

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а**

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**Удосконалення конструктивних параметрів полицевого  
робочого органу для обробітку ґрунту в умовах органічного  
землеробства**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМ-1-19  
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Майстришин Микола Миколайович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Волик Борис Анатолійович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2020

# ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

## З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Майстришину Миколі Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення конструктивних параметрів полицевого робочого органу для обробітку ґрунту в умовах органічного землеробства

керівник роботи Волик Борис Анатолійович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«08» жовтня 2020 року № 2556

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_ 02.12.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи Огляд стану питання в галузі існуючих машин для обробітку ґрунту. Аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст **розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання. Аналіз конструкцій і досліджень 2. Обґрунтування конструктивної схеми. Аналітичні дослідження. 3. Програма і методика експериментальних досліджень. 4. Результати експериментальних досліджень 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність роботи Висновки. Список використаних джерел.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1.Титульний лист. 2. Мета і задачі досліджень. 3. Основні принципи використання біоніки. 4 Формування конструктивної схеми полиці. 5,6 Математична модель взаємодії з ґрунтом 7,8. Результати експериментальних досліджень. 9. Економічні показники. 10. Висновки

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Волик Б.А., доцент		
2	Волик Б.А., доцент		
3	Волик Б.А., доцент		
4	Волик Б.А., доцент		
5			
6			
нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 30. 04. 2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 10.09.2020 р.	Виконав
2	Теоретичний	до 30.10.2020 р.	Виконав
3	Експериментальний	до 19.11.2020 р.	Виконав
4	Охорона праці	до 25.11.2020 р.	Виконав
5	Економічний	до 31.11.2020 р.	Виконав
6	Демонстраційна частина	до 02.12.2020 р.	Виконав

**Студент**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

№строк	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. листів	Номер листа	Примітка
			Документація			
	A4	52.ДР. 028. 000. 000.ПЗ	Розрахунково - пояснювальна записка			
	A4	52.ДР. 028. 001.000.	Презентація	1	1	
	A4		PoverPoint			
				<b>52.ДР.028.000.000.ПЗ</b>		
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата		
Розроб.	Майстришин				Літ	Лист
Перев.	Волик Б.А				І	Листів
					<i>ДДАЕУ</i>	
Н.Контр.	Теслюк .Г.В				<i>ДДАЕУ</i>	
Затв.	Теслюк .Г				<i>ДДАЕУ</i>	

## РЕФЕРАТ

В даній магістерській роботі розглядаються питання пов'язані з якістю обробітку ґрунту в умовах органічного землеробства. На основі аналізу технологій і конструкцій сучасних ґрунтообробних агрегатів полицевого типу, запропонована власна конструкція плужного корпусу яка в своїй основі має лемеш підвищеної підрізаючої спроможності. Параметри лемеша обґрунтовані на основі аналізу будови тіла біологічного аналогу – морського ската-хвостокору. Аналітично проаналізований процес взаємодії робочого органа з ґрунтом, розроблена математична модель. Виконані експериментальні дослідження на підтвердження адекватності моделі.

Виконані техніко-економічні розрахунки показують, що від впровадження агрегату у виробництво можна отримати прогнозований економічний ефект в розмірі 4689,75 грн/рік при річному навантаженні 75 га

*Ключові слова:* полицевий робочий орган, леміш, біологічний аналог, морський скат, якість кришення, тяговий опір

## ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. СТАН ПИТАННЯ. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ	11
1.1 Принципи органічного землеробства	11
1.2 Модельні уявлення ґрунту як складова загальної математичної моделі роботи ґрунтообробного знаряддя	13
1.3 Місце полицевого робочого органу в системі ґрунтообробних машин для органічного землеробства	16
1.4 Правомірність застосування методів біоніки на етапі формування конструктивної схеми лемеша	17
1.5. Аналіз конструкцій робочих органів полицевого обробітку ґрунту	21
1.6. Огляд аналітичних досліджень	32
Висновки	39
2. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	40
2.1. Обґрунтування конструктивної схеми корпусу	40
2.1.1. Обґрунтування конструктивної схеми лемеша	40
2.2.1 Аналіз режиму різання	43
2.2. Прогнозований тяговий опір	44
Висновки	47
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	49
3.1. Програма досліджень	50
3.2. Приватні методики проведення досліджень	50
3.2.1. Визначення механіко-технологічних властивостей ґрунту перед початком сліджень.	50
3.2.2. Показники агрофону обраної ділянки до початку досліджень агрегату	52
3.2.3. Оцінка якості обробітку ґрунту	53

	7
Висновки	54
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	55
4.1 Умови проведення польових експериментів	55
4.2. Загальні результати досліджень	55
4.3. Тяговий опір розробленого робочого органу	58
Висновки	59
5. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	61
5.1. Організація охорони праці в господарстві	61
5.2. Стан охорони праці в господарстві	62
5.3. Заходи щодо поліпшення стану охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	65
Висновок	70
6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ	71
Висновок	77
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80
ДОДАТКИ	85

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Як відомо, система органічного землеробства спрямована на максимальне адаптацію виконуваних технологічних процесів до ґрунтово-кліматичних умов та біологічних особливостей культур. З точки зору обробітку ґрунту принциповою відмінністю є наявність в поверхневому шарі до 15 см підвищеної кількості рослинних решток, які ще не повністю пройшли стадію гуміфікації, тому, як наслідок, консолідація ґрунту буде заниженою. Це робить проблематичним використання традиційних полицевих робочих органів. В той же час не зважаючи на різні тенденції та погляди на систему землеробства, обробіток ґрунту з обертом шару найближчим часом буде практикуватись, в тому числі, і в органічному землеробстві, але потрібен робочий орган, спеціально адаптований до цієї системи. Основних проблем дві. По-перше, лемеш адаптований до роботи в умовах підпірного різання і в умовах заниженої консолідації втрачає ефективність. По друге, втрачає ефективність польова дошка, бо вона практично втратила опору в вигляді стінки борозни.

Таким чином проблема адаптації робочого органа до роботи в умовах органічного землеробства існує.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.**

Дослідження, що складають основу магістерської роботи виконувались згідно з тематичним планом науково-дослідних робіт ДДАЕУ на 2017 – 2020 роки : «Обґрунтування параметрів ґрунтообробних машин методами моделювання технологічного процесу»,

*№ державної реєстрації : 0117 U 005305 від 04. 12. 2017р*

*Назва пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки згідно з Законом України від 12.10.2010 № 2519-17 : Раціональне природокористування*

*Назва пріоритетного тематичного напрямку наукових досліджень і науково-технічних розробок згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 07.09.2011 №942 : Технології сталого використання, збереження і*



збагачення біоресурсів та покращення їх якості і безпеки, збереження біорізноманіття.

**Мета роботи** – Покращення якісних показників обробітку ґрунту в умовах органічного землеробства шляхом адаптації полицевого робочого органа до умов експлуатації

**Задачі досліджень.** Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні завдання:

1. Виконаний аналіз сучасних технологій і технічних засобів полицевого обробітку ґрунту і окреслені невирішені проблеми розроблюваної конструкції;
2. Обґрунтувати компоновочну схему знаряддя;
3. Розробити математичну модель взаємодії робочого органа з ґрунтовым середовищем.
4. Виконати експериментальні дослідження на підтвердження адекватності розробленої математичної моделі. Виконати техніко-економічні розрахунки ефективності досліджень.

*Об'єкт дослідження* – технологічний процес полицевого обробітку ґрунту та робочий орган для його виконання.

*Предмет дослідження* – Залежність показників обробітку від конструктивних параметрів знаряддя.

**Методи дослідження** – теоретичні дослідження виконані з застосуванням методів землеробської механіки, аналітичної та нарисної геометрії, прикладної математики. Експериментальні дослідження виконані за спеціально розробленими методиками з залученням методів планування експерименту та регресійного аналізу.

**Наукова новизна отриманих результатів.**

Розроблена на основі методів біоніки аналітична модель робочого органа полицевого типу.

**Практичне значення отриманих результатів.**

Використання розробленої конструкції дозволяє знизити тяговий опір знаряддя і покращити якісні показники кришення ґрунту

**Апробація результатів досліджень.**

Основні положення і матеріали роботи доповідались на :

на II Міжнародній науково-практичній конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі, ТДАТУ ім Дмитра Моторного : Мелітополь: 2.11 2020 – 27.11. 2020. м. Мелітополь\URL:

<http://www.tsatu.edu.ua/tsst/c>.

**Публікації.** За матеріалами роботи опублікована 1 тези

**Структура і обсяг роботи** Роботу викладено на 84 листах з яких 79 основного тексту. Робота складається з вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 36 назв, містить 17 рисунки, 8 таблиць, додатків на 14 листах.

## **1. СТАН ПИТАННЯ. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ**

## 1.1. Принципи органічного землеробства

Сучасний етап розвитку людства характеризується безперервним збільшенням обсягів виробництва продовольства, що до недавнього часу розглядалось як єдиний критерій успішного ведення сільського господарства. У зв'язку з тим, що сільське господарство завжди пов'язане з перетворенням природи і завжди чинить негативний вплив на довкілля, постійне нарощування виробництва продукції піднесли ці перетворення на новий рівень і тому нині сільське господарство спричиняє величезні екологічні негаразди, призводячи до виснаження екосистем та втрати біологічного різноманіття.

В Україні нераціональне землекористування і ведення сільського господарства без врахування необхідності відновлення ґрунтового покриву призвело до прогресуючої деградації та зниження родючості ґрунтів – основи сільськогосподарського виробництва. За даними Держкомзему України, майже 90% орних земель в Україні зазнають різного ступеня деградації. Щорічні втрати органічного складу становлять від 0,6 до 1 тонни на один гектар. Вміст гумусу протягом останніх років знизився на 25%.

Можна констатувати, що за період з 1990 по 2006 рік, не зважаючи на зменшення загальних обсягів виробництва сільськогосподарської продукції внаслідок економічної кризи, процеси деградації ґрунтів не тільки не знизились, але навіть посилились. Це пов'язано із загальним зменшенням внесення органічних та мінеральних добрив, порушенням співвідношення між ними, що призводить до збільшення кількості кислих і солонцюватих ґрунтів, порушенням сівозмін і зменшення у сівозмінах посівних площ бобових культур, низьким рівнем агротехніки, збільшенням площ веснооранки.

Усвідомлення зростання екологічної загрози внаслідок інтенсивного ведення землеробства підштовхує науковців, виробників, політиків і

споживачів до розробки альтернативних методів ведення землеробства, які відповідали б інтересам сьогоднішніх і завтрашніх поколінь.

Відповідно до ст. 3, 13 Закону України “Про пестициди і агрохімікати” Постанови Кабінету Міністрів України від 26 червня 1996 року № 679 “Про затвердження Положення про спеціальні сировинні зони для виробництва сільськогосподарської продукції”, з метою зменшення хімічного навантаження на сільськогосподарську продукцію та агроєкосистеми в області необхідно впроваджувати органічне землеробство.

Виходячи з різних джерел визначення поняття органічного землеробства його можна трактувати як систему сільськогосподарського менеджменту агроєкосистем, що ґрунтується на максимальному використанні біологічних факторів підвищення родючості ґрунтів, захисту рослин, та інших заходів, які забороняють або значною мірою обмежують використання синтетичних комбінованих добрив, пестицидів, регуляторів росту та харчових добавок до кормів при відгодівлі худоби.

Широке застосування біологічних препаратів азотфіксаторів, фосформобілізаторів, біофунгіцидів забезпечує зменшення енергозатрат, економію матеріальних ресурсів, забруднення довкілля хімпрепаратами та продуктами їх деградації. Збільшення посівних площ під бобовими культурами, які в симбіозі з мікроорганізмами інтенсивно фіксують молекулярний азот з повітря, сприяє оптимізації мікробіологічного стану в ґрунті, покращення його фізико-хімічних властивостей. У сівозміні органічних господарств необхідно ввести до 30% бобових культур. Велике значення для азотного живлення злакових культур має використання за їх вирощування асоціативних азотфіксаторів, які забезпечують рослини доступним біологічним азотом від 30% до 50%.

У країнах Західної Європи і США створено державні програми, які передбачають зменшення об’ємів застосування хімічних препаратів у двічі за рахунок впровадження біологічних препаратів. Завдяки державній підтримці

за кордоном розроблено низку препаратів, які рекомендовано для використання в інтегрованих системах захисту рослин.

Мікробні препарати характеризуються високою ефективністю, не забруднюють навколишнє середовище, проявляють селективну дію, зручні для виробництва. Застосування грибів роду *Trichoderma*, *Fomes fomentarius*, бактерії *Pseudomona fluorescens* та інших корисних мікроорганізмів – обмежують розвиток фітопатогенів.

## **1.2. Модельні уявлення ґрунту як складова загальної математичної моделі роботи ґрунтообробного знаряддя**

Процес розробки робочих органів ґрунтообробних машин містить окремі обов'язкові елементи, серед яких математична модель взаємодії з оброблюваним середовищем є практично визначальною, бо дозволяє на проектному етапі обґрунтувати раціональні параметри конструкції. Модель має дві складові : конструктивну схему робочого органу і модель середовища з яким цей орган взаємодіє. Від адекватності моделі середовища залежить його прогнозована реакція на дію робочого органу і, як результат, оцінка ефективності конструктивного рішення. Але проблема полягає в тому, що кількість математичних моделей практично відповідає кількості видів ґрунтообробних знарядь, Хоча в моделях і є окремі спільні підходи, створення єдиної узагальнюючої моделі багато в чому стримується відсутністю саме єдиної моделі середовища.

В даному підрозділі нами систематизовані припущення різних математичних моделей на предмет їх можливого використання в єдиній інтегральній моделі взаємодії з ґрунтом робочого органу довільної геометричної форми.

З аналізу відомих моделей [15, 17,18], взаємодії робочого органу з ґрунтом, нами узагальнені прийняті в них припущення :

- ґрунт моделюється середовищем, таким що має внутрішнє тертя і питоме счеплення часток;
- розгалуження тріщин (ліній сколу) у ґрунті відбувається у поперечно-вертикальній площині під кутом  $\varphi_2$  до вертикалі, де  $\varphi_2$  - кут внутрішнього тертя, у повздовжно-вертикальній площині під кутом  $90^\circ + \varphi_2$  до ріжучого леза, [15,32], Правомірність застосування даного положення в модельному середовищі підтверджена експериментальними дослідженнями ДДАЕУ [17].
- первинний напрямок розповсюдження тріщини є пріорітетним і в процесі розповсюдження не змінюється [32];
- опір розповсюдженню тріщини є постійним на всій її довжині [15];
- реакція ґрунту не залежить від напряму прикладання сили [15,32];
- питоме зчеплення часток ґрунту є інтегральним показником, що визначає всі механіко-технологічні властивості ґрунту [16,52,35];
- механіко-технологічні властивості ґрунту носять імовірнісний характер і підпорядковуються нормальному закону розподілу [32].

Ґрунтове середовище описується достатньо великою кількістю показників [11], які в тій чи іншій мірі використовуються в моделях. Але саме їх велика кількість обмежує можливості моделі адекватно описувати процес взаємодії знаряддя з ґрунтом. Діло в тому, що поверхню робочого органу при створенні математичної моделі розглядають як сукупність окремих ділянок, на яких одні і ті ж механіко-технологічні властивості ґрунту мають не однаковий вплив. Доводиться загальну реакцію визначати як механічну суму окремих реакцій, обумовлених впливом тих чи інших механіко-технологічних властивостей, що не дозволяє враховувати їх взаємний вплив одна на одну.

Вирішення проблеми полягає в введенні єдиного інтегрального показника механіко-технологічних властивостей.

В роботі [11], проаналізувавши взаємодію з ґрунтом найбільш характерних знарядь, запропоновано в якості такого показника прийняти

питоме зчеплення часток ґрунту. Цей висновок базується на тому, що основні енерговитрати ідуть на різання з відокремленням призми ґрунту, а внесок інших складових можна визначити в процентному співвідношенні.

В роботі [11] було відмічено, що основні механіко-технологічні властивості ґрунту визначаються в ході експериментів на зсув і зминання. Питоме зчеплення часток входить в цю групу і визначається експериментом на зминання. Тому, цілком логічним є встановити взаємозалежність цих показників. В роботах [11,15,17,32] було виконано ряд експериментів, в ході яких ця залежність встановлена. Отриманий масив даних після статистичної обробки представлений у вигляді регресійних моделей, де  $n$ - кількість ударів твердоміру ДорНДІ [16]

Питоме зчеплення часток ґрунту описується кубічним рівнянням регресії :

$$C_{\text{пит}} = - 0,0003 \tau n^3 + 0,0166 \tau n^2 - 0,1019 \tau n + 2,3779 [\text{кН/м}^2]$$

Твердість ґрунту описується квадратичним рівнянням регресії [11]:

$$p = 0,0098 \tau n^2 - 0,2234 \tau n + 5,9516 [\text{н/см}^2]$$

Межа несучої спроможності ґрунту описується квадратичним рівнянням регресії [16]

$$K' = - 0,1355 \tau n^2 + 58,113 \tau n + 36,9036 [\text{кН/м}^2]$$

Кут внутрішнього тертя консолидованого ґрунту описується квадратичним рівнянням регресії [16] :

$$\varphi = 0,0924 \tau n^2 - 2,1277 \tau n + 42,9753 [\text{град}]$$

Всі отримані рівняння мають досить високі коефіцієнти кореляції і детермінації, тому їх можна використовувати в математичній моделі.

Суто теоретично в математичній моделі можна скористуватись імітаційною моделлю ґрунтового середовища, але оглядом літературних джерел вдалих прикладів такого використання не знайдено.

Наведені показники характеризують механічні властивості ґрунту у консолидованому стані. При цьому під консолидованим станом розуміють стан ґрунту при якому він являє собою однорідну злежалу масу.

Для моделювання фізичних властивостей запропоновано ряд окремих показників

Коефіцієнт різноподрібнення структурованих агрегатів [15]. Показник характеризує неоднорідність механічного складу як консолідованого, так і розпушеного ґрунту.

$$K_p = \frac{D_{60}}{D_{10}}, \quad (1.1)$$

де  $D_{60}$  і  $D_{10}$  – середній приведений діаметр ґрунтових агрегатів, що складають відповідно 60 і 10% по масі

1. Середній приведений діаметр визначається за залежністю

$$D_{50} = 2r \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\gamma}}, \quad (1.2)$$

де  $m$  – маса окремо взятої грудки;  $\gamma$  – питома маса ґрунту

2. Ступінь подрібнення [15]. Усереднений показник, що характеризує ступінь кришення з точки зору утворення агрономічно цінних агрегатів з приведеним діаметром 5 – 10 мм

$$i = \frac{D_{50}}{0,005 \dots 0,01} \quad (1.3)$$

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

Аналізом літературних джерел, як такової загальноприйнятої і затвердженої системи машин для органічного землеробства не існує. Тому проаналізуємо перелік машин які використовують підприємства, що практикують органічне землеробство. Зупинимось на досвіді підприємства «Альфа-Агро» Петриківського району Дніпропетровської області, яке нами прийняте в якості базового для проведення досліджень. В своїй роботі господарство дотримується принципів органічного землеробства і технології мінімального обробітку ґрунту. Для подальшої роботи необхідно чітко окреслити наведені поняття.



Виходячи з різних джерел визначення поняття органічного землеробства його можна трактувати як систему сільськогосподарського менеджменту агроєкосистем, що ґрунтується на максимальному використанні біологічних факторів підвищення родючості ґрунтів, захисту рослин, та інших заходів, які забороняють або значною мірою обмежують використання синтетичних комбінованих добрив, пестицидів, регуляторів росту та харчових добавок до кормів при відгодівлі худоби [25].

Під мінімальним обробітком розуміють систему обробітку ґрунту, що забезпечує зменшення енергетичних витрат шляхом зменшення глибини і інтенсивності обробітку, суміщення декількох технологічних операцій.

Не зупиняючись на подробицях, наводимо перелік машин, що використовують в підприємстві : чизель, культиватор; дискатор (луцильник); ротаційна зубова борона каток- подрібнювач; каток водоналивний

З досвіду інших країн (Швейцарія) [33]: дискова борона (фактично дискатор): культиватор з стрільчастими лапами; плуг-луцильник (інакше плуг-букер); плуг оборотний з системою On-Land; борони (пружні, зубові).

Таким чином, системи машин доволі близькі за складом, що додатково знаходить підтвердження в роботі[34].

Як бачимо весь комплекс машин спрямований на мілке (до 15 см) заорювання рослинних решток, що збагачує гумусом тільки поверхневий шар і це призводить до диференціації його за родючістю. Але існує ряд культур, коренева система яких розповсюджується значно глибше , тому оранку з обертом шару необхідно раз на декілька років проводити.

#### **1. 4 Правомірність застосування методів біоніки на етапі формування конструктивної схеми лемеша.**

Досвід кафедри тракторів і сільськогосподарських машин ДДАЕУ[2.3.4,8] вказує на те, що модернізацію ріжучих елементів периметру

грунтообробного знаряддя доцільно виконувати з застосуванням методів біоніки.

Біоніка - розділ кібернетики, пов'язаний з побудовою технічних пристроїв і систем, а також з рішенням різних інженерних задач на основі вивчення функціонування органів і систем живої природи.

Застосування методів біоніки потребує наявності біологічного аналогу, який був би функціонально подібним розроблюваному знаряддю. Від ступеня подібності залежить і ступінь адаптації робочого органа до конкретних умов його експлуатації. Вся складність полягає в тому, що сліпе копіювання аналогу нічого не дає. Робочий орган працює в інших умовах і для його розробки необхідна математична модель аналогу, але пристосовно до конкретних умов використання, а це вже складна задача. В галузі сільськогосподарського машинобудування основні ідеї біонічного моделювання започатковані А.Н. Гудковим [36]. Подальший розвиток напрямку належить школі Л.Ф.Бабицького [35] Сутність робочої гіпотези полягає в наступному

Морські тварини за час тривалої еволюції досягли практично досконалої форми тіла з точки зору гідродинаміки. В процесі руху тіло тварини забезпечує в раціональному режимі : розсікання середовища лобовою поверхнею, переміщення потоку по поверхні тіла, сходження потоку з поверхні. Останній етап формує ламінарний або турбулентний потік, що суттєво впливає на опір руху.

Робота ґрунтообробних знарядь виконується практично за такою ж схемою. Тому ці два процеси можна вважати функціонально подібними. Логічним, було б скопіювати геометрію тварин і розробити на цій основі ґрунтообробні знаряддя. Але скористатись критеріями подібності не вийде, бо процесі мають різну фізичну природу. Для адаптації конструкції до умов роботи необхідно мати математичні моделі:

- взаємодії з ґрунтом ріжучого периметра довільної геометричної форми;

- поверхні геометричної моделі тіла тварини;
- математичну модель оброблюваного середовища.
- зовнішня подібність;
- мінімально можливий коефіцієнт лобового опору;
- можливість конструктивного відтворення

Загальну послідовність досліджень на основі біоніки можна представити у вигляді відпрацьованої нами схеми (рис.1.1.) Слід відмітити, що наявність в схемі 3D моделі викликана суцільно суб'єктивними причинами : для візуального контролю розробником відповідності моделі аналогу.

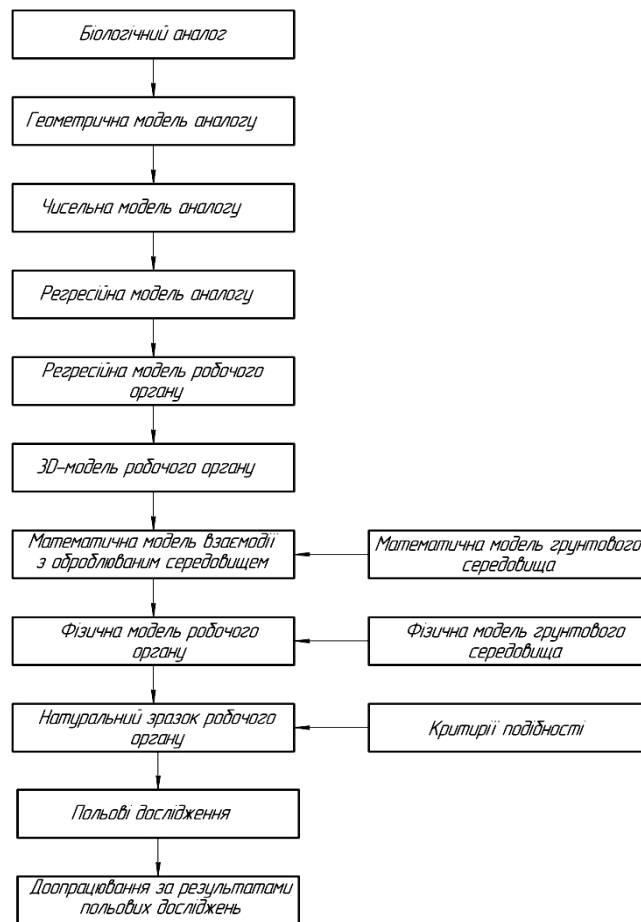


Рисунок 1.1 – Блок-схема досліджень з використанням методів біоніки

Важливим в застосуванні методів біоніки є інтуїція розробника в розрізі вибору аналогу. Самий простіший варіант – це зовнішня схожість. Але треба мати на увазі, що процеси у ґрунтовому і водному середовищі

протікають не однаково, тому для прийняття рішення треба досконало вивчити діючі механізми, що визначають властивості аналогу. Перш за все треба мати на увазі, що тварина рухається у середовищі за рахунок власних доведених до рушіїв сил. Тобто ми маємо штовхаючий варіант переміщення. Грунтообробні знаряддя працюють за тягнутою схемою. По-друге, Практично всі розрахункові моделі роботи грунтообробних знарядь, окрім інших показників враховують коефіцієнти зовнішнього тертя спокою і ковзання. Рідина коефіцієнту тертя спокою не має.

Виконаними дослідженнями [9] підтверджено, що процеси в водному середовищі близькі за фізичною суттю до тих, що відбуваються в ґрунтовому середовищі. Загальним висновком є те, що можна провести аналогію між тяговим опором грунтообробного знаряддя за теорією внутрішньої напруги А.М.Панченко [35], яка в наших дослідженнях прийнята за основу і складовими опору руху тіла у водному середовищі.

Таблиця 1.1 – Відповідність складових реакції ґрунту за теорією внутрішньої напруги і складових лобового опору тіла, що рухається у водному середовищі[9]

ТЯГОВИЙ ОПІР ГРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ ЗА А.М. ПАНЧЕНКО	СКЛАДОВІ ОПОРУ РУХУ В ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ
Опір на скол призми ґрунту $P_p = C_{\text{ПІТ}} \cdot F_{\text{СК}} \cdot f_{(\varphi, \rho, V)}$	Лобовий опір $F_L = C_{X\tau} \cdot S_{\tau} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2},$
$C_{\text{ПІТ}}$ - Питоме зчеплення часток ґрунту	$C_X$ - Коефіцієнт лобового опору
$F_{\text{СК}}$ - Площа сколу призми ґрунту	$S$ - Площа міделевого перетину
Ріжучий периметр	Довжина обводного контуру
Тиск на робочу поверхню (реакція підпірної стінки)	Барометричний (висотний) тиск води
$S_p$ - Площа робочої поверхні	Площа змочуваної поверхні
$\rho$ - Щільність ґрунту	$\rho$ - Щільність водного середовища
$V$ - Швидкість руху	$V$ - Швидкість руху
$\varphi$ - Коефіцієнт тертя спокою	Показник для рідини відсутній

$\phi$ - Коефіцієнт тертя ковзання	$\phi$ - Коефіцієнт тертя ковзання
$i$ - Коефіцієнт розпушення	$R_E$ - Число Рейнольдса

Аналіз табл.1.1. показує, що для всіх вихідних параметрів в обох залежностях є аналоги, які можна використати для визначення критеріїв подібності, що є основною умовою модельних досліджень.

Таким чином, тіло морських тварин може бути прийнятим в якості біологічного аналогу ґрунтообробних робочих органів

В роботі [11], проаналізувавши взаємодію з ґрунтом найбільш характерних знарядь, запропоновано в якості такого показника прийняти питоме счеплення часток ґрунту. Цей висновок базується на тому, що основні енерговитрати ідуть на різання з відокремленням призми ґрунту, а внесок інших складових можна визначити в процентному співвідношенні.

В роботі [11] було відмічено, що основні механіко-технологічні властивості ґрунту визначаються в ході експериментів на зсув і зминання. Питоме счеплення часток входить в цю групу і визначається експериментом на зминання. Тому, цілком логічним є встановити взаємозалежність цих.

### **1.5. Аналіз конструкцій робочих органів полицевого обробітку ґрунту**

Під полицевим ґрунтообробним робочим органом перш за все розуміють корпус тракторного плуга у складі лемеша, полиці і польової дошки. Оглядом встановлена доволі велика кількість різновидів полиць і лемешів, які адаптовані до роботи в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Але в основі конструкцій закладена єдина методична база – це методика побудови циліндроїдальних поверхонь М.В Сладкова і М.В.Щучкіна [29]. Сутність методики полягає в тому, що використовуючи метод можливих переміщень послідовно будують три поверхні робочого корпусу, на основі яких отримують розгортку робочої поверхні, а також пуансон і матрицю, що надає можливості виготовити робочу поверхню

шляхом штампування. Методика передбачає проектування полиці і лемеша, як єдиного цілого елемента конструкції. Але, на практиці виявилось, що конструкцію доцільно виготовляти з двох окремих елементів – лемеша і полиці. Так склалася традиційна схема корпусу тракторного плуга. Але реальна конструкція більше деталізована (рис.1.1). Це пов'язане з тим, що окремі елементи конструкції мають різну інтенсивність зносу і тому полиця складається з окремих елементів, виконаних у відповідності до вимог зносостійкості. Конструкція має багато складових одиниць, але в умовах масового виробництва доцільніше заради зносостійкості йти на такі ускладнення.

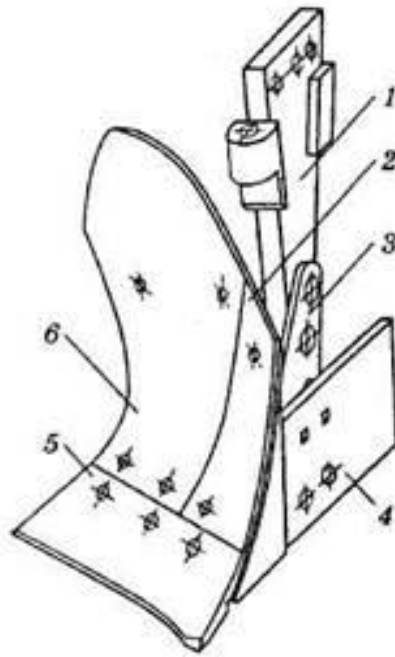


Рисунок 1.1 - – Деталізована конструктивна схема корпусу плуга : 1 – стояк, 2 – груди полиці, 3 – башмак, 4 польова дошка, 5 лемеш, 6 крило полиці

*Сучасні конструкції лемешів.* Лемеш у відповідності до призначення – це робоча частина корпусу, яка підрізає шар ґрунту і спрямовує його на полицю. Виробники, як вітчизняні так і закордонні випускають доволі велику кількість лемешів, які зовні відрізняються один від одного, але всі конструктивні виконання можна об'єднати в 4 основні групи (рис.1.2).

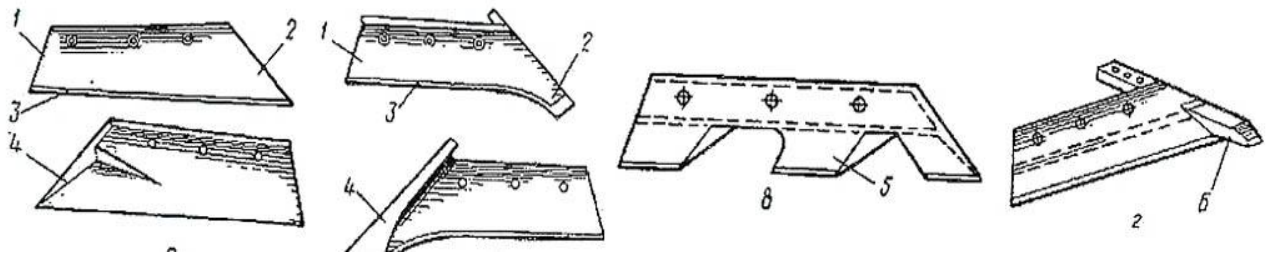


Рисунок 1.2 – відомі конструкції лемешів до тракторних плугів: *а б* - трапецевидний; *в* – долотоподібний ; *г-з* висувним долотом; 1 – п'ята; 2 – носок, 3 – лезо, 4 – магазин, 5 – долото

Як видно з аналізу рис.1.1. в основі всіх базових конструкцій закладений трапецевидний лемеш. Для конкретного конструктивного виконання корпусу достатньо поєднати серійний лемеш з такою ж серійною полицею.

Проаналізуємо переваги і недоліки найбільш поширених варіантів виконання лемешів. Найпростішим за конструктивним виконанням є трапецевидний лемеш (рис.1.3.) Виготовляється за правилом з спеціальної лемішної сталі, або за спрощеним варіантом з листової сталі 65Г з наступною термічною обробкою.



Рисунок 1.3. – трапецевидний лемеш

Трапецевидний лемеш є найпростішим за виконанням, але має суттєвий недолік – він формує плоске суцільне дно борозни, що провокує утворення плужної підшви.

Для боротьби з даним явищем застосовують долотоподібні лемеші (рис.1.4) і рис.1.5.)



Рисунок 1.4 – суцільний долотоподібний лемеш.



Рисунок 1.5 - Трапецевидний лемеш з накладним долотом.

Враховуючи, те що лемеш є досить навантаженим робочим елементом конструкції і до того ж працює абразивному середовищі прийняті конструктивно-технологічні заходи по підвищенню його довговічності: лемеш стали виконувати суцільнокованим (рис.1.6.) з високолегованої сталі. Окрім того, що сталь сама по собі міцніша, використовується ще і ефект наклепу. Не зважаючи на те, що такий лемеш дорожчий у виготовленні, ефект від підвищення технологічної надійності перебиває витрати.



Рисунок 1.6 – долотоподібний суцільно кований лемеш.



Для використання в умовах органічного землеробства підрізаючи спроможність є практично основним лімітуючим показником працездатності. Аналізом літературних джерел встановлені два основних варіанти підвищення підрізаючої спроможності – це підтримання гостроти ріжучої кромки і надання профілю кромки спеціально обґрунтованого профілю. Гострота може підтримуватись шляхом формування направленої зносу [23], або використанням двошарового профілю перетину леза. В останньому варіанті верхній поверхневий шар має меншу зносостійкість ніж нижній. Це дозволяє в процесі зносу верхнього шару підтримувати гостроту нижнього, який і буде забезпечувати підрізаючу спроможність. Можливий також варіант надання лезу спеціальної форми, наприклад, як це запропоноване в роботі[12]. Кафедрою тракторів і сільськогосподарських машин ДДАЕУ запропонований власний варіант покращення підрізаючої спроможності [19]. На рис.1.7 представлена принципова схема запропонованої конструкції

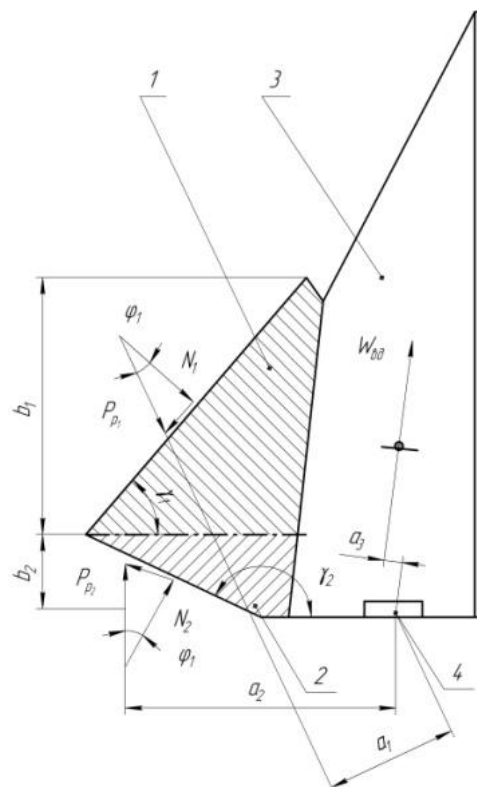


Рисунок 1.7 – Лемеш розробки ДДАЕУ[19]

Сутність пропозиції полягає в наступному. Лемеш складається з ліво- і правопідрізаючої частин. Частини мають одна - від'ємний, друга – позитивний кут нахилу леза до стінки борозни. Таке рішення балансує конструкцію і підвищує стабільність її ходу. Як наслідок, стабільний режим підрізання. Близьким по суті є технічне рішення, закладене в конструкції бінарно-лемешного корпусу плугу «Гетьман», виробництва (рис.1.8)



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

*Принцип роботи.* При проході першого корпусу правообертаюча його частина підрізає і вкладає шар ґрунту праворуч по ходу машини. Лівообертаюча частина підрізає і вкладає шар ліворуч під правообертаючу частину другого корпусу. Цикл повторюється з інтенсивним перемішуванням шарів підрізаних обома частинами корпусу. Така схема дозволяє вдвічі збільшити конструктивну ширину захвату корпусу, що практично втілене в плугах серії «Гетьман» (рис.2.2), корпус має  $B_K = 60$  см, але при цьому для лівої і правої частин зберігається співвідношення  $k \geq 1,27$ . До переваг конструкції слід віднести те, що знявши полиці ми отримуємо плоскоріз.

У процесі роботи реакція корпусу полицевого плуга складається з опору ґрунту на різання лемешем і опору на переміщення підрізаного шару полицею. Враховуючи, що леміш і полиця встановлені під кутом до напрямку руху, виникає поперечна складова реакції опору, яка

компенсується польовою дошкою. В наведеному технічному рішенні поперечні сили зкомпенсовані і тому в загальній математичній моделі можна не враховувати реакцію польової дошки.

*Сучасні конструкції полиць.* Традиційно полиці тракторних плугів прийнято поділяти на гвинтову, напівгвинтову і культурну. Але, як показує аналіз літературних джерел на сучасному етапі така класифікація не зовсім відповідає наявному стану справи. Розвиток комп'ютерних технологій дозволяє проектувати робочі поверхні практично довільної геометричної форми, а використання текрону у якості основного матеріалу (рис.1.9) для виготовлення дозволяє відмовитись від вимоги, що поверхня повинна мати розгортку.



Рисунок 1.9 – текронова полица до серійного корпусу плуга.

Як показують багаточисельні відгуки, конструкція є вдалою. Відмічене зниження тягового опору і, що не менш важливо, зносостійкість виявилась кращою за сталевий корпус плуга.

Продовжуються експерименти з вирізними полицями (рис.1.10) В більшості випадків відмічене зниження тягового опору але конструкція вимагає додаткових елементів кріплення, які б фіксували положення

кінцівок крила полиці. Додатковий позитивний момент полягає у вібрації смуг. Це по-перше зменшує сили тертя, по-друге стимулює просипання м'яких грудок у міжсмуговий простір.



Рисунок 1.10 – Вирізна полиця Plant

Окремі конструктивні рішення запозичені у плуга-букера, такі як, наприклад, плоска полиця (рис.1.11) Така конструкція добре себе зарекомендувала в посушливих південних степах. Але є всі підстави вважати, що в умовах органічного землеробства вона може знайти своє місце, бо плуг-букер саме цим і відрізняється.



Рисунок 1.11 – Плоска полиця плуга Vomet

Сутність наступної конструкції полягає в суміщенні технологічних процесів чизельного і плужного обробітку. В процесі досліджень переміщення у водному середовищі дельфіна. Було відмічено, що серед інших морських тварин він має найкращі швидкісні показники Особлива

роль в цьому належить формі і кутам постановки до напрямку руху ротової частини тварини (рис. , якою він формує ламінарний потік вздовж тіла. Але мати ламінарний потік, це ще тільки половина діла. Форма тіла тварини разом жаберними плавниками забезпечує переміщення потоку без відриву від поверхні, що енергетично є найбільш вигідним. (рис.1.12.) Спеціалістами Київського політехнічного університету було прийняте тіло дельфіна в якості біологічного аналогу і на його основі розроблена конструкція комбінованого плуга, який і тримав назву «плуг-дельфін»



Рисунок 1.12 – Загальний вид дельфіна, прийнятого в якості біологічного аналогу ґрунтообробного знаряддя. Загальний вид розробленої конструкції і схема її взаємодії з ґрунтовим середовищем представлені на рис.1.13.

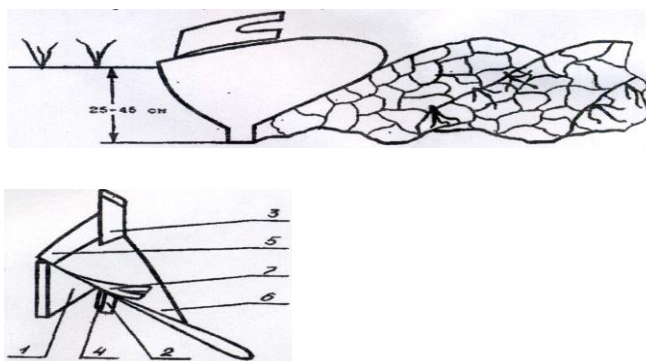


Рисунок 1.13 – принцип дії і загальний вид корпусу з полицею типу «Дельфін»: 1 – стояк; 2 – башмак; 3 – наральник; 4 – боковина; 5 – груди полиці; 6 – крило полиці; 7 – кутозйомник.

Наведений корпус має у порівнянні з звичайною полицею менший на 10-15% тяговий опір, що є наслідком покращення обтічності. Але технологія виготовлення конструкції має декілька невирішених проблем, тому даний тип полиці отримав обмежене розповсюдження.

Наступна конструкція на наш погляд найбільш пристосована до роботи в умовах органічного землеробства (рис.1.14).



Рисунок 1.14 – Плуг Vomet 2x25

Лемеш стандартної ширини захвату встановлений під малим (до 15 градусів) кутом до дна борозни. Корпус занурюється у оброблюване середовище на глибину заорювання рослинних решток, тобто до 12 см. Але в такому випадку не зберігається співвідношення  $k=1,27$ . Тому полиця має крило спеціальної загнутої форми, що дозволяє їй укладати на дно борозни верхній, збагачений рослинними рештками шар ґрунту.

*Комбіновані полицеві робочі органи.* Оглядом конструкцій нами відмічена тенденція до намагання зменшити поперечну складову тягового опору, що дозволяє відповідно зменшити сили тертя польової дошки о стінку борозни. Найчастіше з цією метою в конструкції вводять додаткові ріжучі елементи, наприклад, лемеші (рис.1.15). Додатковою перевагою є також те, що другий корпус, що іде по сліду першого, працює у частково розпушеному ґрунті.

Представлений полицевий робочий орган Flagma є практично єдиним, що використовується в Україні серійно.



Рисунок 1.15 – комбінований полицевий робочий орган Flagma

Запропоноване також технічне рішення в якому, з метою покращення ступеня кришення поверхневого шару, встановити на глибині, що відповідає мілкому обробітку, стрільчасту лапу (рис.1.16.).

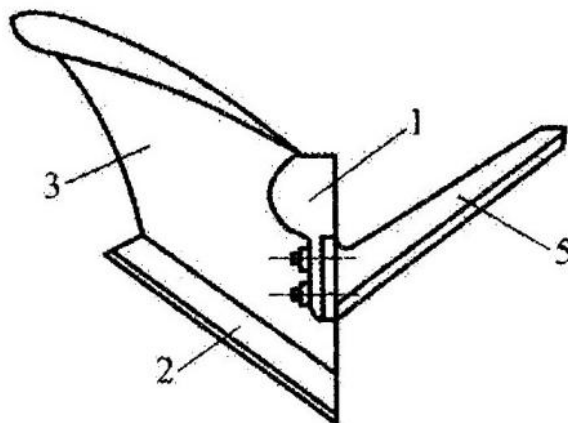


Рисунок 1.16 - Корпус плуга, оснащений плоскорізною лапою: 1 – стояк; 2 – леміш; 3 – полиця; 5 – плоскорізна лапа.

Цікавим є технічне рішення в якому використана комбінована полиця – нижня частина відповідає культурній поверхні, верхня напівгвинтовій ((рис.1.17)..



Рисунок 1.17 – Загальний вид плуга з комбінованою полицею БПЛ-3-35

Дана конструкція адаптована до роботи в умовах великої кількості рослинних решток Для цього корпус змонтований на високому стояку круглої форми.

### **1.6. Огляд аналітичних досліджень.**

Приоритет в галузі аналітичних досліджень взаємодії з ґрунтом робочих органів різного конструктивного виконання в тому числі і плужного корпусу на сучасному етапі належить ДДАЕУ. Всього розроблено три аналітичні моделі. Розглянемо їх основні положення.

Модель С.С.Тищенко [18].

На підставі порівняння методик формування робочих поверхонь ґрунтообробних знарядь різного призначення автором встановлено, що незалежно від типу робочого органа головними параметрами, що визначають його геометрію є вид направляючої кривої і закон переміщення утворюючої вздовж неї. Встановлено, що вид направляючої визначається коефіцієнтом защемлення, який є відмінним для різного виду знарядь і може змінюватись в процесі переміщення ґрунту по поверхні робочого органа.



Коефіцієнт защемлення є суцільно теоретичною величиною і визначається за залежністю

$$K_{зщ} = \frac{P_r}{T_r} = \frac{\sqrt{2(1 - \cos \Delta\alpha)}}{f_2 \sqrt{2(1 + \cos \Delta\alpha)}} \quad (1.1)$$

$P_r$  – рівнодіюча нормальної реакції утворюваних грудок;

$T_r$  – рівнодіюча сил тертя;

$F_2$  – коефіцієнт внутрішнього тертя

$\Delta\alpha$  – кут укладання грудок.

Миттєве значення радіусу кривизни направляючої кривої в загальному виді

$$r = \frac{d}{2K_{зщ}(\varphi)f_2} \quad (1.2)$$

де  $d$  – середній приведений діаметр грудок

$\varphi$  – кут в полярній системі координат

Кінематичний аналіз дії робочих поверхонь на ґрунт на основі залежності коефіцієнта защемлення дає наступні значення радіусу кривизни направляючої для конкретних робочих органів :

$$r = \frac{d}{2f_2K_{зщ0}\varphi} \text{ - культиваторна лапа}$$

$$r = \frac{d}{2f_2K_{зщ0}e^{w\varphi}} \text{ - напівгвинотовий корпус плуга}$$

$$r = \frac{d e^{w\varphi}}{2f_2K_{зщ0}} \text{ - культурний корпус плуга} \quad (1.3)$$

Модель А.М. Панченко[15]. Сутність моделі полягає в наступному.

Робочий орган функціонально поділяється на ріжучий периметр і робочі поверхні. Кромки ріжучого периметру зминають ґрунт і відділяють від загального масиву призму сколу, яка надходить на робочі поверхні. Робочі поверхні розглядають як плоскі поверхні, які з певним ступенем наближення відтворюють загальну поверхню. Поверхні сприймають тиск ґрунту, сили тертя і швидкісний напор. Таким чином загальний тяговий опір має наступні складові. [15]

$$P = P_{СК} + (P_N + P_{ТР} + P_{ЗАТ} + P_V) \cdot \cos[\arctg \frac{i \cdot \sin \varphi}{\cos \varphi} - \varphi], \quad (1.4)$$

де  $P_{СК}$ ,  $P_N$ ,  $P_{ТР}$ ,  $P_{ЗАТ}$ ,  $P_V$ , - проекції на напрямок руху відповідно сил сколу призми, нормального тиску ґрунту на поверхню, сила тертя при переміщенні ґрунту вздовж робочої поверхні, додаткова сила від затуплення леза, швидкісна складова опору.

$\varphi$  – кут зовнішнього тертя ґрунту;

$i$  – коефіцієнт ковзання.

Сила сколу призми визначається за формулою

$$P_{СК} = C_{V\delta} \cdot F_{СК}, \quad (1.5)$$

де  $F_{СК}$  – сумарна площа зколу;

$C_{V\delta}$  – питоме зчеплення часток ґрунту

Швидкісна складова визначається за формулою Ю.А.Ветрова (14).

$$P_V = \frac{9,81 \cdot b \cdot a \cdot \gamma}{g} \cdot \frac{\sin \alpha \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha + \theta)} \cdot V^2 \quad (1.6)$$

де  $V$  – Робоча швидкість

$\alpha$  = – кут постановки ділянки лапи до dna борозни

$\theta$  = – задній кут леза

Додаткова сила від затуплення леза (с.69.[15])

$$P_{\text{ЗАТ}} = K' \tau (Z + X \tau \operatorname{tg} \varphi) \tau b, \quad (1.7)$$

де  $K'$  - межа несучої спроможності ґрунту;

$b$  – загальна довжина ріжучого периметра;

$Z, X$  – параметри затуплення леза;

Нормальна реакція ґрунту  $P_N$  визначається за формулою підпірної стінки Н.А.Цитовича [21]

Проекція наведених сил на напрямок руху визначається через кути постановки ділянки.

Таким чином загальна схема досліджень на основі наведеної моделі виглядає наступним чином. Обирається аналог і розробляється його геометрична модель. Далі, модель розбивається на окремі нескінченно малі ділянки які можна розглядати як плоскі підпірні стінки. Загальна реакція ґрунту визначається шляхом інтегрування по поверхні робочого органу

В роботі А.М.Семенюти [17] поверхня робочого органу розглядається як сукупність нескінченно малих клинів, які в сумі дають ріжучий периметр і робочу поверхню. Перевага полягає в тому, що такі клини можна розглядати як плоскі з індивідуальними кутами постановки до напрямку руху і вертикалі. Складові тягового опору таких клинів розраховують аналогічні до [15], складові загального опору визначаються шляхом інтегрування.

В роботі В.І Ветохіна [6] побудова форми поперечного профілю робочої поверхні клина здійснюється як відображення деформації денної поверхні шару ґрунту

Деформування реальних ґрунтів в процесі обробітку клиновидним робочим органом супроводжується утворенням на робочій поверхні проміжного тіла з об'єму ущільненого ґрунту, яке, як посередник, передає навантаження до іншого об'єму шару ґрунту. Форма робочої поверхні, побудована по будь-якій з відомих методик, є вихідною і корегується в

процесі взаємодії із ґрунтом за рахунок обміну об'ємом між робочим органом та скибою ґрунту.

Відміна полягає в тому, що, при розрахунках за методиками [15,17], складову сил тертя треба визначати у відповідності до коефіцієнта внутрішнього, а не зовнішнього тертя.

Наведені методики мають один спільний недолік - модель ґрунтового середовища не має єдиного інтегрального показника механіко-технологічних властивостей, тому в критеріях подібності доводиться відмовлятися від окремих менш впливових.

Кафедрою тракторів і сільськогосподарських машин запропонована власна конструкція полиневого робочого органа. Основна відмінність полягає в наступному. Лемеш складається з лівопідрізаючої і правопвдрізаючої частин, що частково компенсує поперечну складову їх реакції різання. Друга відмінність полягає в використанні плоскої полиці. Математична модель у відповідності до розрахункової схеми (рис.1.7).

Рівняння моментів відносно точки кріплення стояка

$$W_{ВД} \cdot a_3 + P_{P2} \cdot a_2 - P_{P1} \cdot a_1 = 0 \quad (1.8)$$

Особливість методики полягає в тому, що вона працює з приведеними значеннями довжини леза, тобто опір на різання визначається шириною захвату ріжучого периметра, а не довжиною леза. Таким чином можна вважати, що величини приведених моментів залежать від плечей їх прикладання при постійних значеннях сил в межах проекції.

Для визначення тягового опору леза в роботі [5] запропонована узагальнена формула (ф-ла 201). Враховуючи особливості нашої конструкції цю залежність можна представити в виді

$$\begin{aligned}
W_{Pi} = C_{yд} \left[ b \cdot a + \frac{0,66 \cdot a^2 \cdot ctg \varphi^2}{\cos(\alpha_p + \varphi_2)} \right] + 4,9 \cdot b \cdot a^2 \cdot tg^2(45^0 - \frac{\varphi_2}{2}) \cdot \gamma \cdot \\
\cdot [\sin \varphi_2 + \cos(\alpha_p - \varphi_2) \cdot \cos \alpha_p \cdot tg \varphi_1] + 2 \cdot a^2 \cdot \{0,5 \cdot C_{yд} \cdot tg(\alpha_p + \varphi_2) \cdot \\
\cdot \frac{0,66 \cdot ctg \varphi_2}{\cos(\alpha_p + \varphi_2)} + 4,9 \cdot \delta_p \cdot tg^2(45^0 - \frac{\varphi_2}{2}) \cdot \sin \varphi_2 \cdot \gamma\} \cdot tg \varphi_1 + K'(z+x \cdot tg \varphi_1) \cdot b + \\
+ 9,81 \cdot b \cdot a \cdot \gamma \cdot \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2, \quad (1.9)
\end{aligned}$$

де  $a$  – глибина оранки;  $b$  – ширина захвату ділянки леза;  $\varphi_1$  – кут зовнішнього тертя,  $\varphi_2$  – кут внутрішнього тертя;  $\alpha_p$  – кут постановки леміша до дна борозни;  $\gamma$  – питома вага ґрунту;  $K'$  – межа несучої спроможності ґрунту;  $z, x$  – товщина леза;  $\theta$  – задній кут;  $V$  – швидкість.

Із розрахункової схеми

$$\begin{aligned}
b_2 = \frac{B \cdot tg \gamma_2}{tg \gamma_2 - tg \gamma_1}, \\
b_1 = B - b_2 \quad (1.10)
\end{aligned}$$

де  $B$  – ширина захвату знаряддя.

Таким чином, підставивши в формулі замість  $b$  значення  $b_1$  і  $b_2$  можна знайти відповідно  $W_{p1}$  і  $W_{p2}$ . Значення  $W_{вд}$  знаходимо у відповідності до методики [15]. Таким чином, діючі сили і точки їх прикладання можна аналітично визначити. Діючий на стояк обертаючий момент.

Величини діючих моментів залежать від положення стояка 4 (рис.1.7). Враховуючи наявність трьох плечей оптимум шукаємо методом перебору на ПЕОМ різних варіантів постановки стояка. Діючі сили зміною кута нахилу стояка, що автоматично змінює кути постановки леміша і полиці.

Як показали результати експериментальних досліджень, розроблена конструкція показує хороші результати при роботі на глибинах до 15 см.

Поперечна складова тягового опору практично відсутня, що дозволило відмовитись від польової дошки. Плоска полиця задовольняє показникам зсуву і обертання шару ґрунту в умовах заниженої його консолідації.

В роботі [17] також розглядається модель, в якій поверхня елементарного клина розглядається як підпірна стінка, рис.(1.18) реакція такої стінки у відповідності до рівняння Цитовича [21]

Для підпірної стінки DEFG

$$dP = dP_n + dP_{Tp} + dP_d ,$$

(1.11)

де  $P_n$  – підпорний тиск;  $P_{Tp}$  – сила тертя;  $P_d$  – динамічна складова сил тиску.

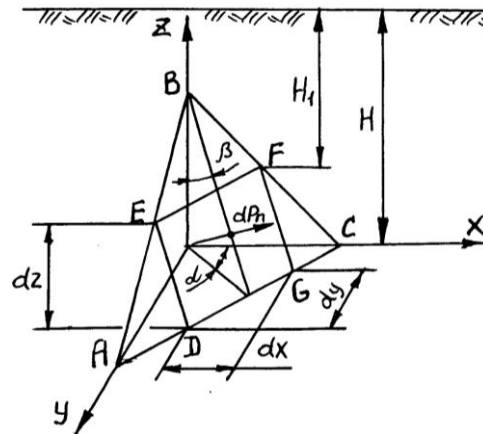


Рисунок 1.18. – Розрахункова схема елементарної ділянки

В результаті виконаних аналітичних досліджень отримане рівняння проєкції на напрямок руху всіх діючих сил

$$dP = \gamma \cdot \left\{ \frac{H}{\cos \alpha} \cdot \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2} \right) + \operatorname{tg} \beta \right]^2 \cdot \cos \beta + \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2 \right\} \cdot$$

$$\cdot (\cos \alpha \cdot \cos \beta + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi_1) \cdot dy \cdot dz$$

(1.12)

Загальна реакція всього робочого органу може бути отримана шляхом інтегрування по поверхні рівняння (1.12).

## **Висновки**

Як показує огляд літературних джерел, органічне землеробство не передбачає щорічний полицевий обробіток ґрунту, але такий обробіток бажаний раз в 3-4 роки, для запобігання диференціації орного шару за родючістю. Огляд конструкцій плугів показує, що їх працездатність в умовах заниженої консолідації ґрунту буде недостатньою для дотримання агровимог на технологічний процес. На наш погляд необхідно підвищити підрізаючу спроможність лемеша до рівня при якому його працездатність буде зберігатись в умовах безпідпільного різання. Найбільш раціональним конструктивним рішенням на наш погляд є розробка конструкції з застосування методів біоніки, а саме на основі аналізу будови тіла біологічного аналогу – чорноморського скату хвостокору.

Розглянуті в розділі основні найбільш відомі математичні моделі взаємодії робочого органу з ґрунтом дозволяють прийняти їх за основу при адаптації запропонованої нами конструкції до роботи в реальних умовах ґрунтового середовища.

## **2. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

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

#### **2.1.1. Обґрунтування конструктивної схеми лемеша**

Функціонально лемеш повинен підрізати шар ґрунту і передати його на полицю для подальшого позпушення і транспортування. Виходячи з необхідності роботи в умовах слабо консолідованого ґрунту, лемеш повинен мати підвищену підрізаючу спроможність. В роботах [4,8,12 ] доведена принципова можливість застосування методів біоніки для розробки ґрунтообробних знарядь з покращеними можливостями кришення і підрізання ґрунту. Приймаємо за основу основні методичні положення цих досліджень. Перш за все визначаємось з технічним прототипом – це лемеш, раніше розроблений ДДАЕУ (Рис.1.7) [19]. Основні, найбільш перспективні біологічні аналоги представлені на (рис.2.1). Аналіз показує, що за формою тіла їх можна поділити на такі, що можуть лягти в основу долотоподібних робочих органів, бо їх форма має елементи ідентифікації з долотом і такі що мають інтенсифікувати процес різання – відповідно їх форма має елементи ідентифікації з стрільчастою лапою.

В нашому варіанті додаткове кришення не потрібне, тому зупинимось на біологічних аналогах підвищеної підрізаючої спроможності. За принципом взаємодії з навколишнім середовищем їх можна поділити на дві групи : такі, що виконують різання в вертикальній площині (карась, вомер) і такі, що в горизонтальній (більшість морських скатів, камбала, калкан).В процесі прийняття рішення по біологічному аналогу треба мати на увазі, що профіль ріжучого периметра багато в чому визначається товщиною тіла тварини і цей показник необхідно враховувати при складанні критеріального рівняння.



Аналоги розпушуючого типу



**а**

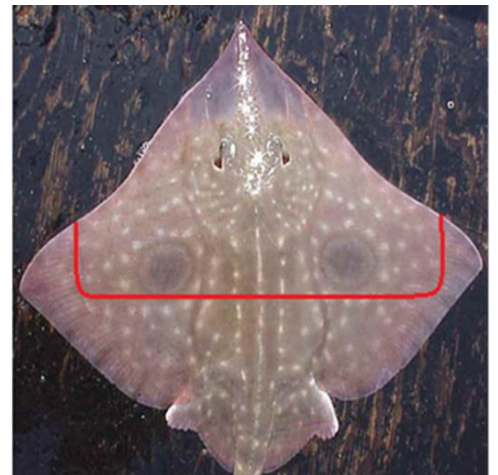
Аналоги підрізаючого типу



**б**



**в**



**г**

Рисунок 2.2 – Досліджені в ДДАЕУ біологічні аналоги ґрунтообробних знарядь

**а** – скат-хвостокол; **б** – каліфорнійський морський скат; **в**-риба-молот ;  
**г**- чорноморський морський скат

За результатами візуального аналізу елементів ідентифікації в якості біологічного аналогу приймаємо тіло чорноморського скату хвостоколу (рис.2.3.) . Для скорочення етапів роботи, геометричну модель будуємо одразу з урахуванням критеріїв подібності. Послідовність роботи наступна.

Приймаємо ширину лобової частини тварини за базовий конструктивний параметр. Тоді базовий критерій подібності прийме вид

$$K_{\text{ГБ}} = B/L.$$

де  $B$  – ширина лобової частини,  $L$  – загальна довжина лобової частини тіла.



Рисунок 2.4 – Загальний вид тіла біологічного аналогу

Для отримання поточних критеріїв подібності загальну довжину лобової частини (рис. 2.4). розіб'ємо на 6 рівних частин. Для кожного перетину знаходимо співвідношення ширини тіла і ширини лобової частини. При побудові загальної геометричної моделі заміряні значення на натурному зразку тварини беремо як додаток заміряного на поточний критерій подібності. В результаті дій за даною схемою нами отримана геометрична модель робочого органу з урахуванням критерія подібності (рис. 2.5).

Для подальшої роботи нам потрібне рівняння профілю ріжучого периметра. Для його отримання проводимо апроксимацію отриманого чисельного масиву як функції однієї змінної [1] в результаті нами отримане наступне рівняння регресії.

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

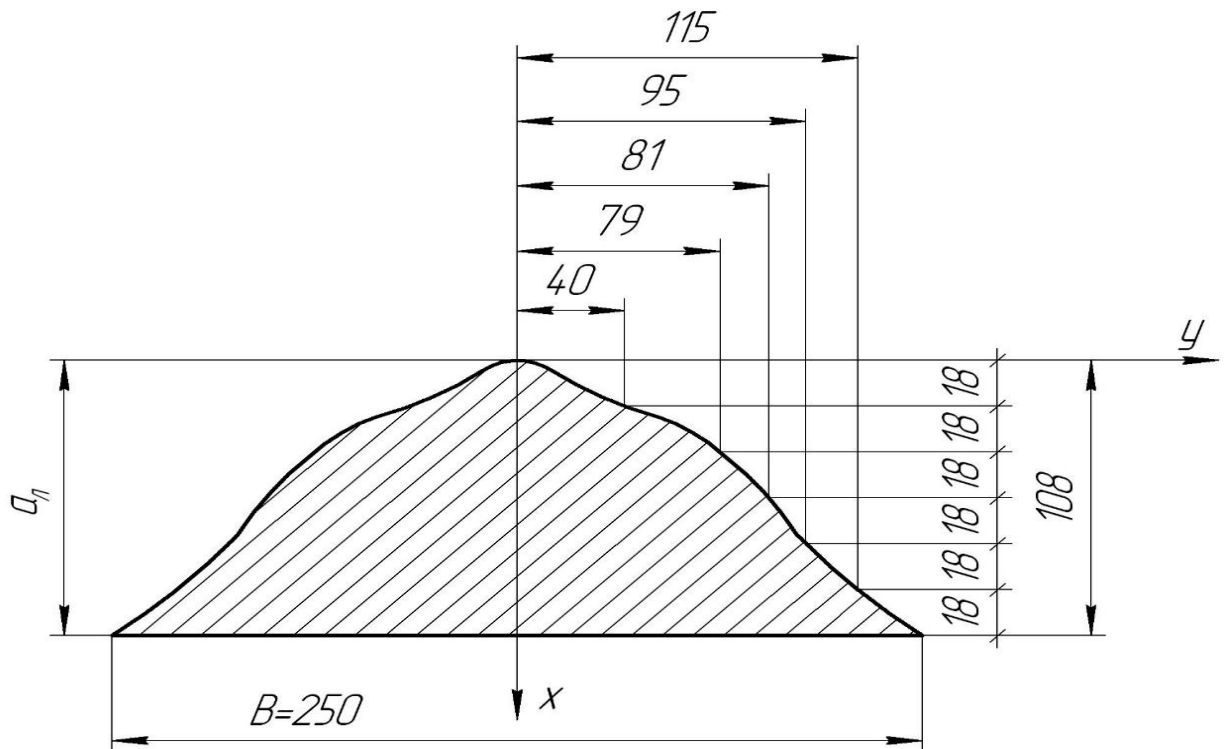


Рисунок 2.5 – Геометрична модель лобової частини біологічного аналогу

### 2.2.1 Аналіз режиму різання

Лезо повинно забезпечити різання з ковзанням. Проаналізуємо залежність коефіцієнту ковзання від положення точки на профілі леза.

Розглянемо схему діючих сил в довільно взятій точці  $m$  на профілі.

$\beta$  – кут між напрямком руху ділянки леза і нормаллю до його профілю [28]

Варіанти режимів різання:

$\beta = 0$  – рубляче різання

$\beta \leq \varphi$  – різання з повздовжнім переміщенням

$\beta \geq \varphi$  – різання з ковзанням

Рівняння нормалі до кривої в загальному виді

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

де  $X_0$ ;  $Y_0$  – координати довільно взятої точки на кривій ( позначення у відповідності до першоджерела

Після математичних перетворень стосовно отриманого нами рівняння (2.2), залежність прийме

$$Y - Y_m = \frac{-(X - X_m)}{56,480,2642 \cdot X_m^{-0,7358}} \quad (2,3)$$

де  $X_m$ ;  $Y_m$  – координати довільно взятої точки на кривій

Виконані за допомогою онлайн-калькулятора розрахунки показують, що кут нахилу нормалі до осі  $X$  знаходиться в діапазоні  $52^\circ \leq \beta \leq 55^\circ$ , що гарантовано більше кута тертя ґрунту по сталі. Таким чином, на ґрунтах базового господарства умова різання з ковзанням виконується.

## 2.2. Прогнозований тяговий опір

За основу математичної моделі приймаємо аналітичну модель взаємодії з ґрунтом ріжучого периметра довільної геометричної форми А.М. Панченко [15]

Тяговий опір буде мати наступні складові

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

де  $W_P$  – опір на підрізання шару ґрунту.

$W_T$  – тяговий опір, обумовлений тиском підрізаного шару ґрунту на робочі поверхні;

$W_{TP}$  – сили тертя підрізаного шару о поверхні робочого органу.

Враховуючи рекомендації [15], робимо наступні припущення :

### Прийняті спрощення і припущення:

- 1 – Глибина підрізання шару мала і ґрунт має занижену консолідацію, тому силу, що витрачається на розповсюдження ліній зколу, тобто на самий зкол не враховуємо, бо він практично відсутній.
2. Вертикальна складова тиску ґрунту ототожнюється з вагою шару ґрунту, який знаходиться на робочій поверхні.
3. Сила тертя має дві складові: по поверхні лемеша і по поверхні полиці. Враховувати їх потрібно окремо.
4. Кут постановки лемеша до дна борозни приймаємо постійним вздовж всього ріжучого периметру.
5. Складові сили різання від затуплення леза не враховуємо, бо в умовах заниженої консолідації ґрунту вони значно менші за загальну силу різання
6. Розрахунки виконуємо для квазистатичного режиму з наступним корегуванням у відповідності до теорії Ветрова [5].

У відповідності до рекомендацій [10-30-31], нами прийнята плоска полиця з кутом постановки до дна борозни  $135^\circ$ .

### Тяговий опір підрізання шару ґрунту.

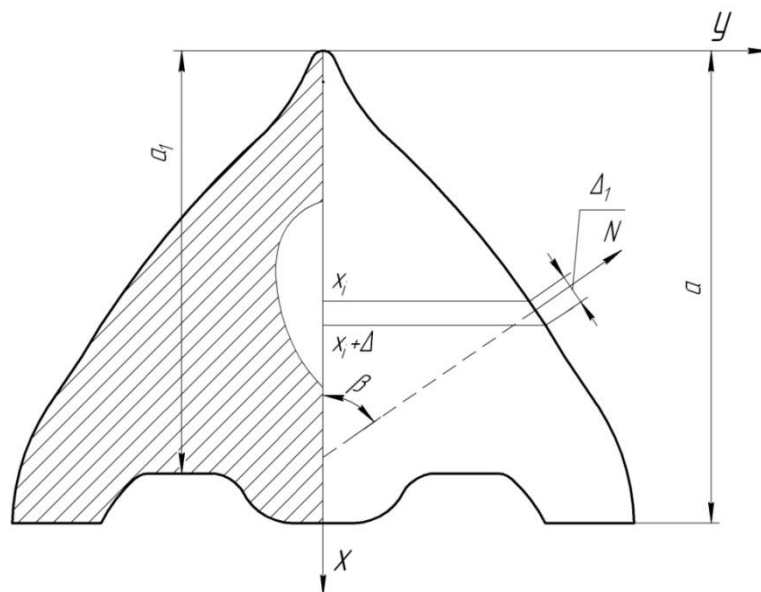


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема до визначення прогнозованого тягового опору на підрізання шару ґрунту.

Підрізання шару ґрунту буде відбуватись за умови що нормальний тиск леза утворює силу зминання, яка перевищує межу його міцності на зминання.. Але лезо не є прямолінійним і до того ж має змінну кривизну. Для розв'язання цієї проблеми переходимо до нескінченно малих ділянок на ріжучому периметрі (рис.2.6). На осі X в межах довжини лапи  $a$  обираємо довільну точку  $x_i$  і знаходимо відповідну точку на профілі леза  $Y_{(x)}$ . Абсцисі  $x_i$  даємо нескінченно малий приріст  $\Delta$ . Відповідні значення  $Y_{(x)}$  і  $Y_{(x+\Delta)}$  обмежують на ріжучому периметрі нескінченно малу ділянку  $\Delta_1$ , довжина якої становить

$$L = \int_x^{x+\Delta} \sqrt{1 + (y')^2} \cdot dx \quad (2.12)$$

Нормальна складова реакції цієї ділянки

$$N = K'_\tau \cdot L \cdot \delta, \quad (2.13)$$

де  $L$  – довжина леза,  $\delta$  – товщина ріжучої кромки,  $K'$  - межа несучої спроможності ґрунту.

$$N_\Sigma = K'_\tau \cdot \sum_{x=0}^{x=a} \int_x^{x+\Delta} \sqrt{1 + (y')^2} \cdot dx \quad (2.14)$$

Проекція нормальної реакції на напрямок руху

$$W_{\text{л}} = N_{\Sigma\tau} \cdot \cos\beta \quad (2.15)$$

*Сили тертя о поверхню лемеша*

Площа поверхні крила (рис.2.6), заштрихована частина

$$S = \int_{x=0}^{x=a} f_x \cdot dx = \int_{x=0}^{x=a} 0,969 \cdot x^{0,955} \cdot dx \quad (2.16)$$

Сила тиску підрізаного шару ґрунту

$$P_{ГР} = \gamma_{\tau} S_{\tau} h,$$

де  $\gamma$  – питома вага ґрунту;

$h$  – товщина підрізаного шару.

Сила тиску спрямована перпендикулярно до напрямку руху і тому на тяговий опір не впливає

Сила тертя  $W_{ГР} = P_{ГР} \tau \operatorname{tg}\varphi_1,$

Де  $\varphi_1$  – кут тертя ґрунту по сталі.

$$W_{ГР(Л)} = 0,969 \tau \gamma_{\tau} h_{\tau} \operatorname{tg}\varphi_{1\tau} \int_{x=0}^{x=a} x^{0,955} dx \quad (2.17)$$

*Сили тертя о поверхню полиці*

Сили тертя утворює переміщення шару ґрунту вздовж полиці полиця плоска, переміщення ґрунту відбувається паралельно дну борозни за аналогією з [15] з урахуванням постановки полиці під кутом  $135^{\circ}$  до дна борозни

$$W_{ГР(П)} = P_{ГР} \tau \operatorname{tg}\varphi_{1\tau} \cos(135-90) = P_{ГР} \tau \operatorname{tg}\varphi_{1\tau} \cos 45$$

Таким чином, загальний тяговий опір сил тертя

$$0,969 \tau \gamma_{\tau} h_{\tau} \operatorname{tg}\varphi_{1\tau} \int_{x=0}^{x=a} x^{0,955} dx + \gamma_{\tau} S_{\tau} h_{\tau} \operatorname{tg}\varphi_{1\tau} \cos 45 \quad (2.18)$$

## Висновки

1. Підвищити підрізаючу спроможність лемеша до рівня при якому його працездатність буде зберігатись в умовах безпідпiрного рiзання раціонально виконати з застосуванням методів біоніки, а саме на основі

аналізу будови тіла біологічного аналогу – чорноморського скату-хвостокору.

2. В роботі виконані аналітичні дослідження взаємодії з ґрутовим середовищем запропонованої конструкції лемеша. Особливість моделі полягає в урахуванні непрямолінійності робочої кромки ріжучого периметру леза. Аналіз на основі математичної моделі показує на хорошу працездатність розробленої конструкції.



### 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

За основу при проведенні досліджень був прийнятий серійний робочий орган [10,30] виробництва ДП «ГУляйпільський механічний завод» ПАТ «Мотор-Січ». Особливість конструкції полягає в формі лемеша, який складається з двох частин: з позитивним і негативним кутом постановки до стінки борозни. Також машина обладнана плоскою полицею, що практично зводить до мінімуму процес обертання шару ґрунту. Конструкція виявилась вдалою, але для умов органічного землеробства потребувала модернізації лемеша, що нами і було зроблено. На рис.3.1. представлена конструктивна схема удосконалення де заштрихована частина відповідає лемешу серійної машини.

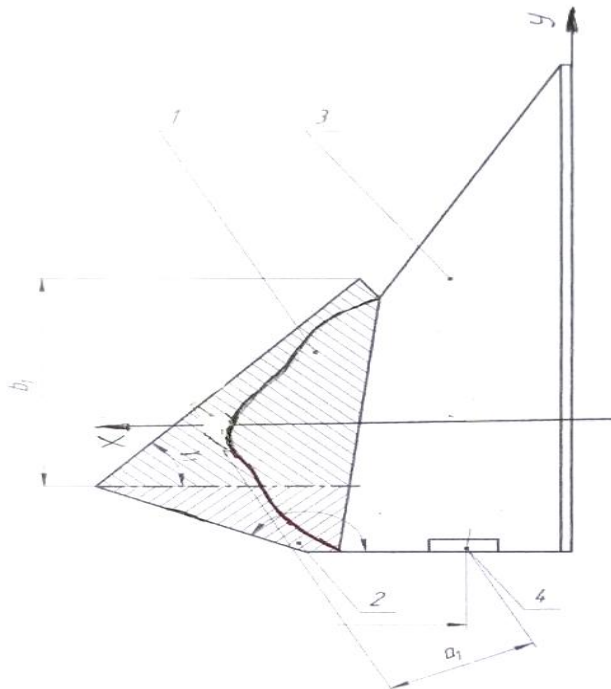


Рисунок 3.1 – Конструктивна схема робочого органу : 1 – модернізований лемеш; 2 – лемеш старого зразка; 3 – плоска полиця.

### **3.1. Програма досліджень**

Внесені в робочий орган конструктивні зміни мають за мету покращити перш за все обтічність ріжучого периметра, що повинно зменшити тяговий опір знаряддя, бо сили рязання і сколу призми ґрунту становлять до 80% загального тягового опору [15,17]. Не менш важливим є те, що робочий орган повинен більш стало виконувати технологічний процес за рахунок покращення режиму рязання при зменшенні режиму підпору з боку оброблюваного середовища. Ці два фактори визначають програму експериментальних досліджень.

Програмою передбачено :

В ґрунтових умовах, що характерні для ведення органічного землеробства :

- перевірити розроблену конструкцію на працездатність;
- дослідити в умовах рядової експлуатації залежність якості виконання технологічного процесу від конструктивних параметрів конструкції;
- перевірити конструкцію на технічну і технологічну надійність.
- підтвердити адекватність розробленої аналітичної моделі.

### **3.2. Приватні методики проведення досліджень**

#### **3.2.1. Визначення механіко-технологічних властивостей ґрунту перед проведенням досліджень.**

Визначення механіко-технологічних властивостей ґрунту необхідно виконувати при вологості, що відповідає стиглій почві. Рівень стиглості контролювали за допомогою універсального прибору (рис.3.2.).



Рисунок 3.2 – Визначення пенетрометром стиглості ґрунту за вологістю.

*Твердість ґрунту.* Визначали твердоміром В.П. Горячкіна у відповідності до методики [32]. *Питоме зчеплення часток ґрунту.* Визначали за кількістю ударів твердоміра ДорНДІ за методикою [32]. *Межа несучої спроможності ґрунту.* Визначали аналогічно за кількістю ударів твердоміра ДорНДІ. *Кут внутрішнього тертя консолидованого ґрунту.* Визначали зсувним приладом за методикою [32].

*Кут внутрішнього тертя розпушеного ґрунту.* Відома методика [32] визначення кута внутрішнього тертя сипких матеріалів. Методика передбачає за допомогою найпростішого устаткування (рис 3.3,а) визначити кут відхилу, при якому припиняється осипання горки з сипкого матеріалу, що і є кутом внутрішнього тертя. Будемо розглядати розпушений ґрунт як сипкий грубо дисперсний матеріал. Методично поступимо за аналогією, тобто визначимо кут припинення осипання. Принцип визначення пояснюється схемою (рис.3.3,б).

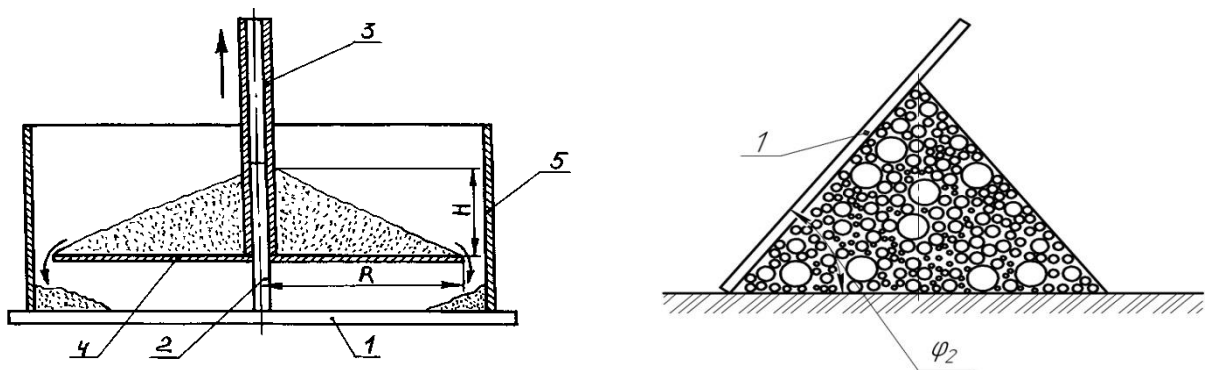
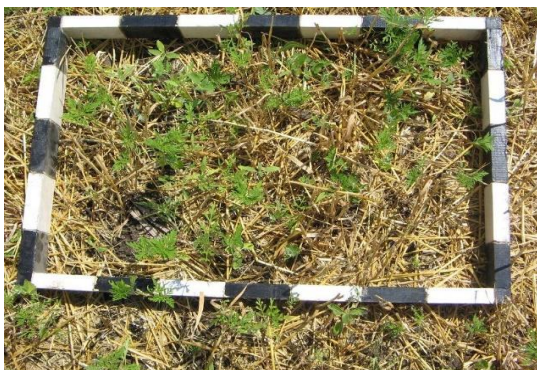


Рисунок 3,3- принципіві схеми до визначення кута внутрішнього тертя сипких матеріалів *a*- мілкодисперсний матеріал, *b*- комковатий (грубодисперсний) матеріал.

### 3.2.2 Показники агрофону обраної ділянки до початку досліджень агрегату

Основний показник- *питома кількість рослин на 1 см<sup>2</sup>*. Визначали шляхом накладання на поверхню поля рамки На відміну від загальнопризнаних методик, питому кількість рослин визначали не поштучно, а за ваговим принципом.

В межах рамки знімався шар ґрунту 5-8 см. Знятий ґрунт просіювався на решеті (рис.3.4). Не просіяні рослинні рештки збирались, зважувались і визначалась *питома вага* в розрахунку на 1 см<sup>2</sup>. Методика свого часу була запропонована і відпрацьована в ДДАЕУ [17].



*a*



*б*

Рис. 3.4 – Визначення питомої кількості рослинних решток  $г/см^2$  *a* – накладання обмежуючої рамки; *b* – просіювання знятої проби на решеті  $d = 10$  мм.

### 3.2.3. Оцінка якості обробітку ґрунту

*Основний показник – коефіцієнт структурності*[14]. Визначався за спрощеною методикою як відношення маси ґрунтових агрегатів, просіяних через решето з діаметром отворів 10 мм до маси всієї взятої проби.

*Допоміжний показник глибистість поверхні*. Визначався як відношення площі поверхні вкритої грудками з приведеним діаметром більше за 100 мм до загальної площі виділеної ділянки. Практично визначався наступним чином : в межах накладеної на оброблену поверхню рамки 1,0x1.0 м. збирались крупні грудки і зважували кожен грудку окремо. Далі, визначали об'єм кожної грудки. Як відношення маси до питомої ваги. Наступним етапом визначали приведений радіус і площу. Площа окремих грудок підсумовувалась і знаходилась глибистість. *Коефіцієнт різноподрібнення структурованих агрегатів*. Визначався шляхом просіювання взятих проб ґрунту за методикою [15].

*Гребнистість поверхні* Аналізом літературних джерел встановлено, що більшість авторів схильні до методики визначення цього показника через середнє заміряне значення висоти гребенів над рівнем денної поверхності ґрунту. Сам показник визначається як процентне відношення усередненої максимальної висоти гребеня до середнього значення його висоти. Показник носить більш суб'єктивний ніж об'єктивний характер. Нами пропонується свій показник оцінки гребнистості поверхні, який полягає в наступному.

На поверхню ґрунту поперек борозни укладається мотузка, який повторює профіль поверхні. Довжину мотузка заміряємо і ділимо на реальну відстань між точками заміру (рис.3.4).

$$K_{ГР} = \frac{L_M}{L}$$

де  $L_M$  – заміряна довжина мотузка;

$L$  – відстань по нрямій між крайніми точками заміру. Показник хоча і не вказує на абсолютну висоту гребенів, проте добре характеризує нерівномірність поверхні.

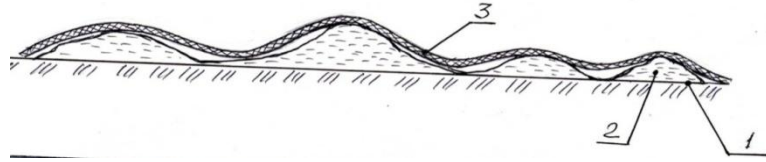


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема до методики визначення гребнистості поверхні : 1 – рівень денної поверхні; 2 – гребінь; 3 - мотузок

### **Висновки**

Основні запропоновані методики розроблені на підставі загально відомих [14,15], які добре відпрацьовані і сумнівів в адекватності не викликають. Кількість контрольованих показників, як показали проведені досліди достатня для оцінки відповідності виконуваного агрегатом технологічного процесу агротехнічним вимогам. Нами запропоновано внести до переліку контрольованих параметрів коефіцієнт різноподрібнення структурованих агрегатів [15] і змінена методика оцінки гребнистості.

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 4.1. Умови проведення польових експериментів

Враховуючи малу ширину захвату і роботу у складі з мотоблоком, основні експерименти проводились на ділянці площею 1,12 га ТОВ «Альфа-Агро» Петриківського району Дніпропетровської області.

Ґрунт – чорнозем звичайний середньосуглинистий;

Агрофон – стерня зернових культур (пшениця);

Ухил поверхні – до 2-3 градусів;

Рел'єф – рівний, однорідний, сторонні включення відсутні.

Агрофон – стерня зернових культур

Таблиця 4.1. – 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

### 4.2. Загальні результати досліджень

Машина стало виконує технологічний процес. Відмов по технічним причинам не відмічено. Агрегат в керуванні легкий. Візуальним оглядом: якість кришення задовільна (рис.4.1.). Рискання відсутнє.



Рисунок 4.1 – Типова поверхня поля після проходження агрегату



Рисунок 4.2 – Робочий момент досліджень

В табл. 4.2 наведені основні показники виконання технологічного процесу, в табл. 4.3 окремо наведений показник різноподрібнення структурованих агрегатів, який запропонований А.М.Панченко [15], але поширення не отримав. В той же час, на наш погляд цей показник може бути корисним саме для оцінки якості кришення, наряду з коефіцієнтом структурності як допоміжний.



Таблиця 4.2 Заміряні показники виконання технологічного процесу

№	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

У зв'язку з обмеженості у в часі на оренду агрегату і трактора, експерименти були виконані при одній швидкості, при якій суто візуально агрегат показував кращі показники виконання оранки.

Таблиця 4.3 – Залежність коефіцієнту різноподрібнення структурованих агрегатів від поступової швидкості агрегату

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

На підставі отриманого масиву даних, за допомогою онлайн-калькулятора <https://planetcalc.ru/5992/> побудований ряд рівнянь регресії, які

описують залежність. З отриманих рівнянь нами наведені ті, які мають найвищі коефіцієнти кореляції і детермінації

Лінійна регресія  $y=7.3330x+59.3269$

Квадратична регресія  $y=0.6259x^2+3.0038x+66.2570$

Кубічна регресія  $y=0.8627x^3-8.2370x^2+32.1064x+35.8907$

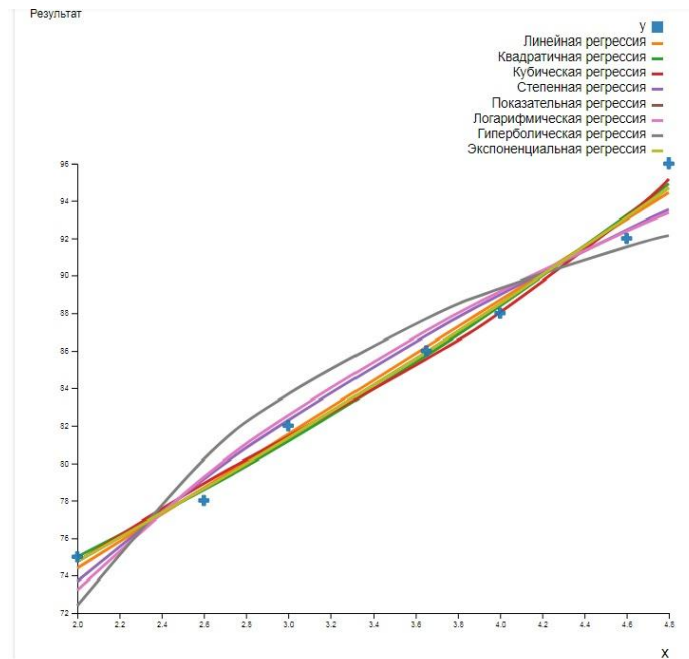


Рисунок 4.3 – Графічний аналіз отриманих рівнянь регресії

### 4.3. Тяговий опір розробленого робочого органу.

Тяговий опір замірявся з використанням тензOMETричного візка [17,17,a] за методикою [17]. Результати досліджень представлені в табл.4.4. У зв'язку з обмеженням доступу до установки показник досліджувався тільки при двох значеннях робочої швидкості.

Таблиця 4.4. – Заміряні значення тягового опору, кН

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

Аналітична модель не передбачає визначення залежності тягового опору від швидкості поступового руху.

Проведено також розрахунок збільшення показників продуктивності агрегату. Вони приведені нижче:

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

де  $B_p$  - робоча ширина захвату плуга, м;

$V_p$  - робоча швидкість, км/год;

$T_{зм}$  - час зміни, год.

На плугові-букері встановлено нову полицю з шириною захвату 0,25 м.

Базова модель рухалась зі швидкістю 7,2 км/год, а проектна – 12,6 км/год.

Підставляємо дані:

$$W_{год}^b = 0,1 \cdot 1,25 \cdot 12,6 \cdot 0,8 = 1,262a / год$$

$$W_{зм}^n = 0,1 \cdot 1,25 \cdot 7,2 \cdot 0,8 = 0,722a / год$$

Отже після удосконалення машини змінна продуктивність збільшилася у порівнянні з базовим плугом.

## Висновки

1. Проведена модернізація робочого органу покращила всі основні показники виконання технологічного процесу. Так, головний оціночний

показник коефіцієнт структурності підвищився з 0,55 до 0,82. Коефіцієнт різноподрібнення структурованих агрегатів знаходиться в діапазоні 0,74 – 0,95, що є практично не досяжним для звичайного полиневого плуга.

2. Використання методів біоніки при обґрунтуванні профілю ріжучого периметра лемеша себе виправдовує, про що свідчить зниження тягового опору до 25% у порівнянні з серійним плугом, прийнятим за прототип.

3. Експериментальними дослідженнями в основному підтверджена адекватність розробленої математичної моделі взаємодії робочого органу з ґрунтом, збіжність розрахункових і отриманих експериментально значень тягового опору становить до 80%.

## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1. Організація охорони праці в господарстві**

У фермерському господарстві «Альфа-Агро» за охорону праці відповідає голова ФГ, він своїм наказом покладає відповідальність за стан охорони праці в структурних підрозділах.

Згідно з вимогами Закону України «Про охорону праці» (стаття 21) фінансування заходів з охорони праці здійснюється керівником. Працівник не несе ніяких витрат на заходи щодо охорони праці [9, с. 134].

Проведення комплексу організаційних і профілактичних заходів, безпосереднє керівництво, а також контроль за виконанням робіт здійснює інженер з охорони праці.

На виробничих ділянках відповідальними є керівники виробничих ділянок.

Інженерно-технічні працівники та інші фахівці проводять інструктаж з охорони праці з усіма працівниками, незалежно від кваліфікації і стажу робітників. Інструктаж проводиться у всіх бригадах незалежно від ступеня небезпеки виробничих процесів.

До роботи з обладнанням, яке використовується на підприємстві допускають осіб, які вивчили інструкцію, знають правила безпеки і гігієни праці.

Категорично забороняється працювати з несправним обладнанням та за відсутності огорожень, регулювати, змащувати, очищати обладнання при працюючих механізмах. Виконуючи регулювальні і ремонтні роботи, відключають загальний рубильник на силовому щиті і чіпляють плакат " Не вмикати - працюють люди ".

Миючі та дезінфікуючі речовини мають сертифікат із зазначенням способу застосування, їх зберігають в закритій тарі на складі. Обслуговуючий персонал повинен мати допуск для роботи з миючими та

дезінфікуючими речовинами і спецодяг. Не допускається застосовувати розчини без належного сертифіката і вказівок за способом застосування, залучати для їх приготування осіб, які не мають допуску та медичного дозволу.

Приміщення для ремонту техніки, а також територію навколо них необхідно утримувати в чистоті і порядку. Особливу увагу слід приділяти в зимовий час на очищенню від снігу шляхів евакуації людей і транспорту. До всіх будівель повинен бути вільний доступ. Не можна добудовувати до існуючих будівель різні прибудови, навіси. Ворота і двері на шляхах евакуації повинні відкриватися тільки назовні.

Найважливіша умова забезпечення пожежної безпеки - правильне використання ПММ в залежності від середовища, в якому вони повинні експлуатуватися. Відповідальність за протипожежну безпеку в майстернях покладено на керівника підприємства і начальників цехів.

Охорона праці забезпечує соціальну захищеність робочих на виробництві. Завдання служби охорони праці полягає в тому, щоб забезпечити надійний захист працюючих від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Організаційні питання з охорони праці визначаються законами, законодавчими актами і нормативно-технічною документацією. Крім технічної документації, працівники інженерно-технічної служби та спеціалізованих ланок щорічно проходять навчання з охорони праці з подальшою перевіркою знань спеціальною комісією. При проведенні курсового навчання з охорони праці використовують інструкції, плакати та інші наочні посібники, а також показують правила і прийоми окремих операцій по використанню техніки і технічного обслуговування машин.

## **5.2. Стан охорони праці в господарстві**

На підприємстві ФГ «Альфа-Агро» в процесі аналізу були виявлені наступні недоліки: відсутність сигнальних кольорів та знаків безпеки;

відсутність сучасного оснащення санітарно-побутових приміщень; немає куточків з охорони праці на ділянках та місцях для відпочинку працівників господарства; не обладнані оздоровчі кімнати та кімнати харчування; недостатня організація кабінетів, кутків, пересувних лабораторій, виставок з охорони праці; не має обов'язкового медичного обстеження працюючих; недостатнє забезпечення пільгами.

Однак в господарстві розроблено вимоги охорони праці при роботі з тракторами, які повинні знати і виконувати всі працівники, працюючі з даним видом техніки. Дані вимоги приведено нижче.

*Загальні вимоги охорони праці при роботі на тракторі*

- 1) До самостійної роботи з допускаються особи, які знають його будову, правила та інструкції з безпеки його експлуатації, які засвоїли правильне проведення технологічного процесу, викладене в технологічних інструкціях з експлуатації трактора, що оволоділи практичними навичками безпечного проведення робіт, що пройшли інструктаж на робочому місці, перевірку знань і навичок.
- 2) Робітник зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, яку йому доручено бригадиром відповідно до виробничої інструкції.
- 3) Перед початком роботи робітник повинен одягнути необхідний для даного виду робіт спецодяг, спецвзуття, головний убір і за необхідності, захисні пристосування, перевірити справність обладнання і допоміжних пристосувань і підготувати відповідне робоче місце.
- 4) Робочий зобов'язаний тримати в чистоти і порядку своє робоче місце. Забороняється загороджувати пожежний інвентар і застосовувати не за призначенням пожежні вогнегасники, хлопавки і т. ін.
- 5) Працювати на обладнанні з несправними або знятими захисними щитками рухомих частин забороняється.
- 6) Про всі помічені до початку роботи несправності техніки працівник зобов'язаний негайно повідомити начальству.

7) Робітник повинен знати способи і прийоми надання першої допомоги потерпілому та негайно повідомити про нещасний випадок, якщо такий стався, начальнику або бригадиру.

8) Особи, які припускаються порушення вимог інструкцій з охорони праці, притягуються до відповідальності в адміністративно або судовому порядку, залежно від характеру порушення.

*Охорона праці перед початком роботи на тракторі*

1) Перед початком руху агрегату переконатися у відсутності людей в безпосередній близькості від агрегату.

2) Перевірити наявність захисних кожухів на деталях і вузлах, які обертаються.

3) Перевірити рівень масла в двигуні і гідравлічній системі трактора, рівень води в радіаторі.

4) Перевірити натяг ременів і ланцюгів.

*Охорона праці під час роботи на тракторі*

1) Заборонено керувати трактором або обслуговувати його в стані алкогольного сп'яніння.

2) Необхідно користуватися тільки справним інструментом при виконанні операцій технічного обслуговування. Молоток з розщепленою головкою, зубило з пошкодженою головкою та інші подібні несправні інструменти повинні бути вибракуваними.

3) Потрібно працювати в добре заправленому, одязі (комбінезоні) і користуватися пилозахисними окулярами.

4) Слід зберігати запасний ніж в дерев'яному чохлі на стані бригади.

5) Укомплектувати трактор набором справного інструменту і пристосувань відповідно до заводської інструкції.

6) На тракторі повинна бути аптечка.

7) Необхідно щодня заповнювати свіжою водою питний бак (термос).

8) Потрібно попередньо перевірити і підготувати поле, намічене для збирання.



- 9) Потрібно попередньо до початку руху трактора з місця, переконатися в тому, що гальмо стоянки вимкнене, при цьому індикатор на щитку приладів не горить.
- 10) Необхідно, час від часу, перевіряти затяжку шківів двигуна, який передає рух на ходову частину.
- 11) Можна проводити всі види регулювань і технічного обслуговування тільки після повної зупинки машини і вимикання двигуна.
- 12) Забороняється виконувати будь-які операції під трактором на схилах, якщо під його колеса не поставлені упори.
- 13) Не можна повертати робочі органи трактора при ввімкненому зчепленні. Під час руху не можна випускати з рук рульове колесо.
- 14) Не можна знаходитися попереду ріжучого апарату і позаду розкидача під час роботи трактора. Не можна відкручувати штуцери гідросистеми при працюючому двигуні.
- 15) Не можна працювати зі знятими кожухами шківів, зірочок, ланцюгів і ременів.
- 16) Потрібно зійти з комбайна при роботі у відкритому полі під час грози і відійти від нього на відстань не менше 15 м.

#### *Охорона праці після закінчення роботи на тракторі*

- 1) Очистити трактор та робочі органи машини від бур'яну та бруду.
- 2) Очистити від пилу повітряний фільтр ДВЗ та фільтр повітря, що надходить в кабіну.
- 3) Поставити трактор на місце стоянки, встановити ручне гальмо.
- 4) Після закінчення роботи зняти спецодяг, вмити лице і руки теплою водою з милом або прийняти душ.

### **5.3. Заходи щодо поліпшення стану охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях**

Фермерське господарство «Альфа-Агро» займається вирощуванням сільськогосподарських культур, використовуючи наявний рухомий склад. Також в господарстві виконується ремонт і обслуговування техніки.

Зі стихійних лих, які можна спостерігати на території розташування підприємства, можуть мати місце: пожежі, урагани, сильні морози.

Від швидкості ліквідації та попередження наслідків надзвичайних ситуацій можуть залежати не тільки виробничо-матеріальні аспекти, але і здоров'я працюючого персоналу. Тому підприємство працює відповідно до програми Державної системи попередження надзвичайних ситуацій, яка включає в себе:

- 1) забезпечення надійного контролю за станом потенційно небезпечних об'єктів;
- 2) створення резервних матеріально-технічних засобів, медичних засобів та інших матеріалів;
- 3) забезпечення високої готовності органів управління, сил і засобів до дій за надзвичайних ситуацій;
- 4) проведення аварійно-відновлювальних та інших робіт по ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Велика увага на підприємстві приділяється заходам протипожежної безпеки. Відповідно до ДСТУ 12.1.004-76 ССБТ пожежна безпека забезпечується системою запобігання пожеж і організаційними заходами. Цехи обладнані протипожежними щитами. Відстань між корпусами відповідає протипожежним вимогам.

*Розрахунок витрати води на зовнішнє пожежогасіння*

Розрахунок витрати води на зовнішнє пожежогасіння  $Q$  трактора

$$Q = q_{\text{зовн}} \cdot t_{\text{розр}} \cdot n \frac{3600}{1000} = 5 \cdot 3 \cdot 1 \frac{3600}{1000} = 54 \text{ м}^3. \quad (5.1)$$

де  $q_{\text{зовн}}$  – розрахункова витрата води за нормами, л/с (для комбайна  $q_{\text{зовн}} = 5$ );

$t_{розр}$  – розрахунковий час пожежогасіння, що

дорівнює 3 год;

$n$  – розрахункова кількість одночасних пожеж, що дорівнює 3.

Об'єм недоторканого протипожежного запасу води  $Q_{н.п.з.}$  в системі водопроводу при площі території підприємства менше 150 га, коли розрахункова кількість одночасних пожеж  $n = 1$ , визначається за формулою

$$\begin{aligned} Q_{н.п.з.} &= (q_{зп} + q_{вп}) \cdot 3 \frac{3600}{1000} + q_{спр} \cdot 3 \frac{3600}{1000} + (q_{госп.пит} + q_{вир}) \cdot 3 \frac{3600}{1000} = \\ &= (5 + 5) \cdot 3 \frac{3600}{1000} + 40 \cdot 3 \frac{3600}{1000} + (375 + 4) = 1905 м^3 \end{aligned} \quad (5.2)$$

де  $q_{зп}$  – розрахункова витрата води на зовнішнє пожежогасіння за нормами, л/с;

$q_{вп}$  – розрахункова витрата води на внутрішнє пожежогасіння за нормами, л/с: для виробничих будівель – 5 л/с;

$q_{спр}$  – розрахункова витрата води спеціальними засобами пожежогасіння (спринклерні установки за нормами 30–50 л/с);

$q_{госп.пит}$  – розрахункова витрата води на господарсько-питні потреби за нормами, л/с: 25 л на 1 людину за зміну;

$q_{вир}$  – розрахункова витрата води на виробничі потреби, л/с.

Для успішної боротьби з пожежами працівники підприємства повинні знати причини їх виникнення та виконувати правила пожежної безпеки. Щоб попередити пожежу в приміщенні, необхідно суворо дотримуватися протипожежного режиму, правильної експлуатації теплових агрегатів і установок, машин і електроустаткування, приладів освітлення і опалення.

1) З причини того, що рослинні рештки, які потрапляють в комбайн, можуть призвести до пожежі, виникає великий ризик спалаху. Цей ризик може бути зменшено постійним видаленням рослинних решток з машини і

перевіркою перегрітих частин машини. При протіканні мастила, за необхідності треба підтягнути гвинти і замінити прокладку.

2) Необхідно очищати машину від сміття і рослинних решток кожної зміни. Особливо ретельно перевіряють зону двигуна і системи вихлопу.

3) Іскріння чи відкрите полум'я можуть призвести до вибуху водню в акумуляторній батареї. Для запобігання вибуху необхідно:

- при від'єднанні кабелів акумуляторної батареї спочатку від'єднати (-) негативний кабель, при під'єднанні дротів акумулятора, під'єднати негативний кабель (-) останнім;
- при з'єднанні допоміжних дротів для запуску двигуна, застосувати процедуру описану в пункті 4 першого розділу;
- не можна коротко з'єднувати полюсні штирі металічними предметами;
- не дозволяється проводити зварювальні, шліфувальні роботи чи палити біля акумуляторної батареї.

4) Дизельне паливо може викликати вибух чи спалах. Не можна заправляти паливний бак коли двигун увімкнено, палити чи проводити зварювальні роботи.

5) Перед зварювальними роботами або використанням різачка для зварювання на машині необхідно очистити зону проведення ремонту.

Безпека механізатора та оточуючих людей залежить від того, як він обслуговує і керує машиною. До початку роботи комбайнеру необхідно ознайомитися з усіма позиціями і функціями органів керування, а також необхідно перевірити всі органи керування в безпечній зоні.

Необхідно повністю ознайомитися з інструкцією по експлуатації трактора і впевнитися, що ви розумієте функції всіх органів керування.

Для поліпшення умов праці в фермерському господарстві «Світязь» пропонується вживати наступних додаткових заходів до тих, що вже проводяться на підприємстві при експлуатації тракторів:

1) Не можна заповнювати баки паливом, коли двигун гарячий або ввімкнений. Не можна палити при заправці машини.

2) Двигун можна запустити за допомогою шунтування блокувального перемикача:

- не перекидати клеми на стартер;
- приєднати додатковий акумулятор через плюсову клему додаткового акумулятора до «positive terminal» або до плюсової клеми акумулятора машини. З'єднайте мінусову клему додаткового акумулятора до «negative terminal» або до шасі машини.
- за необхідності відразу відремонтувати електричні комплектуючі системи, щоб не доводилося використовувати запуск двигуна від зовнішнього джерела.

Вихід машини з-під контролю може призвести до тілесних пошкоджень чи смерті оператора чи інших людей.

3) Швидкість руху повинна надавати можливість повного керування і стійкості машини на протязі всього часу. За можливості необхідно уникати руху біля канав, насипів і ям. Необхідно знижувати швидкість на поворотах, при переїздах через схили і не нерівній, слизькій чи глинистій поверхні.

4) Зіткнення на високій швидкості машинами які рухаються повільно можуть призвести до тілесних ушкоджень чи смерті. На дорогах, згідно місцевих законів, використовуються проблискові вогні. Емблема SMW – транспортний засіб рухається повільно, повинна бути на виду. Необхідно поступатися дорогою більш швидкому транспорту. Знижуйте швидкість і давайте сигнал перед поворотом.

5) Для руху по дорозі гальмівні педалі повинні бути заблоковані. Це гарантує однорідне гальмування і максимальну можливість гальмування. Перевірте, щоб зчеплення гальмівних педалей було встановлене належним чином.

6) Зняття кришки радіатора з неохолодженою системою може призвести до розплескування охолоджуючої рідини. Для зняття кришки радіатора необхідно зачекати до охолодження системи, повернути до першої мітки і

зачекати до повного скидання тиску. Швидке зняття кришки радіатора може викликати опіки.

7) Гідравлічне масло чи дизельне пальне можуть проникати в шкіру і викликати інфекцію чи іншу травму.

Для попередження тілесних пошкоджень необхідно:

- скидати тиск до від'єднання лінії для рідини;
- до застосування тиску треба впевнитись, що всі з'єднання затягнуті і всі частини гарному стані;
- не можна використовувати руки для перевірки підозрюваних місць протікання під тиском. Для цього необхідно використовувати шматок картону чи дерева;
- при травмуванні рідиною, яка протікає, негайно звернутися до лікаря.

8) Гарною практикою є наявність двох вогнегасників на машині. Треба підтримувати вогнегасники в гарному робочому стані і знати як їх правильно використовувати.

### Висновок

У даному розділі був розглянутий стан охорони праці в господарстві, також представлено перелік заходів які зменшують травмування під час міжрядного обробітку сільськогосподарських культур, перед початком виконання робіт і під час аварійних ситуацій які можуть виникати в роботі.

## 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Розрахунки техніко-економічних показників виконуємо у порівнянні з серійним грунтообробним агрегатом ПЛН-3-35. Основна відмінність агрегатів – за рахунок встановлення нових робочих органів розроблена машина має менше технологічних зупинок для чищення і регулювання. Це підвищує коефіцієнт використання робочого часу зміни і, як наслідок, продуктивність агрегата.

Вихідні дані для розрахунків зведено до табл.6.1.

Таблиця 6.1.

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

У відповідності з виданим на дипломний проект завданням:

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Базовий

Проект

$$K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{75}{0,72} = 104,17 \text{ год} \quad K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{75}{1,26} = 59,52 \text{ год} \quad (6.1)$$

Витрати праці:

Базовий

Проект

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

$$V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 59,52 \cdot 1 = 59,52 \text{ год}, \quad (6.2)$$

де  $n = 1$  - кількість обслуговуючого персонала.

Експлуатаційні витрати.

Експлуатаційні витрати складаються з основної і додаткової заробітної плати, амортизаційних відрахувань, витрат на паливо-мастильні матеріали, витрат на технічне обслуговування, ремонт і зберігання агрегата.

Основна і додаткова заробітна плата.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$\Pi = \frac{C_{\text{T}}}{W_{\text{ГОД}}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (6.3)$$

де  $C_{\text{T}}$  - тарифна ставка, 53,49 грн/год;

$K_1 = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

$K_2 = 1,375$  – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні міроприємства.



Базовий	Проект
$\Pi = \frac{53,49}{0,72} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 87,77 \text{ грн/га}$	$\Pi = \frac{53,49}{1,26} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 70,05 \text{ грн/га}$

Амортизаційні відрахування.

Норма амортизації для трактора – 15%, ґрунтообробної машини – 15%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора - 1550год;
- машини - 580год

Базовий	Проект
Трактор: $A_{\text{ТР}} = \frac{160000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 0,72} = 21,51 \text{ грн/га}$	$A_{\text{ТР}} = \frac{160000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 1,26} = 12,29 \text{ грн/га}$
машина: $A_{\text{М}} = \frac{46000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 0,72} = 16,52 \text{ грн/га}$	$A_{\text{М}} = \frac{46500 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 1,26} = 9,54 \text{ грн/га}$
Всього: $A_{\Sigma} = 21,51 + 16,52 = 38,03 \text{ грн/га}$	$A_{\Sigma} = 12,29 + 9,54 = 21,83 \text{ грн/га}$

Витрати на ПММ.

Базовий

$$\text{Ц}_{\text{ПММ}} = 24,5 \text{ грн/кг}$$

$$\text{В}_{\text{ПММ}} = \text{Ц}_{\text{ПММ}} \cdot \text{В}_{\text{ПММ}} = 24,5 \cdot 5,81 = 142,35 \text{ грн/га}$$

Проект

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

Витрати на ТО, ТР, зберігання.

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

- $\alpha_{\text{ТО}} = 11\%$  - норма відрахувань на ТО;
- $\alpha_3 = 0,2\%$  - норма відрахувань на зберігання;

-  $\alpha_{TP} = 8\%$  - норма відрахувань на ремонт.

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$B = \frac{B_B \cdot (\alpha_{TO} + \alpha_3 + \alpha_{TP})}{100 \cdot K_{HG} \cdot W_{ГОД}} \cdot K, \quad (6.4)$$

де  $B_B$  – балансова вартість, грн;

$K$  – коефіцієнт переводу трактора у еталонний.

Базовий

$$\text{Трактор: } B_{TP} = \frac{160000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 104,17 \cdot 0,72} = 409,59 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B_{TP} = \frac{160000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 59,52 \cdot 1,26} = 409,63 \text{ грн/га}$$

Базовий

$$\text{Машина: } B_M = \frac{46000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 104,17 \cdot 0,72} = 117,76 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B_M = \frac{46500 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 59,52 \cdot 1,26} = 119,05 \text{ грн/га}$$

Всього по агрегатам:

$$B = B_{TP} + B_M = 409,59 + 117,76 = 527,35 \text{ грн/га}$$

$$B = 409,63 + 119,05 = 528,68 \text{ грн/га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

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

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

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Базовий	Проект
$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{CEZ} = 677,74 \cdot 75 = 50830,5 \text{ грн}$	$E_{\Sigma} = 614,21 \cdot 75 = 46065,75 \text{ грн}$

Капітальні вкладення на 1 га:

Базовий	Проект
Трактор: $K_B = \frac{B_B}{W_{CEZ}} = \frac{160000}{75} = 2133,33 \text{ грн/га}$	$K_B = \frac{160000}{75} = 2133,33 \text{ грн/га}$

Машина: $K_B = \frac{46000}{75} = 613,33 \text{ грн/га}$	$K_B = \frac{46500}{75} = 620,00 \text{ грн/га}$
--	--

Всього:

$K_B = 2133,33 + 613,33 = 686,66 \text{ грн/га}$	$K_B = 2133,33 + 620 = 2753,33 \text{ грн/га}$
--	--

Приведені витрати на 1 га:

$$P_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

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

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

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Базовий
$P_{B\Sigma} = P_B \cdot W_{CEZ} = 1089,74 \cdot 75 = 81730,5 \text{ грн}$

## Проект

$$П_{\text{ВΣ}} = 1027,21 \cdot 75 = 77040,75 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект:

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

Термін окупності:

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

Результати заносимо до таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

## Економічна ефективність роботи

№	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	1	1
	-трактористів-машиністів -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 - машини	160000 46000	160000 46500
10	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	24,5	24,5
11	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі:	677,74	614,71
	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

За результатами розрахунків прогнозований річний економічний ефект складає 4689,75 грн при сезонному навантаженні 75 га, а термін окупності становить 0,1 роки

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На сучасному етапі найбільш актуальними в сільськогосподарському виробництві є проблеми, пов'язані з впровадженням органічного землеробства.
2. Як показує огляд літературних джерел, органічне землеробство не передбачає щорічний полицевий обробіток ґрунту, але такий обробіток бажаний раз в 3-4 роки, для запобігання диференціації орного шару за родючістю.
3. Огляд конструкцій плугів показує, що їх працездатність в умовах заниженої консолідації ґрунту, що є характерним за умов органічного землеробства буде недостатньою для дотримання агровимог на технологічний процес.
4. На наш погляд необхідно підвищити підрізаючу спроможність лемеша до рівня при якому його працездатність буде зберігатись в умовах безпідпирного різання. Найбільш раціональним конструктивним рішенням на наш погляд є розробка конструкції з застосування методів біоніки, а саме на основі аналізу будови тіла біологічного аналогу – чорноморського скату-хвостокосу.
5. В роботі виконані аналітичні дослідження взаємодії з ґрутовим середовищем запропонованої конструкції лемеша. Аналіз працездатності на основі математичної моделі показує на хорошу працездатність розробленої конструкції.
6. Проведена модернізація робочого органу покращила всі основні показники виконання технологічного процесу. Так, головний оціночний показник коефіцієнт структурності підвищився з 0,55 до 0,82. Коефіцієнт різноподрібнення структурованих агрегатів знаходиться в діапазоні 0,74 – 0,95, що є практично не досяжним для звичайного полиневого плуга.

7. Виконані експериментальні дослідження підтвердили адекватність розробленої математичної моделі. За рахунок зменшення тягового опору прогнозована продуктивність агрегату може бути збільшена до 35%.
8. Прогнозований річний економічний ефект складає 4689,75 грн при сезонному навантаженні 75 га, а термін окупності становить 0,1 роки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Апроксимация функции одной переменной : онлайн калькулятор URL: <https://planetcalc.ru/5992/>
- 2 Аналіз будови тіла морських тварин на можливість прийняття її за біологічний аналог ґрунтообробних робочих органів.[ Волик Б.Теслюк Г.Золотовська О. Майстришин Р] // Техніка і технології в АПК: науково-виробничий журнал. – Дослідницьке, УкрЦВТ. – 2018. – Вип.5(104). – С.7- 9.
- 3 Волик Б. А., Теслюк Г. В., Коновий А. В. Формування конструктивних параметрів ґрунтообробних машин методами моделювання технологічного процесу/Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного : електронне наукове фахове видання / ТДАТУ ; Мелітополь:2020 –Вип.10 т1.С11-12. Реферативні бази: Crossref,Google Scholar, eLibrary, «Україна наукова», НБУ ім. В. І. Вернадського.
- 4 Волик Б.А., Коновий А.В., Осипенко Р.М. Застосування методів біоніки для формування розрахункових схем сільськогосподарських машин / «Актуальні питання розвитку аграрної науки в Україні: Зб. наукових-праць(11 квітня 2019 року, м.Ніжин) / За наук. Ред. В.С. Лукача [та ін.].—Ніжин, С.99-105.
- 5 Ветров Ю. А. Резание ґрунтов землеройными машинами / Ю. А. Ветров. - М. : Машиностроение, 1971. – 357 с.
- 6 *Ветохін В. І.* Системні та фізико-механічні основи проектування розпушувачів ґрунту :автореф. дис... д-ра техн. наук / В. І. Ветохін; ННЦ ІМЕСГ. – Глеваха, 2010. - 40 с.
- 7 Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини: підручник / Д. Г. Войтюк, В. О. Дубровін, Т. Д. Іщенко [та ін.]; за ред..



- Д. Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
- 8 Волик Б.А., Коновий А.В., Осипенко Р.М. Застосування методів біоніки для формування розрахункових схем сільськогосподарських машин / «Актуальні питання розвитку аграрної науки в Україні: Зб. наукових-праць(11 квітня 2019 року, м.Ніжин) / За наук. Ред. В.С. Лукача [та ін.].—Ніжин, С.99-105.
  - 9 Волик Б.А., Лепеть Є.І. , Коновий А.В. Метод шідродинамічних аналогій в системі модельних досліджень ґрунтообробних машин : Інженерія природокористування / Науковий журнал , №2 (10 – Харків - 2018 - С. 45-48.
  - 10 Волик Б.А. Полицевий робочий орган для використання на технічному етапі рекультивації техногенно порушеного ґрунту / Б.А.Волик, І.М.Когут // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки, вип.. 148 : «Механізація сільськогосподарського виробництва» - Харків, 2014. – С. 43 – 48.
  - 11 Волик Б.А., Брижаний І.Ю., Коновий А.В. Модельні уявлення ґрунту як елемент загальної математичної моделі ґрунтообробного знаряддя / Аграрна наука та освіта в ХХІ столітті : проблеми, перспективи та інновації // Зб. наукових-праць(17-18 травня 2018 року, м.Ніжин) / За наук. Ред. В.С. Лукача [та ін.].—Ніжин, 2018—С. 194-198.
  - 12 Гаврильченко О.С. Обґрунтування параметрів та розробка конструкції культиваторних лап з криволінійним лезом:дис.. ...канд.техн.наук : спец.05.05.11/О.С.Гаврильченко – Глеваха, 205.- 160 с.
  - 13 Михайлов Є..В. Обґрунтування конструктивної схеми стрільчастої лапи на основі біологічного прототипу/ Є.В.Михайлов , Б.А.Волик, Г.В.Теслюк, А.В.Коновий// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Мелітополь – 2019. – Вип. 19, т.3. – С.37-46 (DOI :10.31388/2078-0877-19-3-37-45)

- 14 Основи наукових досліджень в агрономії : Підручник / В.О.Єщенко, П.Г.Копитко, В.П.Опришко, П.В.Костогриз; за ред.. В.О.Єщенко. – К.: Дія. – 2005. – 288 с.
- 15 Панченко А. Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А. Н. Панченко.- Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с.
- 16 Практикум з використання машин в рослинництві / [ГльченкоВ.Ю., Кобець А С., Мельник В.П та ін]. – Дніпропетровськ : Дніпроп. держ агр. ун-т. – 2002 – 212с.
- 17 Семенюта А.М., Білокопитов О.В., Волик Б.А. Методика розрахунку загальної реакції різання ґрунту поверхнею довільної геометричної форми/ Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Вип..10, Т.2 – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – с.161-167.
- 18 Тищенко С.С. Основы проектирования адаптивных поверхностей рабочих органов для дифференциации процессов обработки почвы:автореф. дис... докт. техн. наук: 05.05.11 – Киев , 2011. – 40с.
- 19 Теслюк.Г, Сокол С., Волик Б., Коновий А., Семенюта А. Машини для забезпечення технічного етапу рекультивації техногенного порушення земель / Науково-виробничий журнал «Техніка і технології АПК» – К - №10-11 (108), 2018. с. 7 – 9.
- 20 Цилюрик О. Глибокий обробіток ґрунту / електронний ресурс : код доступу <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/10599-hlybokyi-obrobitok-gruntu-pliusy-ta-minusy.html>
- 21 Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс): учебник для строит. вузов / Н. А. Цытович. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1983. – 288 с.
- 22 Штерензон В. А. Моделирование технологических процессов: конспект лекций / В. А. Штерензон. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та,URL: <http://www.rsvpu.ru/filedirectory/3468/shterenzon.pdf>

- 23 Пугач А.М. Обґрунтування параметрів культиваторних лап, оснащених елементами локального зміцнення /А.М. Пугач автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва/ А.М.Пугач – Вінниця 2010. – 20с.
- 24 Сокол С. П. Волик Б. А, Формування конструктивних параметрів ґрунтообробних машин методами фізичного моделювання/ С. П. Сокол, Б. А. Волик // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. - Вип. 198. - 2019. -С.39-46
- 25 Писаренко В.М. Система органічного землеробства агроєколога С.С. Антонця / В.В. Писаренко, А.С. Антонєць, Г.В. Лук'яненко, П.В.Писаренко. – URL:  
[https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/node/3483/sistemaorganichnogo\\_zemlerobstvaantontsya.pdf](https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/node/3483/sistemaorganichnogo_zemlerobstvaantontsya.pdf)
- 26 H.V. Tesliuk B.A. Volik, S.P. Sokol, N.A. Ponomarenko Design of working bodies for tillage tools using the methods of bionics.: Journal of Enterprise Technologies 2019 3/1 (99) p. 49-54/ DOI: 10.15587/1729-4061.2019.169156 <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/169156>
- 27 Шпільковський В.В. Обґрунтування конструктивних параметрів роботи глибокорозпушувача чизельного типу / В.В.Шпільковський – Дипломна робота на здобуття ступеня магістр за спеціальністю № 208 Агроінженерія. – ДДАЕУ, Дніпро, 2019 – 84с.
- 28 Чмара В.С. Обґрунтування параметрів і конструкції комбінованого агрегату для Для обробітку ґрунту в умовах органічного землеробства : магістерська робота / В.С.Чмара:Дніпропетровськ : ДДАЕУ, 2017. – 80 с
- 29 Кленин Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В. А. Сакун. – М.: Колос, 1980.- 671 с.
- 30 Марениченко В.В. Обґрунтування конструктивних параметрів

- полицевого робочого органа для використання в системі рекультивації ґрунту / В.В.Марениченко, Б.А.Волик // Рекультивація складних техноекосистем у новому тисячолітті: ноосферний аспект: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2012. – С.212 – 213
- 31 Стрижка Є.С., Третьяк І.Л., Волик Б.А. Полицевий робочий орган для обробітку ґрунту в умовах ведення органічного землеробства: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі, ТДАТУ ім Дмитра Моторного : Мелітополь: 2.11 2020 – 27.11. 2020.м.Мелітополь\URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/c>
- 32 Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навчальний посібник / А. С. Кобець, Т. Д. Іщенко, Б. А. Волик, О. А. Демидов. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
- 33 Д.Хегглінін Мінімальний обробіток ґрунту. Застосування в органічному землеробстві (редактор української версії А.Кравченко) URL: [http://www.ukraine.fibl.org/fileadmin/documents-ukraine/Booklets/Zemlja\\_A4.pdf](http://www.ukraine.fibl.org/fileadmin/documents-ukraine/Booklets/Zemlja_A4.pdf)
- 34 Органічне землеробство: електронний ресурс: URL - <http://ecoterra.lviv.ua/nashi-prioriteti/organichne-zemlerobstvo>
- 35 Бабицкий Л.Ф., Москалевич В.Ю., Соболевский И.В. Бионико-механические основы сельскохозяйственных машин. Теория и методы. (ISBN 978-3-659-85703-4) – LAP LAMBERT Academic Publishing, Deutschland/ Германия, 2016.- 384 с.
- 36 Гудков А.Н. Теоретические основы построения рабочих процессов сельскохозяйственных машин с учетом характера живой материи растений, животных, почвы. Кн.: Земледельческая механика. М.: Машиностроение, 1966. Т. 9. С. 86-97.

## ДОДАТКИ

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно – технологічний факультет**  
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**Удосконалення конструктивних параметрів  
полицевого робочого органу для обробітку ґрунту в  
умовах органічного землеробства**

демонстраційний матеріал  
до дипломної роботи освітнього ступеня «магістр»

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМ-1-1

Майстришин Микола Миколайович

**Керівник:** к.т.н., доц. Волик Борис Анатолійович

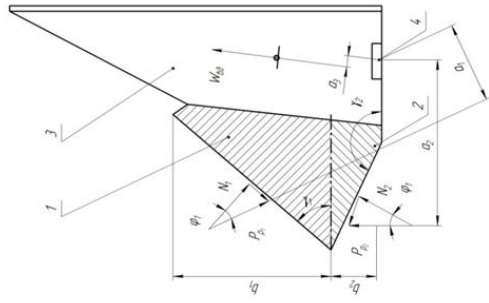
## МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

**Мета досліджень:** покращення якісних показників обробітку ґрунту в умовах органічного землеробства шляхом адаптації полицевого робочого органа до умов експлуатації

### **Задачі досліджень:**

- Виконаний аналіз сучасних технологій і технічних засобів полицевого обробітку ґрунту і окреслені невирішені проблеми
- обґрунтований прототип розроблюваної конструкції;
- Обґрунтована компоновочна схема знаряддя; Розроблена математична модель взаємодії робочого органа з ґрунтовим середовищем.
- Виконані експериментальні дослідження на підтвердження адекватності розробленої математичної моделі;
- Виконані техніко-економічні розрахунки ефективності досліджень.

### 3 ТЕХНІЧНИЙ ПРОТОТИП РОЗРОБКИ КАФЕДРИ ТСГМ ДДАЕУ



1 – ділянка леміша з гострим кутом атаки; 2 – ділянка леміша з тупим кутом атаки; 3 – полиця; 4 – стояк.

Рівняння моментів відносно точки кріплення стояка

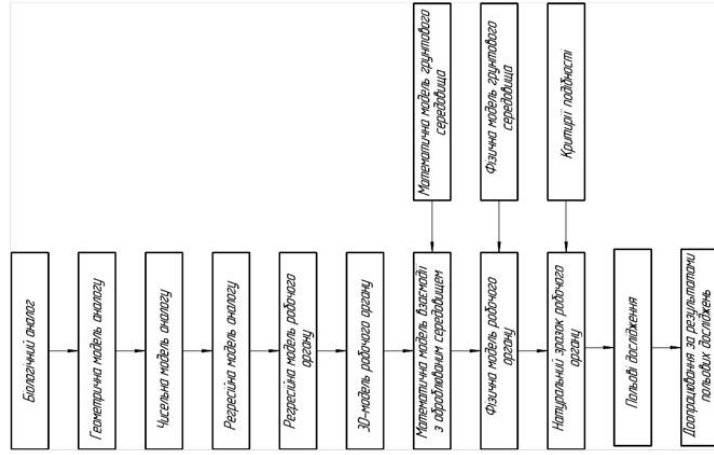
$$W_{вд} \cdot a_3 + P_{p2} \cdot a_2 - P_{p1} \cdot a_1 = 0$$

$$b_2 = \frac{B \cdot tg\gamma_2}{tg\gamma_2 - tg\gamma_1}$$

$b_1 = B - b_2$ , де  $B$  – загальна конструктивна ширина захвату знаряддя.



## 4 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ БІОІНКИ



Аналог розпушуючого типу



а

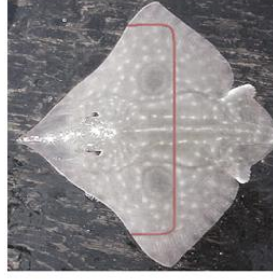
Аналоги підрізуючого типу



б



а



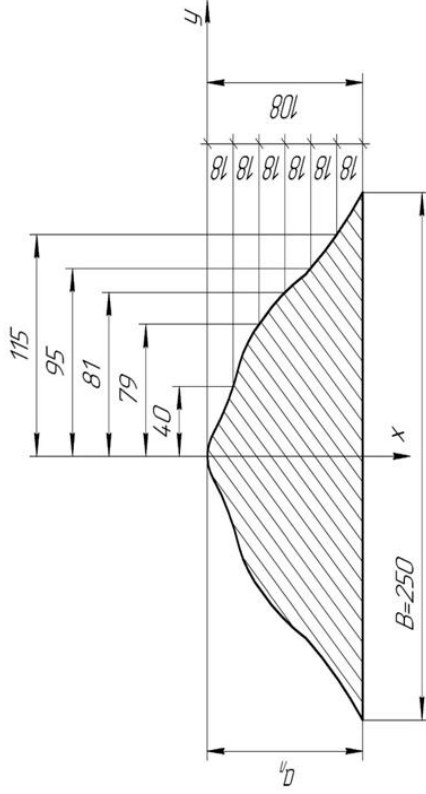
б

Рисунок 2.2 – Досліджені в ДІАЕУ біологічні аналоги ґрунтообробних знарядь

а – скат-хвостокот; б – каліфорнійський морський скат; в-риба-молот;

г- чорноморський морський скат

## ФОРМУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ЛЕМЕША



Біологічний аналог лемеша – скат хвосток

Геометрична модель лемеша

Регресійне рівняння ріжучої кромки  $Y = 56,48 \cdot X^{0,2642}$

### Аналіз режиму різання

$$\text{Рівняння нормалі до ріжучої кромки} \quad Y - Y_0 = \frac{-(X - X_m)}{56,48 + 0,2642 \cdot X_m^{-0,7358}}$$

Кут нахилу нормалі до осі X знаходиться в діапазоні  $52^\circ \leq \beta \leq 55^\circ$ , що гарантовано більше кута тертя ґрунту по сталі

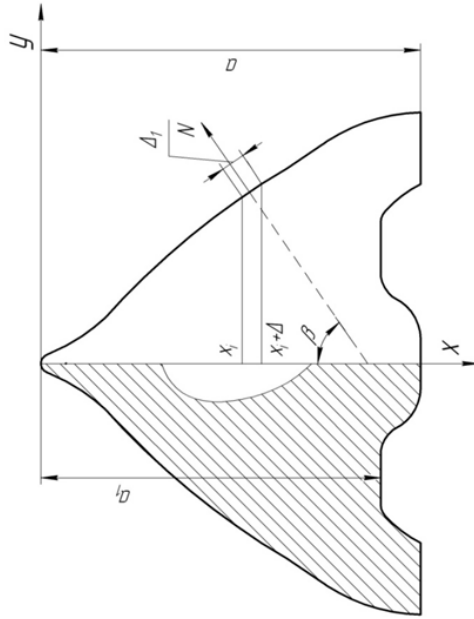
## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ З ҐРУНТОМ

Загальний тяговий опір  $W_{\Sigma} = W_P + W_{\Gamma} + W_{TR}$ ,

де  $W_P$  – опір на підрізання шару ґрунту.

$W_{\Gamma}$  – тяговий опір, обумовлений тиском підрізаного шару ґрунту на робочі поверхні;

$W_{TR}$  – сили тертя підрізаного шару о поверхні робочого органу.



Нормальна реакція ріжучої кромки  $N_{\Sigma} = K' \cdot \sum_{x=0}^{x+\Delta} \int_x^{x+\Delta} \sqrt{1 + (y')^2} \cdot dx$

$W_P = N_{\Sigma} \cdot \cos \beta$

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ (ПОКАЗНИКИ АГРОФОНУ ДОСЛІДНОЇ ДІЛЯНКИ)

Ґрунт – чорнозем звичайний середньосуглинистий;

Агрофон – стерня зернових культур (пшениця);

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

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



Заміряні показники виконання технологічного процесу (Робоча швидкість 3,66 м/с; глибина ходу 20 см

№	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

## Економічна ефективність роботи

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Обробіток ґрунту	
2	Об'єм роботи, га	75	75
3	Склад агрегата: Трактор Машина	МТЗ-82	МТЗ-82
4	Продуктивність, га/год	ПЛН-3-35	ПЛН-5-25
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	0,72	1,26
6	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	104,17	59,52
7	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1	1
8	Тарифна ставка, грн/год	-	-
9	Норма витрати пального, кг/га	53,49	53,49
10	Балансова вартість, грн: - трактора - машини	5,81	4,6
11	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	160000	160000
12	Експлуатаційні витрати, грн/га	46000	46500
13	у тому числі: Амортизаційні відрахування: -трактор -машини -всього	24,5	24,5
14	. Витрати на ПММ	677,74	614,71
15	. Витрати на ТО, ГР, зберігання, -трактора -машина -всього	21,51 16,52 38,03 142,35	12,29 9,54 21,83 112,70
16	Капітальні вкладення, грн/га	409,59	409,63
17	Приведені затрати, грн/га	117,76	119,05
18	Річний економічний ефект, грн	527,35	528,68
19	Термін окупності, років	2746,66	2753,33
20		1089,74	1027,21
21			4689,75
22			0,1

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На сучасному етапі найбільш актуальними в сільськогосподарському виробництві є проблеми, пов'язані з впровадженням органічного землеробства.
2. Як показує огляд літературних джерел, органічне землеробство не передбачає щорічний полицевий обробіток ґрунту, але такий обробіток бажаний раз в 3-4 роки, для запобігання диференціації орного шару за родючістю.
  1. Огляд конструкцій плугів показує, що їх працездатність в умовах зниженої консолидації ґрунту, що є характерним за умов органічного землеробства буде недостатньою для дотримання агроциклу на технологічний процес.
  2. На наш погляд необхідно підвищити підвізуючу спроможність лемеша до рівня при якому його працездатність буде зберігатись в умовах безпідпирного різання. Найбільш раціональним конструктивним рішенням на наш погляд є розробка конструкції з застосування методів біоніки, а саме на основі аналізу будови тіла біологічного аналогу – чорноморського скату-хвостоколу.
  3. В роботі виконані аналітичні дослідження взаємодії з ґрутовим середовищем запропонованої конструкції лемеша. Аналіз працездатності на основі математичної моделі показує на хорошу працездатність розробленої конструкції.
  4. Проведена модернізація робочого органу покращила всі основні показники виконання технологічного процесу. Так, головний оціночний показник продуктивності підвищився з 0,55 до 0,82. Коефіцієнт різноподрібнення структурованих агрегатів знаходиться в діапазоні 0,74 – 0,95, що є практично не досяжним для звичайного полиневого плуга.
5. Виконані експериментальні дослідження підтвердили адекватність розробленої математичної моделі. За рахунок зменшення тягового опору прогнозована продуктивність агрегату може бути збільшена до 35%.
8. Прогнозований річний економічний ефект складає 4689,75 грн при сезонному навантаженні 75 га, а термін окупності становить 0,1 роки.