

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 проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення використання техніки при вирощуванні кукурудзи з
розробкою комбінованого агрегату**

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

_____ Хорольський Юрій Юрійович

Керівник: _____ Макаренко Дмитро Олександрович

Рецензент: _____

Дніпро – 2026

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

Хорольський Юрій Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення використання техніки при вирощуванні кукурудзи з розробкою комбінованого агрегату

керівник проєкту Макаренко Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент

(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 Статистичні дані щодо динаміки обсягів посівів та врожайно сільськогосподарських культур в Україні. Огляд стану питання в галузі рослинництва та існуючих засобів обробітку ґрунту. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Стан вирощування кукурудзи в Україні та вплив обробітку ґрунту на її врожайність. 2. Розробка плану механізованих робіт виробництва кукурудзи. 3. Удосконалення конструкції комбінованого агрегату для обробітку ґрунту. 4. Розробка операційно-технологічної карти обробітку ґрунту. 5. Охорона праці та захист навколишнього середовища 5. Техніко-економічні показники комбінованого агрегату. Висновки та пропозиції. Література.

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

1. Аналіз вирощування кукурудзи (А1) 2. План механізованих робіт вирощування кукурудзи (А1) 3. Агрегат ґрунтообробний комбінований (вид загальний) (А1). 4. Батарея дискова задня (А1) 5. Вісь (А4). 6. Плита (А4) 7. Ребро (А4). 8. Кронштейн (А4). 9. Ресора (А3). 10. Диск (А3). 11. Операційно-технологічна карта обробітку (А1) 12. Техніко-економічні показники (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Макаренко Д. О., доцент	05.05.2026	12.06.2026
нормоконтроль	Макаренко Д. О., доцент	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 кукурудзи	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)

Хорольський Ю. Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Макаренко Д. О.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Хорольський Ю. Ю. Удосконалення використання техніки при вирощуванні кукурудзи з розробкою комбінованого агрегату / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Метою роботи є удосконалення використання техніки при вирощуванні кукурудзи шляхом розробки комбінованого агрегату для виконання комплексу технологічних операцій із підвищенням ефективності використання енергетичних та матеріальних ресурсів.

У дипломному проєкті розглянуто сучасний стан вирощування кукурудзи в Україні та досліджено вплив систем обробітку ґрунту на формування врожайності культури. Проведено аналіз посівних площ, урожайності та сучасних технологій обробітку ґрунту, а також виконано огляд конструкцій комбінованих ґрунтообробних агрегатів. Обґрунтовано комплекс механізованих технологічних операцій при вирощуванні кукурудзи та розроблено план механізованих робіт.

У роботі запропоновано удосконалення конструкції комбінованого агрегату для обробітку ґрунту шляхом модернізації дискової батареї з індивідуальним кріпленням дисків. Виконано розрахунок технологічних і конструктивних параметрів дискової батареї, визначено експлуатаційні показники агрегату та розроблено операційно-технологічну карту виконання робіт.

Проведено оцінку умов охорони праці та заходів захисту навколишнього середовища під час виконання ґрунтообробних операцій. Виконані техніко-економічні розрахунки підтвердили ефективність запропонованого удосконалення, що забезпечує підвищення продуктивності агрегату, зниження витрат пального та скорочення експлуатаційних витрат.

Ключові слова: кукурудза, обробіток ґрунту, комбінований агрегат, дискова батарея, механізація, продуктивність, ґрунтообробна машина, технологія вирощування.

Зміст

ВСТУП.....	7
1 СТАН ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ В УКРАЇНІ ТА ВПЛИВ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ НА ЇЇ ВРОЖАЙНІСТЬ.....	10
1.1 Аналіз посівних площ та рівня врожайності кукурудзи.....	10
1.2 Вплив обробітку ґрунту на врожайність кукурудзи.....	14
1.3 Агрономічні вимоги до систем обробітку ґрунту.....	19
1.3 Огляд конструкцій комбінованих агрегатів для обробітку ґрунту.....	22
1.4 Висновки з розділу.....	27
2 РОЗРОБКА ПЛАНУ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗИ.....	29
2.1 Обґрунтування комплексу основних технологічних операцій при виращуванні кукурудзи.....	29
2.2 Обґрунтування та розрахунок елементів технології виращування кукурудзи.....	33
2.3 Висновки з розділу.....	38
3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ.....	39
3.1 Технічне обґрунтування удосконалення комбінованого агрегату для обробітку ґрунту.....	39
3.2 Розрахунок технологічних параметрів дискової батареї.....	43
3.3 Розрахунок конструктивних параметрів дискової батареї.....	46
3.4 Висновки з розділу.....	50
4 РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ.....	52
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	57
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ.....	60
ВИСНОВКИ	64
БІБЛІОГРАФІЯ	66
ДОДАТКИ	69

ВСТУП

Сучасний розвиток агропромислового комплексу України характеризується необхідністю підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції, зниження енергетичних і матеріальних витрат, а також впровадження інноваційних технологічних рішень у виробничі процеси. Однією з найважливіших сільськогосподарських культур, що має стратегічне значення для продовольчої безпеки держави та розвитку експортного потенціалу країни, є кукурудза. Вона широко використовується у харчовій промисловості, тваринництві, біоенергетиці та технічному виробництві. Завдяки високій урожайності, універсальності використання та стійкому попиту на світовому ринку, площі посівів кукурудзи в Україні щороку залишаються значними.

Разом із тим, ефективність вирощування кукурудзи значною мірою залежить від рівня механізації технологічних процесів, технічного забезпечення господарств та раціонального використання машинно-тракторного парку. В умовах постійного зростання вартості паливно-мастильних матеріалів, дефіциту трудових ресурсів і необхідності скорочення термінів виконання польових робіт особливої актуальності набуває питання удосконалення використання техніки під час вирощування кукурудзи. Важливим напрямом підвищення ефективності механізованих процесів є створення та впровадження комбінованих агрегатів, які дозволяють поєднувати декілька технологічних операцій за один прохід агрегату полем.

Застосування комбінованих агрегатів забезпечує зменшення кількості проходів техніки по полю, що сприяє зниженню ущільнення ґрунту, скороченню витрат пального, підвищенню продуктивності праці та зменшенню експлуатаційних витрат. Крім того, поєднання декількох операцій в одному технологічному циклі дозволяє оптимізувати строки проведення агротехнічних заходів, що позитивно впливає на ріст і розвиток рослин кукурудзи та кінцеву врожайність культури.

Особливої уваги потребує вдосконалення технічних засобів для передпосівного обробітку ґрунту, внесення добрив, сівби та догляду за посівами кукурудзи. У більшості господарств технологічні операції виконуються окремими машинами, що призводить до збільшення витрат часу, енергії та фінансових ресурсів. За таких умов виникає необхідність у створенні сучасних комбінованих агрегатів, здатних забезпечити високу якість виконання робіт та відповідати вимогам ресурсозбереження.

На сьогодні значна кількість наукових досліджень присвячена питанням удосконалення технологій вирощування кукурудзи та підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки. Вагомий внесок у розвиток механізації аграрного виробництва зробили вітчизняні та зарубіжні вчені, які досліджували питання енергозбереження, оптимізації параметрів машинно-тракторних агрегатів, удосконалення ґрунтообробних і посівних машин, а також створення комбінованих технічних засобів. Однак, незважаючи на значну кількість досліджень, проблема комплексного удосконалення використання техніки при вирощуванні кукурудзи залишається актуальною, особливо в умовах сучасного аграрного виробництва та необхідності адаптації технологій до різних ґрунтово-кліматичних умов.

Одним із перспективних напрямів вирішення зазначеної проблеми є розробка комбінованого агрегату, який дозволить одночасно виконувати декілька технологічних операцій із забезпеченням високої якості обробітку ґрунту та підготовки посівного ложа. Такий підхід сприятиме скороченню енергетичних витрат, підвищенню коефіцієнта використання техніки та ефективності виробництва кукурудзи в цілому.

Актуальність теми полягає у необхідності вдосконалення механізованих технологічних процесів вирощування кукурудзи шляхом розробки та обґрунтування параметрів комбінованого агрегату, який забезпечить зменшення витрат ресурсів і підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва. Реалізація даного напрямку дозволить підвищити техніко-економічні показники роботи машинно-тракторних агрегатів, покращити якість

виконання технологічних операцій та забезпечити стабільне отримання високих урожаїв кукурудзи.

Метою роботи є удосконалення використання техніки при вирощуванні кукурудзи шляхом розробки комбінованого агрегату для виконання комплексу технологічних операцій із підвищенням ефективності використання енергетичних та матеріальних ресурсів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **основні завдання**:

- проаналізувати сучасний стан вирощування кукурудзи та вплив обробітку ґрунту на її врожайність;
- обґрунтувати комплекс технологічних операцій і розробити план механізованих робіт;
- удосконалити конструкцію комбінованого ґрунтообробного агрегату;
- виконати розрахунок технологічних, конструктивних та експлуатаційних параметрів агрегату;
- провести техніко-економічне обґрунтування ефективності запропонованого технічного рішення.

Об'єктом дослідження є процес механізованого вирощування кукурудзи із застосуванням комбінованих машинно-тракторних агрегатів.

Предметом дослідження є конструктивно-технологічні параметри комбінованого агрегату та показники ефективності його використання при вирощуванні кукурудзи.

Таким чином, удосконалення використання техніки при вирощуванні кукурудзи шляхом розробки комбінованого агрегату є важливим і перспективним напрямом розвитку механізації сільськогосподарського виробництва, що має вагоме наукове та практичне значення для агропромислового комплексу України.

1 СТАН ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ В УКРАЇНІ ТА ВПЛИВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ЇЇ ВРОЖАЙНІСТЬ

1.1 Аналіз посівних площ та рівня врожайності кукурудзи

Кукурудза є однією з найдавніших і найпоширеніших зернових культур у світовому землеробстві. На сьогодні її вирощують більш ніж у 160 країнах світу, а за обсягами виробництва та універсальністю використання вона займає провідні позиції серед усіх зернових культур. Висока врожайність, здатність адаптуватися до різних ґрунтово-кліматичних умов, значний генетичний потенціал сучасних гібридів та широкий спектр використання роблять кукурудзу стратегічно важливою культурою для забезпечення світової продовольчої безпеки. За обсягами валового виробництва зерна кукурудза випереджає багато інших зернових культур і є важливим компонентом аграрної економіки багатьох країн світу.

Упродовж останніх десятиліть світове виробництво кукурудзи демонструє стабільну тенденцію до зростання. Це пояснюється постійним збільшенням попиту на зерно кукурудзи у продовольчій, кормовій, енергетичній та промисловій сферах. Практично всі частини рослини кукурудзи знаходять широке застосування у виробництві. Зерно використовують для виготовлення борошна, круп, крохмалю, сиропів, спирту та біоетанолу. У тваринництві й птахівництві кукурудза є одним із найцінніших висококалорійних кормів. Крім того, культура активно використовується у виробництві біогазу, біопалива, органічних добрив, а також як сировина для хімічної, фармацевтичної та косметичної промисловості. Із стебел, листя та обгорток качанів виготовляють папір, картон, ізоляційні матеріали та синтетичні волокна.

Особливу цінність мають продукти переробки кукурудзи. Зокрема, кукурудзяна олія використовується у виробництві харчових продуктів, лакофарбових матеріалів, мила та мастильних матеріалів. Крохмаль застосовується у текстильній, паперовій, медичній та харчовій галузях. Також із

кукурудзи виробляють пластмаси, клеї, будівельні матеріали та інші промислові товари. Завдяки своїй універсальності кукурудза залишається однією з найперспективніших культур сучасного аграрного виробництва.

Світовими лідерами з виробництва зерна кукурудзи традиційно є Сполучені Штати Америки, Європейський Союз, Китай, Бразилія та Аргентина. Найбільшими експортерами кукурудзи на світовому ринку залишаються США, Бразилія та Аргентина, тоді як Китай і країни ЄС значну частину продукції використовують для внутрішніх потреб. За останні роки обсяги світового виробництва кукурудзи перевищили 1,2 млрд т, що свідчить про стратегічне значення цієї культури у глобальному аграрному секторі.

Важливе значення кукурудза має і в агротехнологічному аспекті. Завдяки інтенсивному росту та потужній кореневій системі вона сприяє покращенню структури ґрунту, зменшенню забур'яненості полів та є добрим попередником для багатьох сільськогосподарських культур у сівозміні. Крім того, кукурудза характеризується високою фотосинтетичною активністю та здатністю ефективно поглинати вуглекислий газ із атмосфери. Науковими дослідженнями доведено, що за інтенсивністю поглинання CO₂ та виділення кисню кукурудза перевищує багато інших культурних рослин.

Однією з головних умов отримання високих урожаїв кукурудзи є забезпечення рослин достатньою кількістю тепла, вологи та поживних речовин, а також дотримання сучасних технологій вирощування. Урожайність культури суттєво залежить від ґрунтово-кліматичних умов, рівня агротехніки та використання високопродуктивних гібридів. У різних країнах світу врожайність кукурудзи може коливатися від 2,5–3,0 т/га у посушливих регіонах до 20–25 т/га в умовах інтенсивного зрошення та застосування сучасних технологій. В Україні середня врожайність кукурудзи у зоні недостатнього зволоження становить близько 5,5–6,5 т/га, тоді як у Лісостепу та за використання зрошення показники можуть перевищувати 12–15 т/га. Світовий рекорд урожайності кукурудзи був встановлений американським фермером David Hula у штаті Вірджинія та склав понад 41 т/га.

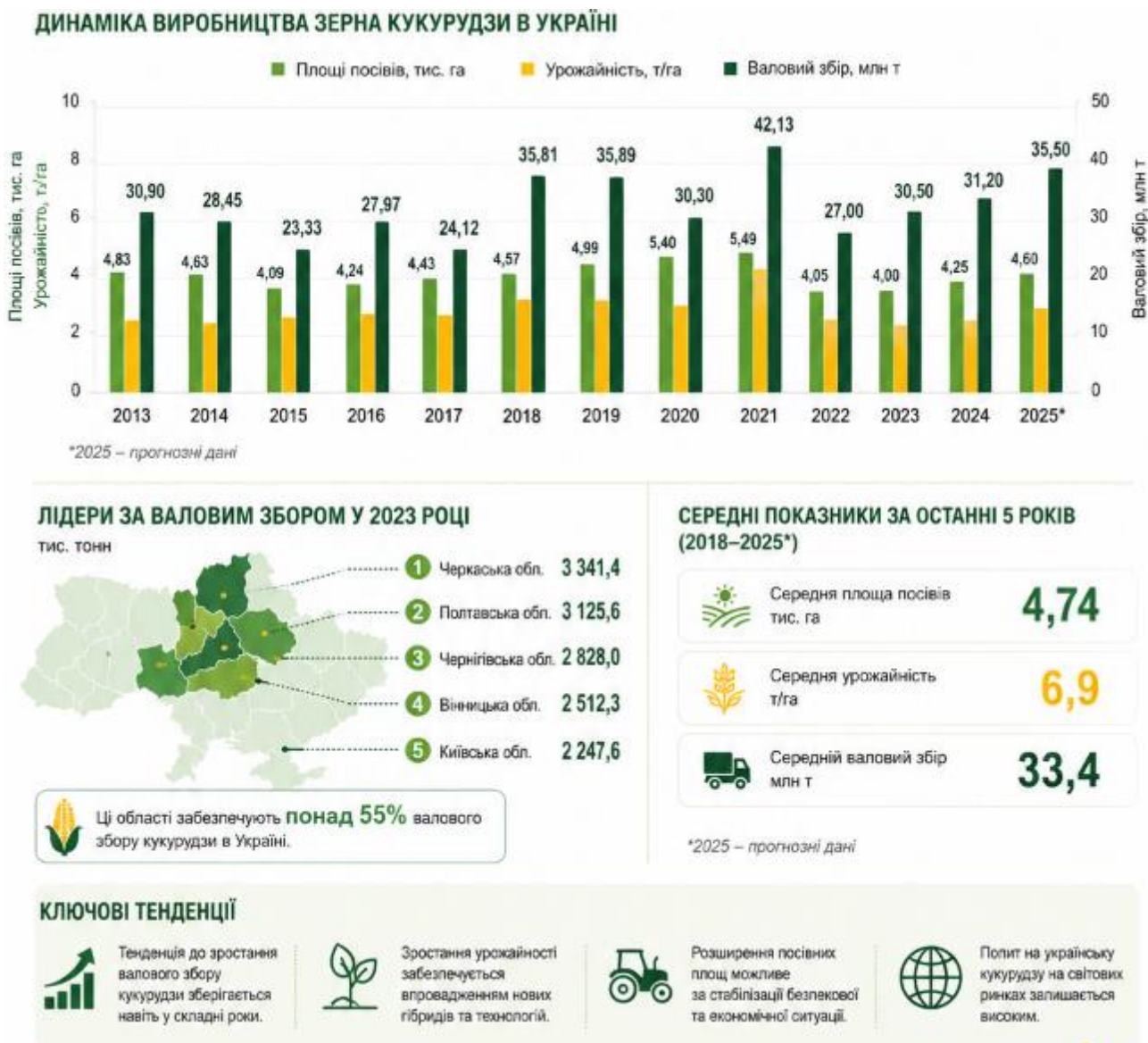


Рисунок 1.1 – Стан виробництва кукурудзи в аграрному секторі України

За даними міжнародних статистичних організацій, площі посівів кукурудзи у світі постійно зростають. Якщо у 1970 році під цією культурою було зайнято близько 113 млн га, то у 2024–2025 роках світові посівні площі перевищили 200 млн га. Одночасно зростає і середня врожайність культури завдяки використанню високопродуктивних гібридів, сучасної техніки, систем удобрення та засобів захисту рослин. Основними напрямками використання зерна кукурудзи у світі залишаються кормові потреби – близько 60–65 %, продовольчі цілі – 20 %, та технічна переробка – до 20 %.

Для України кукурудза є однією з провідних зернових культур і має важливе економічне та експортне значення. Вирощування кукурудзи забезпечує

значні валютні надходження та є важливою складовою продовольчої й кормової безпеки держави. Незважаючи на складні економічні умови та наслідки військових дій, аграрний сектор України продовжує демонструвати високий потенціал розвитку. Кукурудза залишається однією з найбільш рентабельних культур, що стимулює аграріїв до впровадження сучасних технологій її вирощування.

Упродовж останніх років виробництво кукурудзи в Україні характеризувалося певними коливаннями, що були пов'язані з погодними умовами, логістичними труднощами, змінами цін на ресурси та наслідками воєнних дій. Якщо у 2021 році валовий збір кукурудзи перевищив 42 млн т, то у 2022 році через зменшення площ посіву та складні умови збирання виробництво скоротилося до близько 27 млн т. Проте вже у 2023 році ситуація частково стабілізувалася, а валовий збір зріс до понад 30 млн т.

У 2024 році в Україні спостерігалось поступове відновлення посівних площ під кукурудзою. За попередніми статистичними оцінками, площа посівів становила близько 4,2–4,4 млн га, а валовий збір зерна перевищив 31 млн т при середній урожайності близько 7,2 т/га. Найвищі показники виробництва традиційно були отримані у Полтавська область, Черкаська область, Вінницька область, Чернігівська область та Київська область.

У 2025 році прогнозується подальше зростання виробництва кукурудзи завдяки поступовій стабілізації аграрного ринку, розширенню використання сучасних гібридів та впровадженню енергоощадних технологій вирощування. Очікується, що посівні площі під кукурудзою можуть перевищити 4,5 млн га, а валовий збір зерна становитиме понад 35 млн т за сприятливих погодних умов. Значну увагу аграрії приділяють удосконаленню технологій механізованого вирощування, використанню комбінованих агрегатів та мінімізації витрат на виконання польових робіт.

Незважаючи на складні умови функціонування аграрного сектору, кукурудза продовжує залишатися однією з найбільш перспективних і економічно вигідних культур в Україні. Підвищення ефективності її

виробництва безпосередньо пов'язане із впровадженням сучасних технологій, удосконаленням систем механізації та раціональним використанням технічних засобів. Саме тому актуальним напрямом є розробка нових комбінованих агрегатів і вдосконалення використання сільськогосподарської техніки при вирощуванні кукурудзи, що дозволить знизити енергетичні витрати, скоротити строки виконання технологічних операцій та підвищити ефективність аграрного виробництва.

1.2 Вплив обробітку ґрунту на врожайність кукурудзи

Обробіток ґрунту є одним із найважливіших елементів технології вирощування кукурудзи, оскільки саме від нього значною мірою залежать водно-повітряний режим ґрунту, накопичення та збереження вологи, рівень забур'яненості, активність ґрунтової мікрофлори, а також умови розвитку кореневої системи рослин. У сучасних умовах ведення сільського господарства питання вибору оптимальної системи обробітку ґрунту набуває особливої актуальності через зміни клімату, дефіцит вологи, підвищення вартості паливно-мастильних матеріалів та необхідність збереження родючості ґрунтів. Саме тому ефективність різних систем обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи є предметом численних наукових досліджень як в Україні, так і за кордоном.

Кукурудза характеризується високими вимогами до фізичного стану ґрунту, особливо на початкових етапах розвитку. Для формування потужної кореневої системи та забезпечення рівномірних сходів необхідні оптимальна щільність ґрунту, достатня аерація та наявність доступної вологи. Неправильно обраний спосіб обробітку може призвести до ущільнення орного шару, утворення плужної підшви, погіршення водопроникності та зниження врожайності культури. Водночас раціональний обробіток ґрунту сприяє покращенню структури ґрунту, активізації мікробіологічних процесів і створенню сприятливих умов для росту та розвитку рослин кукурудзи.

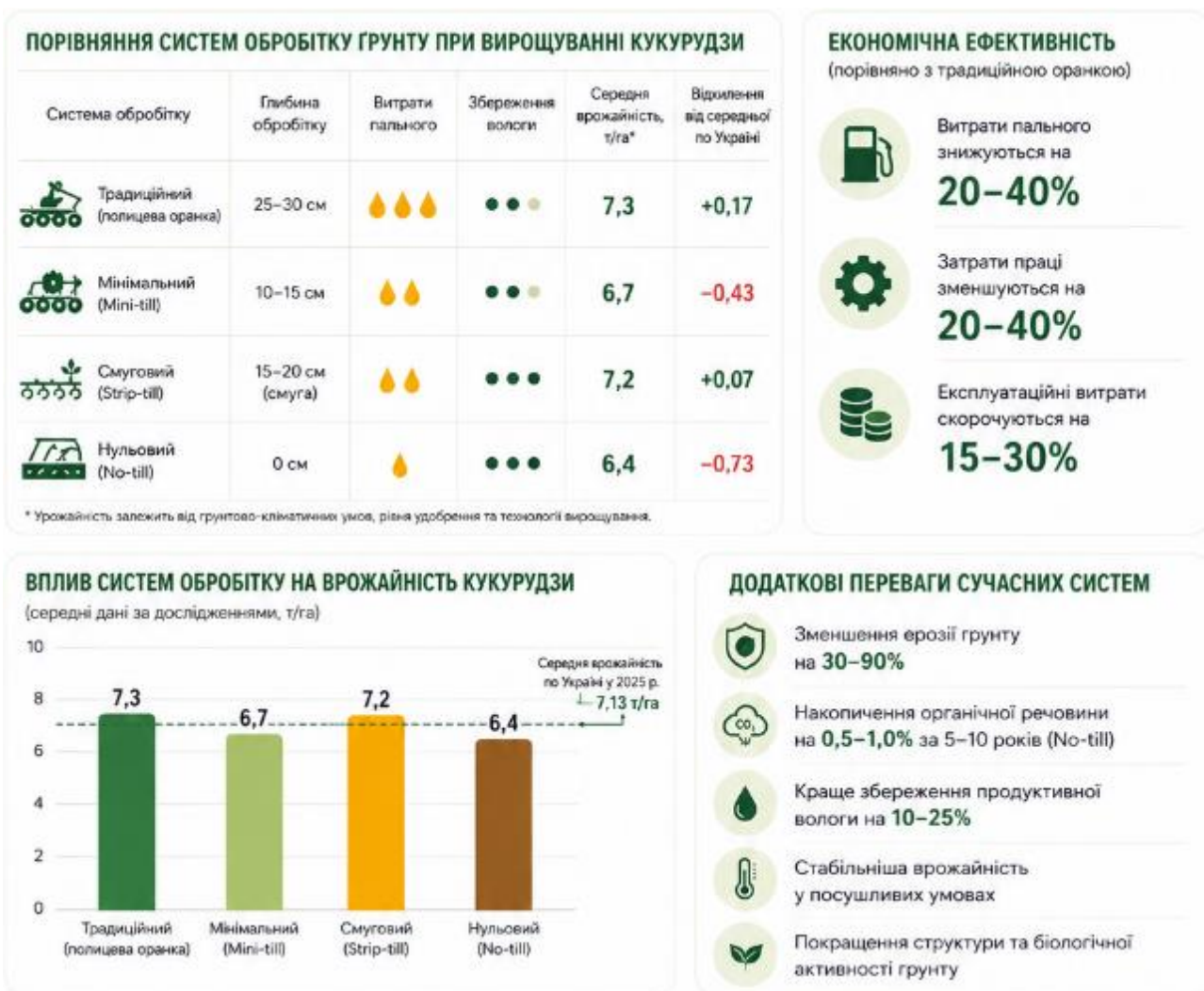


Рисунок 1.2 – Вплив обробітку ґрунту на врожайність кукурудзи

Традиційна система обробітку ґрунту, що базується на полицевій оранці, тривалий час залишалася основною технологією вирощування кукурудзи в Україні. Глибока оранка забезпечує розпушення орного шару, заробку рослинних решток і бур'янів, покращення аерації ґрунту та накопичення вологості у глибших горизонтах. За даними численних досліджень, саме традиційний обробіток у багатьох випадках забезпечує найвищі показники врожайності кукурудзи, особливо на важких чорноземних ґрунтах та за достатнього рівня зволоження. Встановлено, що використання глибокої оранки на 25–30 см дозволяє підвищити врожайність кукурудзи на 10–20 % порівняно з поверхневими системами обробітку.

Разом із тим інтенсивний механічний обробіток має і певні недоліки. Часте застосування полицевої оранки призводить до руйнування структури ґрунту, прискорення мінералізації гумусу, посилення водної та вітрової ерозії, а також значного збільшення витрат пального. Крім того, у посушливих умовах Степу традиційний обробіток сприяє надмірному випаровуванню вологи, що негативно впливає на продуктивність кукурудзи. Саме тому в останні десятиліття все більшого поширення набувають ґрунтозахисні та ресурсозберігаючі технології – Mini-till, Strip-till та No-till.

Мінімальний обробіток ґрунту (Mini-till) передбачає скорочення кількості механічних операцій та зменшення глибини обробітку. Найчастіше при цій технології використовують дискові борони, чизельні культиватори та комбіновані агрегати. Основною перевагою Mini-till є збереження рослинних решток на поверхні поля, що сприяє зменшенню випаровування вологи та захисту ґрунту від ерозії. Дослідження показують, що мінімальний обробіток дозволяє скоротити витрати пального на 20–30 % та зменшити енергетичні витрати при вирощуванні кукурудзи майже на третину. У посушливих регіонах України ця система часто забезпечує стабільніші врожаї порівняно з традиційною оранкою завдяки кращому збереженню ґрунтової вологи.

Водночас ефективність мінімального обробітку значною мірою залежить від типу ґрунту та погодних умов. На важких і перезвожених ґрунтах недостатнє розпушення може спричинити ущільнення орного шару та погіршення розвитку кореневої системи рослин. У перші роки переходу на Mini-till інколи спостерігається деяке зниження врожайності кукурудзи, однак у подальшому після стабілізації біологічної активності ґрунту продуктивність культури поступово зростає.

Однією з найбільш перспективних сучасних технологій є Strip-till – смуговий обробіток ґрунту, при якому обробляються лише вузькі смуги для висіву насіння, тоді як міжряддя залишаються необробленими та вкритими рослинними рештками. Така технологія поєднує переваги традиційного і мінімального обробітку. У зоні рядка створюються оптимальні умови для

проростання насіння та розвитку кореневої системи, а міжряддя забезпечують збереження вологи та захист ґрунту від ерозії.

За результатами досліджень встановлено, що застосування Strip-till при вирощуванні кукурудзи дозволяє скоротити витрати пального до 35–40 %, а затрати праці – майже на 40 %. При цьому врожайність культури або не знижується, або навіть перевищує показники традиційної технології на 5–10 %. Особливо ефективним Strip-till є в умовах недостатнього зволоження, де надзвичайно важливим фактором є накопичення та збереження продуктивної вологи в ґрунті.

Технологія No-till, або прямий посів без механічного обробітку ґрунту, є найбільш ресурсозберігаючою системою землеробства. При цій технології насіння висівають безпосередньо у необроблений ґрунт із залишками попередньої культури. Головною перевагою No-till є максимальне збереження структури ґрунту, накопичення органічної речовини, зменшення ерозійних процесів та значне скорочення витрат пального і технічних ресурсів.

У сучасних умовах зміни клімату технологія No-till набуває дедалі більшого значення, особливо в посушливих регіонах. Завдяки мульчувальному шару рослинних решток суттєво зменшується випаровування вологи, а також покращується водопроникність ґрунту. За даними практичних досліджень, у господарствах, що використовують No-till протягом 5–10 років, вміст органічної речовини у ґрунті може збільшуватись на 0,5–1,0 %, що позитивно впливає на врожайність кукурудзи.

Разом із тим технологія прямого посіву має певні особливості. У перші роки переходу на No-till нерідко спостерігається зниження врожайності кукурудзи на 5–15 %, що пояснюється зміною біологічних процесів у ґрунті, підвищенням щільності верхнього шару та складністю контролю бур'янів. Однак після стабілізації ґрунтової екосистеми та накопичення органічної речовини врожайність поступово вирівнюється і може перевищувати показники традиційної технології.

На врожайність кукурудзи значною мірою впливає також глибина основного обробітку ґрунту. За результатами досліджень встановлено, що на чорноземах оптимальною є глибина обробітку 25–30 см, яка забезпечує найкращий розвиток кореневої системи та ефективно накопичення вологи. При зменшенні глибини обробітку до 10–15 см у посушливих умовах урожайність може знижуватися на 8–12 %. Водночас на легких ґрунтах та в умовах достатнього зволоження поверхневий обробіток часто не поступається за ефективністю традиційній оранці.

Суттєве значення має і використання комбінованих агрегатів для обробітку ґрунту. Сучасні комбіновані машини дозволяють одночасно виконувати декілька технологічних операцій: розпушення, вирівнювання поверхні, подрібнення рослинних решток та внесення добрив. Це забезпечує зменшення кількості проходів техніки полем, скорочення ущільнення ґрунту та зниження витрат пального. Використання комбінованих агрегатів у технології вирощування кукурудзи дозволяє підвищити продуктивність праці на 20–30 % та знизити експлуатаційні витрати майже на чверть.

У сучасному землеробстві дедалі більшого значення набуває поєднання систем обробітку ґрунту з елементами точного землеробства. Використання GPS-навігації, автоматизованого керування агрегатами, диференційованого внесення добрив та систем моніторингу стану ґрунту дозволяє оптимізувати технологічні процеси та підвищити ефективність вирощування кукурудзи. Особливо актуальними ці підходи є в умовах зміни клімату та необхідності економії ресурсів.

Таким чином, система обробітку ґрунту є одним із ключових факторів формування врожайності кукурудзи. Традиційна оранка забезпечує високі показники продуктивності, однак супроводжується значними енергетичними витратами та ризиком деградації ґрунтів. Мінімальний, смуговий та нульовий обробітки сприяють збереженню родючості ґрунту, накопиченню вологи та зменшенню витрат ресурсів, однак потребують адаптації технологій до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Вибір оптимальної системи обробітку

має базуватись на комплексному врахуванні природних умов, рівня технічного забезпечення господарства та економічної ефективності виробництва. Саме раціональне поєднання сучасних систем обробітку ґрунту, високопродуктивної техніки та інноваційних технологій дозволить забезпечити стабільне підвищення врожайності кукурудзи та ефективності аграрного виробництва в цілому.

1.3 Агрономічні вимоги до систем обробітку ґрунту

Обробіток ґрунту необхідно здійснювати рівномірно на встановлену глибину відповідно до агротехнологічних вимог конкретної сільськогосподарської культури. Допустиме відхилення середньої глибини обробітку від заданого значення не повинно перевищувати ± 1 см. Показник вирівняності глибини обробітку (В) має бути не нижчим за 80 %. Поверхня поля після виконання технологічної операції повинна бути вирівняною та зливою, при цьому висота гребенів не повинна перевищувати 3 см, а рівень гребенистості – 10 %. Оброблений шар ґрунту має характеризуватись дрібногрудкуватою структурою та високим ступенем кришіння. Для підготовки ґрунту під ярі культури показник кришіння повинен становити не менше 90 %, а під озимі – не менше 80 %. Під час обробітку не допускається вивертання нижніх вологих горизонтів ґрунту на поверхню та їх перемішування з верхнім шаром. Робочі органи ґрунтообробних машин повинні забезпечувати повне підрізання бур'янів. Обробіток рекомендується проводити впоперек або під певним кутом до напрямку попереднього проходу агрегату. Після завершення робіт поворотні смуги мають бути якісно оброблені без пропусків, необроблених ділянок чи клинів.

До основних показників якості обробітку ґрунту належать: дотримання оптимальних строків виконання робіт, відсутність огріхів та необроблених ділянок, рівномірність глибини обробітку, ступінь глибистості та гребенистості поверхні, якість кришіння ґрунту та ефективність підрізання бур'янів.

Контроль якості передпосівного обробітку ґрунту передбачає оцінювання рівномірності глибини обробітку. Для цього після завершення робіт поле обстежують по діагоналі, а через певні інтервали вимірюють фактичну глибину обробленого шару. Якість оцінюють за величиною відхилення середньої глибини від заданої, яка не повинна перевищувати ± 1 см, а також за коефіцієнтом вирівняності (В), який визначають за такою шкалою:

Коефіцієнт вирівняності (В), %	Бал, оцінка
понад 90	5 – відмінно
80,1–90,0	4 – добре
70,1–80,0	3 – задовільно
60,1–70,0	2 – незадовільно
менше 60	1 – дуже погано

Глибистість поверхні визначають за допомогою спеціальної палетки та оцінюють відповідно до таких критеріїв:

Глибистість, %	Бал, оцінка
менше 5,0	5 – відмінно
5,0–10,0	4 – добре
10,1–15,0	3 – задовільно
15,1–20,0	2 – незадовільно
більше 20	1 – дуже погано

Гребенистість поверхні ґрунту у виробничих умовах часто оцінюють візуально, проте більш точним є інструментальний метод, що базується на визначенні подовження 10-метрового шнура внаслідок копіювання нерівностей поверхні поля. Оцінювання гребенистості здійснюють за такою шкалою:

Гребенистість, %	Бал, оцінка
менше 5,0	5 – відмінно
5,0–10,0	4 – добре
10,1–15,0	3 – задовільно
15,1–20,0	2 – незадовільно
більше 20	1 – дуже погано

Ступінь підрізання бур'янів визначають приблизно через добу після проведення обробітку, коли пошкоджені бур'яни починають в'янути. Для цього поле проходять по діагоналі та через певні проміжки накладають квадратну рамку площею 1 м². У межах рамки підраховують кількість підрізаних (П) та непідрізаних (Н) бур'янів. Ступінь підрізання бур'янів (С_п) визначають за формулою:

$$C_p = 100 \cdot P / (H + P).$$

Для отримання достовірних результатів проводять не менше 10–15 обліків на площі, що відповідає змінному завданню механізатора.

Оцінювання ступеня підрізання бур'янів здійснюють за такими показниками:

Ступінь підрізання бур'янів, %	Кількість непідрізаних бур'янів, шт./м ²	Бал, оцінка
100	0	5 – відмінно
95,1–99,9	0,1–5	4 – добре
90,1–95,0	5,1–10	3 – задовільно
85,1–90,0	10,1–15	2 – незадовільно
менше 85	понад 15	1 – дуже погано

При цьому окремо враховують кількість багаторічних бур'янів, оскільки вони характеризуються підвищеною шкідливістю для сільськогосподарських культур. Одночасно зі ступенем підрізання визначають видовий склад бур'янів, що дає можливість формувати карти забур'яненості полів та планувати подальші агротехнічні заходи.

Загальну оцінку якості передпосівного обробітку ґрунту встановлюють за сумою балів, отриманих під час оцінювання окремих показників:

Сума балів	Оцінка
понад 20	відмінно
15,1–20,0	добре
10,0–15,0	задовільно
менше 10	незадовільно (брак)

На основі результатів комплексної оцінки якості передпосівного обробітку ґрунту в господарстві розробляють організаційно-технологічні та економічні заходи, спрямовані на підвищення культури землеробства, покращення ефективності використання техніки та матеріального стимулювання механізаторів.

1.3 Огляд конструкцій комбінованих агрегатів для обробітку ґрунту

Передпосівний обробіток ґрунту проводять з метою знищення бур'янової рослинності, розпушування верхнього шару ґрунту під час догляду за парами та створення оптимальних умов для висіву сільськогосподарських культур. Розпушування сприяє накопиченню й утриманню вологи, покращує повітряний режим ґрунту та забезпечує переведення поживних речовин у доступну для рослин форму.

Для виконання передпосівного обробітку широко застосовують сучасні ґрунтообробні агрегати, серед яких значне поширення отримали дискові борони серії Catros (рис. 1.3) виробництва компанії AMAZONE. Нова широкозахватна модифікація цих агрегатів представлена моделями з робочою шириною 5,5 та 7,5 м. Конструкція машин передбачає інтегровану ходову частину та швидке переведення агрегату з транспортного у робоче положення. Крім того, серія Catros включає суцільні моделі шириною захвату 3 і 4 м, а також складні гідравлічні борони шириною 4, 5 і 6 м.

Популярність дискових борін Catros пояснюється їх універсальністю та високою продуктивністю. Агрегати ефективно використовують як для післяжнивного, так і для передпосівного обробітку ґрунту, що забезпечує їх інтенсивне використання протягом усього року. Під час роботи швидкість руху може досягати 15 км/год, що значно перевищує показники традиційних культиваторів. Водночас завдяки конструктивним особливостям машини характеризуються відносно невеликою потребою в потужності трактора: для шестиметрової моделі достатньо трактора потужністю близько 180 к.с.

1 Дискава борона Catros   Ширина захвату 3 – 7,5 м Робоча швидкість до 15 км/год Потужність трактора від 120 к.с. Універсальне використання Висока продуктивність до 15 км/год Інтегроване шасі, швидке складання	2 Дискава борона Taurus 3000 і Taurus 4000  Ширина захвату 3 – 4 м Глибина обробітку до 15 см Потужність трактора від 100 к.с. X-подібне розташування дисків – рух без бокового відхилення Рівномірний зріз без утворення гребенів Гідравлічне підняття задньої частини
3 Борона дискова напівнавісна БДП-6,3  Ширина захвату 6,3 м Потужність трактора 160 – 180 к.с. Діаметр дисків 560 мм Квадратний вал – краще краще краще – краще краще краще – краще Діагональні дискові сегменти – без забивання Надійна робота на важких ґрунтах	4 Дискава борона Discover / HVA  Ширина захвату 3 – 7 м Глибина обробітку до 15 см Покріплена рама HVA Підсилені двоярні конічні Мідний центральний брус HVA Високе навантаження на диск Механічне або гідравлічне складання
5 Дисковий стерньовий лушильник Optimer серії 101 і 1001  Ширина захвату 3 – 6 м Глибина обробітку до 12 см Для мінімального та нульового обробітку Лушення стерні та перемішування решток Збереження вологи та структури ґрунту Надійна конструкція та довговічність	6 Агрегат дисковий напівнавісний АДП-6Р  Ширина захвату 6 м Діаметр дисків 510 мм Потужність трактора від 150 к.с. Кожен диск на ресорній стійці Регулювання кута атаки 0–25° по секціях Легкий обробіток навіть на засмічених ґрунтах
7 Коротка дискова борона Геліодор   Ширина захвату 3 – 12 м Діаметр дисків 465 мм Підсилені необслуговувані Універсальне застосування Висока швидкість та мала потреба в потужності Можливість роботи з сім'єю Solitair	8 Коротка дискова борона Рубін   Ширина захвату 3 – 7 м Діаметр дисків 620 мм Глибина обробітку до 12 см Інтенсивне перемішування на глибину до 12 см Пружинний захист стіжок Штригельна борона – рівномірний розподіл решток

Рисунок 1.3 – Конструкції комбінованих агрегатів для обробітку ґрунту

Ефективними машинами для поверхневого обробітку ґрунту є також дискові борони Taurus 3000 і Taurus 4000 (рис. 1.3) з робочою шириною відповідно 3 та 4 м. Особливістю цих агрегатів є X-подібне розташування

дискових батарей, що забезпечує стійкий рух без бокового відведення агрегату. Завдяки зміщеному розміщенню дисків по всій ширині захвату досягається рівномірний зріз ґрунту без утворення гребенів. Під час роботи транспортна ходова система підіймається гідравлічним механізмом, що виключає утворення колій на поверхні поля.

Робоча глибина обробітку в агрегатах Taurus підтримується нижніми тягами та заднім ущільнювальним котком. Регулювання глибини здійснюється за допомогою ексцентрикового пальця, що забезпечує точне налаштування агрегату. Для досягнення оптимального ущільнення ґрунту виробником передбачено використання різних типів польових котків залежно від умов експлуатації.

Використання дискових борін Taurus дозволяє скоротити кількість технологічних проходів техніки по полю, що створює значний резерв для зниження виробничих витрат. Завдяки можливості безступінчастого регулювання кута атаки дисків агрегат забезпечує якісне перемішування ґрунту з рослинними рештками на різній глибині обробітку. Це дозволяє ефективно застосовувати машину як у традиційних технологіях обробітку ґрунту, так і за мінімального або мульчувального обробітку.

Диски діаметром 660 мм мають навантаження до 120 кг на кожен робочий орган, що забезпечує стабільне заглиблення навіть у важких ґрунтових умовах. Конструкція агрегату включає чотири секції дисків із зубчастими дисками та потужними опорними вузлами, що підвищує довговічність і надійність роботи.

Для передпосівного обробітку ґрунту також широко застосовують борону дискову напівнавісну БДП-6,3 (рис. 1.3), яка призначена для розпушування ґрунту, підготовки поля до сівби, знищення бур'янів і подрібнення пожнивних решток. Крім того, агрегат використовують для обробітку пластів після оранки, лущення стерні та догляду за луками й пасовищами. Машина агрегатується з тракторами потужністю 160–180 к.с.

Однією з конструктивних особливостей БДП-6,3 є використання квадратного валу дискових батарей, що підвищує активність обертання дисків та

покращує якість кришіння ґрунту. Додаткова дискова секція усуває утворення гребенів у місцях стику батарей, а також зменшує ризик забивання агрегату рослинними рештками.

Серед сучасних ґрунтообробних машин варто виділити нове покоління дискових борін Discover (рис. 1.3), обладнаних посиленням центральним брусом або рамою HVA. Така конструкція забезпечує високу міцність, добру оглядовість та надійну роботу навіть при значних навантаженнях. Якість обробітку забезпечується завдяки багатопозиційному регулюванню зчіпного пристрою, високому навантаженню на диск та симетричному кріпленню робочих органів.

Підшипникові вузли агрегату оснащені дворядними конічними роликовими підшипниками з ущільненнями та мастильними ніпелями, що підвищує ресурс роботи машини. Транспортування борони здійснюється за допомогою механічного або гідравлічного складання.

Для луцення стерні та виконання передпосівного обробітку ґрунту в умовах мінімальної та нульової технології ефективно застосовують дискові стерньові луцильники Optimer серій 101 і 1001 (рис. 1.3). Ці агрегати забезпечують якісне перемішування рослинних решток із верхнім шаром ґрунту та сприяють збереженню вологи.

Агрегат дисковий напівнавісний АДП-6Р (рис. 1.3) призначений для основного та передпосівного обробітку ґрунту за енерго- та ресурсозберігаючими технологіями під час вирощування зернових, технічних і кормових культур. Машина виконує розпушування верхнього шару ґрунту, луцення стерні, обробіток дернини, вирівнювання поверхні поля та знищення бур'янів.

Конструкція АДП-6Р передбачає використання сферичних вирізних дисків діаметром 510 мм. Кожен диск закріплений на окремій ресорній стійці, що забезпечує надійну роботу агрегату навіть на кам'янистих ґрунтах та захищає диски й маточини від пошкодження при наїзді на перешкоди розміром до 150 мм.

Диски мають нахил відносно горизонтальної осі, що покращує оборот пласта, підвищує ступінь кришіння ґрунту та зменшує тяговий опір агрегату. Кожен ряд дисків обладнаний системою безступінчастого регулювання кута атаки в межах $0\text{--}25^\circ$, що дозволяє адаптувати машину до різних типів ґрунтів і погодних умов. Роздільне регулювання кутів атаки першої та другої секцій покращує якість обробітку за наявності значної кількості рослинних решток та знижує ризик забивання агрегату.

Одним із провідних світових виробників ґрунтообробної техніки є компанія LEMKEN. Серед машин цього виробника значне поширення отримала коротка дискова борона Геліодор (рис. 1.3). Агрегат використовується як для поверхневого стерньового обробітку на легких і середніх ґрунтах, так і для передпосівного обробітку під сівбу по мульчі або після оранки.

Геліодор характеризується універсальністю використання як у традиційних, так і в мінімальних технологіях обробітку ґрунту. Висока робоча швидкість у поєднанні з невеликою потребою в потужності забезпечують значну продуктивність агрегату. Пружинні стійки робочих органів гарантують стабільну роботу навіть на кам'янистих ділянках.

Напівсферичні зубчасті диски діаметром 465 мм встановлені на необслуговуваних підшипниках із лабіринтовими ущільненнями, що захищають вузли від пилу, бруду та вологи. Завдяки невеликій масі борони з шириною захвату від 3 до 6 м можуть легко транспортуватися навісною системою трактора.

У навісному або напівнавісному виконанні Геліодор може працювати у складі комбінованих посівних агрегатів із сівалками Solitair виробництва LEMKEN. При використанні системного носія Gigant робоча ширина агрегату може досягати 8–12 м, що забезпечує високу продуктивність у великих господарствах.

Коротка дискова борона Рубін (рис. 1.3) призначена для інтенсивного та рівномірного перемішування ґрунту з органічною масою на глибину до 12 см у складних ґрунтових умовах. Використання агрегату дозволяє значно зменшити

втрата вологи через випаровування та забезпечити якісний поверхневий стерньовий обробіток за високої швидкості руху.

Відкрита конструкція рами з великим кліренсом гарантує безперебійну роботу навіть за великої кількості рослинних решток. Зубчасті напівсферичні диски діаметром 620 мм і товщиною 6 мм встановлені на необслуговуваних підшипникових вузлах, що забезпечує довговічність і високу якість роботи.

Стійки дисків закріплені в захищених кронштейнах із пружинним захистом від перевантажень, завдяки чому диски стабільно працюють навіть на важких ґрунтах. Додаткова штригельна борона, розташована позаду дискових батарей, забезпечує рівномірний розподіл ґрунту та рослинних решток по поверхні поля, покращуючи якість передпосівного обробітку.

1.4 Висновки з розділу

Проведений аналіз сучасних технологій вирощування кукурудзи та технічних засобів для передпосівного обробітку ґрунту свідчить про важливе значення механізації технологічних процесів у забезпеченні високої продуктивності аграрного виробництва. Кукурудза залишається однією з провідних зернових культур як у світі, так і в Україні, а її виробництво має важливе економічне, продовольче та експортне значення. У сучасних умовах зростання вартості паливно-мастильних матеріалів, дефіциту трудових ресурсів та необхідності впровадження ресурсозберігаючих технологій особливої актуальності набуває вдосконалення систем обробітку ґрунту та використання високопродуктивних ґрунтообробних агрегатів.

Встановлено, що якісний передпосівний обробіток ґрунту є одним із визначальних факторів формування високої врожайності кукурудзи. Раціонально підготовлений ґрунт забезпечує накопичення і збереження вологи, покращує аерацію орного шару, сприяє активному розвитку кореневої системи рослин та створює сприятливі умови для рівномірного проростання насіння. Водночас порушення агротехнічних вимог до обробітку призводить до погіршення структури ґрунту, підвищення забур'яненості та зниження продуктивності культури.

Аналіз сучасних дискових борін та комбінованих ґрунтообробних агрегатів показав, що найбільш перспективними є універсальні високошвидкісні машини, здатні одночасно виконувати декілька технологічних операцій. Використання таких агрегатів дозволяє скоротити кількість проходів техніки по полю, зменшити ущільнення ґрунту, знизити витрати пального та підвищити продуктивність праці. Особливо ефективними є агрегати, які забезпечують якісне подрібнення рослинних решток, рівномірне перемішування ґрунту та можливість роботи за мінімальних і мульчувальних технологій.

Проведене дослідження підтверджує, що удосконалення технічного забезпечення процесів вирощування кукурудзи шляхом використання сучасних комбінованих агрегатів є важливим напрямом підвищення ефективності аграрного виробництва. Саме тому розробка та обґрунтування параметрів комбінованого агрегату для передпосівного обробітку ґрунту є актуальним і перспективним завданням, що має важливе практичне значення для сільськогосподарських підприємств.

2 РОЗРОБКА ПЛАНУ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗИ

2.1 Обґрунтування комплексу основних технологічних операцій при вирощуванні кукурудзи

Технологія вирощування кукурудзи передбачає виконання комплексу взаємопов'язаних механізованих операцій, спрямованих на створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин, отримання високої врожайності та зниження виробничих витрат. Формування раціонального переліку технологічних операцій є важливим етапом організації виробничого процесу, оскільки саме від правильного підбору машин і агрегатів залежить якість виконання робіт, продуктивність праці, рівень енергетичних витрат та економічна ефективність виробництва кукурудзи.

Сучасні тенденції розвитку аграрного виробництва орієнтовані на впровадження енергоощадних і ресурсозберігаючих технологій, які передбачають мінімізацію кількості проходів техніки по полю та використання високопродуктивних комбінованих агрегатів. У зв'язку з цим при формуванні технологічного процесу вирощування кукурудзи доцільно застосовувати сучасні машини, здатні одночасно виконувати декілька технологічних операцій за один прохід агрегату.

Після збирання попередника першою технологічною операцією є лушення стерні на глибину 12–14 см. Основним призначенням цього процесу є подрібнення та часткове загортання рослинних решток, знищення сходів бур'янів і створення умов для накопичення та збереження вологи у ґрунті. Замість традиційної дискової борони БД-10 доцільно використовувати сучасну коротку дискову борону LEMKEN Rubin 10 або дисковий агрегат AMAZONE Catros+, які забезпечують високу інтенсивність перемішування ґрунту та рослинних решток при швидкості роботи до 15–18 км/год. Використання таких

агрегатів дозволяє знизити витрати пального на 15–20 % та підвищити продуктивність праці.

Наступною важливою операцією є основний обробіток ґрунту — зяблева оранка на глибину 20–22 см. Її виконують з метою розпушування орного шару, заробки поживних решток і добрив, покращення водно-повітряного режиму ґрунту та накопичення вологи. Традиційний плуг ПБН-3-50 доцільно замінити сучасним оборотним плугом KUNN Multi-Leader або LEMKEN Juwel 8, які забезпечують стабільну глибину обробітку, високу якість обороту пласта та зменшення тягового опору. Для господарств, що використовують мінімальні технології, альтернативою може бути чизельний обробіток ґрунту комбінованими агрегатами типу Horsch Tiger або Bednar Terraland, які дозволяють зменшити ущільнення ґрунту та скоротити енергетичні витрати.

Осіньня культивуація з боронуванням на глибину 10–12 см проводиться для вирівнювання поверхні поля, подрібнення грудок ґрунту та додаткового знищення бур'янів. Замість культиватора КН-6,3 доцільно використовувати комбіновані передпосівні агрегати типу Väderstad Carrier або компактори BEDNAR Swifter, які поєднують дискові секції, вирівнювальні планки та котки. Такі агрегати дозволяють за один прохід виконувати декілька операцій, забезпечуючи якісну підготовку ґрунту та скорочення витрат пального.

Ранньовесняний обробіток ґрунту виконується для закриття вологи та вирівнювання поверхні поля після зимового періоду. Для цього доцільно використовувати широкозахватні комбіновані борінчасті агрегати або ротаційні борони типу Horsch Cura ST, які забезпечують мінімальне ущільнення ґрунту та високу продуктивність роботи.

Важливою складовою технології є внесення мінеральних та органічних добрив. Для транспортування і внесення мінеральних добрив замість агрегату MBY-8 доцільно використовувати сучасні розкидачі типу AMAZONE ZA-TS або Rauch Axis, обладнані системами точного дозування та GPS-контролю. Це забезпечує рівномірний розподіл добрив по площі поля та зменшує перевитрати матеріалів.

Для внесення органічних добрив замість ПРТ-11 ефективно застосовувати сучасні розкидачі Fliegl ASW або Bergmann TSW, які характеризуються високою вантажопідйомністю та рівномірністю внесення. Одночасне заробляння органо-мінеральних добрив у ґрунт доцільно виконувати комбінованими чизельно-дисковими агрегатами, які забезпечують якісне перемішування добрив із ґрунтом та скорочення кількості технологічних проходів.

Передпосівний обробіток ґрунту є одним із найвідповідальніших етапів технології вирощування кукурудзи. Основною метою даної операції є створення дрібногрудкуватої структури посівного шару, вирівнювання поверхні поля та збереження продуктивної вологи. Замість традиційних культиваторів КН-6,3 та агрегатів АКШ-6 доцільно використовувати сучасні комбіновані агрегати типу Köckerling Allrounder або компактори LEMKEN System-Kompaktor. Дані машини забезпечують розпушування, вирівнювання та прикочування ґрунту за один прохід, що дозволяє підвищити якість підготовки посівного ложа та скоротити витрати пального на 20–25 %.

Підготовка насіння до сівби включає його транспортування та завантаження у посівні агрегати. Для цієї операції доцільно використовувати сучасні шнекові завантажувачі та перевантажувальні бункери, що забезпечують швидке та безпечне завантаження насіння.

Однією з ключових операцій технологічного процесу є сівба кукурудзи. Замість сівалки СТВ-12 «Полесьє» доцільно використовувати сучасні високоточні пневматичні сівалки типу Väderstad Tempo, Horsch Maestro або John Deere ExactEmerge. Дані агрегати забезпечують точне дозування насіння, стабільну глибину висіву та рівномірне розміщення насіння в рядку навіть при швидкості роботи понад 12–15 км/год. Крім того, сучасні сівалки можуть одночасно виконувати локальне внесення стартових добрив, що дозволяє об'єднати декілька технологічних операцій в один прохід.

Після сівби проводять боронування до сходів та після сходів з метою руйнування ґрунтової кірки та знищення ниткоподібних сходів бур'янів. Для цієї операції доцільно застосовувати ротаційні борони або штригельні борони типу

Treffler або Einböck Aerostar, які забезпечують мінімальне пошкодження культурних рослин і високу ефективність боротьби з бур'янами.

У період вегетації кукурудзи виконують міжрядний обробіток ґрунту з одночасним внесенням мінеральних добрив. Замість культиватора КРН-5,6Б доцільно використовувати сучасні просапні культиватори типу Horsch Transformer або Einböck Chopstar, обладнані системами автоматичного ведення по рядках та можливістю диференційованого внесення добрив. Це дозволяє підвищити точність міжрядного обробітку, зменшити пошкодження рослин та скоротити витрати добрив.

Збирання кукурудзи на силос супроводжується скошуванням зеленої маси, її подрібненням та транспортуванням до місця зберігання. Для виконання даної операції доцільно використовувати сучасні самохідні кормозбиральні комбайни типу CLAAS Jaguar або John Deere 9000 Series, які забезпечують високу продуктивність, якісне подрібнення маси та мінімальні втрати врожаю.

Транспортування зеленої маси до силосних траншей доцільно виконувати великовантажними причепами-перевантажувачами з високою швидкістю розвантаження. Для розрівнювання та ущільнення силосної маси використовують важкі трактори з бульдозерним обладнанням або спеціалізовані силосні котки.

Таким чином, раціональний підбір сучасних машин та комбінованих агрегатів для вирощування кукурудзи дозволяє значно скоротити кількість технологічних операцій, знизити витрати пального та трудових ресурсів, підвищити продуктивність машинно-тракторних агрегатів і забезпечити високу якість виконання технологічних процесів. Використання сучасної високопродуктивної техніки є одним із найважливіших напрямів підвищення ефективності виробництва кукурудзи та впровадження ресурсозберігаючих технологій у сільськогосподарське виробництво.

2.2 Обґрунтування та розрахунок елементів технології вирощування кукурудзи

Основою для розробки технологічної карти вирощування кукурудзи є виробничі умови господарства, система обробітку ґрунту, попередник, запланована врожайність культури, строки виконання технологічних операцій, норми внесення органічних і мінеральних добрив, використання засобів захисту рослин, відстані перевезення вантажів та рівень технічного забезпечення підприємства. Рациональне поєднання технологічних операцій і сучасних машинно-тракторних агрегатів дозволяє забезпечити високу продуктивність праці, зменшити витрати пального та підвищити ефективність вирощування кукурудзи.

У проєкті для вирощування кукурудзи прийнята площа посіву 70 га. Технологічний процес передбачає виконання комплексу механізованих операцій, починаючи від лушення стерні та основного обробітку ґрунту до збирання врожаю і закладання силосу. При цьому частина традиційних агрегатів була замінена на сучасні високопродуктивні комбіновані машини, що забезпечують скорочення кількості проходів техніки по полю та зниження енергетичних витрат.

До основних вихідних даних для розрахунку технологічної карти належать:

- площа вирощування кукурудзи – 70 га;
- середня врожайність зеленої маси – 40–45 т/га;
- попередник – зернові колосові культури;
- тривалість робочого дня – 10,5 год;
- коефіцієнт змінності – 1,5;
- довжина гону – 400–600 м;
- питомий опір ґрунту – 45 кН/м²;
- система обробітку ґрунту – комбінована з використанням сучасних

дискових та комбінованих агрегатів.

Технологічна карта включає такі основні операції: лушення стерні, основний обробіток ґрунту, культивуацію, внесення добрив, передпосівний обробіток ґрунту, сівбу, догляд за посівами, міжрядний обробіток та збирання врожаю.

Розрахунок елементів технології вирощування кукурудзи розглянемо на прикладі основного обробітку ґрунту – чизельного розпушування або оранки. Для виконання даної операції використовується сучасний агрегат у складі трактора Belarus-1522 або John Deere 6135B та оборотного плуга LEMKEN Juwel 8. Обсяг робіт становить 70 га.

Календарні строки виконання основного обробітку ґрунту встановлюються відповідно до агротехнічних вимог і багаторічного досвіду господарства. Для зяблевої оранки оптимальний агротехнічний строк виконання робіт становить 10 днів.

Тривалість робочого дня відповідно до виробничого режиму господарства приймається 10,5 год. Склад агрегату для виконання даної операції:

- енергетичний засіб – Belarus-1522 або John Deere 6135B;
- сільськогосподарська машина – оборотний плуг LEMKEN Juwel 8.

Змінна продуктивність агрегату визначається з урахуванням нормативної продуктивності та поправочних коефіцієнтів, які враховують конкретні умови господарства.

Для пахотних робіт фактична змінна продуктивність визначається за формулою:

$$W_{\phi} = W_n \frac{K_{\text{ср.вз.н}} \cdot \delta_{\text{лн}} \cdot K_{\text{взаг.г}}}{K_{\text{ср.вз.г}} \cdot \delta_{\text{лг}} \cdot K_{\text{взаг.н}}}$$

де W_n – нормативна продуктивність агрегату, га/зм; $K_{\text{ср.вз.н}}$, $K_{\text{ср.вз.г}}$ – питомий опір ґрунту для нормативних і фактичних умов; $\delta_{\text{лн}}$, $\delta_{\text{лг}}$ – коефіцієнти, що враховують довжину гону; $K_{\text{взаг.н}}$, $K_{\text{взаг.г}}$ – узагальнені поправочні коефіцієнти.

Для умов господарства: $K_{\text{ср.вз.н}}=50 \text{ кН/м}^2$; $K_{\text{ср.вз.г}}=45 \text{ кН/м}^2$; $\delta_{\text{лн}}=1,14$; $\delta_{\text{лг}}=1,09$; $K_{\text{взаг.г}}=0,83$; $K_{\text{взаг.н}}=1,0$.

Тоді фактична продуктивність агрегату становить:

$$W_{\phi} = W_{\text{н}} \cdot 0,93$$

Для непахотних операцій – культивуації, боронування, дискування та передпосівного обробітку – продуктивність визначається за формулою:

$$W_{\phi} = W_{\text{н}} \frac{\delta l_{\text{н}} \cdot K_{\text{взаг.г}}}{\delta l_{\text{г}} \cdot K_{\text{взаг.н}}}$$

Після підстановки коефіцієнтів одержимо:

$$W_{\phi} = 0,88W_{\text{н}}$$

Витрати пального на виконання технологічних операцій визначаються з урахуванням умов господарства та нормативних показників. Для пахотних робіт гектарна витрата пального визначається за формулою:

$$Q_{\text{г}} = Q_{\text{н}} \frac{K_{\text{ср.вз.г}} \cdot \delta l_{\text{г}} \cdot K_{\text{тзаг.г}}}{K_{\text{ср.вз.н}} \cdot \delta l_{\text{н}} \cdot K_{\text{тзаг.н}}}$$

Для непахотних робіт:

$$Q_{\text{г}} = Q_{\text{н}} \frac{\delta l_{\text{г}} \cdot K_{\text{тзаг.г}}}{\delta l_{\text{н}} \cdot K_{\text{тзаг.н}}}$$

Після розрахунків для пахотних робіт отримуємо:

$$Q_{\text{г}} = 1,05Q_{\text{н}}$$

а для непахотних:

$$Q_{\text{г}} = 1,14Q_{\text{н}}$$

Потреба в нормозмінах визначається співвідношенням обсягу робіт до змінної продуктивності агрегату:

$$N_{\text{зм}} = \frac{U}{W_{\text{зм}}}$$

де U – обсяг робіт, га; $W_{\text{зм}}$ – змінна продуктивність агрегату, га/зм.

Кількість агрегатів, необхідних для виконання роботи в оптимальні строки, визначається за формулою:

$$n_{\text{агр}} = \frac{U}{W_{\text{сез}}}$$

де сезонний виробіток одного агрегату:

$$W_{\text{сез}} = D_{\text{р}} \cdot W_{\text{зм}} \cdot K_{\text{зм}}$$

Для основного обробітку ґрунту: $D_{\text{р}}=10$ днів; $W_{\text{зм}}=27$ га/зм; $K_{\text{зм}}=1,5$.

Тоді сезонний виробіток агрегату: $W_{\text{сез}}=10 \cdot 27 \cdot 1,5=405$ га

Необхідна кількість агрегатів: $n_{\text{агр}}=70/405=0,17$

Приймаємо один агрегат.

Кількість механізаторів і допоміжних працівників визначається залежно від складу агрегату та коефіцієнта змінності:

$$n = (n_{\text{мех}} + n_{\text{доп}}) \cdot n_{\text{агр}} \cdot K_{\text{зм}}$$

Коефіцієнт змінності:

$$K_{\text{зм}} = \frac{T_{\text{доб}}}{T_{\text{зм}}}$$

де $T_{\text{доб}}=10,5$ год; $T_{\text{зм}}=7$ год.

Тоді: $K_{\text{зм}}=10,5/7=1,5$.

Загальні витрати пального на виконання операції:

$$Q_{\text{заг}} = U \cdot Q$$

При гектарній витраті пального 11,7 кг/га:

$$Q_{\text{заг}}=70 \cdot 11,7=819 \text{ кг}$$

Витрати праці механізаторів визначаються за формулою:

$$H_{\text{мех}} = \frac{7U}{W_{\text{зм}}} \cdot n_{\text{мех}}$$

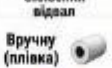
Для даної операції: $H_{\text{мех}}=7 \cdot 709,5=51,6$ люд. год

Аналогічно виконуються розрахунки для всіх інших технологічних операцій: лушення стерні, внесення добрив, передпосівного обробітку, сівби, міжрядного обробітку та збирання врожаю.

З метою підвищення ефективності виробництва кукурудзи у технологічній карті передбачено використання сучасних комбінованих агрегатів:

- дискових борін LEMKEN Rubin та AMAZONE Catros;
- комбінованих передпосівних агрегатів BEDNAR Swifter;
- високошвидкісних сівалок Väderstad Tempo;
- міжрядних культиваторів Horsch Transformer;
- самохідних кормозбиральних комбайнів CLAAS Jaguar.

Використання сучасної високопродуктивної техніки дозволяє знизити витрати пального на 15–25 %, скоротити трудові витрати, підвищити продуктивність праці та забезпечити своєчасне виконання всіх технологічних операцій у оптимальні агротехнічні строки.

 Площа посіву 70 га  Культура Кукурудза  Попередник Зернові колосові  Тривалість зміни 10,5 год  Коефіцієнт змінності 1,5															
№	Найменування робіт (агротехнічні вимоги)	Од. вим.	Обсяг робіт	Агрострок виконання	Режим роботи		Склад агрегату		Персонал, чел.	Продуктивність, га/зм	Витрати пального, кг/га	Норми-змін	Агрегатів (шт.)	Затрати праці, люд.-год	
					Днів	Тривалість змін, год	Енергетичний засіб	С.-г. машина (агрегат)						Механізаторів	Допоміжних робітників
1	Лущення стерні (10–12 см)	га	70	15.08–20.08	5	10,5	 John Deere 6155M	 LENKEN Rubin 10	1	35,0	6,5	2,0	1	455	14,0
2	Основний обробіток ґрунту (чизелювання 25–27 см)	га	70	01.09–15.09	10	10,5	 Case IH Magnum 340	 Horsch Tiger 4 MT	1	18,0	14,5	3,9	1	1 015	27,2
3	Осіній комбінований обробіток ґрунту	га	70	01.10–10.10	8	10,5	 New Holland T7.250	 BEDNAR Swifter S08000	1	42,0	4,8	1,7	1	336	11,7
4	Ранньовесняне закриття вологи	га	70	10.04–15.04	5	10,5	 MT3-1221	 Horsch Cura ST	1	55,0	2,1	1,3	1	147	8,9
5	Внесення мінеральних добрив	га	70	01.05–05.05	5	10,5	 John Deere 6120M	 AMAZONE ZA-TS 3200	1	80,0	1,8	0,9	1	126	6,1
6	Внесення органічних добрив	га	70	05.05–10.05	5	10,5	 Fendt 724 Vario	 Bergmann TSW 7340	1	40,0	5,5	1,8	1	385	12,3
7	Передпосівний комбінований обробіток ґрунту	га	70	10.05–15.05	5	10,5	 Case IH Puma 210	 Kickerling Allrounder	1	48,0	4,2	1,5	1	294	10,2
8	Транспортування та завантаження насіння	т	3,2	15.05–18.05	3	10,5	 MAN TGS		1	60,0	0,5	0,1	1	1,6	0,8
9	Точний висів кукурудзи (70 см)	га	70	15.05–20.05	5	10,5	 John Deere 6155R	 Väderstad Tempo VS	1	32,0	4,5	2,2	1	315	15,3
10	Боронування до сходів	га	70	20.05–25.05	5	10,5	 MT3-1221	 Treffler TS 920	1	50,0	1,5	1,4	1	105	9,8
11	Боронування після сходів	га	70	05.06–10.06	5	10,5	 MT3-1221	 Einböck Aerostar	1	45,0	1,7	1,6	1	119	10,9
12	Міжрядний обробіток з внесенням добрив	га	70	10.06–15.06	5	10,5	 516 Vario	 Transformer VF	1	25,0	3,2	2,8	1	224	19,6
13	Міжрядний обробіток посівів	га	70	20.06–05.07	10	10,5	 516 Vario	 Einböck Chopetar	1	28,0	2,8	2,5	1	196	17,5
14	Обприскування посівів	га	70	01.06–15.07	10	10,5	 John Deere 6120M	 Amazone UX 4200	1	120,0	1,2	0,6	1	84	4,9
15	Збирання кукурудзи на силос	га	70	15.09–05.10	20	10,5	 CLAAS Jaguar 950	 Orbis 600	1	18,0	24,0	3,9	1	1 680	27,2
16	Транспортування силосної маси	т	2 800	15.09–05.10	20	10,5	 MAN TGS	 Fliegl ASW 271	1	110,0	1,6	25,4	2	4 480	178,0
17	Розрівнювання та ущільнення силосу	т	2 800	15.09–05.10	20	10,5	 John Deere 8R 340		1	180,0	0,9	15,6	1	2 520	109,0
18	Накриття силосної траншеї плівкою	м ²	2 800	20.09–10.10	10	10,5	—		4	120,0	0	23,3	—	0	980,0
19	Укриття траншеї ґрунтом	м ³	400	20.09–10.10	10	10,5	 MT3-1221	 BH-100	1	210,0	0,5	1,9	1	200	13,3



ПЛОЩА ПОСІВУ

70 га



УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕЛеної МАСИ

40–45 т/га



ЗАГАЛЬНІ ВИТРАТИ ПАЛЬНОГО

13 308 кг



ЗАГАЛЬНІ ЗАТРАТИ ПРАЦІ МЕХАНІЗАТОРІВ

575,5 люд.-год



ЗАГАЛЬНІ ЗАТРАТИ ДОПОМОЖНИХ РОБІТНИКІВ

980,0 люд.-год

Рисунок 2.1 – План механізованих робіт вирощування кукурудзи

2.3 Висновки з розділу

У результаті проведеного обґрунтування та розрахунку елементів технології вирощування кукурудзи встановлено, що ефективність виробництва значною мірою залежить від раціонального вибору технологічних операцій і сучасних машинно-тракторних агрегатів.

Проаналізовано основні етапи технології вирощування кукурудзи на площі 70 га та обґрунтовано використання сучасної високопродуктивної техніки, зокрема комбінованих ґрунтообробних агрегатів, високошвидкісних сівалок і сучасних міжрядних культиваторів. Їх застосування дозволяє скоротити кількість проходів техніки по полю, знизити витрати пального та підвищити продуктивність праці.

У ході розрахунків визначено змінну продуктивність агрегатів, потребу в техніці, витрати пального та трудові витрати. Встановлено, що використання сучасних комбінованих агрегатів забезпечує своєчасне виконання технологічних операцій, зменшення експлуатаційних витрат та створення оптимальних умов для формування високої врожайності кукурудзи.

Таким чином, удосконалення технології вирощування кукурудзи за рахунок впровадження сучасних енергоощадних машин є ефективним напрямом підвищення продуктивності та економічної ефективності виробництва.

З УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

3.1 Технічне обґрунтування удосконалення комбінованого агрегату для обробітку ґрунту

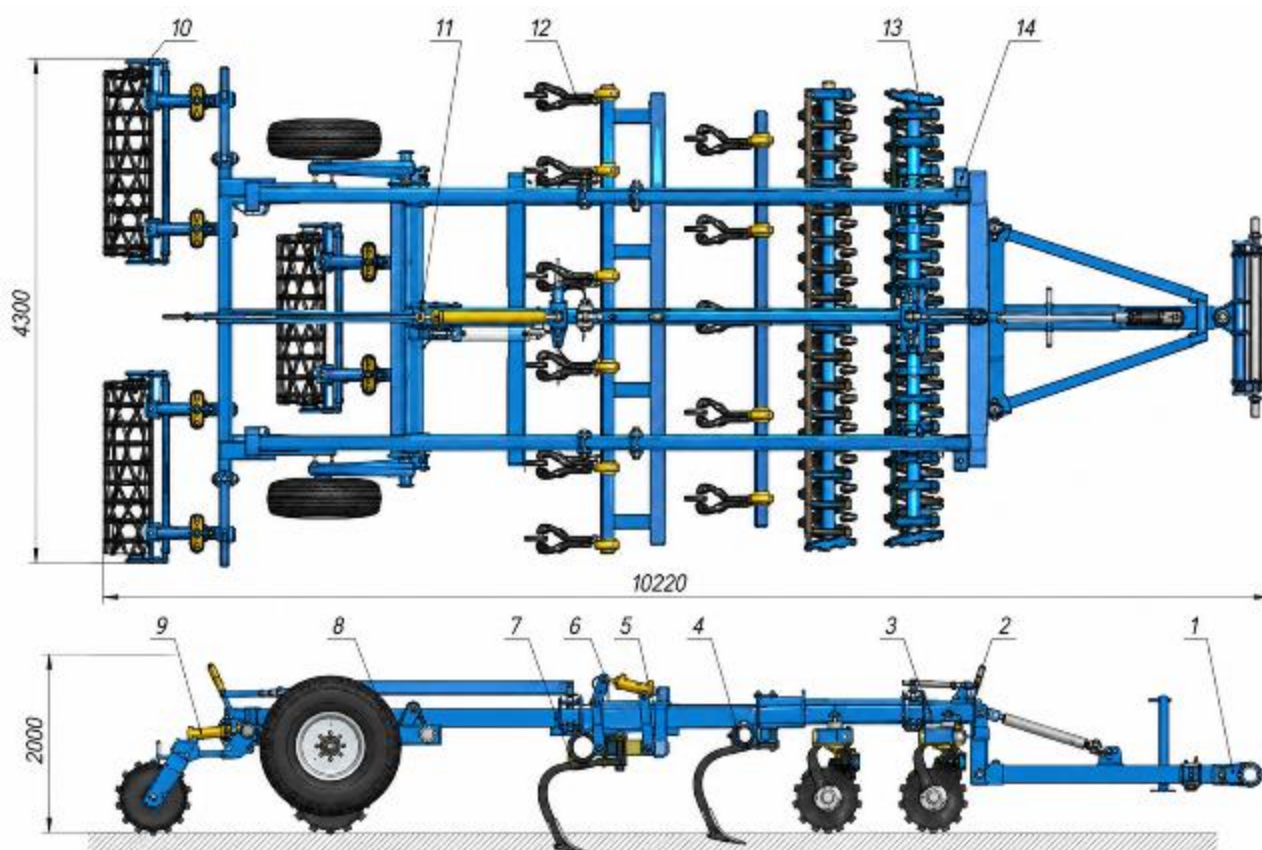
Комбінований агрегат для мінімального обробітку ґрунту (рис. 3.1) призначений для виконання комплексу ґрунтообробних операцій за ресурсозберігаючими технологіями. Агрегат застосовують для лущення стерні, напівпарового обробітку зябу, післяжнивного обробітку полів після збирання кукурудзи, соняшнику, буряків і картоплі, ранньовесняного закриття вологи та загортання мінеральних добрив. Крім того, машина ефективно використовується для безполицевого передпосівного обробітку ґрунту під озимі зернові та проміжні культури. Агрегат може працювати на ґрунтах, засмічених рослинними рештками та камінням із розміром часток до 100 мм.

Комбінований агрегат агрегатується з тракторами тягового класу 3–4, зокрема типу ХТЗ-150К, John Deere 6155М, Case ІН Рума та іншими енергетичними засобами аналогічної потужності.

Агрегат виконаний у напівнавісному варіанті та складається з несної рами, дискових батарей, розпушувальних робочих органів, прикочувальних котків, транспортно-ходової системи, гідравлічної системи та механізмів регулювання глибини обробітку. Конструкція машини забезпечує одночасне виконання декількох технологічних операцій: підрізання та подрібнення рослинних решток, розпушування верхнього шару ґрунту, часткове перемішування ґрунту з органічною масою, вирівнювання поверхні поля та прикочування.

Основою конструкції є жорстка зварна рама, на якій змонтовані робочі органи та допоміжні вузли агрегату. Передні й задні дискові батареї складаються зі сферичних зубчастих та гладких дисків, квадратної осі, корпусів підшипників, дистанційних шпυль, кронштейнів і механізмів фіксації. Залежно від умов

роботи змінюється кут атаки дискових батарей, що дозволяє регулювати інтенсивність обробітку ґрунту та ступінь перемішування рослинних решток.



1 – зчіпний вузол; 2 – гідравлічний циліндр; 3 – регулювальний механізм;
 4 – передні робочі органи для розпушування; 5 – несна рама; 6 – гідроциліндр;
 7 – механізм налаштування; 8 – задні розпушувальні елементи; 9 – опорне колесо;
 10 – ущільнювальний коток; 11 – підйомний механізм; 12 – задня дискова секція;
 13 – передня дискова секція; 14 – дишло

Рисунок 3.1 – Комбінований агрегат для обробітку ґрунту

Розпушувальні робочі органи призначені для поверхневого розпушування ґрунту та руйнування ущільненого шару. Вони складаються зі стійки пружинного типу, лапи та елементів кріплення. Пружинна стійка забезпечує амортизацію ударних навантажень та частково захищає робочі органи від пошкодження при зустрічі з перешкодами.

Прикочувальні котки виконують функції подрібнення грудок ґрунту, вирівнювання поверхні поля та ущільнення верхнього шару ґрунту, що сприяє збереженню вологи та покращенню умов проростання насіння.

Технічна характеристика комбінованого ґрунтообробного агрегату наведена на рис 3.2.

№	НАЙМЕНУВАННЯ ПОКАЗНИКА	ЗНАЧЕННЯ
1 	Марка	АКМ-4
2 	Тип	напівнавісний
3 	Продуктивність за 1 год основного часу, га	2,4 – 4,0
4 	Робоча ширина захвату, м	4,0 ± 0,1
5 	Робоча швидкість, км/год	6 – 10
6 	Транспортна швидкість, км/год	до 15
7 	Глибина обробітку, см	до 16
8 	Діаметр котків, мм	450
9 	Довжина котка, мм	1400
10 	Термін служби, років	10
11 	Ресурс до списання, год	5000

 ВИСОКА ПРОДУКТИВНІСТЬ
  НАДІЙНА КОНСТРУКЦІЯ
  ТОЧНЕ НАЛАШТУВАННЯ
  ЕФЕКТИВНИЙ ОБРОБІТОК ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ВОЛОГИ

Рисунок 3.2 – Технічна характеристика комбінованого ґрунтообробного агрегату

Аналіз конструкції агрегату показав, що при роботі на полях, засмічених камінням та іншими твердими предметами, виникають значні ударні

навантаження на дискові батареї. У базовій конструкції диски встановлені на спільній квадратній осі, тому при наїзді одного диска на перешкоду навантаження передається на всю батарею та раму агрегату. Це призводить до підвищеного зношування підшипникових вузлів, деформації рами, пошкодження дисків та збільшення простоїв техніки через ремонтні роботи.

Дослідження сучасних дискових агрегатів провідних виробників, таких як LEMKEN, Horsch та BEDNAR, показало, що найбільш ефективним конструктивним рішенням є застосування індивідуальної підвіски дисків. У таких конструкціях кожен диск встановлюється на окремій стійці з індивідуальним підшипниковим вузлом та елементами амортизації, що значно підвищує надійність машини й зменшує динамічні навантаження.

У зв'язку з цим метою вдосконалення комбінованого ґрунтообробного агрегату є підвищення надійності конструкції та збільшення коефіцієнта використання експлуатаційного часу зміни шляхом скорочення простоїв, пов'язаних із ремонтом і технічним обслуговуванням.

Для досягнення поставленої мети пропонується модернізувати конструкцію дискових батарей шляхом переходу від суцільної батарейної системи до модульної конструкції з індивідуальним кріпленням кожного диска. У запропонованій конструкції кожен диск встановлюється на окремій осі з індивідуальним підшипниковим вузлом та закріплюється на несній балці через гумово-еластичний демпфуючий елемент.

Таке конструктивне рішення забезпечує:

- зниження ударних навантажень на раму агрегату;
- зменшення ймовірності пошкодження дисків та підшипників;
- покращення копіювання рельєфу поверхні поля;
- підвищення якості обробітку ґрунту;
- збільшення ресурсу роботи робочих органів;
- скорочення часу простоїв на ремонт;
- підвищення експлуатаційної надійності агрегату.

Крім того, використання індивідуальної підвіски дисків дозволяє забезпечити стабільну робочу глибину та покращити роботу агрегату на важких і кам'янистих ґрунтах.

Для реалізації запропонованого вдосконалення необхідно виконати інженерний розрахунок основних параметрів модернізованої дискової секції, визначити навантаження на робочі органи, обґрунтувати параметри підшипникових вузлів та амортизаційних елементів, а також провести оцінку міцності конструкції.

3.2 Розрахунок технологічних параметрів дискової батареї

До основних технологічних параметрів дискової батареї належать діаметр дисків, відстань між ними, товщина дисків, а також кут їх заточування та встановлення. Саме ці параметри визначають якість обробітку ґрунту, ступінь його розпушування, інтенсивність кришіння та перемішування рослинних решток.

Процес деформації та переміщення ґрунту під дією сферичних дисків залежить від геометричних параметрів робочих органів, зокрема діаметра й кривизни дисків, кута їх встановлення у горизонтальній та вертикальній площинах, глибини обробітку і швидкості руху агрегату. Важливий вплив також мають фізико-механічні властивості ґрунту та розміри шару, який зрізається окремим диском. Значення зазначених параметрів повинні відповідати встановленим практикою та дослідженнями межам, оскільки між окремими конструктивними елементами існують функціональні залежності.

Кут встановлення дисків α суттєво впливає на величину бокового зміщення ґрунту, інтенсивність обороту пласта та ступінь його подрібнення. Зі збільшенням кута α покращується кришіння ґрунту та зменшується висота гребенів на поверхні поля. Однак надмірне збільшення кута може призвести до налипання ґрунту на робочі органи, оскільки при $\alpha > 35^\circ$ погіршуються умови сходження ґрунтового пласта з поверхні диска.

У сучасних дискових ґрунтообробних агрегатах переважно використовуються сферичні диски з постійною кривизною робочої поверхні. Такі диски забезпечують стабільне заглиблення у ґрунт, ефективне перемішування рослинних решток та високу якість обробітку.

Кут заточування леза дисків у дискових боронах і лушпильниках зазвичай становить: $i = 10 \dots 20^\circ$; кут сектора диска $\varphi = 22 \dots 26^\circ$; кут зазору в зоні максимальної глибини ходу $\epsilon = 3 \dots 5^\circ$.

Діаметр дисків вибирають залежно від глибини обробітку та умов експлуатації. Зі збільшенням діаметра диска зростає необхідне зусилля для його заглиблення у ґрунт, тому доцільно використовувати мінімально допустимий діаметр, який забезпечує якісний обробіток.

Діаметр диска визначається за залежністю:

$$D = k \cdot \alpha$$

де k – коефіцієнт, який для дискових борін знаходиться в межах $3 \dots 6$; α – глибина обробітку, м.

Для глибини обробітку $\alpha = 0,06 \dots 0,10$ м отримаємо:

$$D = (4 \dots 6) \cdot (0,06 \dots 0,10) = 0,24 \dots 0,60 \text{ м}$$

З урахуванням конструктивних особливостей агрегату та рекомендацій щодо роботи на важких ґрунтах приймаємо діаметр дисків:

$$D = 0,56 \text{ м}$$

Товщина сферичних дисків визначається за емпіричними залежностями: для звичайних ґрунтів:

$$\delta = 0,008 D$$

для важких ґрунтів:

$$\delta = 0,008 D + 1$$

Оскільки агрегат передбачається використовувати на важких ґрунтах, приймаємо другу залежність. Тоді:

$$\delta = 0,008 \cdot 0,55 + 1 = 0,0054 \text{ м}$$

Отже, товщина диска становить приблизно 5,4 мм.

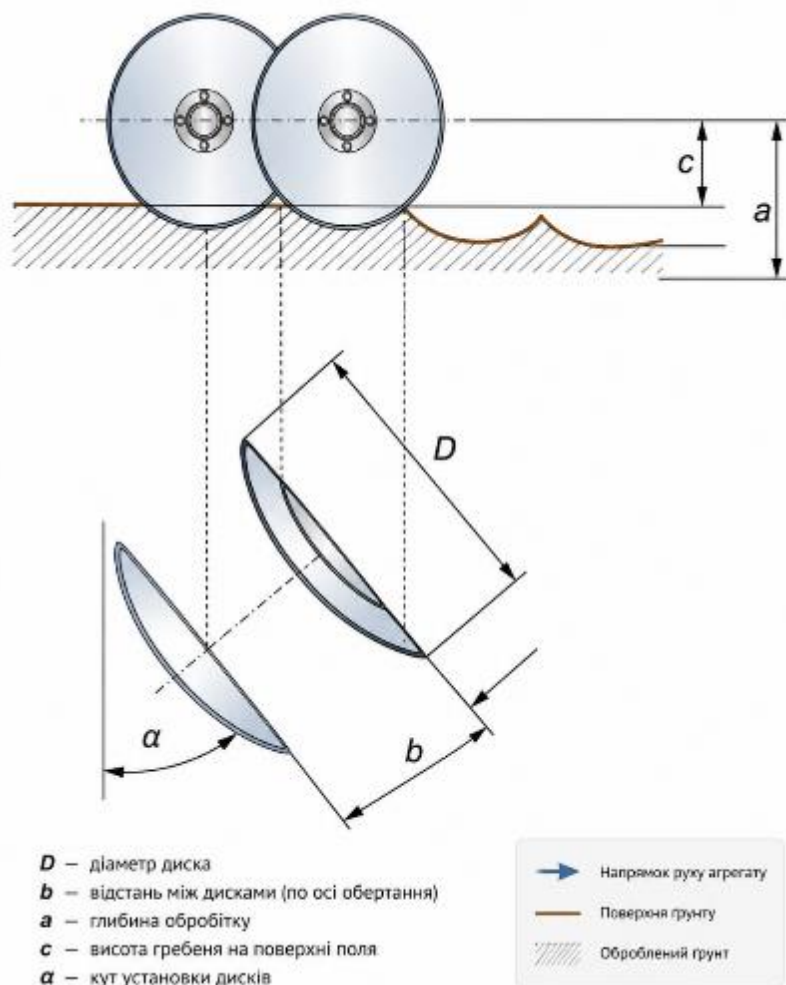


Рисунок 3.3 – Основні геометричні елементи сферичного диска

Відстань між сусідніми дисками повинна забезпечувати вільне проходження ґрунту та рослинних решток між робочими органами без забивання. Її визначають за умовою:

$$b > (1,5 \dots 2,0)a$$

Для глибини обробітку 0,06...0,10 м маємо:

$$b > (1,5 \dots 2,0)(0,06 \dots 0,10) = 0,09 \dots 0,20 \text{ м}$$

При виборі відстані між дисками враховують не лише можливість забивання, але й формування рівномірного профілю дна борозни. З урахуванням умов роботи та конструктивних особливостей агрегату приймаємо:

$$b = 0,26 \text{ м}$$

Кут встановлення дисків α визначається з умови забезпечення необхідної висоти гребенів на поверхні поля та якісного перемішування ґрунту. Мінімальний кут встановлення визначається за формулою:

$$\tan \alpha_{min} = \frac{b}{2\sqrt{c(D-c)}}$$

Після підстановки значень:

$$\tan \alpha_{min} = \frac{0,26}{2\sqrt{0,04(0,55-0,04)}} = 0,286$$

Тоді:

$$\alpha_{min} = \arctan(0,286) = 16^\circ$$

Отже, для забезпечення якісного обробітку ґрунту необхідно, щоб:

$$\alpha > \alpha_{min}$$

Відповідно до рекомендацій для польових дискових борін приймаємо кут встановлення дисків:

$$\alpha = 16...20^\circ$$

Прийняті параметри дискової батареї забезпечують ефективне розпушування ґрунту, якісне подрібнення рослинних решток, стабільну роботу агрегату та зменшення ймовірності забивання робочих органів під час експлуатації.

3.3 Розрахунок конструктивних параметрів дискової батареї

Характер взаємодії сферичного диска з ґрунтом суттєво відрізняється від роботи плоского диска. Для сферичного диска реакція ґрунту спрямована з боку увігнутої поверхні по нормалі до дотичної у точці контакту А (рис. 3.4).

Точка прикладання реакції ґрунту А знаходиться приблизно на половині глибини ходу диска, тобто на відстані $(a/2)$. У цьому випадку вертикальна складова реакції ґрунту (R_z) разом із силою ваги диска (G) сприяє його заглибленню у ґрунт. Тому дискові агрегати повинні мати механізми регулювання та обмеження глибини ходу робочих органів.

Зазначене справедливе для випадку гостро заточеного диска та достатньої глибини обробітку. У реальних умовах, особливо при мілкому обробітку ґрунту або затупленні ріжучої кромки, на диск діє додаткова реакція ґрунту (R'_Z). Тому рівновага диска визначається умовою:

$$G + R_Z - R'_Z = 0$$

де $R'_Z > 0$) залежно від стану ріжучої кромки диска.

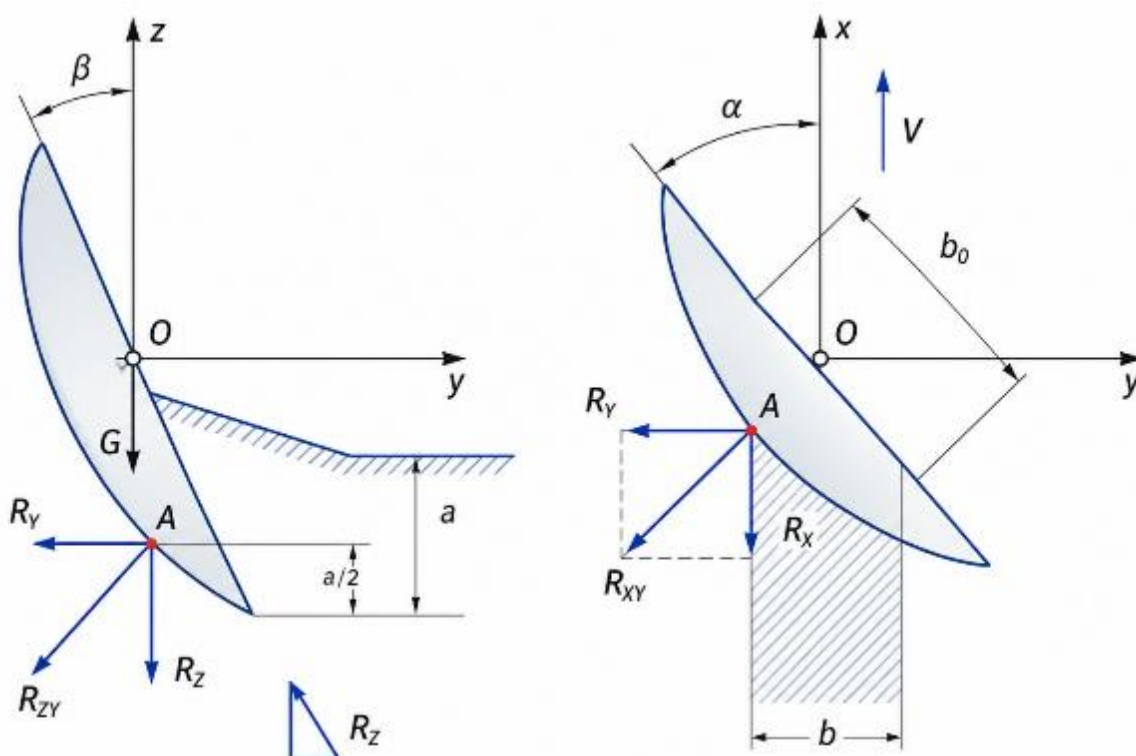


Рисунок 3.4 – Дія сил на сферичний дисковий робочий орган

Як правило, у верхньому шарі ґрунту виконується умова:

$$G + R_Z > R'_Z$$

що призводить до самозаглиблення диска. На заданій глибині встановлюється рівновага:

$$G + R_Z = R'_Z$$

На пухких ґрунтах сила заглиблення часто перевищує опір ґрунту, тому для стабілізації глибини обробітку необхідно використовувати опорні колеса.

Експериментальними дослідженнями встановлено [17], що горизонтальна складова тягового опору диска визначається за залежністю:

$$R_X = kab$$

де k – питомий опір ґрунту обробітку диском, Н/мм²; $k = 0,07$ Н/мм²; a – глибина обробітку, мм; b – ширина захвату диска, мм.

Ширина захвату диска визначається за формулою:

$$b = b_0 \sin \alpha$$

де $b_0 = 406$ мм – конструктивна ширина диска; $\alpha = 18^\circ$ – кут встановлення диска.

Підставляючи значення, отримаємо:

$$b = 406 \cdot \sin 18^\circ = 125,5 \text{ мм}$$

Тоді горизонтальна складова опору становитиме:

$$R_X = 0,07 \cdot 12,5 \cdot 125,5 = 109,8 \text{ Н}$$

Для визначення вертикальної та бокової складових використовують коефіцієнти (m) і (n), які для дискових борін приймають за довідковими даними:

$$m = 0,58; \quad n = 1,13$$

Вертикальна складова реакції:

$$R_Z = R_X \cdot m$$

$$R_Z = 109,8 \cdot 0,58 = 63,6 \text{ Н}$$

Бокова складова:

$$R_Y = R_X \cdot n$$

$$R_Y = 109,8 \cdot 1,13 = 124,1 \text{ Н}$$

Отримані значення сил використовуються для подальшого розрахунку елементів кріплення та пружинної стійки дискового робочого органу.

Під час роботи дискової борони на пружинну стійку діє результуюча сила (R_{XY}), яка виникає внаслідок взаємодії диска з ґрунтом. Під дією цієї сили у стійці виникає згинальний момент ($M_{зг}$), що залежить від величини навантаження та плеча прикладання сили (рис. 4.5).

Згинальний момент визначається за формулою:

$$M_{зг} = R_{XY} \cdot l$$

де $M_{зг}$ – згинальний момент, Н·см; R_{xy} – результуюча сила, Н; l – плече прикладання сили, см.

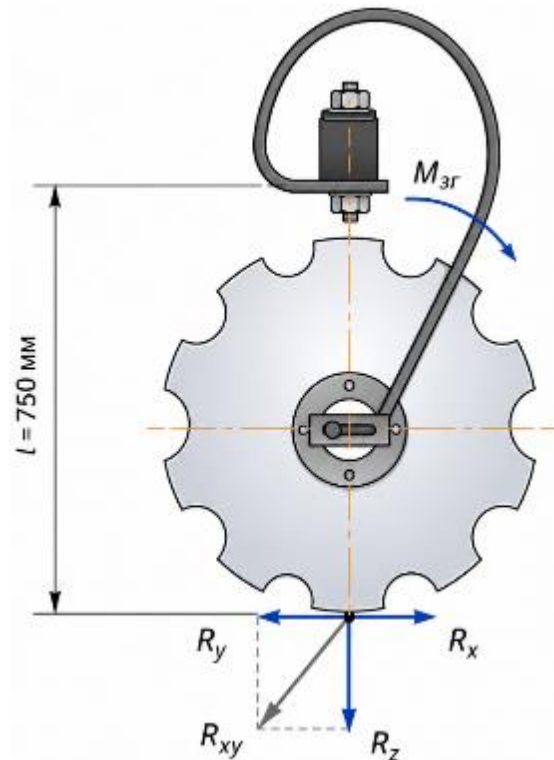


Рисунок 3.5 – Схема дії навантажень на пружинну стійку

Результуюча сила визначається залежністю:

$$R_{xy} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

Підставляючи значення:

$$R_{xy} = \sqrt{109,8^2 + 124,1^2} = 165,7 \text{ Н}$$

При довжині плеча:

$$l = 75 \text{ см}$$

одержимо згинальний момент:

$$M_{зг} = 165,7 \cdot 75 = 12427,5 \text{ Нсм}$$

Для перевірки міцності пружинної стійки використовують умову:

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_x}$$

де σ – напруження вигину, кН/см^2 ; $M_{\max}$ – максимальний згинальний момент, $\text{Н}\cdot\text{см}$; W_X – момент опору перерізу стійки, см^3 .

Для стійки прямокутного профілю приймаємо:

$$W_X = 12,3 \text{ см}^3$$

Матеріал стійки – сталь 60С2А. Допустиме напруження:

$$[\sigma] = 2,1 \text{ кН/см}^2$$

Тоді фактичне напруження становитиме:

$$\sigma = \frac{12427,5}{12,3 \cdot 1000} = 1,01 \text{ кН/см}^2$$

Отже:

$$\sigma = 1,01 \leq [\sigma] = 2,1 \text{ кН/см}^2$$

Умова міцності виконується, що свідчить про достатню надійність конструкції пружинної стійки. Наявний запас міцності забезпечує стійкість робочого органу до ударних навантажень при наїзді на каміння або інші перешкоди під час роботи агрегату.

3.4 Висновки з розділу

Проведено аналіз конструкції комбінованого ґрунтообробного агрегату та обґрунтовано напрям його модернізації. Встановлено, що основним недоліком базової конструкції є використання суцільних дискових батарей, які під час роботи на кам'янистих і ущільнених ґрунтах зазнають значних ударних навантажень, що призводить до пошкодження робочих органів та збільшення простоїв агрегату.

Для підвищення надійності та ефективності роботи агрегату запропоновано вдосконалену конструкцію дискової батареї з індивідуальним кріпленням дисків на окремих стійках через амортизаційні елементи. Таке конструктивне рішення забезпечує зменшення динамічних навантажень, покращення копіювання рельєфу поля, зниження ймовірності поломок та підвищення експлуатаційної довговічності агрегату.

У процесі розрахунків визначено основні технологічні та конструктивні параметри дискової батареї: діаметр і товщину дисків, відстань між ними, кут встановлення, а також сили, що діють на сферичний диск під час роботи. Проведено розрахунок навантажень на пружинну стійку та перевірку її міцності. Встановлено, що отримані напруження не перевищують допустимих значень, а конструкція має необхідний запас міцності для роботи в складних польових умовах.

Отже, запропоноване вдосконалення конструкції комбінованого ґрунтообробного агрегату забезпечує підвищення надійності роботи, зменшення витрат на ремонт і технічне обслуговування, а також сприяє покращенню якості обробітку ґрунту та ефективності використання машинно-тракторного агрегату.

4 РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Вихідні параметри для проведення експлуатаційних розрахунків прийнято з урахуванням природно-кліматичних умов господарства та особливостей виконання поверхневого обробітку ґрунту. Для роботи використовується трактор Т-150К у складі з удосконаленим комбінованим ґрунтообробним агрегатом.

Умови експлуатації характеризуються такими показниками: тип ґрунту – чорнозем важкосуглинковий; агрофон – рілля після збирання попередника; технологічна операція – дискування з одночасним прикочуванням поверхні; робоча глибина обробітку – до 16 см; рельєф поля рівнинний з ухилом до 1 %.

Геометричні параметри поля становлять: довжина гону $L=1800$ м, ширина поля $B=1100$ м. Експлуатаційна маса трактора дорівнює 7800 кг, а маса комбінованого агрегату – 3200 кг. Конструктивна ширина захвату машини становить 4,0 м, а допустима робоча швидкість агрегату може досягати 11 км/год.

Проведення поверхневого обробітку ґрунту повинно відповідати встановленим агротехнічним вимогам та забезпечувати якісну підготовку поля до наступних технологічних операцій.

Початок виконання робіт визначається відповідно до оптимальних агрономічних строків та фізичного стану ґрунту. Робоча глибина обробітку повинна знаходитись у межах 12–16 см, при цьому допустиме відхилення середньої глибини не повинно перевищувати ± 5 %.

Ступінь розпушування ґрунту після проходу агрегату має бути не менше 80 %, а рівень збереження рослинних решток на поверхні поля – не нижче 60 %. На ділянках з ухилом понад 3° обробіток рекомендується виконувати поперек схилу з метою зменшення ерозійних процесів.

Під час роботи не допускається забивання робочих органів ґрунтом або рослинними залишками. Оброблена поверхня поля повинна бути рівномірною, без пропусків, необроблених смуг та інших технологічних дефектів.

Для визначення раціонального режиму роботи агрегату було проаналізовано тягово-експлуатаційні показники трактора Т-150К на III та IV передачах.

Питомий тяговий опір агрегату визначали за формулою:

$$K = K_0 \cdot \left[1 + \frac{(V_p - V_0) \Delta C}{100} \right]$$

де K_0 – питомий тяговий опір при базовій швидкості $V_0=5$ км/год; V_p – робоча швидкість агрегату, км/год; ΔC – приріст питомого опору, %.

Приймаємо: $K_0=6,8$ кН/м.

Тоді:

$$K_{III} = 6,8 \cdot \left[1 + \frac{(8,3 - 5) \cdot 1}{100} \right] = 7,02 \text{ кН/м}$$

$$K_{IV} = 6,8 \cdot \left[1 + \frac{(11 - 5) \cdot 1}{100} \right] = 7,21 \text{ кН/м}$$

Граничну ширину захвату агрегату визначали за залежністю:

$$B_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{кр}} - G \sin \alpha}{K + S_m \sin \alpha + S_{\text{сн}}(f + \sin \alpha)}$$

де $P_{\text{кр}}$ – тягове зусилля трактора, кН; G – вага трактора, кН; α – ухил місцевості; S_m – відношення ваги машини до ширини захвату.

Ухил місцевості:

$$\sin \alpha = \frac{i}{100} = \frac{1}{100} = 0,01$$

Питоме навантаження агрегату:

$$S_m = \frac{G_m}{B_k} = \frac{31,3}{4} = 7,8 \text{ кН/м}$$

Тоді:

$$B_{\text{прIII}} = \frac{34,1 - 76,5 \cdot 0,01}{7,02 + 7,8 \cdot 0,01} = 4,69 \text{ м}$$

$$B_{\text{прIV}} = \frac{28,4 - 76,5 \cdot 0,01}{7,21 + 7,8 \cdot 0,01} = 3,79 \text{ м}$$

Можлива кількість машин у складі агрегату:

$$n = \frac{B_{\text{пр}}}{B_k}$$

$$n_{\text{III}} = \frac{4,69}{4} = 1,2$$

$$n_{\text{IV}} = \frac{3,79}{4} = 1,0$$

Отже, на обох передачах доцільно використовувати один агрегат.

Тяговий опір агрегату визначали за формулою:

$$R_a = n \cdot B_p \cdot K + G_m \cdot n \cdot \sin \alpha$$

Робоча ширина захвату:

$$B_p = B_k \cdot \beta$$

де $\beta=0,96$ – коефіцієнт використання ширини захвату.

$$B_p = 4,0 \cdot 0,96 = 3,84 \text{ м}$$

Тоді:

$$R_{a\text{III}} = 1 \cdot 3,84 \cdot 7,02 + 7,8 \cdot 0,01 = 27,03 \text{ кН}$$

$$R_{a\text{IV}} = 1 \cdot 3,84 \cdot 7,21 + 7,8 \cdot 0,01 = 27,76 \text{ кН}$$

Коефіцієнт використання тягового зусилля:

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{\text{кр}} - G \sin \alpha}$$

$$\xi_{p\text{III}} = \frac{27,03}{34,1 - 76,5 \cdot 0,01} = 0,81$$

$$\xi_{p\text{IV}} = \frac{27,76}{28,4 - 76,5 \cdot 0,01} = 1,00$$

Аналіз результатів показує, що найбільш раціональною є робота агрегату на III передачі, де забезпечується достатній запас тягової потужності та оптимальний рівень завантаження трактора.

Приймаємо: робочу швидкість агрегату $V_p=8,3$ км/год; годинну витрату палива $G_t=26$ кг/год.

Під час виконання технологічного процесу приймаємо човниковий спосіб руху агрегату із грушоподібним поворотом.

Мінімальний радіус повороту:

$$R_0 = B_k = 4,0 \text{ м}$$

Мінімальна ширина поворотної смуги:

$$E_{min} = 2,8R_0 + e + d_k$$

де e – довжина виїзду агрегату:

$$e = l_{тр} + l_m$$

$$e = 6,13 + 10,2 = 16,33 \approx 17 \text{ м}$$

$$d_k = \frac{B_k}{2} = \frac{4,0}{2} = 2 \text{ м}$$

Тоді:

$$E_{min} = 2,8 \cdot 4 + 17 + 2 = 30,2 \text{ м}$$

Приймаємо ширину поворотної смуги: $E=32$ м.

Довжина холостого повороту:

$$L_p = L - 2E$$

$$L_p = 1800 - 2 \cdot 66 = 1668 \text{ м}$$

Робоча довжина гону:

$$L_p = L - 2E$$

$$L_p = 1800 - 2 \cdot 66 = 1668 \text{ м}$$

Час робочого проходу:

$$t_p = \frac{0,06L_p}{V_p}$$

$$t_p = \frac{0,06 \cdot 1668}{8,3} = 12,06 \text{ хв}$$

Час повороту:

$$t_x = \frac{0,06L_x}{V_x}$$

при $V_x=5$ км/год:

$$t_x = \frac{0,06 \cdot 66}{5} = 0,79 \text{ хв}$$

Час очищення робочих органів приймаємо: $t_{оч}=2$ хв

Тривалість одного циклу:

$$t_{ц} = t_p + t_x + t_{оч}$$

$$t_{ц} = 12,06 + 0,79 + 2 = 14,85 \text{ хв}$$

Позациклові витрати часу: $t_{н.ц}=41$ хв

Кількість циклів за зміну:

$$P_{ц} = \frac{T_{зм} - t_{н.ц}}{t_{ц}}$$

$$P_{ц} = \frac{480 - 41}{14,85} = 29,6$$

Приймаємо: $P_{ц}=30$.

Коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{t_{ц} \cdot P_{ц}}{T_{зм}}$$

$$\tau = \frac{14,85 \cdot 30}{480} = 0,93$$

Технічна продуктивність агрегату:

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau$$

$$W_{год} = 0,1 \cdot 3,84 \cdot 8,3 \cdot 0,93 = 2,96 \text{ га/год}$$

Витрати праці:

$$H = \frac{m_{тр} + m_{об}}{W_{год}}$$

$$H = \frac{1}{2,96} = 0,34 \text{ люд.-год/га}$$

Отримані результати підтверджують ефективність роботи удосконаленого комбінованого агрегату в заданих умовах експлуатації та забезпечують високі показники продуктивності при раціональному використанні енергетичних ресурсів.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Під час виконання технологічних операцій з обробітку ґрунту особливу увагу необхідно приділяти питанням охорони праці, виробничої безпеки та мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище. Робота машинно-тракторних агрегатів супроводжується дією небезпечних і шкідливих виробничих факторів, серед яких підвищений рівень шуму та вібрації, запиленість повітря, рухомі робочі органи, значні динамічні навантаження, можливість перекидання техніки, а також вплив вихлопних газів двигуна внутрішнього згоряння.

Безпечна експлуатація комбінованого ґрунтообробного агрегату повинна здійснюватися відповідно до вимог чинних нормативних документів з охорони праці, правил технічної експлуатації тракторів і сільськогосподарських машин, а також інструкцій заводу-виробника.

До виконання механізованих робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання, інструктаж з охорони праці та мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії. Перед початком роботи механізатор повинен перевірити технічний стан трактора й агрегату, справність гальмівної системи, рульового керування, освітлення, гідросистеми, сигналізації та надійність кріплення робочих органів.

Особливу увагу слід приділяти перевірці стану дискових робочих органів, підшипникових вузлів, пружинних стійок та механізмів регулювання глибини обробітку. Робота агрегату із тріщинами, деформаціями або ослабленими з'єднаннями не допускається, оскільки це може призвести до аварійної ситуації чи травмування персоналу.

Перед запуском двигуна необхідно впевнитися у відсутності сторонніх осіб у зоні руху агрегату. Під час роботи забороняється:

- перебування людей поблизу робочих органів машини;
- очищення дисків, котків або стійок при працюючому двигуні;

- виконання ремонтних робіт під час руху агрегату;
- перевезення людей на машині або причіпному обладнанні;
- робота на несправній техніці.

Під час руху агрегату механізатор повинен дотримуватись встановленої швидкості, уникати різких поворотів та перевищення допустимого навантаження на трактор. На схилах роботу слід виконувати переважно впоперек схилу для запобігання перекиданню техніки та розвитку водної ерозії ґрунту.

Для зниження негативного впливу шуму й вібрації необхідно використовувати трактори із герметизованими кабінами, справними амортизаторами та шумоізоляцією. Рівень шуму на робочому місці механізатора не повинен перевищувати допустимих санітарних норм. У разі підвищеної запиленості повітря механізатор повинен користуватися засобами індивідуального захисту органів дихання.

Під час технічного обслуговування машин необхідно дотримуватись правил пожежної безпеки. Заправку паливом і мастильними матеріалами виконують лише при вимкненому двигуні, використовуючи справний інвентар та засоби пожежогасіння. На тракторі обов'язково повинні бути вогнегасник, аптечка та знак аварійної зупинки.

Важливим напрямом сучасного землеробства є мінімізація негативного впливу технологічних операцій на навколишнє середовище. Надмірний та інтенсивний обробіток ґрунту може призводити до руйнування його структури, втрати гумусу, ущільнення орного шару, підвищення ризику ерозійних процесів та втрати вологи.

Застосування удосконаленого комбінованого агрегату дозволяє зменшити кількість проходів техніки по полю завдяки поєднанню декількох операцій за один прохід. Це сприяє зниженню ущільнення ґрунту, економії паливно-мастильних матеріалів і зменшенню викидів шкідливих речовин у атмосферу.

З метою охорони довкілля необхідно:

- дотримуватись науково обґрунтованих глибин обробітку;
- не допускати переущільнення ґрунту;

- виконувати обробіток у оптимальні агротехнічні строки;
- зберігати рослинні рештки на поверхні поля для захисту ґрунту від ерозії;
- не допускати витоків паливно-мастильних матеріалів;
- своєчасно проводити технічне обслуговування двигунів для зменшення токсичності вихлопних газів.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці та заходів екологічної безпеки під час обробітку ґрунту забезпечує безпечні умови праці механізаторів, підвищує надійність роботи техніки, знижує виробничий травматизм і сприяє збереженню родючості ґрунтів та навколишнього природного середовища.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ

Метою техніко-економічного обґрунтування удосконаленого комбінованого ґрунтообробного агрегату є визначення економічної доцільності його впровадження у виробництво, оцінка витрат на модернізацію конструкції, розрахунок експлуатаційних витрат, продуктивності агрегату, строку окупності та очікуваного економічного ефекту.

Розрахунки виконано для умов центральної частини України при проведенні поверхневого обробітку ґрунту за технологією дискування з одночасним прикочуванням. За базову модель прийнято серійний агрегат АКМ-4, а за проектну – удосконалений агрегат з індивідуальним кріпленням дисків.

Галузеву собівартість удосконаленого агрегату визначаємо за формулою:

$$C_o = P \cdot (K_c \cdot H \cdot K_m + M) + D$$

де P – маса агрегату, кг; K_c – коефіцієнт конструктивної складності; H – витрати на виготовлення 1 кг конструкції, грн/кг; K_m – коефіцієнт зміни виробничих витрат; M – вартість 1 кг матеріалу; D – транспортні витрати.

Для сучасних умов 2025 року приймаємо: $P=3200$ кг; $K_c=1,4$; $H=45$ грн/кг; $K_m=1,35$; $M=82$ грн/кг; $D=25000$ грн.

Тоді:

$$C_o = 3200 \cdot (1,4 \cdot 45 \cdot 1,35 + 82) + 25000$$

$$C_o = 3200 \cdot (85,05 + 82) + 25000$$

$$C_o = 3200 \cdot 167,05 + 25000$$

$$C_o = 534560 + 25000 = 559560 \text{ грн}$$

Нормативний прибуток:

$$P_n = \frac{R_c \cdot C_o}{100}$$

де $R_c=10\%$

$$P_n = \frac{10 \cdot 559560}{100} = 55956 \text{ грн}$$

Мінімальна ціна агрегату:

$$C_{min} = C_o + P_n$$

$$C_{min} = 559560 + 55956 = 615516 \text{ грн}$$

Лімітна ціна агрегату:

$$C_l = C_{min} \cdot K_p$$

де $K_p=1,05$.

$$C_l = 615516 \cdot 1,05 = 646291,8 \text{ грн}$$

Отже, орієнтовна ринкова вартість удосконаленого агрегату становить:
 $C_l \approx 646300$ грн.

Для оцінки ефективності порівнюємо базову та проектну моделі агрегатів.

Показник	 Базова модель	 Проектна модель
 Марка трактора	T-150K	T-150K
 Вартість трактора, грн	2 850 000	2 850 000
 Марка агрегату	АКМ-4	АКМ-4У
 Вартість агрегату, грн	610 000	646 300
 Продуктивність, га/год	3,3	4,0
 Витрата палива, кг/га	8,6	6,4
 Кількість персоналу, чел.	1	1
 Вартість дизельного палива, грн/кг	58	58

Рисунок 6.1 – Вихідні дані для розрахунків

Заробітну плату механізатора визначаємо:

$$Z_p = \frac{f_t}{W_{\text{год}}}$$

де $f_t=320$ грн/год – погодинна оплата праці; $W_{\text{год}}$ – продуктивність агрегату.

Для базової моделі: $Z_6=3203,3=96,97$ грн/га

Для проектної моделі: $Z_{\text{п}}=3204,0=80,0$ грн/га

Витрати на ремонт і амортизацію трактора

$$S_{\text{тр}} = \frac{1,1 \cdot B_t \cdot (Q_r + Q_{\text{то}})}{100 \cdot T_t \cdot W_{\text{год}}}$$

де $B_t=2850000$ грн; $Q_r=15\%$; $Q_{\text{то}}=12\%$; $T_t=300$ днів.

Для базового агрегату: $S_{\text{тр.б}}=1,1 \cdot 2850000 \cdot 27100 \cdot 300 \cdot 3,3=857,7$ грн/га

Для проектного агрегату: $S_{\text{тр.п}}=1,1 \cdot 2850000 \cdot 27100 \cdot 300 \cdot 4,0=707,0$ грн/га

Витрати на ремонт і амортизацію агрегату

$$S_{\text{тр}} = \frac{1,1 \cdot B_t \cdot (Q_r + Q_{\text{то}})}{100 \cdot T_t \cdot W_{\text{год}}}$$

Для базової моделі: $S_{\text{агр.б}}=1,1 \cdot 610000 \cdot 17100 \cdot 30 \cdot 3,3=345,9$ грн/га

Для проектної моделі: $S_{\text{агр.п}}=1,1 \cdot 646300 \cdot 17100 \cdot 30 \cdot 4,0=302,1$ грн/га

Витрати на паливо

$$G_m = C_t \cdot g_m$$

де $C_t=58$ грн/кг.

Для базового агрегату: $G_6=58 \cdot 8,6=498,8$ грн/га

Для проектного агрегату: $G_{\text{п}}=58 \cdot 6,4=371,2$ грн/га

Загальні експлуатаційні витрати

$$B = Z_p + S_{\text{тр}} + S_{\text{агр}} + G_m$$

Для базової моделі: $B_6=96,97+857,7+345,9+498,8=1799,37$ грн/га

Для проектної моделі: $B_{\text{п}}=80,0+707,0+302,1+371,2=1460,3$ грн/га

Економія становить: $\Delta B=1799,37-1460,3=339,07$ грн/га

Питомі капітальні вкладення

$$S_p = \frac{1,1 \cdot B_t}{W_{\text{год}} \cdot T_t} + \frac{1,1 \cdot B_m}{W_{\text{год}} \cdot T_m}$$

Для базового агрегату: $S_{\text{п.б}}=1,1 \cdot 2850000 \cdot 3,3 \cdot 300 + 1,1 \cdot 610000 \cdot 3 \cdot 30=3866,2$ грн/га

Для проектного агрегату: $S_{п.п}=1,1 \cdot 28500004,0 \cdot 300 + 1,1 \cdot 6463004,0 \cdot 30 = 3214,4$ грн/га

Річний економічний ефект

$$E_r = [(B_6 + 0,15S_{п.6}) - (B_{п.п} + 0,15S_{п.п})] \cdot T_m \cdot W_{год}$$

$$E_r = [(1799,37 + 0,15 \cdot 3866,2) - (1460,3 + 0,15 \cdot 3214,4)] \cdot 30$$

$$E_r = (2379,3 - 1942,5) \cdot 120$$

$$E_r = 52416 \text{ грн/рік}$$

Строк окупності

$$T = \frac{Z_{пр}}{E_r}$$

Де $Z_{пр}=36300$ – витрати на модернізацію.

$$T = \frac{36300}{52416} = 0,69 \text{ року}$$

Проведені техніко-економічні розрахунки показали, що впровадження удосконаленого комбінованого ґрунтообробного агрегату економічно доцільним. Використання модернізованої конструкції дозволяє зменшити експлуатаційні витрати на 339 грн/га, скоротити витрати палива, підвищити продуктивність агрегату та покращити якість виконання технологічного процесу. Річний економічний ефект від використання агрегату становить близько 52,4 тис. грн, а строк окупності витрат на модернізацію складає менше одного року, що підтверджує ефективність запропонованого технічного рішення.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз сучасних технологій вирощування кукурудзи та технічних засобів для обробки ґрунту підтверджує важливу роль механізації у підвищенні ефективності аграрного виробництва. Кукурудза залишається однією з провідних зернових культур України та світу, а її вирощування має значне економічне й продовольче значення. В умовах зростання вартості ресурсів особливо актуальним є впровадження ресурсозберігаючих технологій і сучасних комбінованих агрегатів. Встановлено, що якісний передпосівний обробіток ґрунту забезпечує накопичення вологи, покращує структуру орного шару та створює сприятливі умови для розвитку рослин кукурудзи. Недотримання агротехнічних вимог призводить до погіршення стану ґрунту та зниження врожайності. Аналіз сучасних ґрунтообробних машин показав, що найбільш ефективними є комбіновані високопродуктивні агрегати, здатні виконувати кілька технологічних операцій за один прохід. Їх використання дозволяє зменшити ущільнення ґрунту, скоротити витрати пального та підвищити продуктивність праці.

2. У результаті проведеного обґрунтування та розрахунку елементів технології вирощування кукурудзи встановлено, що ефективність виробництва значною мірою залежить від раціонального вибору технологічних операцій і сучасних машинно-тракторних агрегатів. Проаналізовано основні етапи технології вирощування кукурудзи та обґрунтовано використання сучасної високопродуктивної техніки, зокрема комбінованих ґрунтообробних агрегатів, високошвидкісних сівалок і сучасних міжрядних культиваторів. Їх застосування дозволяє скоротити кількість проходів техніки по полю, знизити витрати пального та підвищити продуктивність праці. У ході розрахунків визначено змінну продуктивність агрегатів, потребу в техніці, витрати пального та трудові витрати.

3. Проведено аналіз конструкції комбінованого ґрунтообробного агрегату та обґрунтовано напрям його модернізації. Встановлено, що основним недоліком базової конструкції є використання суцільних дискових батарей, які під час роботи на кам'янистих і ущільнених ґрунтах зазнають значних ударних навантажень, що

призводить до пошкодження робочих органів та збільшення простоїв агрегату. Для підвищення надійності та ефективності роботи агрегату запропоновано вдосконалену конструкцію дискової батареї з індивідуальним кріпленням дисків на окремих стійках через амортизаційні елементи. У процесі розрахунків визначено основні технологічні та конструктивні параметри дискової батареї: діаметр і товщину дисків, відстань між ними, кут встановлення, а також сили, що діють на сферичний диск під час роботи. Проведено розрахунок навантажень на пружинну стійку та перевірку її міцності. Встановлено, що отримані напруження не перевищують допустимих значень, а конструкція має необхідний запас міцності для роботи в складних польових умовах.

4. У результаті виконаних експлуатаційних розрахунків встановлено, що удосконалений комбінований ґрунтообробний агрегат у складі з трактором Т-150К забезпечує ефективне виконання поверхневого обробітку ґрунту відповідно до агротехнічних вимог. Визначено раціональні параметри роботи агрегату, зокрема робочу швидкість 8,3 км/год, ширину захвату 4,0 м та глибину обробітку 12–16 см. Розрахунки підтвердили достатній рівень використання тягової потужності трактора, високу продуктивність агрегату та економне використання паливно-енергетичних ресурсів. Отримані показники свідчать про доцільність застосування удосконаленого агрегату для ресурсозберігаючого обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи.

5. Проведені техніко-економічні розрахунки показали, що впровадження удосконаленого комбінованого ґрунтообробного агрегату економічно доцільним. Використання модернізованої конструкції дозволяє зменшити експлуатаційні витрати на 339 грн/га, скоротити витрати палива, підвищити продуктивність агрегату та покращити якість виконання технологічного процесу. Річний економічний ефект від використання агрегату становить близько 52,4 тис. грн, а строк окупності витрат на модернізацію складає менше одного року, що підтверджує ефективність запропонованого технічного рішення.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Фурдичко, О. І., Дем'янюк, О. С. Якість і безпечність сільськогосподарської продукції в контексті продовольчої безпеки України. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 1. С. 7–12.
2. Молдован, В. Г., Молдован, Ж. А. Ефективність використання азотних добрив у прикореневому підживленні кукурудзи. *Зернові культури*. 2021. Т. 5, № 2. С. 329–335. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0192>
3. Петриченко, В. Ф. Стратегічні напрями розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року. *Стратегія розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 р.* : зб. матеріалів XIV річних зборів Всеукр. конгресу вчених економістів-аграрників, Київ, 16–17 жовт. 2012 р. Київ : ННЦ «Ін-т аграр. економіки», 2013. С. 19–29.
4. Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A. et al. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*. 2002. Vol. 418, № 8. P. 671–677.
5. Кабанець, В. М., Собко, М. Г., Музика, Л. П. *Кукурудза: технологічні аспекти вирощування в умовах північно-східного Лісостепу України*. Сад : Інститут сільського господарства Північного Сходу, 2019. 40 с.
6. Штукін, М. О., Оничко, В. І. Особливості підбору гібридів кукурудзи для умов північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2013. Вип. 11. С. 212–217.
7. Ткачук, О. П., Бондаренко, М. І. Екологічна оцінка повторних посівів кукурудзи в Україні. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 24. С. 182–191. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-1-13
8. Кернасюк, Ю. Кукурудза у світі. *Економічний гектар*. 2021. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/21184-kukurudza-u-sviti.html>.
9. Маковей, Ю. Кукурудза: про тенденції у вирощуванні, ціни та технології (частина 1). *Kurkul.com*. 2023. URL:

<https://kurkul.com/spetsproekty/1434-kukurudza-pro-tendentsiyi-u-viroschuvanni-tsini-ta-tehnologiyi-chastina-1>

10. *Кукурудза. Вирощування, збирання, консервування і використання* / за заг. ред. Д. Шпаара. Київ : Альфа-Стевія ЛТД, 2009. 396 с.
11. Сучасна технологія вирощування кукурудзи на зерно. URL: <https://uapg.ua/blog/suchasna-tehnologiya-viroshhuvannya-kukurudzi-na-zerno/>
12. *Насінництво кукурудзи* : навч. посіб. / Б. В. Дзюбецький та ін. Київ : Аграрна наука, 2019. 199 с. ISBN 978-966-540-453-8.
13. Семенда, Д. К., Семенда, О. Вс., Семенда, О. В. Сучасний стан та шляхи підвищення економічної ефективності виробництва зерна кукурудзи. *Агросвіт*. 2020. № 3. С. 43–49. DOI: 10.32702/2306-6792.2020.3
14. Україна збільшила у 2023 році експорт насіння зернових та олійних культур – Інститут аграрної економіки. URL: <https://latifundist.com/novosti/62359-ukrayina-zbilshila-u-2023-rotsi-eksport-nasinnya-zernovih-ta-olijnih-kultur--institut-agrarnoyi-ekonomiki>
15. Врожай online 2023. URL: <https://latifundist.com/urozhaj-online-2023>
16. Войтюк, В. С., Гапоненко, Д. Г. *Сільськогосподарські машини*. Київ : Урожай, 2001. 384 с.
17. Войтюк, Д. Г., Барановський, В. М., Булгаков, В. М. та ін. *Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку* : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.
18. Головчук, А. Ф., Орлов, В. Ф., Строков, О. Ф. *Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки* : підручник : у 3 кн. / за ред. А. Ф. Головчука. Київ : Грамота, 2009. 335 с.
19. Заїка, П. М. *Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту*. Харків : ОКО, 2001. 444 с.
20. Іщенко, Т. Д., Бендера, І. М. *Дипломне проектування у вищих навчальних закладах* : навч.-метод. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2006. 256 с.
21. Коновалюк, Д. М., Ковальчук, Р. М. *Деталі машин* : навч. посіб. Київ : Кондор, 2004. 584 с.

22. Ільченко, В. Ю., Кобець, А. С., Мельник, В. П. та ін. *Практикум з використання машин у рослинництві*. Дніпропетровськ : ДДАУ, 2002. 212 с.
23. Шмат, К. І., Сисолін, П. В., Карманов, В. В. та ін. *Робочі процеси і розрахунок сільськогосподарських машин*. Херсон : ОЛДІ-плюс, 2004. 308 с.
24. Сисолін, П. В., Сало, В. М., Кропівний, В. М. *Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн. 1. Машини для рільництва* / за ред. М. І. Чорновола. Київ : Урожай, 2001. 384 с.
25. Шмат, К. І., Сисолін, П. В., Самарін, О. Є. та ін. *Методи і принципи проектування сільськогосподарських машин і агрегатів* : навч. посіб. Херсон : ОЛДІ-плюс, 2004. 176 с.
26. Aliiev, E., Tesliuk, H. Analytical justifications of constructive parameters of bionic colters for vertical soil treatment. *Machinery & Energetics*. 2024. Vol. 15, № 3. P. 129–139. DOI: 10.31548/machinery/3.2024.129
27. Kobets, A., Aliiev, E., Tesliuk, H., Aliieva, O. Simulation of the interaction between the working bodies of tillage machines and the soil in Simcenter STAR-CCM+. *Machinery & Energetics*. 2023. Vol. 14, № 1. P. 9–23. DOI: 10.31548/machinery/1.2023.09
28. Aliiev, E., Tesliuk, H., Puhach, A., Kobets, O., Zolotovska, O., Boiko, V. Improving the work process efficiency of a tillage module for pre-sowing tillage. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 4, № 1 (124). P. 60–71. DOI: 10.15587/1729-4061.2023.284597
29. Kozachenko, O., Aliiev, E., Sedykh, K. Results of investigation of the spring shank disc harrow performance. *U.P.B. Scientific Bulletin, Series D*. 2021. Vol. 83, Issue 4. P. 123–140. URL: https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/rezabf_492985.pdf
30. Козаченко, О. В., Шкрегаль, О. М., Каденко, В. С., Алієв, Е. Б. Моделювання енергоощадної форми леза ґрунтообробного робочого органу. *Стратегия качества в промышленности и образовании* : матеріали XIII міжнар. конф., Варна, 5–8 черв. 2017 р. Варна : Технический университет, 2017. Вип. 2. С. 131–138.

ДОДАТКИ

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

Удосконалення використання техніки при вирощуванні кукурудзи з розробкою комбінованого агрегату

Демонстраційний матеріал до дипломного проекту освітнього ступеня «Бакалавр»

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

Хорольський Юрій Юрійович

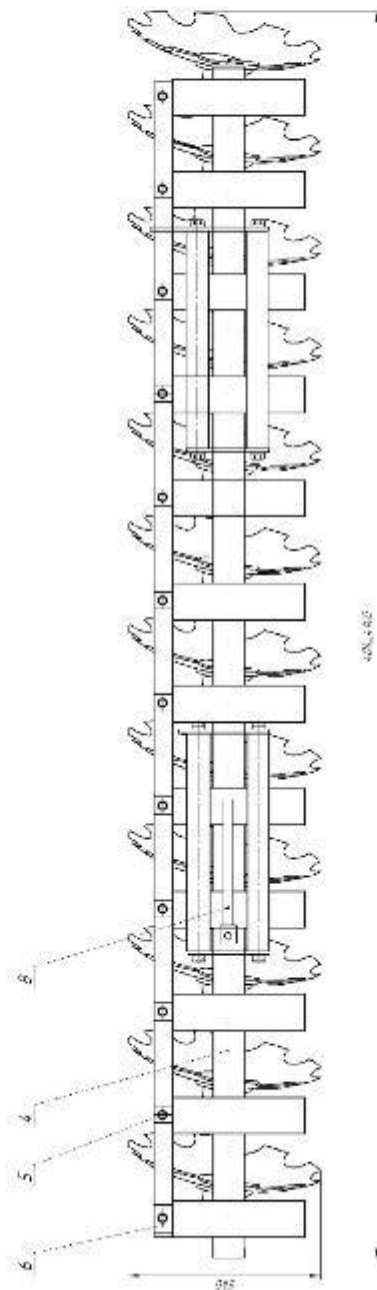
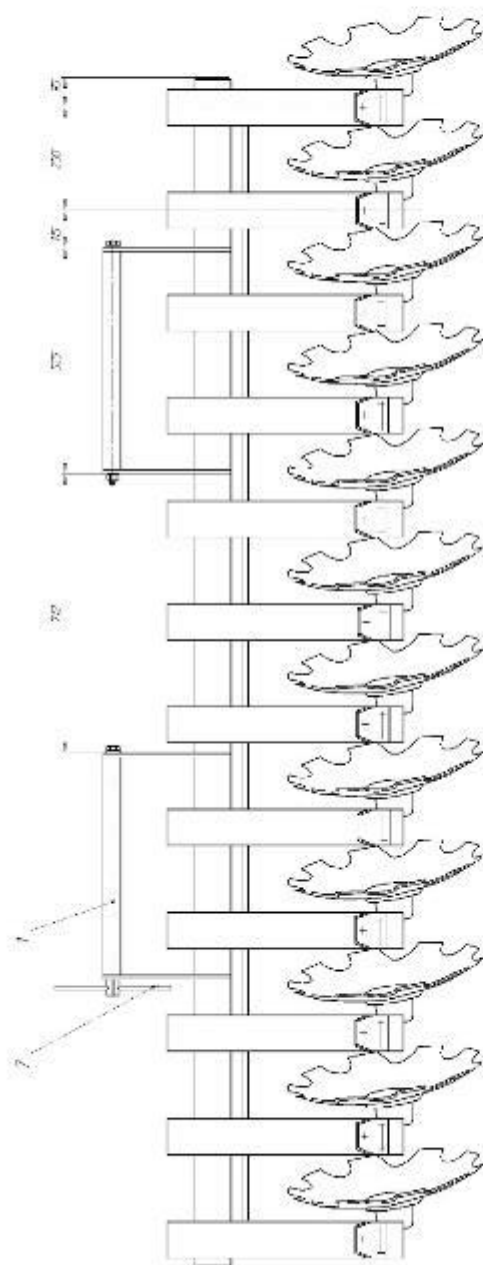
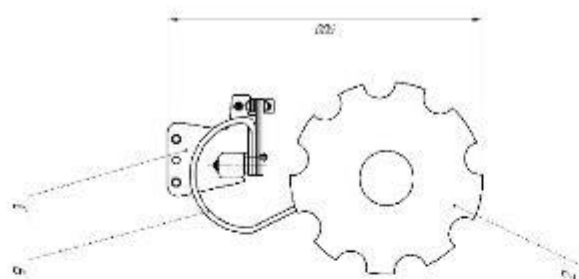
Керівник: к.т.н., доцент

Макаренко Дмитро Олександрович

Дніпро, 2026

[illegible]

5



2070-2071-2072-2073-2074-2075-2076-2077-2078-2079-2080-2081-2082-2083-2084-2085-2086-2087-2088-2089-2090-2091-2092-2093-2094-2095-2096-2097-2098-2099-2100-2101-2102-2103-2104-2105-2106-2107-2108-2109-2110-2111-2112-2113-2114-2115-2116-2117-2118-2119-2120-2121-2122-2123-2124-2125-2126-2127-2128-2129-2130-2131-2132-2133-2134-2135-2136-2137-2138-2139-2140-2141-2142-2143-2144-2145-2146-2147-2148-2149-2150-2151-2152-2153-2154-2155-2156-2157-2158-2159-2160-2161-2162-2163-2164-2165-2166-2167-2168-2169-2170-2171-2172-2173-2174-2175-2176-2177-2178-2179-2180-2181-2182-2183-2184-2185-2186-2187-2188-2189-2190-2191-2192-2193-2194-2195-2196-2197-2198-2199-2200-2201-2202-2203-2204-2205-2206-2207-2208-2209-2210-2211-2212-2213-2214-2215-2216-2217-2218-2219-2220-2221-2222-2223-2224-2225-2226-2227-2228-2229-2230-2231-2232-2233-2234-2235-2236-2237-2238-2239-2240-2241-2242-2243-2244-2245-2246-2247-2248-2249-2250-2251-2252-2253-2254-2255-2256-2257-2258-2259-2260-2261-2262-2263-2264-2265-2266-2267-2268-2269-2270-2271-2272-2273-2274-2275-2276-2277-2278-2279-2280-2281-2282-2283-2284-2285-2286-2287-2288-2289-2290-2291-2292-2293-2294-2295-2296-2297-2298-2299-2300-2301-2302-2303-2304-2305-2306-2307-2308-2309-2310-2311-2312-2313-2314-2315-2316-2317-2318-2319-2320-2321-2322-2323-2324-2325-2326-2327-2328-2329-2330-2331-2332-2333-2334-2335-2336-2337-2338-2339-2340-2341-2342-2343-2344-2345-2346-2347-2348-2349-2350-2351-2352-2353-2354-2355-2356-2357-2358-2359-2360-2361-2362-2363-2364-2365-2366-2367-2368-2369-2370-2371-2372-2373-2374-2375-2376-2377-2378-2379-2380-2381-2382-2383-2384-2385-2386-2387-2388-2389-2390-2391-2392-2393-2394-2395-2396-2397-2398-2399-2400-2401-2402-2403-2404-2405-2406-2407-2408-2409-2410-2411-2412-2413-2414-2415-2416-2417-2418-2419-2420-2421-2422-2423-2424-2425-2426-2427-2428-2429-2430-2431-2432-2433-2434-2435-2436-2437-2438-2439-2440-2441-2442-2443-2444-2445-2446-2447-2448-2449-2450-2451-2452-2453-2454-2455-2456-2457-2458-2459-2460-2461-2462-2463-2464-2465-2466-2467-2468-2469-2470-2471-2472-2473-2474-2475-2476-2477-2478-2479-2480-2481-2482-2483-2484-2485-2486-2487-2488-2489-2490-2491-2492-2493-2494-2495-2496-2497-2498-2499-2500-2501-2502-2503-2504-2505-2506-2507-2508-2509-2510-2511-2512-2513-2514-2515-2516-2517-2518-2519-2520-2521-2522-2523-2524-2525-2526-2527-2528-2529-2530-2531-2532-2533-2534-2535-2536-2537-2538-2539-2540-2541-2542-2543-2544-2545-2546-2547-2548-2549-2550-2551-2552-2553-2554-2555-2556-2557-2558-2559-2560-2561-2562-2563-2564-2565-2566-2567-2568-2569-2570-2571-2572-2573-2574-2575-2576-2577-2578-2579-2580-2581-2582-2583-2584-2585-2586-2587-2588-2589-2590-2591-2592-2593-2594-2595-2596-2597-2598-2599-2600-2601-2602-2603-2604-2605-2606-2607-2608-2609-2610-2611-2612-2613-2614-2615-2616-2617-2618-2619-2620-2621-2622-2623-2624-2625-2626-2627-2628-2629-2630-2631-2632-2633-2634-2635-2636-2637-2638-2639-2640-2641-2642-2643-2644-2645-2646-2647-2648-2649-2650-2651-2652-2653-2654-2655-2656-2657-2658-2659-2660-2661-2662-2663-2664-2665-2666-2667-2668-2669-2670-2671-2672-2673-2674-2675-2676-2677-2678-2679-2680-2681-2682-2683-2684-2685-2686-2687-2688-2689-2690-2691-2692-2693-2694-2695-2696-2697-2698-2699-2700-2701-2702-2703-2704-2705-2706-2707-2708-2709-2710-2711-2712-2713-2714-2715-2716-2717-2718-2719-2720-2721-2722-2723-2724-2725-2726-2727-2728-2729-2730-2731-2732-2733-2734-2735-2736-2737-2738-2739-2740-2741-2742-2743-2744-2745-2746-2747-2748-2749-2750-2751-2752-2753-2754-2755-2756-2757-2758-2759-2760-2761-2762-2763-2764-2765-2766-2767-2768-2769-2770-2771-2772-2773-2774-2775-2776-2777-2778-2779-2780-2781-2782-2783-2784-2785-2786-2787-2788-2789-2790-2791-2792-2793-2794-2795-2796-2797-2798-2799-2800-2801-2802-2803-2804-2805-2806-2807-2808-2809-2810-2811-2812-2813-2814-2815-2816-2817-2818-2819-2820-2821-2822-2823-2824-2825-2826-2827-2828-2829-2830-2831-2832-2833-2834-2835-2836-2837-2838-2839-2840-2841-2842-2843-2844-2845-2846-2847-2848-2849-2850-2851-2852-2853-2854-2855-2856-2857-2858-2859-2860-2861-2862-2863-2864-2865-2866-2867-2868-2869-2870-2871-2872-2873-2874-2875-2876-2877-2878-2879-2880-2881-2882-2883-2884-2885-2886-2887-2888

[illegible]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1. Name of the person or organization: THE UNIVERSITY OF CHICAGO 2. Address: 5801 S. UNIVERSITY AVE. CHICAGO, IL 60637 3. City: CHICAGO State: IL Zip: 60637 4. Country: USA 5. Telephone: (773) 936-7000 6. Fax: (773) 936-7000 7. E-mail: university@chicago.edu 8. Website: www.chicago.edu 9. Other: None																																																																																																			

