

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра агроінжинірингу

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Обґрунтування показників виконання технологічного процесу  
полицевого обробітку ґрунту з модернізацією робочих органів»

Виконав:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Кононенко В.В.

(Прізвище, ініціали)

Група:

\_\_\_\_\_

Науковий керівник:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Мікуліна М.О.

(Прізвище, ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність **208 Агроінженерія**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

\_\_\_\_\_ Шуляк М.Л.

“\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ (МАГІСТЕРСЬКУ) РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** \_\_\_\_\_

**керівник роботи:** \_\_\_\_\_,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_ року

№ \_\_\_\_\_

2. **Строк подання здобувачем роботи:** “\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_ року.

3. **Вихідні дані до роботи:** \_\_\_\_\_

4. **Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити):

5. **Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:** \_\_\_\_\_

**6. Консультанти розділів роботи:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Економічна частина			

7. Дата видачі завдання: “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_ року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної (магістерської) роботи
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

**Здобувач вищої освіти**

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**Керівник кваліфікаційної (магістерської) роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційного проекту на 46 с машинописного тексту, 15 рис., 6 табл., 20 літературних джерел, \_\_ додатків(ки).

ПОЛИЦЕВИЙ ОБРОБІТОК ҐРУНТУ, МОДЕРНІЗАЦІЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ, ОРГАНІЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ

Об'єктом дослідження є технологічний процес полицевого обробітку ґрунту.

Предметом дослідження є вдосконалення конструкції робочих органів плуга для полицевого обробітку ґрунту..

В результаті дослідження було розроблено нову конструктивну схему лемеша плуга, яка враховує біонічні принципи, зокрема форму тіла чорноморського ската. Проведено аналітичні дослідження взаємодії модернізованого лемеша з ґрунтом, підтверджуючи його ефективність за допомогою математичної моделі. У результаті вдосконалення основні показники обробітку ґрунту, такі як структурний коефіцієнт та коефіцієнт подрібнення, значно покращилися.

Наведено: Геометрична модель лобової частини біоаналогу; Конструктивна схема робочого органу; Заміряні значення вихідних параметрів; Типова поверхня поля після проходження агрегату; Заміряні показники виконання техпроцесу; Залежність коефіцієнту різноподрібнення структурованих агрегатів від поступової швидкості агромашини; Заміряні значення тягового опору; Результати розрахунків економічної ефективності впровадження розробки.

Впровадження розробленої конструкції робочого органу плуга може суттєво підвищити продуктивність полицевого обробітку ґрунту, знижуючи тяговий опір та енергетичні витрати. Це призведе до економії ресурсів і зменшення експлуатаційних витрат, одночасно покращуючи якість обробітку та зберігаючи родючість ґрунту.

Розроблені заходи з охорони праці.

Проведено аналіз економічної доцільності.

## **ЗМІСТ**

<b>ВСТУП</b>	<b>5</b>
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНОГО СТАНУ ПИТАННЯ, КОНСТРУКЦІЙ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	<b>6</b>
1.1 Принципи органічного землеробства	6
1.2 Місце полицевого робочого органу в системі ґрунтообробних машин для органічного землеробства	8
1.3 Аналіз конструкцій робочих органів полицевого обробітку ґрунту	9
<b>РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ТА АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ</b>	<b>20</b>
2.1 Обґрунтування конструктивної схеми робочого органу	21
2.2 Аналіз режиму різання	22
2.3 Прогнозований тяговий опір	23
2.4 Програма досліджень	26
<b>РОЗДІЛ 3. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	<b>28</b>
3.1 Умови проведення польових експериментів	28
3.2 Загальні результати досліджень	28
3.3 Тяговий опір розробленого робочого органу	31
<b>РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	<b>33</b>
<b>РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b>	<b>36</b>
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>41</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	<b>43</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	<b>46</b>

## ВСТУП

Вивчення та проведення досліджень на тему обґрунтування показників виконання технологічного процесу полицевого обробітку ґрунту з модернізацією робочих органів є надзвичайно важливим для сучасного аграрного сектора. Полицевий обробіток ґрунту, як одна з основних технологій у землеробстві, безпосередньо впливає на продуктивність сільськогосподарських культур, стан ґрунтових ресурсів і загальну екологічну стійкість агроєкосистем.

Основною метою обробітку ґрунту є створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин, що включає поліпшення структури ґрунту, зниження щільності верхнього шару, знищення бур'янів та збереження вологи. Полицевий обробіток ґрунту виконує всі ці функції, однак його ефективність значною мірою залежить від конструкції та параметрів робочих органів.

Модернізація робочих органів є важливою для підвищення ефективності технологічного процесу, зменшення енергозатрат, поліпшення якості обробітку та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Сучасні дослідження спрямовані на розробку інноваційних рішень, які дозволять значно підвищити продуктивність і екологічність агротехнологій.

Отже, обґрунтування показників виконання технологічного процесу полицевого обробітку ґрунту з модернізацією робочих органів є критично важливим для забезпечення стійкого розвитку сільського господарства. Дослідження у цій сфері сприятимуть підвищенню врожайності, ефективності використання ресурсів та збереженню довкілля, що є ключовими факторами для задоволення зростаючих потреб людства в продовольстві та збереженні природних ресурсів для майбутніх поколінь.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНОГО СТАНУ ПИТАННЯ, КОНСТРУКЦІЙ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1 Принципи органічного землеробства

У нинішню епоху розвитку людства символічним є постійне зростання обсягів виробництва продуктів харчування, і до недавнього минулого це вважалося єдиним критерієм процвітаючого сільського господарства. Оскільки сільське господарство незмінно пов'язане з модифікацією природного оточення, а його вплив на навколишнє середовище незмінно шкідливий, безупинне зростання виробництва вивело ці зміни на новий ешелон. Як наслідок, сільське господарство породило колосальні екологічні труднощі, кульмінацією яких стало виснаження екосистем і ерозія біологічного різноманіття.

Сучасний стан землекористування та ведення сільського господарства в Україні призвів до поступового занепаду та зниження родючості ґрунтів, які є основою сільськогосподарського виробництва. Це пов'язано з нераціональним використанням землі та неврахуванням необхідності відновлення ґрунтового покриву. Держкомзем України повідомляє, що майже 90% ріллі в країні зазнають певного ступеня деградації. Втрати органічної речовини становлять від 0,6 до 1 т/га щорічно. Крім того, останніми роками спостерігається значне зниження вмісту гумусу – до 25% [1].

З 1990 по 2006 рр., незважаючи на економічну кризу і, як наслідок, скорочення сільськогосподарського виробництва, процеси деградації ґрунтів не зменшилися, а фактично посилилися. Цю тенденцію пов'язують із загальним зменшенням внесення як органічних, так і мінеральних добрив, що призводить до дисбалансу їх співвідношення та збільшення кількості кислих і засолених ґрунтів. Крім того, не дотримувалися сівозміни, особливо щодо площ зернобобових культур, агротехніка залишалася на низькому рівні. Крім того, збільшувались площі весняних розораних земель.

Зростання ризику для навколишнього середовища, спричиненого інтенсивним сільським господарством, привернуло увагу різних суб'єктів, включаючи науковців, виробників і політиків.

Для споживачів вкрай важливо запровадити інноваційні сільськогосподарські методи, які задовольняють потреби теперішнього та майбутніх поколінь.

Відповідно до статей 3, 13 Закону України «Про пестициди і агрохімікати» та постанови Кабінету Міністрів України від 26 червня 1996 р. № 679, якою затверджено Методичні рекомендації щодо визначення спеціалізованих сировинних зон для вирощування сільськогосподарської продукції, необхідно вжити заходів щодо зменшення хімічного навантаження на агроєкосистеми та сільськогосподарську продукцію в межах регіону. Одним із найефективніших методів досягнення цієї мети є впровадження методів органічного землеробства.

Після аналізу багатьох джерел, які визначають органічне землеробство, цю концепцію можна зрозуміти як метод управління сільським господарством для агроєкосистем. Цей підхід наголошує на використанні біологічних факторів для підвищення родючості ґрунту, захисту рослин і боротьби зі шкідниками. Крім того, це передбачає суворі правила використання синтетичних добрив, пестицидів, регуляторів росту та кормових добавок при вирощуванні худоби.

Широкого поширення набуло використання біопрепаратів, що містять азотфіксатори, фосформобілізатори, біофунгіциди. Така практика призвела до зниження енергоспоживання та витрат матеріальних ресурсів. Крім того, це був ефективний метод запобігання забрудненню навколишнього середовища хімічними речовинами та продуктами розпаду. Оптимального мікробіологічного стану ґрунту можна досягти за рахунок збільшення площі посіву зернобобових культур. Відомо, що такі культури фіксують молекулярний азот у симбіозі з мікроорганізмами, що сприяє покращенню фізико-хімічних властивостей ґрунту. Для підтримки оптимальних умов у сівозміні органічних господарств

рекомендується включати до 30% зернобобових культур. Доведено, що введення асоціативних азотфіксаторів має велике значення в азотному живленні зернових культур, забезпечуючи доступний біологічний азот від 30% до 50% [2].

Як у західноєвропейських, так і в американських країнах запроваджено державні програми, спрямовані на скорочення загального обсягу хімічних речовин, що використовуються в сільському господарстві, до п'ятдесяти відсотків шляхом впровадження біологічних альтернатив. Це впровадження біологічних препаратів призвело до розробки ряду нових хімічних агентів за кордоном, які настійно рекомендуються для використання в інтегрованих системах боротьби зі шкідниками, завдяки щедрій підтримці відповідних урядів.

Мікробні препарати відомі своєю винятковою ефективністю, екологічністю, вибірковістю та простотою виробництва. Їх використання передбачає використання грибів роду *Trichoderma*, *Fomes fomentarius*, бактерій *Pseudomonas fluorescens* та інших корисних мікроорганізмів для стримування росту фітопатогенів.

## **1.2 Місце полицевого робочого органу в системі ґрунтообробних машин для органічного землеробства**

Ознайомившись з літературними джерелами, стає зрозуміло, що загальновизнаного комплексу техніки для органічного землеробства не існує. Отже, необхідно перевірити інвентаризацію машин, які використовуються підприємствами органічного землеробства. Щоб продовжити наше дослідження, важливо мати точні визначення цих понять.

Вивчивши кілька джерел, визначення органічного землеробства можна розуміти як систему сільськогосподарського управління агроєкосистемами. Ця система наголошує на використанні біологічних факторів для підвищення родючості ґрунту, захисту рослин та обмеження використання синтетичних добрив, пестицидів, регуляторів росту та харчових добавок у кормах худоби під

час відгодівлі. Це тлумачення узгоджується із заборонаю або значним обмеженням цих синтетичних продуктів. [3]

Агропрактика мінімального обробітку ґрунту була визначена як система обробітку ґрунту, яка характеризується зменшенням витрат енергії, що досягається за рахунок зменшення як глибини, так і інтенсивності обробітку ґрунту. Цей прийом передбачає поєднання різноманітних технологічних операцій, що забезпечує гармонійний і ефективний підхід до обробітку землі.

Не заглиблюючись у конкретику, перерахуємо техніку, яка використовується на підприємстві, а саме: чизелю, культиватор, луцильник, роторну зубову борону, каток-подрібнювач, каток.

Додатково використовується плуг-подрібнювач, інакше званий плуг-букер. Також використовується плуг оборотний з системою On-Land. Крім того, в сільськогосподарських цілях використовують борони, в тому числі еластичні та зубчасті.

Подібність складу машинних систем була встановлена та підтверджена в попередніх дослідженнях [6].

Комплексна серія техніки чітко орієнтована на неглибоку оранку рослинних залишків, що досягає максимальної глибини 15 сантиметрів. Такий спосіб обробітку збагачує гумусом лише поверхневий шар і призводить до диференціації родючості ґрунту. Однак важливо відзначити, що деякі культури мають кореневу систему, яка простягається набагато глибше 15-сантиметрового порогу. У зв'язку з цим необхідно проводити оранку з чергуванням шарів з періодичними інтервалами, щоб забезпечити оптимальний обробіток ґрунту.

### **1.3 Аналіз конструкцій робочих органів полицевого обробітку ґрунту**

Під поличним ґрунтообробним робочим органом розуміють передусім частину плуга, яка включає леміш та деякі інші деталі. Проведені дослідження встановили значну кількість варіацій лемешів, які підходять для конкретних

грунтових і кліматичних умов. Проте всі ці схеми базуються на одній методичній основі, а саме на методі побудови циліндроїдних поверхонь М.В. Сладков та М.В. Щучкіна. Даний спосіб передбачає послідовну побудову трьох поверхонь робочого органу методом можливих переміщень, в результаті яких відбувається розгортка робочої поверхні, а також пуансон і матриця, що дозволяють виготовляти робочу поверхню штампуванням. Методика обумовлює необхідність проектування полиці та лемеша як єдиної невід'ємної складової конструкції. Однак на практиці виявилось, що практичніше будувати конструкцію з використанням двох окремих елементів – лемеша і полиці. Формування традиційної схеми корпусу плуга трактора є загальновідомою концепцією. Однак фактична конструкція є значно складнішою, як показано на малюнку 1.1. Ця складність пояснюється тим, що окремі елементи конструкції мають різний рівень інтенсивності зношування. В результаті полиця складається з окремих компонентів, виготовлених відповідно до специфікацій зносостійкості. Незважаючи на те, що конструкція містить численні компоненти, бажано реалізувати ці складності в інтересах підвищення зносостійкості в умовах масового виробництва [4].

Леміш є невід'ємним компонентом плуга, який служить робочим елементом, який розрізає ґрунт і направляє його на полицю. У наш час виробники, як вітчизняні, так і зарубіжні, випустили значну різноманітність лемешів, кожен з яких має відмінні характеристики. Незважаючи на відмінності зовнішнього вигляду, ці конструкції можна розділити на чотири основні групи, як показано на малюнку 1.2.

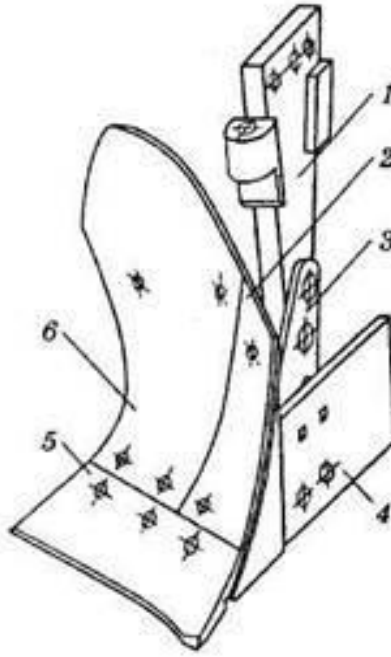


Рисунок 1.1–Деталізована конструктивна схема корпусу плуга: 1–стояк, 2–груди полиці, 3–башмак, 4–польова дошка, 5–лемеш, 6–крило полиці

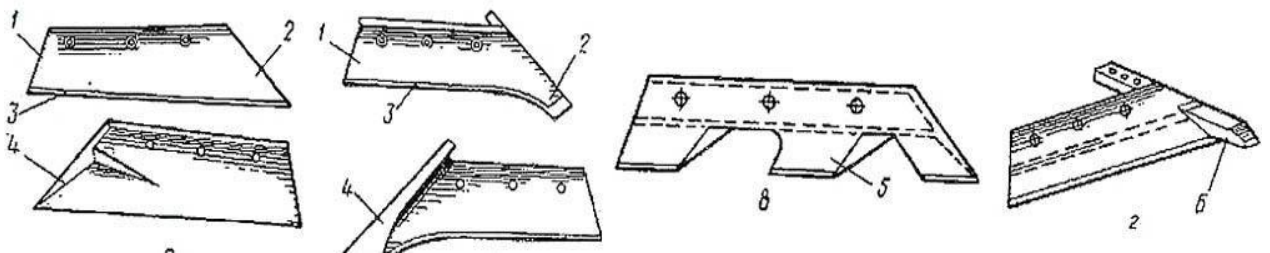


Рисунок 1.2–Відомі конструкції лемешів до тракторних плугів: а та б - трапецевидний; в–долотоподібний ; г - з висувним долотом; 1–п’ята; 2–носок, 3–лезо, 4–магазин, 5–долото [5]

Дослідження рисунка 1.1 показує, що трапецієподібний плуг розташований у основі всіх основних конструкцій.

Необхідно розглянути переваги та недоліки найпоширеніших методів виконання лемешів. Найбільш простим варіантом з точки зору конструкції є трапецієподібний плуг (як показано на малюнку 1.3). Зазвичай складається зі спеціальної плужної сталі або, альтернативно, більш елементарна версія може бути виготовлена з листової сталі 65г і потім піддана термічній обробці.



Рисунок 1.3– Трапецієподібний лемеш

Найпростішим для використання є трапецієподібний варіант, однак він має помітний недолік. Цей тип лемеша створює рівну і безперервну основу всередині борозни, що сприяє розвитку подошви плуга.

Щоб усунути це явище, було використано впровадження лемешів із долотоподібною конструкцією (як показано на рисунку 1.4 та малюнку 1.5 [6]).



Рисунок 1.4–Суцільний долотоподібний лемеш



Рисунок 1.5- Трапецієподібний лемеш з накладним долотом

Враховуючи високе робоче навантаження лемеша та абразивне робоче середовище, було вжито заходів для підвищення його довговічності. Ці заходи передбачали виготовлення лемеша з високолегованої сталі методом суцільного

кування (рис. 1.6). Такий підхід збільшує міцність лемеша і використовує ефект наклепу. Незважаючи на те, що цей суцільний кований лемеш коштує дорожче у виробництві, переваги підвищеної технологічної надійності переважають понесені витрати.



Рисунок 1.6–Долотоподібний суцільно кований лемеш

Головним визначальним фактором продуктивності в органічному землеробстві є потужність різання. Аналізуючи літературні джерела, було встановлено два основних способи підвищення продуктивності різання. Перший передбачає збереження гостроти ріжучої кромки, що може бути досягнуто шляхом спрямованого зносу або двошарового профілю поперечного перерізу леза. В останньому варіанті верхній поверхневий шар має меншу зносостійкість, ніж нижній, що дозволяє зберегти гостроту нижнього шару під час зношування верхнього шару, тим самим збільшуючи ріжучу здатність. Другий спосіб передбачає надання лезу спеціально обґрунтованого профілю, як це запропоновано в опублікованому дослідженні. Дослідники [12] також запропонували власний альтернативний спосіб покращення різальної здатності, який зображено на малюнку 1.7 через схематичну діаграму конструкції.

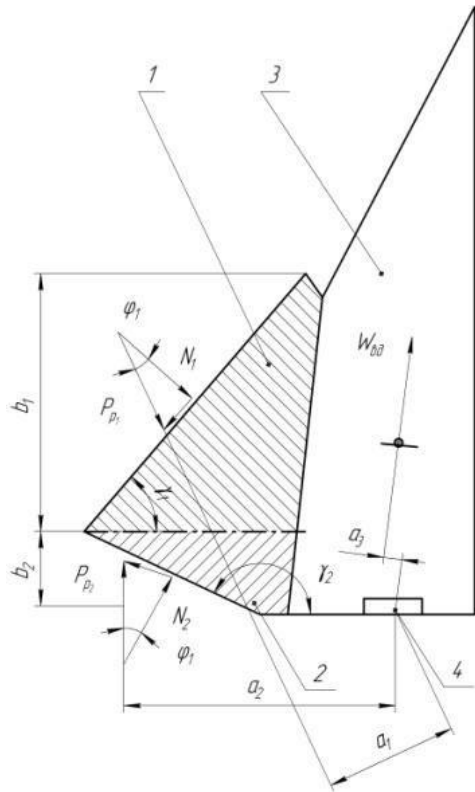


Рисунок 1.7 – Альтернативна схема лемеша, що покращує його різальну здатність

Основну концепцію пропозиції можна підсумувати наступним чином. Леміш складається з двох ріжучих частин, одна з яких має від’ємний кут нахилу леза до стінки борозни, а друга – з додатним кутом. Така конструкція забезпечує структурний баланс і підвищує стабільність руху плуга, що забезпечує стабільний режим різання. Порівнянним технічним рішенням є корпус двокомпонентного плуга виробництва «Гетьман» (рис. 1.8), який за своєю суттю дуже нагадує запропоновану конструкцію.



### Рисунок 1.8-Бінарно-лемешний корпус полицевого плуга «Гетьман»

Принцип роботи цієї машини полягає в наступному: коли перший корпус проходить крізь ґрунт, його права частина, що обертається, розрізає та відкладає шар ґрунту праворуч від шляху руху машини. Подібним чином ліва частина вирізає та вставляє шар ліворуч, під праву частину другого тіла. Ця схема повторюється з ретельним перемішуванням шарів, які були зрізані обома частинами машини. За такої схеми розрахункова ширина захвату корпусу збільшується вдвічі, як це видно на плугах серії «Гетьман» (рис. 2.2). Кузов цієї серії має  $V_C$  60 см при збереженні співвідношення  $k \geq 1,27$  для лівої та правої частин. Однією з ключових переваг цієї конструкції є те, що видалення полиць призводить до плоского зрізу [7,8].

Під час роботи реакція корпусу поличного плуга складається з двох опорів: опору ґрунту ріжучому відвалу та опору переміщенню полицею підрізаного шару. Оскільки леміш і полиця встановлені під кутом до напрямку руху, створюється поперечна складова реакції опору, якій протидіє польова дошка. Однак у цьому конкретному технічному рішенні поперечні сили компенсуються, що робить реакцію польової дошки незначною в загальній математичній моделі.

У наш час класифікація полиць плуга трактора традиційно поділяється на гвинтові, напівгвинтові та культурні конструкції. Однак уважне вивчення літературних джерел сучасної епохи показує, що ця класифікація неадекватно відображає сучасний стан речей. З розвитком комп'ютерних технологій стало можливим створення робочих поверхонь із різними геометричними формами. Крім того, використання текрону як основного матеріалу для виробництва (як показано на малюнку 1.9) дає змогу усунути передумову для підмітальної поверхні [9].



Рисунок 1.9 –Текронова полиця до серійного корпусу плуга

На основі численних відгуків очевидно, що дизайн довів свою ефективність. Слід зазначити, що відбулося значне зниження тягового опору, і, що не менш важливо, зносостійкість вища, ніж у сталевого корпусу плуга.

Тривають експерименти з вирізаними полицями (як показано на малюнку 1.10). Хоча часто спостерігається зниження опору зчеплення, конструкція потребує додаткових кріпильних компонентів для закріплення кінців крил полиці на місці. Іншою перевагою цієї конструкції є вібрація смуг, яка служить для зменшення як сил тертя, так і для розсіювання маленьких частинок у міжсмуговий зазор.



Рисунок 1.10 –Вирізна полиця Plant

Плуг Букер став цінним джерелом натхнення для різноманітних структурних рішень, включаючи реалізацію рівної полиці (як показано на

малюнку 1.11). Ця конструкція виявилася особливо успішною на сухих південних луках. Однак є переконливі докази того, що він також може бути корисним у контексті органічного сільського господарства, оскільки саме це відрізняє плуг Букер від його аналогів.



Рисунок 1.11 – Плоска полиця плуга Vomet

За нашою оцінкою, конструкція, зображена на малюнку 1.12, є найбільш придатною для роботи в умовах органічного землеробства.



Рисунок 1.12 – Плуг Vomet 2x25

Згідно зі стандартною сільськогосподарською практикою, леміш традиційно має однакову ширину та прикріплюється під невеликим кутом, як правило, не більше 15 градусів, відносно ложа борозни. При зануренні лемеша в ґрунт корпус плуга заглиблюється настільки, що полегшує дроблення рослинних решток на глибину приблизно 12 см. Однак для того, щоб ефективно зберегти коефіцієнт  $k=1,27$ , полиця плуга оснащена спеціально розробленим вигнутим

крилом. Ця функція дозволяє шельфу ефективно відкладати верхній шар ґрунту, який збагачений органікою, на ложі борозни [10].

При дослідженні конструкцій комбінованих поличних робочих органів виявилася закономірність, яка вказує на прагнення до мінімізації поперечної складової тягового опору. Ця мінімізація призводить до відповідного зменшення сил тертя між польовою дошкою та стінкою борозни. Для цього в конструкцію часто вводять додаткові ріжучі елементи, наприклад, лемеші (див. рис. 1.13). Крім того, виникає вторинна вигода, оскільки другий корпус працює в ґрунті, який був частково розпушений попереднім корпусом.

Презентований робочий підрозділ поліції Флагма, безперечно, є найбільш часто використовуваним органом в Україні.



Рисунок 1.13 –Комбінований полицевий робочий орган Флагма

З огляду на підвищення ступеня подрібнення поверхневого шару пропонується технічне рішення. Ця резолюція пропонує установку стрілкової лапи на рівні, що відповідає невеликій глибині обробітку ґрунту, як показано на малюнку 1.14.

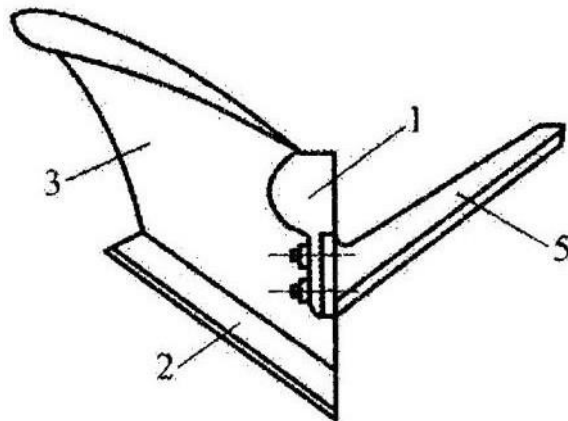


Рисунок 1.14 – Корпус плуга, оснащений плоскорізною лапою: 1 – стояк; 2 – леміш; 3 – полиця; 5 – плоскорізна лапа [11]

Були розроблені інноваційні технологічні рішення, в тому числі використання консолідованої полиці, яка виконує подвійне призначення. Зокрема, нижня частина призначена для розміщення культуральної поверхні, тоді як верхня половина налаштована як гвинт, як показано на малюнку 1.15.



Рисунок 1.15 – Загальний вид плуга з комбінованою полицею БПЛ-3-35

Для того, щоб ефективно працювати серед великої кількості ботанічного детриту, структура була відповідним чином адаптована. З цією метою шасі було прикріплено до високого круглого постаменту.

## РОЗДІЛ 2

### ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ТА АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ефективність полицевого обробітку ґрунту значною мірою залежить від конструкції та параметрів робочих органів, зокрема плугів, які є основними інструментами для виконання цього виду обробітку. У сучасному аграрному виробництві виникає нагальна потреба в модернізації цих інструментів для підвищення продуктивності, зниження енерговитрат та забезпечення екологічної стійкості процесів обробітку ґрунту. Саме тому обґрунтування конструктивної схеми робочих органів і проведення аналітичних досліджень є важливими етапами в досягненні цих цілей.

Метою цього розділу є розробка та обґрунтування конструктивної схеми робочого органу для полицевого обробітку ґрунту, а також проведення детальних аналітичних досліджень для оцінки його ефективності. Особлива увага приділяється вивченню конструкції лемеша, який виконує ключову функцію у процесі розрізання та переміщення ґрунту. У зв'язку з вимогами до роботи в умовах слабкої консолідації ґрунту, необхідно забезпечити підвищену здатність лемеша до різання та мінімізації енергетичних витрат на цей процес.

Першим етапом у розробці нової конструктивної схеми є ідентифікація технічного прототипу, який може слугувати основою для модернізації. У нашому дослідженні було виявлено, що тіло чорноморського ската, завдяки своїй аеродинамічній формі та здатності до ефективного руху в густому середовищі, є життєздатним біологічним аналогом для розробки нової форми лемеша. Використовуючи методи біоніки, ми будемо геометричну модель лемеша з урахуванням критеріїв подібності до форми ската.

Наступним етапом є отримання рівнянь для профілю периметра різання. Це включає наближення числового масиву як функції однієї змінної, що дозволяє отримати регресійні рівняння для опису геометрії лемеша. Ці рівняння є

фундаментом для подальших аналітичних досліджень, які спрямовані на оцінку ефективності нової конструкції та її впливу на показники продуктивності полицевого обробітку ґрунту.

У цьому розділі детально розглянуто послідовні кроки розробки конструктивної схеми робочого органу, а також методи та підходи, використані для аналітичних досліджень. Особлива увага приділяється вивченню взаємодії нового лемеша з ґрунтом, аналізу силових взаємодій, а також оцінці енергетичних витрат і продуктивності процесу. Результати цих досліджень слугуватимуть основою для подальшого вдосконалення конструкцій робочих органів і впровадження новітніх технологій у сільськогосподарське виробництво.

У підсумку, обґрунтування конструктивної схеми та аналітичні дослідження є критично важливими етапами для підвищення ефективності полицевого обробітку ґрунту, що сприятиме забезпеченню високої продуктивності та стійкості агроecosystem.

## **2.1 Обґрунтування конструктивної схеми робочого органу**

Плуг повинен виконувати дві різні функції: розрізати шар ґрунту і переносити його на полицю для подальшого розпушування і транспортування. Враховуючи вимоги до роботи в умовах слабкої консолідації ґрунту, вкрай важливо, щоб леміш мав підвищену здатність до різання. Нашим першим кроком є ідентифікація технічного прототипу, який був попередньо розроблений для цієї мети.

Після проведення візуального аналізу ідентифікаційних ознак було встановлено, що тіло чорноморського ската є життєздатним біологічним аналогом. Для впорядкування процесу роботи будується геометрична модель з урахуванням критеріїв подібності. Нижче описано послідовні кроки, які виконуються під час цього процесу.

Щоб просувати наші дослідження, необхідно отримати рівняння для профілю периметра різання. Щоб досягти цього, ми повинні наблизити числовий

масив як функцію. За допомогою цього методу ми отримали таке рівняння регресії:

$$Y = 56,48 \cdot X^{0,2642} \quad (2.1)$$

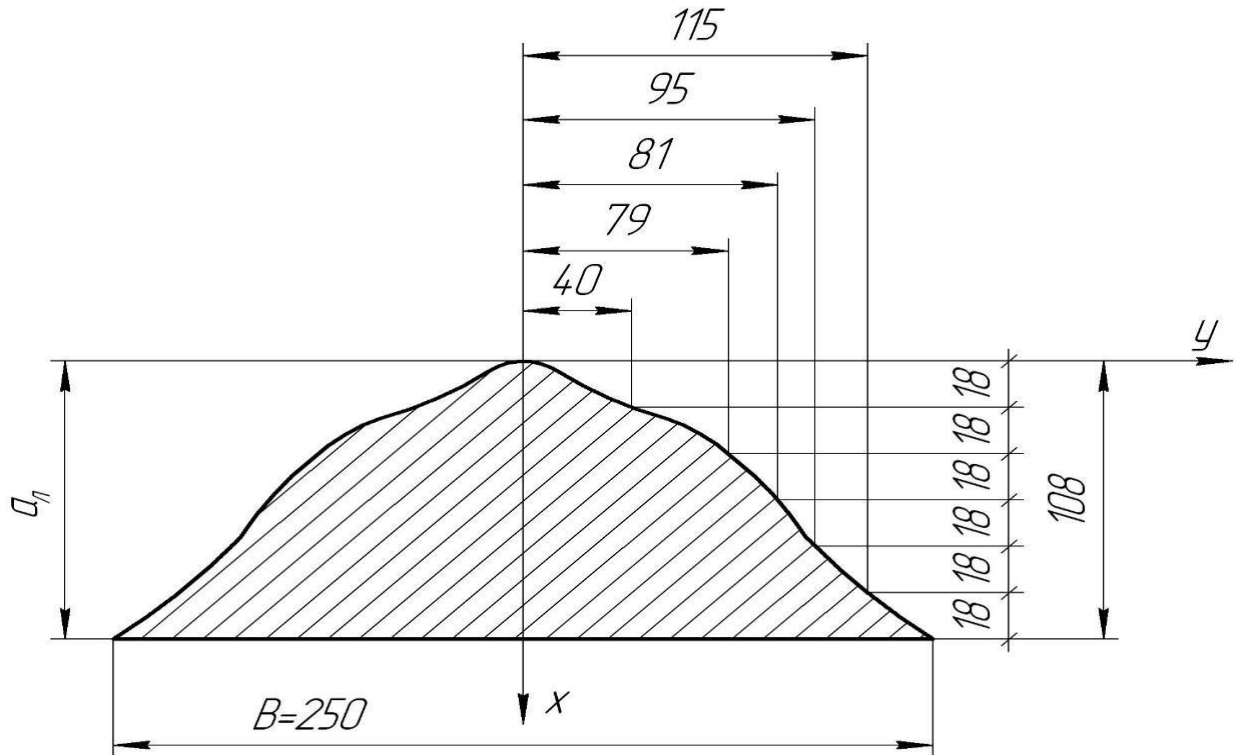


Рисунок 2.1 –Геометрична модель лобової частини біоаналогу [12]

## 2.2 Аналіз режиму різання

Щоб досягти ковзного різання, вкрай важливо, щоб лезо було сконструйовано таким чином, щоб сприяти такому руху. Щоб визначити зв'язок між коефіцієнтом ковзання та положенням точки на профілі лопаті, необхідний аналіз.

Дослідження сил, що діють на довільну точку  $m$  профілю, вимагає розгляду силової схеми.

Згідно з посиланням [18], кут  $\beta$ , є відхиленням між напрямком руху секції лопаті та нормаллю до її профілю. Також присутні варіанти режимів різання.

Під час виконання операцій різання кут, під яким інструмент різє відносно заготовки, може мати значний вплив на якість отриманого різання. Зокрема, коли кут поздовжнього переміщення  $\beta$  менше або дорівнює куту спіралі інструмента  $\phi$ , розріз виконується за допомогою зсувного руху. З іншого боку,

коли кут поздовжнього переміщення  $\beta$  більше або дорівнює куту спіралі  $\phi$ , розріз виконується шляхом ковзання.

Формула для перпендикуляра до кривої в її загальній структурі може бути виражена таким чином [13]:

$$y - f(x_0) = -\frac{1}{f'(x_0)}(x - x_0) \quad (2.2)$$

Після математичних перетворень формули (2.2) залежність буде виражена як:

$$Y - Y_m = \frac{-(X - X_m)}{56,480,2642 \times X_m^{-0,7358}} \quad (2.3)$$

Під час проведення обчислень за допомогою інтернет-калькулятора було продемонстровано, що кут нахилу нормалі до осі X знаходиться в межах  $52^\circ \leq \beta \leq 55^\circ$ . Можна підтвердити, що це значення перевищує кут тертя між ґрунт і сталь. Таким чином, можна зробити висновок, що передумова для різання з ковзанням задовольняється в цільових ґрунтах.

### 2.3 Прогнозований тяговий опір

У математичній моделі цього дослідження ми використовуємо аналітичну модель, представлену А.М. Панченко для зображення взаємодії периметра різання довільної геометричної форми з ґрунтом.

Тяговий опір складається з таких компонентів [14]:

$$W_\Sigma = W_P + W_T + W_{TP}, \quad (2.4)$$

Розглянувши дослідження [15], ми висуваємо наступні припущення:

Через невелику глибину підрізання шару і слабку консолідацію ґрунту енергія, що витрачається на поширення ліній руйнування або тріщин є незначною і тому не враховується.

Сила, яку ґрунт чинить на конструктивний елемент, є надзвичайно важливою темою. Зокрема, вертикальна складова цього тиску визначається вагою шару ґрунту, присутнього на поверхні елемента.

Сила тертя складається з двох окремих складових: одна стосується поверхні леза, а інша — поверхні полиці. Розгляд цих складових як окремих сутностей має першочергове значення в аналізі сил тертя.

Вважається, що кут, під яким леміш встановлено біля основи борозни, залишається постійним по всьому периметру різання.

В умовах недостатньо ущільненого ґрунту розгляд затуплення леза як компонента сили різання вважається непотрібним. Це пов'язано з тим, що результуюча сила значно переважає загальну силу різання.

Розрахунки виконуються для квазістатичного режиму з наступними коригуваннями на основі теорії Ветрова.

Дотримуючись вказівок, викладених у джерелах [5, 8, 9], ми вирішили встановити рівну полицю, яка підтримує кут 135 градусів до основи борозни.

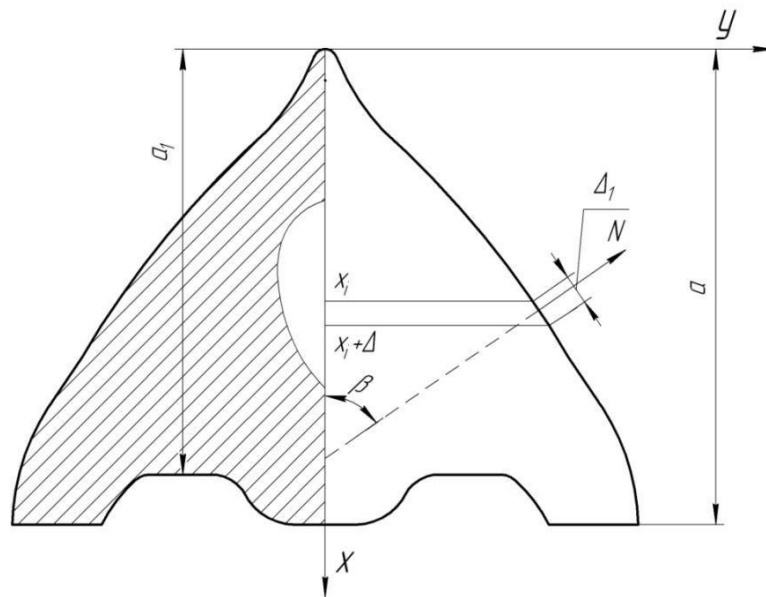


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема для визначення прогнозованого тягового опору при підрізанні шару ґрунту

Виникнення підрізання шару ґрунту залежить від того, чи сила зминання, створена нормальним тиском леза, перевищує межу міцності на зминання. Однак, оскільки лезо має змінну кривизну і не є прямолінійним, потрібне рішення. Щоб вирішити цю проблему, ми досліджуємо нескінченно малі ділянки по периметру

різання (див. рис. 2.2). У межах довжини лапи  $a$  на осі  $X$  вибираємо довільну точку  $x_i$  і знаходимо відповідну точку на профілі леза  $Y(x)$ . Приріст  $\Delta$  застосовується до абсцис  $x_i$ , що призводить до відповідних значень  $Y(x)$  і  $Y(x+\Delta)$ . Ці значення обмежують нескінченно малу область  $\Delta 1$  по периметру різання, де довжина визначається [15]:

$$L = \int_x^{x+\Delta} \sqrt{1 + (y')^2} dx \quad (2.5)$$

Нормальна складова реакції має основне значення:

$$N = K' \cdot L \cdot \delta, \quad (2.6)$$

Площа поверхні крила, як зображено на малюнку 2.2, відповідає заштрихованій частині та розраховується так:

$$S = \int_{x=0}^{x=a} f_x dx = \int_{x=0}^{x=a} 0,969 \cdot x^{0,955} dx, \quad (2.7)$$

Силу тиску зрізаного ґрунту можна визначити так:

$$P_{ГР} = \gamma \cdot S \cdot h,$$

Сила тиску спрямована під прямим кутом до напрямку руху, тому не впливає на опір тязі.

Сили тертя виникають при русі ґрунтового шару по площинній полиці. Рух ґрунтового шару відбувається паралельно дну борозни, за аналогією в [15], враховуючи орієнтацію полиці під кутом 135 градусів відносно дна борозни.

$$W_{ГР(П)} = P_{ГР} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \cos(135-90) = P_{ГР} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \cos 45$$

Для дослідження було використано серійний робочий орган розробки ПАТ «Мотор-Січ», ДП «Гуляпільський механічний завод». Примітною особливістю цієї конструкції є леміш, який складається з двох окремих частин, орієнтованих під позитивним і негативним кутами відносно стінки борозни. Крім того, в машину входить плоска полиця, щоб мінімізувати обертання шару ґрунту під час роботи. Незважаючи на те, що оригінальний дизайн виявився вдалим, він потребував модернізації, щоб відповідати вимогам органічного землеробства, що

ми й зробили. На рисунку 2.3 подано вдосконалену конструктивну схему, де заштрихована ділянка відповідає модифікованому плугу серійної машини.

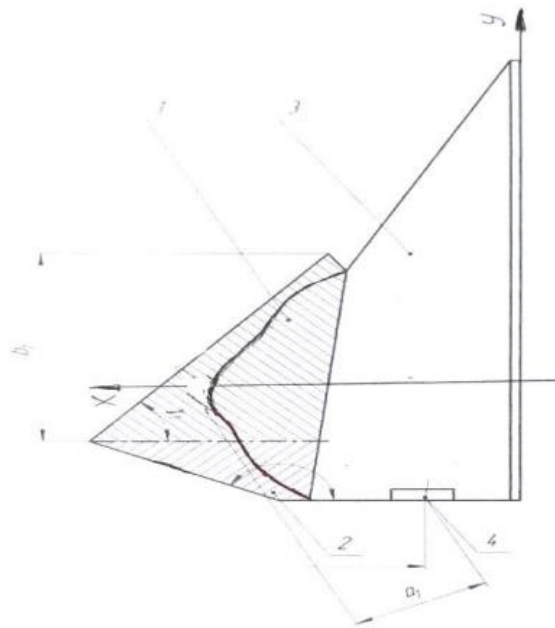


Рисунок 2.3 –Конструктивна схема робочого органу: 1) модернізований лемеш; 2) лемеш старого зразка; 3) плоска полиця

#### 2.4 Програма досліджень

Основна мета структурних модифікацій, застосованих до робочого апарату, полягає в тому, щоб підвищити ефективність різального периметра, тим самим зменшивши опір інструменту тяговому зусиллям. Це є обов'язковим, оскільки зусилля, пов'язані з розрізанням і сколюванням ґрунтової призми, становлять до 80% загального тягового опору. Не менш важливо, щоб робочий апарат більш ефективно виконував технологічний процес, що може бути досягнуто шляхом оптимізації режиму різання та зменшення режиму підтримки в оброблюваному середовищі. Ці два ключові фактори становлять ядро програми експериментальних досліджень.

Дослідження передбачає (за умов ґрунту, характерних для органічного землеробства):

Перед впровадженням дуже важливо оцінити практичність розробленої основи. Необхідно перевірити конструкцію на працездатність, щоб переконатися, що вона може функціонувати за призначенням.

Дослідження кореляції між якістю виконання даного технологічного процесу та структурними параметрами цього процесу за нормальних умов експлуатації.

Проведення ретельного аналізу технічної та технологічної надійності конструкції.

Обов'язковою є перевірка коректності аналітичної моделі.

### ***Висновки.***

Збільшення ріжучої здатності леза до такої міри, коли ефективність зберігається за відсутності опори, може бути досягнуто за допомогою методології біоніки. Зокрема, шляхом аналізу структурного складу біологічної моделі – чорноморського ската.

У цьому дослідженні проводяться аналітичні дослідження взаємодії між запропонованою конструкцією плуга та середовищем розчину. Модель, використана в аналізі, враховує нелінійні характеристики ріжучого периметра робочої кромки леза. Дослідження математичної моделі показує, що розроблена структура демонструє відмінні характеристики.

## РОЗДІЛ 3

### ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Умови проведення польових експериментів

У зв'язку з обмеженою шириною захвату та використанням мотоблока, першочергові досліди проводили на органічній ділянці площею 0,5 га, що належить приватному підприємству ПП «АГРОЕКОЛОГІЯ» та розташована у Полтавській області, Миргородський р-н, село Михайлики.

За складом розглянутий ґрунт — чорнозем типовий середньосуглинковий.

Агрофон - залишки стебел посівів пшениці, які залишаються після збирання. Нахил поверхні, на якій залишається ця стерня, зазвичай становить 2-3 градуси.

Про однорідність рельєфу свідчить його візуальна рівність і відсутність будь-яких сторонніх включень. Агрофон, або залишковий рослинний матеріал, що залишається після збирання зернових культур, присутній у вигляді стерні.

Таблиця 3.1. – Заміряні значення вихідних параметрів

Параметр	Розмірність	Номер ділянки				Середнє
		1	2	3	4	
Твердість	н/см <sup>2</sup>	5,2	5,0	5,1	5,1	5,1
Питоме зчеплення часток	кН/м <sup>2</sup>	3,0	3,5	3,5	3,4	3,3
Кут внутрішнього тертя	Град	47	49	53	55	51
Питома вага	т/м <sup>3</sup>	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
Кількість рослинних решток	кг/м <sup>2</sup>	2,5	2,7	2,4	2,8	2,6

#### 3.2 Загальні результати досліджень

Технологічний процес відбувався штатно, технічних несправностей під час роботи не спостерігалось. Пристроєм легко керувати, а візуальний огляд процесу обробітку засвідчив задовільну якість, як показано на малюнку 3.1. Крім того, під час процесу не було жодних ознак будь-яких прогалин або отворів.



Рисунок 3.1 –Типова поверхня поля після проходження агрегату

У таблиці 3.2 представлені основні показники ефективності технологічного процесу, а в таблиці 3.3 чітко представлено індекс фрагментації структурованих агрегатів. Цей індекс був запропонований А.М. Панченком, але не отримав широкого поширення. Тим не менш, ми стверджуємо, що цей показник може бути цінним для оцінки ефективності дроблення разом із коефіцієнтом структурності як допоміжним показником якості.

Таблиця 3.2 –Замірні показники виконання техпроцесу

№	Показник	Розмірність	Заміряне значення
1	Коефіцієнт структурності [14]	-	0,71-0,82
2	Гребнистість поверхні	-	1,05-1,08
3	Комковатість поверхні	%	17
4	Кількість ерозійно небезпечних агрегатів, за вагою	%	2 -3
4	Нерівномірність глибини обробітку	см	1,0 -1,5
5	Ступінь збереження стерні на поверхні	%	20-23
6	Заорювання рослинних решток	%	15-18
7	Робоча швидкість	м/с	3,66
8	Глибина робочого ходу	см	20

З огляду на тимчасові обмеження, пов'язані з обмеженою тривалістю оренди як агрегату, так і трактора, експерименти проводилися на одній швидкості. Цю швидкість було обрано, оскільки на ній візуально спостерігали вищу якість обробітку ґрунту.

Таблиця 3.3 –Залежність коефіцієнту різно подрібнення структурованих агрегатів від поступової швидкості агромашини

V, м/с	2,06	2,61	3,04	3,66	4,09	4,55	4,78
K <sub>p</sub> ,	74	77	81	87	88	92	95

Після аналізу набору даних було сформульовано кілька рівнянь регресії, щоб відобразити взаємозалежність між змінними. Серед цих рівнянь ми склали список рівнянь із найсильнішими коефіцієнтами кореляції та детермінації.

Лінійна регресія  $y = 7,3330 x + 59,3269$

Квадратична регресія  $y = 0,6259 x^2 + 3,0038 x + 66,2570$

Кубічна регресія  $y = 0,8627 x^3 - 8,2370 x^2 + 32,1064 x + 35,8907$

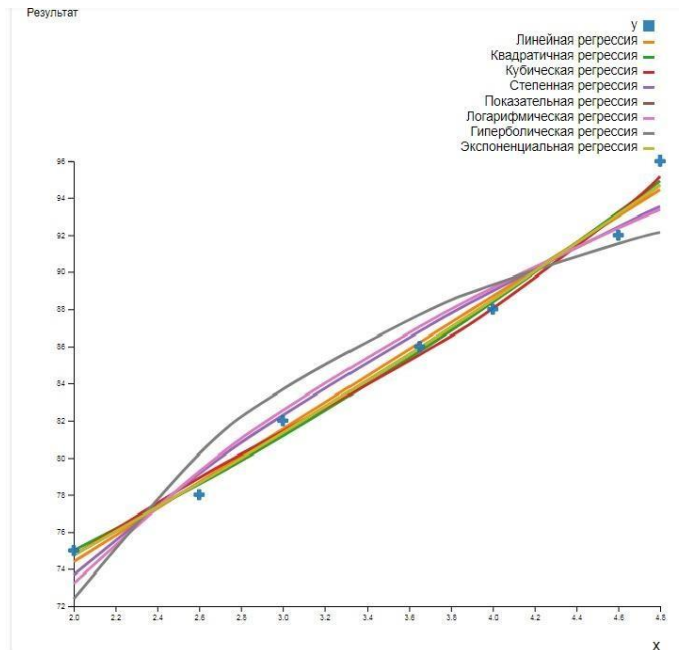


Рисунок 3.2 –Графічний аналіз отриманих рівнянь регресії

### 3.3 Тяговий опір розробленого робочого органу

Вимірювання тягового опору проводили за допомогою тензометричного візка за встановленою методикою [17]. Результати експерименту відображені в таблиці 3.4. Важливо зазначити, що через обмеження доступу до об'єкта індикатор оцінювався лише для двох різних робочих швидкостей.

Таблиця 3.4 –Заміряні значення тягового опору, кН

	Робоча швидкість, м/с	
Заміряне значення	2,06	3,66
Заміряне значення	0,43	0,49
Розраховане значення	0,415	

Аналітична модель, яка зараз використовується, не здатна встановити зв'язок між тяговим опором і темпом поступового руху.

Для визначення приросту продуктивності було проведено розрахунок. Нижче представлені результативні показники [16]:

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

Тоді:

$$W_{\text{год}}^{\text{б}} = 0,1 \cdot 1,25 \cdot 12,6 \cdot 0,8 = 1,26 \text{га} / \text{год}$$

$$W_{\text{зм}}^{\text{н}} = 0,1 \cdot 1,25 \cdot 7,2 \cdot 0,8 = 0,72 \text{га} / \text{год}$$

Після удосконалення апарату відбувся помітний сплеск змінної продуктивності на відміну від рудиментарного плуга.

### ***Висновки***

Після модернізації робочого органу відбулося помітне підвищення продуктивності технологічних процесів. Структурний коефіцієнт, який є значущим оціночним параметром, підвищено з 0,55 до 0,82. Крім того, спостерігалось, що коефіцієнт дроблення для структурованих агрегатів коливався від 0,74 до 0,95, що майже неможливо для традиційного плуга.

Реалізація методологій біоніки у перевірці конфігурації периметра різання плуга виправдано, про що свідчить зниження тягового опору на 25% порівняно зі стандартним плугом, який використовувався як прототип.

Розроблена математична модель взаємодії робочого органу з ґрунтом була піддана першочерговому експериментальному дослідженню. Результати вказують на те, що модель була прийнятною, при цьому розраховані значення тягового опору були в межах 80% збіжності з експериментально отриманими значеннями.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

Полицейський обробіток ґрунту є одним із найпоширеніших і водночас потенційно небезпечних технологічних процесів у сільському господарстві. Охорона праці при виконанні цього процесу вимагає особливої уваги з боку керівництва і працівників для забезпечення безпечних умов праці та запобігання травматизму. Основними аспектами охорони праці є:

#### 1. Організаційні заходи:

- Інструктаж та навчання. Усі працівники повинні пройти вступний, первинний на робочому місці, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі з охорони праці. Особлива увага приділяється інструктажу щодо безпечного користування новими та модернізованими робочими органами.

- Атестація робочих місць. Регулярна атестація робочих місць за умовами праці з метою ідентифікації потенційних небезпек і шкідливих виробничих факторів.

#### 2. Технічні заходи:

- Використання сучасних технологій і матеріалів. Застосування модернізованих робочих органів, які відповідають найвищим стандартам безпеки та ефективності.

- Регулярне технічне обслуговування та ремонт. Проводиться своєчасне технічне обслуговування і ремонт техніки для запобігання аварійним ситуаціям.

#### 3. Медичні заходи:

- Попередні та періодичні медичні огляди. Всі працівники повинні проходити медичні огляди для виявлення протипоказань до виконання певних видів робіт.

- Наявність аптечок першої допомоги. На робочому місці повинні бути аптечки першої допомоги, а працівники повинні знати, як ними користуватися.

#### 4. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

- Використання відповідного спецодягу та спецвзуття. Працівники повинні носити захисний одяг, взуття, рукавиці, захисні окуляри та інші засоби індивідуального захисту залежно від виконуваних робіт.

- Захист органів дихання і слуху. У разі роботи в умовах підвищеної запиленості або шуму, необхідно використовувати респіратори і беруші або інші засоби захисту.

Специфічні вимоги до охорони праці при модернізації робочих органів полицевого обробітку ґрунту

Модернізація робочих органів полицевого обробітку ґрунту, яка передбачає покращення їх конструкції та функціональних можливостей, також включає певні ризики, які необхідно враховувати для забезпечення безпеки працівників. Основні вимоги охорони праці в цьому контексті включають:

#### 1. Проектування та виготовлення:

- Безпека конструкцій. Робочі органи повинні бути спроектовані таким чином, щоб мінімізувати ризики травматизму під час їх використання, включаючи запобігання залипанню, пробуксовці та іншим небезпечним ситуаціям.

- Використання якісних матеріалів. Вибір матеріалів для виготовлення робочих органів повинен базуватися на їх довговічності, стійкості до зношування та безпеці для користувачів.

#### 2. Впровадження та експлуатація:

- Монтаж і налаштування. Модернізовані робочі органи повинні бути правильно змонтовані та налаштовані згідно з технічними вимогами виробника і рекомендаціями з безпеки.

- Навчання персоналу. Працівники повинні бути навчені безпечному використанню нових робочих органів, з урахуванням їх особливостей та потенційних небезпек.

#### 3. Контроль та моніторинг:

- Регулярний контроль стану. Проводити постійний моніторинг стану модернізованих робочих органів для виявлення та усунення несправностей на ранніх стадіях.

- Оцінка ризиків. Постійна оцінка ризиків, пов'язаних з використанням нових технологій та робочих органів, з метою вжиття необхідних заходів для їх зниження.

Забезпечення всіх вищезазначених заходів є критично важливим для мінімізації виробничих травм і професійних захворювань серед працівників, що займаються полицевим обробітком ґрунту, а також для підвищення загальної ефективності та безпечності агротехнологічних процесів.

## РОЗДІЛ 5

### ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У сучасних умовах ринкової економіки, будь-яка інновація або модернізація в аграрному секторі повинна мати не лише технічне, але й економічне обґрунтування. Впровадження нових технологій і вдосконалених робочих органів для полицевого обробітку ґрунту вимагає значних фінансових інвестицій, і тому важливо оцінити економічну доцільність цих змін.

Метою даного розділу є аналіз економічної ефективності впровадження розробленої конструктивної схеми робочого органу для полицевого обробітку ґрунту. Це включає визначення вартості розробки, оцінку потенційних витрат на виробництво і впровадження модернізованого обладнання, а також розрахунок очікуваного економічного ефекту від його використання.

Основними критеріями економічної ефективності є показники економічного ефекту та тривалості відшкодування інвестицій. Економічний ефект вимірюється з урахуванням підвищення продуктивності, зниження витрат на обробіток ґрунту та покращення якості кінцевої продукції. Важливим аспектом є також оцінка сезонного навантаження на обладнання, що дозволяє визначити його рентабельність у різні періоди аграрного циклу.

У цьому розділі проводиться детальний аналіз витрат на розробку та впровадження модернізованих робочих органів, включаючи витрати на матеріали, виробництво, монтаж, навчання персоналу та обслуговування обладнання. Розглядаються також можливі джерела фінансування та механізми залучення інвестицій.

При аналізі техніко-економічних показників важливо провести порівняння зі стандартною агромашиною ПЛН-3-35. Важливо відзначити, що нова розроблена машина має суттєву перевагу перед ПЛН-3-35 за рахунок встановлення вдосконалених робочих елементів. Зокрема, новий агрегат має

менше простоїв для очищення та налаштування, що призводить до більшого використання робочого часу в зміну і, таким чином, підвищення продуктивності.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна	Модернізована
1	Річний обсяг гоботи	га	75	75
2	Продуктивність	га/год	0,72	1,26
3	Витрати ПММ	кг/га	5,81	4,6
4	Вартість:	Грн		
	- Трактора		160000	160000
	- Машини		46000	46500
	- Всього		206000	206500
5	Кількість обслуговуючого персонала		1	1

Нормо-години у обсязі робіт [17]:

Базовий варіант

Проектований варіант

$$K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{75}{0,72} = 104,17 \text{ год} \quad K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{75}{1,26} = 59,52 \text{ год} \quad (5.1)$$

Витрати праці:

$$V_{\text{Б}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 104,17 \cdot 1 = 104,17 \text{ год}$$

$$V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 59,52 \cdot 1 = 59,52 \text{ год}, \quad (5.2)$$

Заробітна плата [18]:

$$П = \frac{C_{\text{Т}}}{W_{\text{ГОД}}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (5.3)$$

де  $C_{\text{Т}}$  - тарифна ставка, 53.48 грн/год;

$K_1 = 1.2$  – коефіцієнт, що враховує додаткові виплати - 20%;

$K_2 = 1.375$  – коефіцієнт, що враховує соцвідрахування – 37.5%.

Амортизація (15% для трактора та 15% для агромашини):

Базовий

Проект

$$A_{\Sigma} = 21,51 + 16,52 = 38,03 \text{ грн/га} \quad A_{\Sigma} = 12,29 + 9,54 = 21,83 \text{ грн/га}$$

ПММ:

$$B_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 24,5 \cdot 5,81 = 142,35 \text{ грн/га}$$

$$B_{\text{ПММ}} = 24,5 \cdot 4,6 = 112,7 \text{ грн/га}$$

ТО, зберігання та ремонт [19]:

$$B = \frac{B_B \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_3 + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}} \cdot K, \quad (5.4)$$

Експлуатаційні витрати на 1 гектар:

$$E_B = 87,77 + 38,03 + 142,35 + 409,59 = 677,74 \text{ грн/га}$$

$$E_B = 70,05 + 21,83 + 112,7 + 409,63 = 614,21 \text{ грн/га}$$

Капітальні витрати на 1 гектар:

$$K_B = \frac{B_B}{W_{\text{СЕЗ}}} = \frac{160000}{75} = 2133,33 \text{ грн/га} \quad K_B = \frac{160000}{75} = 2133,33 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на 1 гектар [20]:

$$П_B = E_B + 0,15 \cdot K_B \quad (5.5)$$

$$П_B = 677,74 + 0,15 \cdot 2746,66 = 1089,74 \text{ грн/га}$$

$$П_B = 614,21 + 0,15 \cdot 2753,33 = 1027,21 \text{ грн/га}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 81730,5 - 77040,75 = 4689,75 \text{ грн}$$

Строк окупності:

$$T_o = 206500 - 206000 / 4689,75 = 0,1 \text{ роки}$$

Результати розрахунків занесені до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати розрахунків економічної ефективності впровадження розробки

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Обробіток ґрунту	
2	Об'єм роботи, га	75	75
3	Склад агрегата:	МТЗ-82	МТЗ-82
	Трактор		
	Машина	ПЛН-3-35	ПБН-5-25
4	Продуктивність, га/год	0,72	1,26
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	104,17	59,52
6	Кількість обслуговуючого персоналу		
	-трактористів-машиністів	1	1
	-допоміжних працівників	-	-
7	Тарифна ставка, грн/год	53,49	53,49
8	Норма витрати пального, кг/га	5,81	4,6
9	Балансова вартість, грн:		
	- трактора	160000	160000
	- машини	46000	46500
10	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	24,5	24,5
11	Експлуатаційні витрати, грн/га	677,74	614,71
	у тому числі:		
	Амортизаційні відрахування:		
	-трактор	21,51	12,29
	-машини	16,52	9,54
	-всього	38,03	21,83
	. Витрати на ПММ	142,35	112,70
	.Витрати на ТО, ТР, зберігання,		
	-трактора	409,59	409,63
	-машина	117,76	119,05
	-всього	527,35	528,68
12	Капітальні вкладення, грн/га	2746,66	2753,33
13	Приведені затрати, грн/га	1089,74	1027,21
14	Річний економічний ефект, грн		4689,75
14	Термін окупності, років		0,1

### ***Висновок***

На основі проведених розрахунків встановлено, що очікуваний річний економічний ефект становить 4689,75 грн при сезонному навантаженні 75 га. Це свідчить про високу ефективність впровадження нової технології, яка забезпечує швидке повернення інвестицій. Тривалість відшкодування вартості інвестицій складає всього 0,1 року, що робить проект надзвичайно привабливим з економічної точки зору.

Таким чином, економічна доцільність впровадження розробленої конструктивної схеми робочого органу для полицевого обробітку ґрунту є очевидною. Висока рентабельність, короткий період окупності та значний економічний ефект роблять цей проект привабливим для інвесторів і сприятимуть його успішній реалізації у практичному аграрному виробництві.

## ВИСНОВКИ

Найактуальніші проблеми, які зараз постають перед сільськогосподарським виробництвом, стосуються впровадження методів органічного землеробства. Сучасні агротехнології мають враховувати не лише економічну доцільність, але й екологічні аспекти, забезпечуючи сталість та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

Виходячи з комплексного огляду літературних джерел, очевидно, що органічне землеробство не передбачає щорічного обробітку ґрунту. Це обумовлено необхідністю збереження ґрунтової структури, підтримки біологічного різноманіття та запобігання ерозії. Однак, повне уникнення обробітку може призводити до зниження ефективності сільськогосподарського виробництва через накопичення шкідників, бур'янів та хвороб.

Тому, для підтримання високої родючості та продуктивності ґрунтів, доцільно проводити обробіток орного шару з періодичністю один раз на 3-4 роки. Такий підхід дозволяє запобігти відшаруванню орного шару, зберігаючи його структуру та родючість. Періодичний обробіток також сприяє поліпшенню аерації ґрунту, рівномірному розподілу органічних речовин та покращенню водного режиму.

При дослідженні різних конструкцій плугів стає очевидним, що коли мова йде про недоуцільнення ґрунту, яке є звичайним явищем в органічному землеробстві, їхня продуктивність не відповідає необхідним сільськогосподарським вимогам до технологічного процесу.

Наше професійне бачення свідчить про те, що необхідно підвищити ріжучий потенціал леза до такого рівня, щоб його ефективність могла підтримуватися під час різання без підтримки.

Ця робота охоплює аналітичні дослідження взаємодії між запропонованою конструкцією лемеша та середовищем розчину. За допомогою математичної

моделі було проведено оцінку ефективності конструкції, що вказує на підвищену продуктивність розробленого проекту.

За рахунок модернізації робочого органу відбулося суттєве покращення основних показників виконання технологічного процесу. Зокрема, основний показник оцінки – структурний коефіцієнт – збільшився з 0,55 до 0,82. Крім того, коефіцієнт подрібнення структурованих заповнювачів досяг діапазону 0,74-0,95, що вважається практично недосяжним для традиційного полиневого плуга.

Проведені експериментальні дослідження підтвердили адекватність розробленої математичної моделі. Очікується, що завдяки зниженню тягового опору агрегат підвищить продуктивність до 35%.

На основі проведених розрахунків встановлено, що очікуваний річний економічний ефект становить 4689,75 грн при сезонному навантаженні 75 га. Це свідчить про високу ефективність впровадження нової технології, яка забезпечує швидке повернення інвестицій. Тривалість відшкодування вартості інвестицій складає всього 0,1 року, що робить проект надзвичайно привабливим з економічної точки зору.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адамчук, В., Булгаков, В., Надикто, В., Троханяк, О., & Чорна, Т. (2023). Теоретичне дослідження стійкості руху асиметричного посівного машинно-тракторного агрегату. *Вісник аграрної науки*, 101(5), 57-64.
2. Адамчук, В., Камінський, В., Булгаков, В., & Надикто, В. (2022). Теоретичне дослідження та розроблення нового показника інтенсивності впливу ходових систем машинно-тракторних агрегатів на ґрунт. *Вісник аграрної науки*, 100(4), 57-63.
3. Труханська, О. О. (2020). Підвищення якості ремонту і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. *Техніка, енергетика, транспорт АПК.-Вінниця, 2018.-№ 3 (102)-С. 52-61.*
4. Домуці, Д. П., Яковенко, А. М., Осадчук, П. І., Ліпін, А. П., Житков, С. С., & Павлішин, П. М. (2020). РЕМОНТ ТРАКТОРІВ І АВТОМОБІЛІВ: навч. посібн.: у 2-х кн.–Кн. 1.
5. Товстенко, В. (2021). Удосконалення технічного обслуговування та ремонту машинно-тракторного парку в майстерні фермерського господарства «Славутич» Веселівського району Запорізької області: пояснювальна записка до дипломної роботи здобувача СВО Бакалавр.
6. Борисюк, Д. В., & Зелінський, В. Й. (2017). Методика розрахунку економічної ефективності впровадження технічного діагностування тракторів. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*, (5), 135-142.
7. Барабаш, Р. І. (2021). *Обґрунтування виробничої структури пунктів технічного обслуговування тракторів ХТЗ* (Doctoral dissertation, Львівський національний аграрний університет).
8. Василенко, М. О., Шаповал, Л. І., & Соколенко, О. М. (2017). Обґрунтування строків проведення ремонтно-обслуговуючих робіт мобільної сільськогосподарської техніки з використанням стратегії адаптивного технічного

обслуговування і ремонту. *Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха*, 245-255.

9. Аулін, В. В., & Замота, О. М. (2017). *Економічна ефективність системи технічного обслуговування і ремонту мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки з елементами прогнозування* (Doctoral dissertation, ТНТУ).

10. Устюянов, П. Д., Домущі, Д. П., Супрунюк, В. П., & Гуславський, А. В. (2022). ОСНОВНІ НАПРЯМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОГО СТАНУ ТЕХНІКИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ. *науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та*, 309.

11. Лесюк, В. С., & Калініченко, О. В. (2020). ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ. *Редакційна колегія: ОГ Бондар, доктор юридичних наук, професор*, 274.

12. Бакляк, І. В. (2021). ПЛАНОВО-ЗАПОБІЖНА СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИН. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*, 465.

13. Грицаєнко, Г. І., & Грицаєнко, І. М. (2020). РОЗВИТОК АГРАРНОГО ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ТА РИНКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ УКРАЇНИ. *Редакційна колегія: ОГ Бондар, доктор юридичних наук, професор*, 105.

14. Галич, І. В. (2019). Аналіз джерел вібрацій та коливань елементів машинно-тракторного агрегату. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*, (30), 72-79.

15. Іванов, Б. О., & Тітова, Л. Л. (2022). СТАН СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ НАДІЙНІСТЬ ЙОГО

ФУНКЦІОНУВАННЯ. Збірник тез доповідей I Міжнародної науково-практичної конференції «HSEAgro–2022». 8-9 лютого 2022 року. МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Науково-виробничий журнал «Промислова безпека», Державна служба України з питань праці. Київ. 2022. 186 с., 119.

16. Антощенко, Р. В., & Антощенко, В. М. (2016). Дослідження енергетичних параметрів функціонування багатоелементних машинно-тракторних агрегатів. *Інженерія природокористування*, (2), 105-112.

17. Адамчук, В., Булгаков, В., Надикто, В., Кюрчев, В., & Камінський, В. (2022). Дослідження впливу ширини захвату машинно-тракторного агрегату на його експлуатаційні показники. *Вісник аграрної науки*, 100(10), 29-36.

18. Антощенко, Р. В., Лебедев, А. Т., & Антощенко, В. М. (2017). Керування енергетичними витратами машинно-тракторного агрегата. *Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового лісового та транспортного комплексів»*, (7), 172-179.

19. Сіренко, Ю. В., & Сілюченко, В. М. (2022). ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Запоріжжя, 01-25 листопада 2022 р.)/ТДАТУ: ред. кол., СВ Кюрчев, ВМ Кюрчев, ВТ Надикто, ОГ Скляр [та ін.]– Запоріжжя: ТДАТУ, 2022.–239 с. У збірнику представлені матеріали міжнародної науково-практичної, 56.*

20. Dnes, V., Kudrynetskyi, R., & Skibchyk, V. (2020). Методичні засади визначення ефективності використання техніки під час обробітку ґрунту, внесення добрив і сівби ярих культур за енергетичним показником. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research*, (24), 77-82.

## ДОДАТКИ