особливістю такої конструкції є зміна геометрії робочої поверхні барабана, завдяки чому зазор між барабаном і підбарабанням автоматично змінюється в процесі проходження качанів через молотильний простір.

На відміну від традиційного барабана, де зазор між робочими органами є постійним і потребує попереднього регулювання залежно від розмірів качанів, криволінійний барабан забезпечує змінний робочий зазор по довжині молотильного апарата. Завдяки цьому створюються більш сприятливі умови для обмолоту качанів різного діаметра без додаткового переналаштування машини.

До складу молотильного пристрою входять завантажувальний транспортер, напрямні вальці, притискний механізм, скатна пластина, молотильний барабан криволінійної форми, орієнтувальний валець, дека, аспіраційна колонка, вентилятор, решітна система очищення, шнеки та транспортери для переміщення зерна і домішок. Після надходження качанів до молотильного апарата вони рівномірно розподіляються по ширині барабана та поступово переміщуються вздовж його робочої поверхні. У процесі взаємодії качанів із гладкими прутками барабана відбувається відділення зерна від стрижня качана без надмірного механічного впливу.

Використання гладких прутків замість рифлених бичів дозволяє зменшити пошкодження зернівок та знизити рівень їх дроблення. Одночасно забезпечується більш плавний перебіг технологічного процесу та зменшується навантаження на привід барабана. Унаслідок цього знижується інтенсивність зношування деталей молотильного апарата та збільшується ресурс його роботи.

Важливою перевагою модернізованого молотильного апарата є автоматичний вибір оптимального режиму обмолоту для качанів різних розмірів. У процесі проходження через молотильний зазор качани поступово орієнтуються та обмолочуються без різких ударних навантажень. Це особливо важливо під час збирання сучасних гібридів кукурудзи, які характеризуються значною різноманітністю геометричних параметрів качанів.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що застосування криволінійного барабана дозволяє підвищити продуктивність молотильного апарата на 12–15 % без погіршення якості обмолоту. Крім того, зменшуються динамічні навантаження на вал барабана та підшипникові вузли, що позитивно впливає на довговічність машини.

У даному проєкті для модернізації комбайна СК-5 «Нива» пропонується замінити стандартний бильний барабан з рифленими бичами на барабан із криволінійною поверхнею та гладкими прутками. Таке конструктивне рішення дозволяє підвищити надійність роботи молотильного апарата під час збирання кукурудзи та більш повно реалізувати потенційні можливості комбайна.

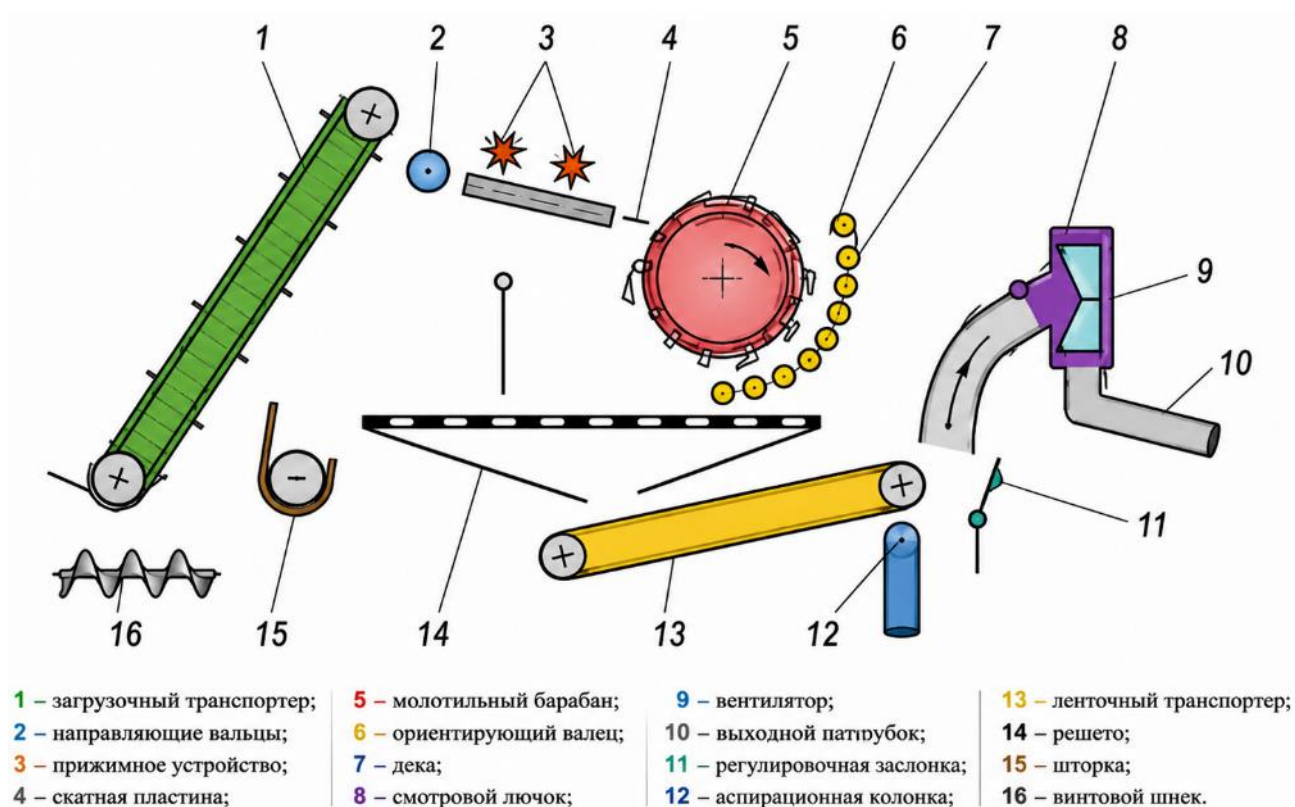


Рисунок 3.1 – Принципова схема тангенціальної молотарки

Принцип роботи модернізованого комбайна з кукурудзяною приставкою полягає в наступному. Під час руху агрегату стебла кукурудзи захоплюються подавальними ланцюгами приставки та спрямовуються до стеблепротягувальних вальців. Вальці, обертаючись назустріч один одному, протягують стебла між стреперними пластинами, які відокремлюють качани від рослин.

Після відривання качани захоплюються ланцюгами з лапками та переміщуються до шнека качанів. Шнек транспортує їх до центральної частини приставки, звідки вони надходять у похилу камеру комбайна. Битери похилої камери рівномірно подають качани до модернізованого молотильного апарата.

У молотильному барабані відбувається відділення зерна від стрижня качана. Обмолочене зерно проходить через підбарабання та надходить до системи очищення, де за допомогою решіт і вентилятора видаляються легкі домішки та частинки рослинних решток. Після очищення зерно шнековими транспортерами подається до зернового бункера комбайна.

Необмолочені частини качанів і рослинні рештки надходять на клавішний соломотряс, де здійснюється додаткова сепарація залишків зерна. Після цього незернова маса виводиться з комбайна.

Стебла кукурудзи, з яких уже відокремлені качани, під дією ножів різального апарата зрізаються та надходять до подрібнювача. Подрібнена маса через вивантажувальну трубу може подаватися в транспортний засіб, що рухається поруч із комбайном, або розподілятися по поверхні поля.

Запропонована модернізація молотильного апарата дозволяє знизити ударні навантаження на робочі органи, зменшити пошкодження зерна, підвищити надійність роботи комбайна та збільшити його продуктивність під час збирання кукурудзи на зерно. Очікується, що впровадження криволінійного барабана забезпечить приріст продуктивності комбайна на 12–15 %, зниження експлуатаційних витрат та збільшення міжремонтного ресурсу молотильного апарата.

3.2 Визначення навантаження на пруток молотильного барабана

Під час збирання кукурудзи частота обертання молотильного барабана становить 550 хв^{-1} . Для оцінки міцності модернізованої конструкції необхідно визначити навантаження, яке діє на робочі прутки барабана.

Крутний момент на валу барабана визначається за залежністю:

$$T = F_t \cdot R,$$

де T – крутний момент на валу барабана, Н·м; F_t – колова сила, Н; R – радіус барабана, м.

Згідно зі складальним кресленням модернізованого барабана приймаємо радіус: $R = 0,288 \text{ м}$.

Радіальну силу, що виникає в зоні контакту качана з барабаном, визначаємо за формулою:

$$F_r = K \cdot h,$$

де F_r – радіальна сила, Н; K – коефіцієнт пропорційності, Н/мм; h – середня деформація качана в молотильному зазорі, мм.

Значення коефіцієнта пропорційності залежить від фізико-механічних властивостей качанів кукурудзи та для подальших розрахунків приймається: $K = 147$ Н/мм.

Середню величину деформації качана приймаємо: $h = 10$ мм.

Тоді радіальна сила становитиме: $F_r = 147 \cdot 10 = 1470$ Н.

Колова сила визначається через коефіцієнт тертя між поверхнею барабана та качаном:

$$F_t = F_r \cdot f,$$

де f – коефіцієнт тертя матеріалу барабана по поверхні качана; $f = 0,42$.

Підставляючи вихідні дані, одержимо: $F_t = 1470 \cdot 0,42 = 617,4$ Н.

Після визначення колової сили знаходимо крутний момент на валу барабана: $T = 617,4 \cdot 0,288 = 177,8$ Н·м.

Отже, розрахунковий крутний момент на валу модернізованого молотильного барабана становить: $T = 177,8$ Н·м.

При виконанні подальших розрахунків приймаємо припущення, що вся радіальна сила, яка виникає в процесі обмолоту качанів, сприймається одним робочим прутком барабана. Таке припущення забезпечує певний запас міцності та дозволяє виконувати розрахунок за найбільш навантаженим елементом конструкції.

3.3 Розрахунок прутка молотильного барабана

Виконаємо перевірочний розрахунок прутка модернізованого молотильного барабана. Розрахункову схему прутка наведено на рисунку 3.2.

Пруток розглядається як балка, шарнірно закріплена на двох опорах та навантажена зосередженими силами: коловою силою F_t та радіальною силою F_r . Для спрощення розрахунку навантаження вважаємо прикладеним у центрі

прольоту балки. Значення сил були визначені в попередньому розділі та становлять: $F_t = 617,4 \text{ Н}$; $F_r = 1470 \text{ Н}$.

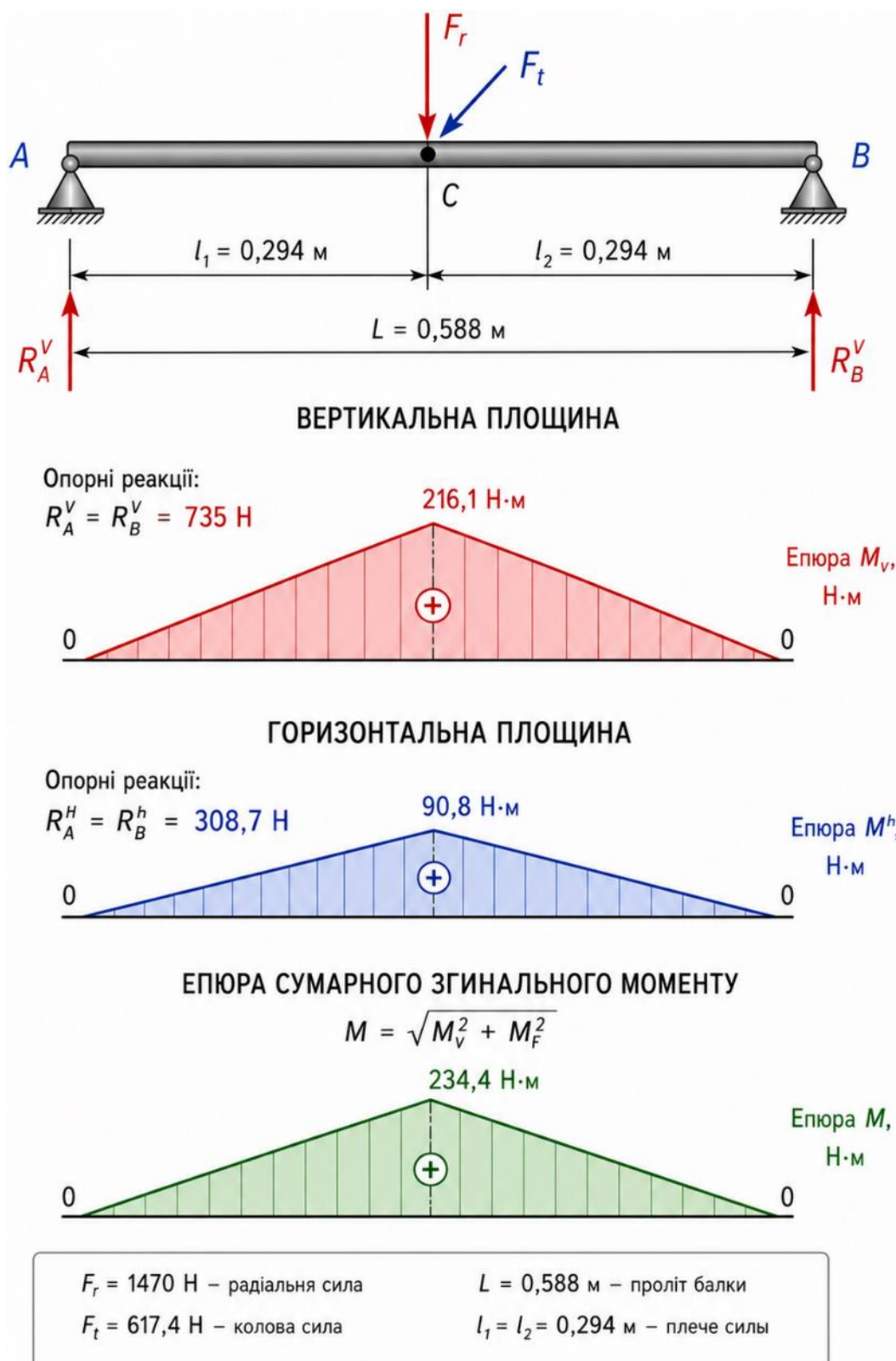


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема

Відповідно до принципу незалежності дії сил розрахунок проводимо окремо у вертикальній та горизонтальній площинах з подальшим визначенням сумарного згинального моменту.

Розрахунок у вертикальній площині

Опорні реакції визначаємо з рівняння моментів відносно точки А:

$$\Sigma M_a = R_v^B \cdot L - F_r \cdot L_1 = 0,$$

звідки

$$R_v^B = (F_r \cdot L_1) / L = (1470 \cdot 0,294) / 0,588 = 735 \text{ Н.}$$

Оскільки схема навантаження є симетричною, то:

$$R_v^A = R_v^B = 735 \text{ Н.}$$

Перевіримо правильність визначення реакцій опор:

$$\Sigma F_y = R_v^A - F_r + R_v^B = 0,$$

або

$$\Sigma F_y = 735 - 1470 + 735 = 0.$$

Отже, реакції опор визначено правильно.

Максимальний згинальний момент виникає в середині прольоту балки та дорівнює:

$$M_v^{\max} = R_v^A \cdot L_1 = 735 \cdot 0,294 = 216,1 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Розрахунок у горизонтальній площині.

Реакції опор визначаємо аналогічно:

$$\Sigma M_a = R^{hB} \cdot L - F_t \cdot L_1 = 0,$$

звідки

$$R^{hB} = (F_t \cdot L_1) / L = (617,4 \cdot 0,294) / 0,588 = 308,7 \text{ Н.}$$

У зв'язку із симетричним розташуванням навантаження:

$$R^{hA} = R^{hB} = 308,7 \text{ Н.}$$

Перевірка правильності розрахунку:

$$\Sigma F_x = R^{hA} - F_t + R^{hB} = 0,$$

або

$$\Sigma F_x = 308,7 - 617,4 + 308,7 = 0.$$

Отже, отримані реакції є правильними.

Максимальний згинальний момент у горизонтальній площині:

$$M^{h\max} = R^{hA} \cdot L_1 = 308,7 \cdot 0,294 = 90,8 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Визначення еквівалентного згинального моменту

Оскільки пруток працює на згин одночасно у двох взаємно перпендикулярних площинах, сумарний згинальний момент визначаємо за формулою:

$$M = \sqrt{(M^{h^2} + M^{v^2})},$$

де M – результуючий згинальний момент, Н·м; M^h – згинальний момент у горизонтальній площині, Н·м; M_v – згинальний момент у вертикальній площині, Н·м. Для найбільш небезпечного перерізу в середині прольоту:

$$M = \sqrt{(90,8^2 + 216,1^2)} = 234,4 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Розрахунок діаметра прутка на міцність

Матеріалом прутка приймаємо сталь Ст5 згідно з вимогами ГОСТ 380-95. Допустиме напруження при згині становить: $[\sigma] = 220 \text{ МПа}$.

Умова міцності має вигляд:

$$\sigma = M / W \leq [\sigma],$$

де σ – розрахункове напруження згину, МПа; W – момент опору круглого перерізу, мм³.

Після перетворення виразу отримаємо формулу для визначення необхідного діаметра прутка:

$$d = \sqrt[3]{((10^3 \cdot M) / (0,1 \cdot [\sigma]))},$$

де d – діаметр прутка, мм.

Підставляючи розрахункові значення, маємо:

$$d = \sqrt[3]{((10^3 \cdot 234,4) / (0,1 \cdot 220))} = 22,0 \text{ мм}.$$

За результатами розрахунку мінімально допустимий діаметр прутка становить 22 мм. Однак з конструктивних міркувань та з метою запобігання потраплянню обмолочених стрижнів качанів усередину барабана приймаємо: $d = 24 \text{ мм}$.

Збільшення діаметра прутка забезпечує підвищення жорсткості конструкції та запобігає накопиченню рослинних решток усередині барабана, що

може спричинити виникнення дисбалансу, прискорене зношування підшипникових вузлів і зниження надійності роботи молотильного апарата.

3.4 Розрахунок шпонкового з'єднання

Виконаємо перевірочний розрахунок шпонкового з'єднання вала молотильного барабана зі ступицею. Діаметр вала барабана становить 60 мм.

Відповідно до вимог для даного з'єднання приймаємо призматичну шпонку розміром 18×11 мм. Розрахункову схему шпонкового з'єднання наведено на рисунку 3.3.

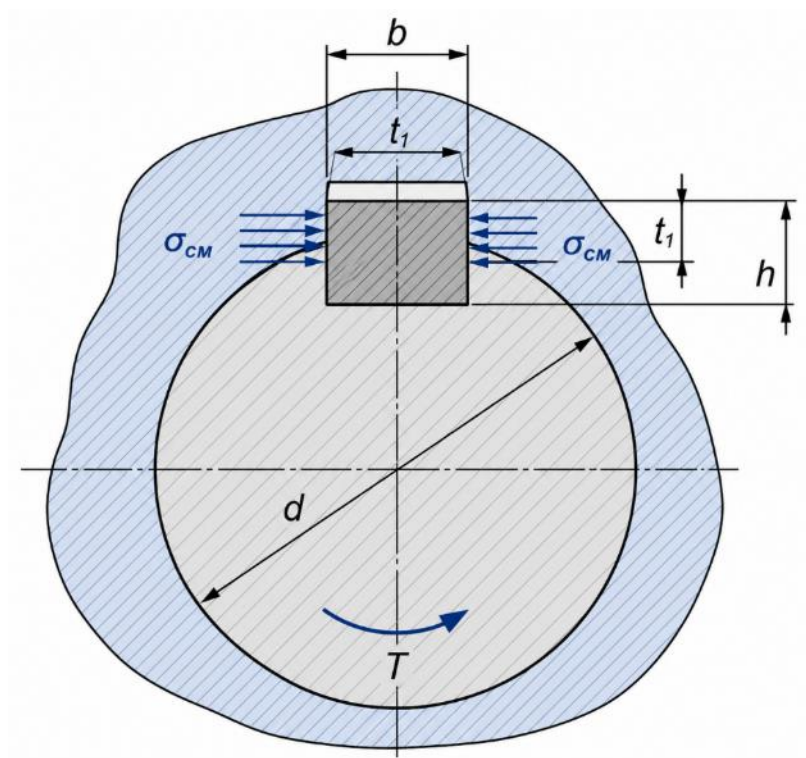


Рисунок 3.3 – Схема розрахунку шпонкового з'єднання

Основним критерієм працездатності призматичних шпонок є їхня міцність на зминання. Перевірочний розрахунок виконується за умовою:

$$\sigma_{см} = F_t / A_{см} \leq [\sigma_{см}],$$

де $\sigma_{см}$ – розрахункове напруження зминання, МПа; F_t – колова сила, що передається шпонкою, Н; $A_{см}$ – площа зминання, мм²; $[\sigma_{см}]$ – допустиме напруження зминання, МПа.

Для виготовлення шпонки приймаємо сталь 35 у вигляді холоднотягнутого прутка. Для даного матеріалу допустиме напруження зминання становить: $[\sigma_{см}] = 110$ МПа.

Площа поверхні зминання визначається за формулою:

$$A_{см} = (h - t_1) \cdot l_p,$$

де h – висота шпонки, мм; t_1 – глибина шпонкового паза на валу, мм; l_p – робоча довжина шпонки, мм.

Колова сила, що передається шпонковим з'єднанням, визначається залежністю:

$$F_t = (2 \cdot T \cdot 10^3) / d,$$

де T – крутний момент, Н·м; d – діаметр вала, мм.

Підставивши вирази в умову міцності і розв'язавши її відносно робочої довжини шпонки, отримаємо:

$$l_p = (2 \cdot T \cdot 10^3) / (d \cdot (h - t_1) \cdot [\sigma_{см}]),$$

де l_p – необхідна робоча довжина шпонки, мм.

Оскільки з'єднання працює в умовах змінного навантаження, для підвищення надійності розрахунку допустиме напруження зминання зменшуємо на 50 %. Тоді: $[\sigma_{см}] = 55$ МПа.

Підставляючи вихідні дані: $T = 177,8$ Н·м; $d = 60$ мм; $h = 11$ мм; $t_1 = 7$ мм; $[\sigma_{см}] = 55$ МПа, одержимо:

$$l_p = (2 \cdot 177,8 \cdot 10^3) / (60 \cdot (11 - 7) \cdot 55) = 26,9 \text{ мм.}$$

Отже, мінімально необхідна робоча довжина шпонки становить: $l_p = 26,9$ мм.

З урахуванням конструктивних особливостей ступиці, технологічності виготовлення та зручності складання приймаємо стандартну довжину шпонки: $l = 70$ мм.

Прийнята довжина значно перевищує розрахункове значення, що забезпечує достатній запас міцності шпонкового з'єднання та надійну передачу крутного моменту від вала до барабана в процесі роботи молотильного апарата.

3.5 Висновки з розділу

У результаті виконаних досліджень та конструкторських розробок було запропоновано удосконалення молотильного апарата комбайна шляхом заміни стандартного бильного барабана на барабан із криволінійною поверхнею та гладкими прутками. Запропонована конструкція забезпечує автоматичне підлаштування молотильного зазору до качанів різних розмірів, зменшує ударні навантаження на робочі органи та сприяє підвищенню якості обмолоту кукурудзи.

Виконані розрахунки показали, що крутний момент на валу барабана становить 177,8 Н·м, а найбільший сумарний згинальний момент у прутку барабана досягає 234,4 Н·м. За результатами розрахунку на міцність визначено мінімально необхідний діаметр прутка 22 мм, проте з конструктивних міркувань прийнято діаметр 24 мм, що забезпечує необхідний запас міцності та надійності роботи конструкції.

Перевірочний розрахунок шпонкового з'єднання підтвердив його працездатність при використанні призматичної шпонки розміром 18×11×70 мм, яка забезпечує надійну передачу крутного моменту від вала до барабана без перевищення допустимих напружень зминання.

Упровадження модернізованого молотильного апарата дозволить підвищити продуктивність комбайна під час збирання кукурудзи на 12–15 %, зменшити пошкодження зерна, підвищити довговічність робочих органів та збільшити міжремонтний ресурс молотильного апарата. Це забезпечить більш ефективне використання комбайна на збиранні кукурудзи та сприятиме зниженню експлуатаційних витрат.

4. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ЗБИРАННЯ

Для виконання збиральних робіт прийнято агрегат у складі зернозбирального комбайна СК-5 «Нива», оснащеного модернізованим молотильним апаратом, та кукурудзяної приставки ППК-4.

Довжина поля становить 1100 м, ширина – 600 м, рельєф рівнинний, ухил поверхні не перевищує 0 %.

Розрахункова врожайність кукурудзи приймається на рівні 5,7 т/га, що відповідає високопродуктивним посівам культури за сприятливих ґрунтово-кліматичних умов.

Збирання кукурудзи на зерно доцільно розпочинати за вологості зерна 25–30 %, коли забезпечуються мінімальні втрати врожаю та висока якість зернової продукції.

Несвоєчасне проведення збиральних робіт призводить до суттєвого збільшення втрат урожаю. За затримки збирання на 10 діб після настання повної стиглості втрати можуть досягати 4,6 %, через 20 діб — 7,6 %, а через 30 діб — понад 12 %.

Основними показниками якості виконання збиральних робіт є:

- повнота збору зерна – не менше 98 %;
- дроблення зерна – не більше 2,5 %;
- недомолот зерна – не більше 1,2 %;
- втрати вільним зерном – не більше 0,7 %
- чистота зерна після очищення – не менше 96 %;
- повнота збору листостеблової маси – не менше 95 %.

Перед початком польових робіт виконують технічний огляд комбайна та приставки, перевіряють комплектність вузлів, справність механізмів, надійність кріплень та усувають виявлені несправності.

Підготовка комбайна СК-5 «Нива» включає:

- переобладнання молотильного апарата для роботи на кукурудзі;

- встановлення зазорів між барабаном і підбарабанням 40–45 мм на вході та 20–25 мм на виході;
- налаштування частоти обертання барабана в межах 450–550 хв⁻¹;
- монтаж додаткового баласту масою близько 600 кг для покращення стійкості машини.

Під час підготовки приставки ППК-4 регулюють зазор між відривними пластинами, налаштовують стеблепротягувальні вальці та встановлюють необхідний зазор між ножами подрібнювача й протиризальними пластинами.

Після завершення регулювань проводять пробний запуск агрегату на холостому ході та перевіряють його роботу під навантаженням.

Перед початком збирання поле обстежують, видаляють сторонні предмети та усувають перешкоди, що можуть негативно впливати на роботу комбайна.

Рух агрегату здійснюється вздовж рядків кукурудзи способом «врозвал», що забезпечує високу продуктивність і зручність виконання поворотів.

Кінематичні параметри агрегату визначаються на основі геометричних характеристик поля та конструктивних особливостей комбайна.

Радіус повороту агрегату становить: $R = 2,52$ м.

Довжина виїзду на поворотній смузі: $e = 5,5$ м.

Робоча ширина захвату приставки: $B_p = 2,8$ м.

Мінімально необхідна ширина поворотної смуги становить: $E_{\min} = 9,28$ м.

Для забезпечення нормальної роботи агрегату приймаємо ширину поворотної смуги: $E = 22,4$ м.

Робоча довжина гону: $L_p = 1055,2$ м.

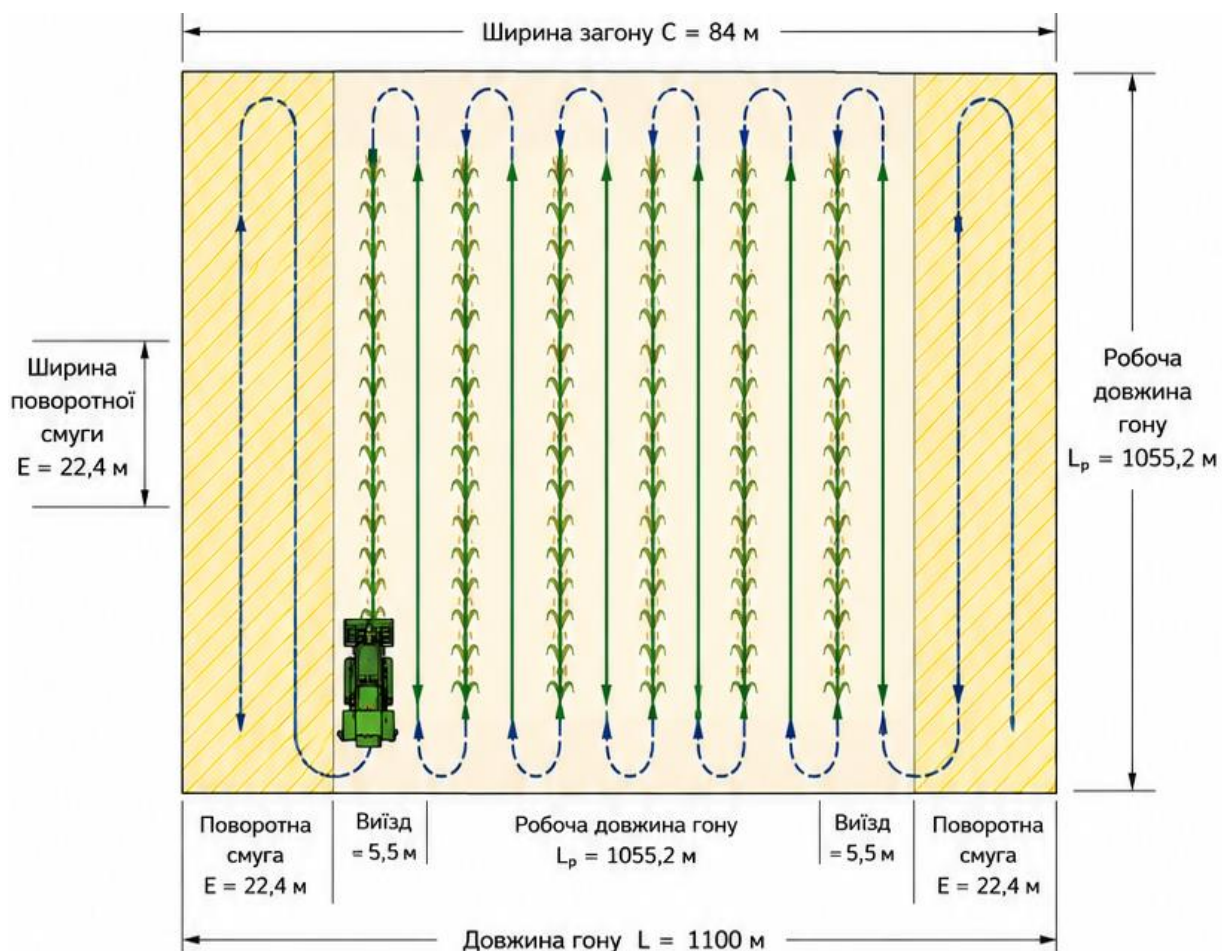
Оптимальна ширина загінки визначена розрахунком і становить: $C_{opt} = 77,1$ м.

З урахуванням кратності проходів приймаємо: $C = 84$ м.

Середня довжина холостого ходу: $L_x = 59,3$ м.

Коефіцієнт робочих ходів агрегату: $\phi = 0,95$.

Отримане значення свідчить про ефективне використання часу зміни та незначні втрати часу на повороти.



ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ



Рисунок 4.1 – Схема виконання технологічної операції – збирання

Аналіз місткості зернового бункера показав, що за один робочий прохід комбайн збирає близько 1,7 т зерна, що не перевищує місткість бункера. Тому облаштування спеціальних розвантажувальних магістралей на полі не потрібне.

Робочу швидкість руху збирального агрегату визначають із урахуванням пропускної здатності молотильного апарата, врожайності культури та кількості супутньої рослинної маси.

Розрахункова швидкість руху становить: $V_p = 6,26$ км/год.

Для подальших розрахунків приймаємо: $V_p = 5,9$ км/год.

Тривалість одного циклу роботи агрегату, який включає два робочі та два холості проходи, становить: $t_{\text{ц}} = 0,39$ год.

За семигодинної зміни кількість циклів роботи дорівнює: $n_{\text{ц}} = 15$.

Загальна тривалість продуктивної роботи за зміну: $T_p = 5,85$ год.

Час, витрачений на повороти та холості переміщення: $T_x = 0,30$ год.

Фактична тривалість зміни становить: $T_{\text{зм}} = 7,25$ год.

Коефіцієнт використання часу зміни: $\tau = 0,80$.

Продуктивність комбайна за одну годину змінного часу: $W = 1,32$ га/год.

Змінна продуктивність агрегату: $W_{\text{зм}} = 9,24$ га/зміну.

Питомі витрати палива під час виконання збиральних робіт становлять: $g = 16,6$ кг/га.

Отримані показники підтверджують ефективність використання модернізованого комбайна під час збирання кукурудзи на зерно.

Контроль якості роботи комбайна здійснюється безпосередньо під час виконання технологічного процесу та після завершення зміни.

Втрати вільного зерна визначають шляхом відбору проб на контрольній ділянці по всій ширині захвату комбайна. Для оцінювання чистоти зерна відбирають пробу з бункера та визначають вміст домішок. Аналогічно визначають відсоток дробленого зерна.

У процесі роботи контролюють:

- втрати зерна за комбайном;
- рівень дроблення зерна;

- якість очищення;
- наявність необмолочених качанів;
- рівномірність руху агрегату;
- відсутність пропусків та огріхів.

Розрізняють поточний та приймальний контроль. Поточний контроль виконується механізатором упродовж зміни, а приймальний – агрономом або керівником виробничого підрозділу після завершення робіт.

На підставі виконаних розрахунків і прийнятих технологічних рішень розроблено операційно-технологічну карту збирання кукурудзи на зерно модернізованим агрегатом у складі комбайна СК-5 «Нива» та кукурудзяної приставки ППК-4.

У результаті розроблення операційної технології збирання кукурудзи на зерно обґрунтовано склад збирального агрегату у складі модернізованого комбайна СК-5 «Нива-Ефект» та кукурудзяної приставки ППК-4, а також визначено раціональні параметри його роботи в конкретних виробничих умовах.

Встановлено, що за довжини гону 1100 м та врожайності кукурудзи 5,7 т/га найбільш ефективним є спосіб руху агрегату «врозвал» із шириною поворотної смуги 22,4 м. Проведені розрахунки показали, що коефіцієнт робочих ходів становить 0,95, а коефіцієнт використання часу зміни – 0,80, що свідчить про високий рівень організації збирального процесу.

Робоча швидкість руху комбайна прийнята на рівні 5,9 км/год, при цьому продуктивність агрегату становить 1,32 га/год або 9,24 га за зміну. Питомі витрати палива складають 16,6 кг/га, що відповідає сучасним вимогам до ефективності виконання збиральних робіт.

Розроблена операційна технологія забезпечує виконання агротехнічних вимог до збирання кукурудзи, зменшення втрат зерна, підвищення продуктивності збирального агрегату та більш повне використання можливостей модернізованого молотильного апарата комбайна. Це створює передумови для підвищення економічної ефективності виробництва кукурудзи на зерно та скорочення витрат на проведення збиральних робіт.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Збирання кукурудзи на зерно належить до робіт підвищеної небезпеки, оскільки виконується із застосуванням потужних самохідних машин, транспортних засобів та механізмів, що мають велику кількість рухомих робочих органів. Тому під час проведення збиральних робіт необхідно забезпечити суворе дотримання вимог охорони праці та виробничої безпеки.

До роботи на зернозбиральних комбайнах допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, відповідне навчання, інструктаж з охорони праці та мають посвідчення на право керування самохідними сільськогосподарськими машинами.

Перед початком роботи механізатор зобов'язаний провести щозмінний огляд комбайна, перевірити справність гальмівної системи, рульового керування, освітлювальних приладів, звукової сигналізації, захисних кожухів, приводів робочих органів та протипожежного обладнання. Забороняється експлуатація техніки за наявності несправностей, які можуть становити загрозу життю та здоров'ю працівників.

Особливу увагу необхідно приділяти справності модернізованого молотильного апарата. Перед початком роботи слід перевірити надійність кріплення барабана, шпонкових з'єднань, підшипникових вузлів та захисних кожухів. Пуск комбайна дозволяється лише після повного закриття всіх огорожувальних пристроїв.

Під час роботи комбайна забороняється:

- перебування людей поблизу працюючих робочих органів;
- очищення, регулювання та ремонт механізмів при працюючому двигуні;
- перебування сторонніх осіб на комбайні;
- перевезення людей на площадках та жатці;
- виконання будь-яких робіт під піднятими робочими органами без спеціальних упорів.

У процесі збирання кукурудзи значну небезпеку становить підвищена запиленість повітря. Для захисту органів дихання працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту: респіратори, захисні окуляри та спецодяг. Рівень шуму в кабіні комбайна може досягати 80–85 дБ, тому необхідно забезпечити справність шумоізоляції кабіни.

Під час роботи у темний час доби комбайн повинен бути обладнаний справною системою зовнішнього освітлення, а місця вивантаження зерна мають додатково освітлюватися.

Для попередження нещасних випадків під час роботи збирально-транспортної ланки необхідно дотримуватись безпечної дистанції між комбайном і транспортними засобами. Вивантаження зерна дозволяється проводити лише після узгодження дій між водієм автомобіля та комбайнером.

Під час збирання кукурудзи існує підвищена пожежна небезпека через наявність сухих рослинних решток, пилу, високих температур поверхонь двигуна та можливих витоків паливно-мастильних матеріалів.

Кожний комбайн повинен бути забезпечений:

- двома порошковими вогнегасниками ємністю не менше 5 л;
- лопатою;
- протипожежним покривалом;
- ящиком з піском.

Не допускається накопичення пилу та рослинних решток на двигуні, випускному колекторі та інших нагрітих поверхнях машини. Очищення комбайна від пилу необхідно проводити щоденно після завершення зміни.

Заправлення паливом дозволяється лише при вимкненому двигуні на спеціально обладнаних майданчиках. Паління та використання відкритого вогню поблизу техніки категорично забороняється.

У разі виникнення пожежі необхідно негайно зупинити двигун, повідомити керівника робіт та вжити заходів щодо ліквідації загоряння первинними засобами пожежогасіння.

Одним із важливих завдань сучасного сільськогосподарського виробництва є мінімізація негативного впливу технологічних процесів на навколишнє середовище.

Під час збирання кукурудзи необхідно забезпечити:

- запобігання забрудненню ґрунту паливом та мастильними матеріалами;
- своєчасне усунення витоків технічних рідин;
- дотримання технологічних маршрутів руху техніки;
- раціональне використання рослинних решток.

Для зменшення ущільнення ґрунту слід використовувати постійні технологічні колії та мінімізувати кількість проходів транспортних засобів по полю. Особливо це актуально в умовах підвищеної вологості ґрунту.

Листостеблова маса кукурудзи після подрібнення може використовуватись як органічне добриво або сировина для виробництва біогазу. Таке використання рослинних решток сприяє підвищенню родючості ґрунту та зменшенню кількості відходів.

Дотримання вимог охорони праці під час збирання кукурудзи на зерно забезпечує безпечні умови праці механізаторів, попереджає виникнення виробничого травматизму та аварійних ситуацій. Запропоновані заходи пожежної безпеки дозволяють знизити ризик загоряння техніки та рослинних решток у період проведення збиральних робіт.

Виконання природоохоронних заходів сприяє зменшенню негативного впливу сільськогосподарської техніки на навколишнє середовище, збереженню родючості ґрунтів та раціональному використанню рослинних решток. Реалізація зазначених заходів забезпечує безпечне та екологічно відповідальне виконання технологічного процесу збирання кукурудзи на зерно.

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ УДОСКОНАЛЕНОГО КОМБАЙНА

У господарстві збирання кукурудзи на зерно виконується комбайном СК-5 «Нива», обладнаним кукурудзяною приставкою ППК-4. Запропонована модернізація молотильного апарата спрямована на підвищення продуктивності комбайна, зменшення втрат зерна та покращення техніко-економічних показників збирального процесу.

Ефективність впровадження конструктивних удосконалень визначається насамперед можливістю скорочення трудових і матеріальних витрат, зменшення собівартості виконання технологічної операції та отримання додаткового економічного ефекту.

За результатами технологічних розрахунків продуктивність базового агрегату становить: $W_{\text{чб}} = 1,12$ га/год.

Після встановлення модернізованого молотильного барабана продуктивність збирального агрегату зростає до: $W_{\text{чм}} = 1,32$ га/год.

Таким чином, приріст продуктивності складає:

$$\Delta W = ((1,32 - 1,12)/1,12) \cdot 100 = 17,9 \, \%$$

Зменшення трудомісткості виконання збиральних робіт визначається через питомі витрати праці на одиницю площі.

Трудомісткість виконання робіт розраховується за формулою:

$$H = n / W_{\text{ч}},$$

де H – трудомісткість виконання робіт, люд.-год/га; n – кількість працівників, що обслуговують агрегат; $W_{\text{ч}}$ – продуктивність агрегату, га/год.

Для базового варіанта: $H_{\text{б}} = 1 / 1,12 = 0,89$ люд.-год/га.

Для модернізованого варіанта: $H_{\text{м}} = 1 / 1,32 = 0,76$ люд.-год/га.

Отже, зниження трудомісткості становить:

$$\Delta H = ((0,89 - 0,76)/0,89) \cdot 100 = 14,6 \, \%$$

За умови сезонного навантаження комбайна 160 га економія трудових ресурсів складе:

$$E_T = (0,89 - 0,76) \cdot 160 = 20,8 \text{ люд.-год.}$$

Підвищення продуктивності праці визначається як відношення продуктивності модернізованого агрегату до базового:

$$K_{\pi} = 1,32 / 1,12 = 1,18.$$

Таким чином, продуктивність праці механізатора збільшується майже у 1,2 рази, що підтверджує доцільність впровадження запропонованого технічного рішення.

Важливим показником ефективності модернізації є скорочення експлуатаційних витрат. У структурі витрат основну частку займають оплата праці, амортизаційні відрахування, витрати на технічне обслуговування та ремонт, а також паливно-мастильні матеріали.

За сучасних умов вартість дизельного палива приймається на рівні 60 грн/л, а середня погодинна тарифна ставка механізатора — 200 грн/год.

Витрати на паливо для базового варіанта становлять: 18,6 кг/га, а для модернізованого: 16,5 кг/га.

Це забезпечує зниження витрат пального приблизно на 11,3 % та відповідне скорочення собівартості виконання збиральних робіт.

Загальні витрати на виготовлення та встановлення модернізованого барабана включають вартість металопрокату, зварювальних матеріалів, механічної обробки деталей, заробітну плату працівників та транспортно-заготівельні витрати.

За результатами розрахунків орієнтовна вартість модернізації становить: $K_M = 35\,000$ грн.

Враховуючи підвищення продуктивності комбайна, скорочення витрат пального та зниження трудомісткості робіт, очікуваний річний економічний ефект від впровадження модернізованого молотильного апарата становить: $E_p = 95\text{--}120$ тис. грн на рік.

Строк окупності капіталовкладень визначається співвідношенням вартості модернізації та отриманого економічного ефекту:

$$T_{ок} = K_M / E_p = 35\,000 / 100\,000 = 0,35 \text{ року.}$$

Отже, витрати на модернізацію окупаються менш ніж за один виробничий сезон.

Таблиця 6.1 – Узагальнені техніко-економічні показники використання модернізованого комбайна під час збирання кукурудзи на зерно

Показник	Базовий варіант (СК-5 «Нива-»)	Модер- нізований комбайн	Відхи- лення
Продуктивність агрегату, га/год	1,12	1,32	+0,20
Трудомісткість, люд.-год/га	0,89	0,76	-0,13
Продуктивність праці, га/люд.-год	1,12	1,32	+0,20
Витрати палива, кг/га	18,6	16,5	-2,1
Витрати палива, л/га	22,1	19,6	-2,5
Вартість палива, грн/га (60 грн/л)	1326	1176	-150
Оплата праці, грн/га	223	190	-33
Витрати на ТО і ремонт, грн/га	620	545	-75
Амортизаційні відрахування, грн/га	580	510	-70
Загальні експлуатаційні витрати, грн/га	2749	2421	-328
Приведені витрати, грн/га	3150	2760	-390
Сезонна економія коштів (160 га), грн	—	—	62 400
Витрати на модернізацію, грн	—	35 000	—
Строк окупності, років	—	0,35	—

Проведені розрахунки свідчать, що модернізація молотильного апарата комбайна СК-5 «Нива» є економічно доцільною та забезпечує підвищення ефективності збирання кукурудзи на зерно за рахунок збільшення продуктивності агрегату, зменшення витрат праці та скорочення експлуатаційних витрат.

ВИСНОВКИ

1. Кукурудза є однією з провідних зернових культур України, що має важливе продовольче, кормове та експортне значення. У 2022–2025 роках площі її посіву становили близько 4,0–4,2 млн га, а врожайність коливалася в межах 6,3–7,8 т/га. Встановлено, що ефективність виробництва значною мірою залежить від технології збирання. Порушення строків збирання та незадовільний технічний стан комбайнів можуть спричиняти втрати зерна на рівні 5–15 %. Найкращі результати досягаються при збиранні за вологості зерна 28–32 % і швидкості руху комбайна 5–7 км/год. Аналіз сучасних зернозбиральних комбайнів показав, що високі показники продуктивності забезпечують роторні та гібридні молотильно-сепарувальні системи. Для невеликих господарств найбільш доцільним є використання модернізованих комбайнів середнього класу, які дозволяють підвищити ефективність збирання без значних капітальних витрат.

2. У результаті розробки плану механізованих робіт обґрунтовано склад машинно-тракторних агрегатів та визначено основні техніко-експлуатаційні показники їх роботи. Для площі 300 га загальні витрати палива становлять 19,5 тис. л, а трудові витрати – 1167 люд.-год при врожайності 8,0 т/га. Встановлено, що найбільш енергоємними є операції оранки та збирання врожаю, а найбільш трудомісткою – робота збирально-транспортної ланки. Розроблений план забезпечує своєчасне виконання технологічних операцій та ефективне використання техніки. Проведений аналіз підтвердив, що основним резервом підвищення ефективності виробництва є удосконалення процесу збирання та підвищення продуктивності зернозбирального комбайна.

3. У результаті виконаних досліджень запропоновано модернізацію молотильного апарата комбайна шляхом встановлення барабана з криволінійною поверхнею та гладкими прутками. Така конструкція покращує процес обмолоту, зменшує ударні навантаження та підвищує якість збирання кукурудзи. Розрахунки показали, що для забезпечення міцності конструкції прийнято діаметр прутка 24 мм та шпонку розміром 18×11×70 мм. Запропонована модернізація дозволяє

підвищити продуктивність комбайна на 12–15 %, зменшити пошкодження зерна та збільшити ресурс роботи молотильного апарата.

4. Розроблена операційна технологія забезпечує виконання агротехнічних вимог до збирання кукурудзи, зменшення втрат зерна, підвищення продуктивності збирального агрегату та більш повне використання можливостей модернізованого молотильного апарата комбайна. Це створює передумови для підвищення економічної ефективності виробництва кукурудзи на зерно та скорочення витрат на проведення збиральних робіт.

5. Під час виконання робіт зі збирання кукурудзи на зерно особливе значення має дотримання вимог охорони праці, пожежної безпеки та захисту навколишнього середовища. Реалізація передбачених заходів забезпечує безпечні умови праці механізаторів, знижує ризик виробничого травматизму та аварійних ситуацій під час експлуатації збиральної техніки. Виконання вимог пожежної безпеки, своєчасне технічне обслуговування машин і контроль їх технічного стану сприяють запобіганню загорянням та підвищують надійність роботи агрегатів. Запропоновані природоохоронні заходи дозволяють зменшити негативний вплив технологічного процесу на довкілля, забезпечити раціональне використання ресурсів і збереження родючості ґрунтів. Отже, дотримання вимог охорони праці та екологічної безпеки є необхідною умовою ефективного й безпечного виконання технологічного процесу збирання кукурудзи на зерно.

6. Результати розрахунків підтверджують ефективність модернізації молотильного апарата комбайна СК-5 «Нива». Продуктивність агрегату зросла з 1,12 до 1,32 га/год (на 17,9 %), а трудомісткість робіт зменшилася з 0,89 до 0,76 люд.-год/га. Витрати палива скоротилися на 2,1 кг/га, що дозволило знизити експлуатаційні витрати на 328 грн/га, а приведені витрати — на 390 грн/га. За сезонного навантаження 160 га економія коштів становить 62,4 тис. грн, тоді як витрати на модернізацію складають 35 тис. грн. Строк окупності становить лише 0,35 року, що підтверджує економічну доцільність впровадження запропонованого технічного рішення.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Адамчук В. В. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва. Київ : Аграрна наука, 2020. 416 с.
2. Алієв Е. Б. Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва : підручник. Київ : Аграрна наука, 2023. 340 с.
3. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. Київ : Вища освіта, 2020. 464 с.
4. Гетман Н. Я., Браніцький Ю. Ю. Продуктивність різностиглих гібридів кукурудзи залежно від удобрення. Сільське господарство та лісівництво. 2022. № 2(25). С. 68–82.
5. Дідур І. М., Телеватюк Б. І. Вплив норми висіву насіння та оптимізації системи удобрення на формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу. Сільське господарство та лісівництво. 2022. № 2(25). С. 14–23.
6. Забарна Т. А. Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах НДГ «Агрономічне» ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2022. № 3(26). С. 114–124.
7. Калетнік Г. М., Паламарчук В. Д., Гончарук І. В., Ємчик Т. В., Телекало Н. В. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій : монографія. Вінниця : ФОП Кушнір Ю. В., 2021. 260 с.
8. Кобець А. С. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Дніпро, 2019. 84 с.
9. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О. Динаміка машин. Київ : Компрінт, 2020. 240 с.
10. Логоша Р. В., Паламарчук В. Д., Кричковський В. Ю. Економічна та біоенергетична ефективність використання дигестату біогазових станцій при вирощуванні сільськогосподарських культур. Бізнес Інформ. 2022. № 9. С. 40–52.

11. Мазур В. А., Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Паламарчук О. Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця : ФОП Рогальська І. О., 2017. 588 с.
12. Окрушко С. Е. Контроль чисельності бур'янів у посівах кукурудзи. Сільське господарство та лісівництво. 2019. № 3(14). С. 163–171.
13. Окрушко С. Е. Оцінка впливу гербіцидів та зеастимуліну на забур'яненість та урожайність кукурудзи. Сільське господарство та лісівництво. 2020. № 2(17). С. 95–105.
14. Окрушко С. Е. Impact of herbicides and growth regulator on corn yield. Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 2(21). С. 192–205.
15. Паламарчук В. Д. Вплив строків сівби на лінійні розміри рослин гібридів зернової кукурудзи. Наукові горизонти. 2018. № 2(65). С. 35–41.
16. Паламарчук В. Д. Вплив строків сівби на площу листової поверхні гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агрономія. 2018. № 22(1). С. 290–299.
17. Паламарчук В. Д. Економічна оцінка гібридів кукурудзи залежно від позакоренових підживлень. Сільське господарство та лісівництво. 2019. № 1(12). С. 18–27.
18. Паламарчук В. Д., Демчук Б. С. Роль позакоренових підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 1(20). С. 60–76.
19. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій : монографія. Вінниця : ТОВ «Друк», 2022. 372 с.
20. Паламарчук В. Д., Дідур І. М., Колісник О. М., Алексєєв О. О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу : монографія. Вінниця : ТОВ «Друк», 2020. 536 с.

21. Паламарчук В. Д., Доронін В. А., Колісник О. М., Алексєєв О. О. Основи насіннєзнавства (теорія, методологія, практика) : монографія. Вінниця : ТОВ «Друк», 2022. 392 с.
22. Роговський І. Л., Семеновський О. Є. Техніко-технологічні процеси сільськогосподарського машинобудування. Київ : АграрМедіаГруп, 2018. 328 с.
23. Шейченко В. О. Теорія і розрахунок апаратів для підбирання та обертання. Ніжин : ПП Лисенко М. М., 2020. 240 с.
24. Шинкарук В., Табакарь Р., Поліщук М., Мельник В. Стан та перспективи виробництва кукурудзи в Молдові. Сільське господарство та лісівництво. 2019. № 4(15). С. 232–241.

ДОДАТКИ

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

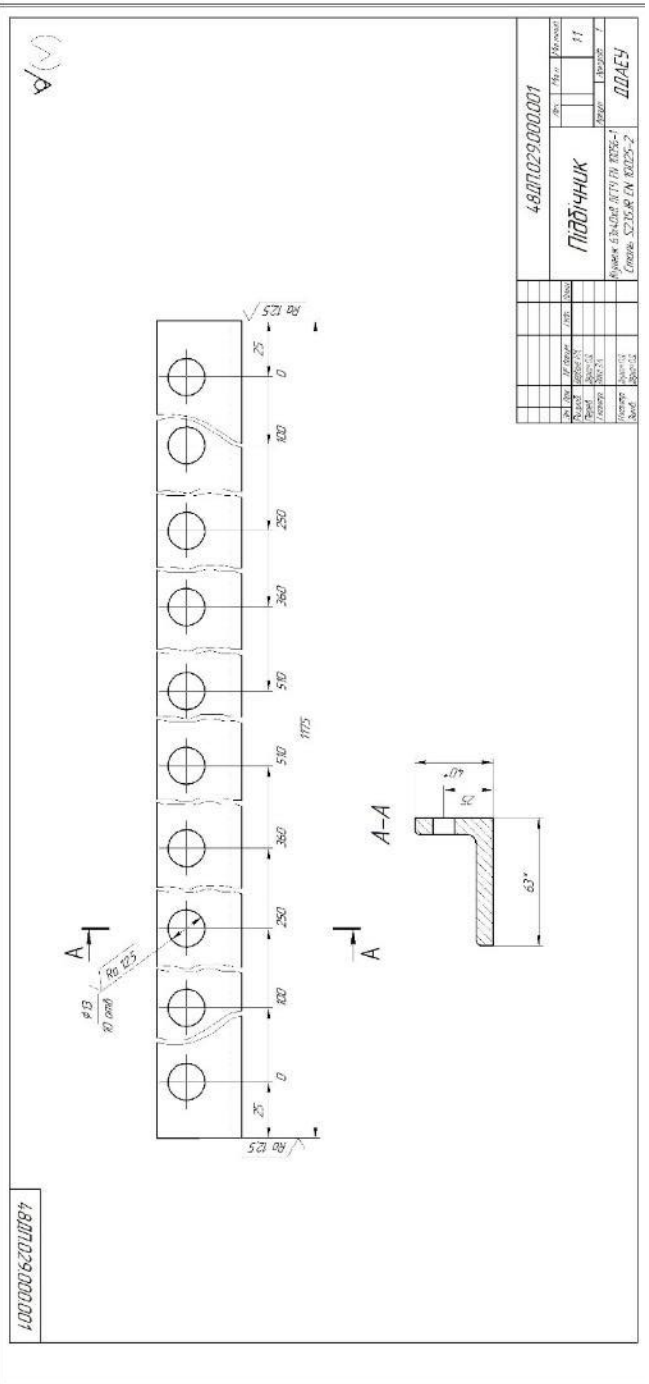
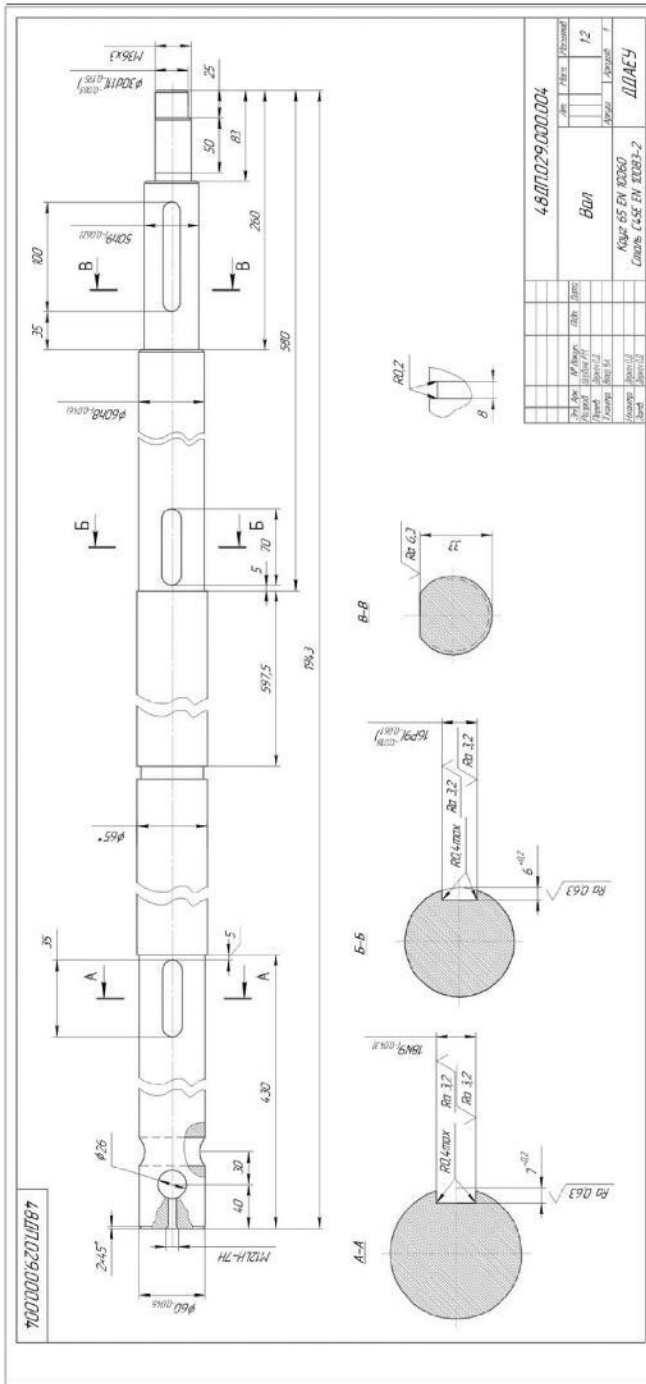
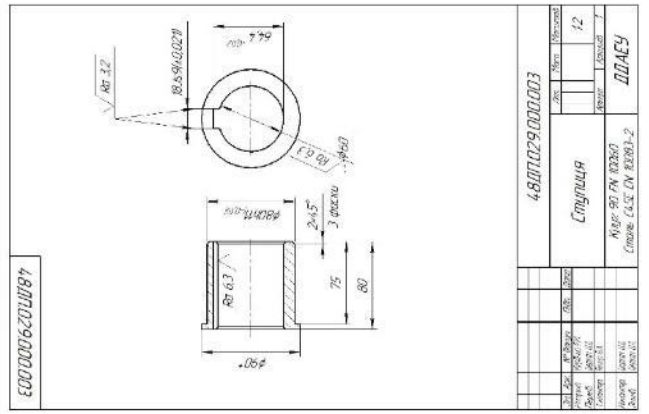
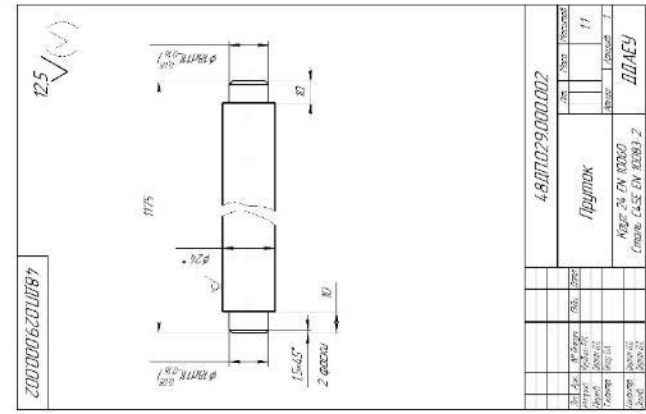
Проект використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно з удосконаленням роботи збирально-транспортної ланки

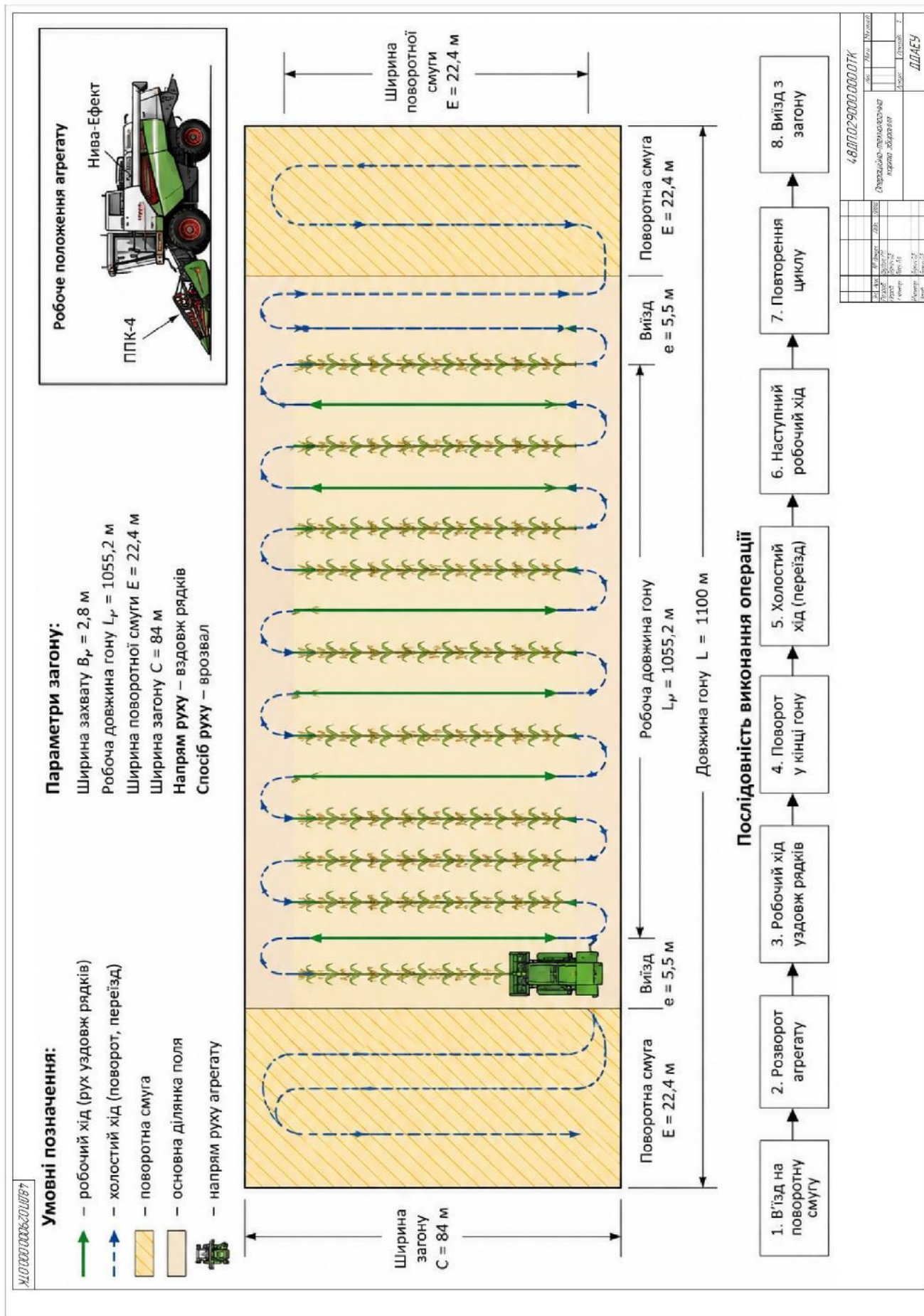
Демонстраційний матеріал до дипломного проекту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-3-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»
Щербина Роман Миколайович

Керівники: к.т.н., доц.
Деркач Олексій Дмитрович
асистент
Вітер Віталій Андрійович

Дніпро, 2026





Показник	Базовий варіант (СК-5 «Нива-»)	Модернізований комбайн	Відхилення
Продуктивність агрегату, га/год	1,12	1,32	+0,20
Трудомісткість, люд.-год/га	0,89	0,76	-0,13
Продуктивність праці, га/люд.-год	1,12	1,32	+0,20
Витрати палива, кг/га	18,6	16,5	-2,1
Витрати палива, л/га	22,1	19,6	-2,5
Вартість палива, грн/га (60 грн/л)	1326	1176	-150
Оплата праці, грн/га	223	190	-33
Витрати на ТО і ремонт, грн/га	620	545	-75
Амортизаційні відрахування, грн/га	580	510	-70
Загальні експлуатаційні витрати, грн/га	2749	2421	-328
Приведені витрати, грн/га	3150	2760	-390
Сезонна економія коштів (160 га), грн	—	—	62 400
Витрати на модернізацію, грн	—	35 000	—
Строк окупності, років	—	0,35	—

[illegible]