

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра машиновикористання  
та сервісу технологічних систем

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Прилуцький Ігор Олегович**

УДК 631.543

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**Обґрунтування механізованого обробітку**  
**грунту в умовах кліматичних змін**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ І.О. Прилуцький

Керівник роботи  
Білецький Віктор Романович  
к.т.н., доцент

Житомир – 2021

## АНОТАЦІЯ

Прилуцький І.О. Обґрунтування механізованого обробітку ґрунту в умовах кліматичних змін. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

Оранка була та залишається важливою, а подекуди вирішальною, складовою системи обробітку ґрунтів, саме тому потребують постійного вдосконалення конструкційні параметри та матеріалів для виготовлення орних знарядь. В умовах зміни клімату, зменшення шкідливих наслідків виконання технологічного процесу оранки, стає особливо актуальним. Деградація ґрунтового простору у багатьох випадках, досягла критичного та незворотного значення.

**Ключові слова:** обґрунтування, обробіток, зміни клімату, ґрунтове середовище.

## SUMMARY

Prylutskyi I. O. Substantiation of Mechanized Tillage in the Conditions of Climate Change. – Qualification work on the rights of the manuscript. Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – agroengineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

Plowing has been and remains an important, and sometimes crucial, component of the tillage system, which is why the design parameters and materials for the manufacture of arable tools need constant improvement. In the conditions of climate change, reduction of harmful consequences of performance of technological process of plowing, becomes especially actual. Degradation of soil space in many cases has reached critical and irreversible significance.

**Key words:** substantiation, cultivation, climate change, soil environment.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ .....	6
1.1. Головні вимоги проведення основного обробітку ґрунту.....	6
РОЗДІЛ 2. ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОРНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ .....	9
2.1. Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми орного агрегату.....	9
2.2. Методика експериментального дослідження орного машинно- тракторного агрегату. ....	13
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ.....	15
3.1. Лабораторно-польові випробування запропонованої розробки. ....	15
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	21
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	22

## ВСТУП

**Актуальність досліджень.** В останні роки клімат постійно змінюється. Основною тенденцією є зменшення снігового покриву, підвищення температури повітря під час вегетації польових культур, внаслідок чого збільшення випаровування вологи. Тому одним з основних завдань, що постають сьогодні перед аграріями України є накопичення та збереження вологи. В багатьох випадках, вирішальну роль при вирощуванні сільськогосподарських культур та отриманні високих врожаїв, відіграє обробіток ґрунту.

**Мета роботи:** обґрунтувати параметри робочих органів плугів, які виготовлені із застосуванням композитних матеріалів, для забезпечення зменшення тягового опору та, як наслідок зменшення негативного впливу технічних засобів на стан ґрунту.

### **Завдання дослідження:**

1. Запропонувати модернізацію конструкції робочих органів плуга та здійснити переобладнання.
2. Підготувати обладнання для проведення експериментальних досліджень, відкалібрувати тензометричну ланку, визначити оптимальну дату для польових випробувань.
3. Теоретичним шляхом, визначити оптимальні конструкційні та експлуатаційні параметри робочого органу, що забезпечують зниження шкідливого впливу на ґрунт.
4. Виконати лабораторно-польові дослідження для перевірки достовірності результатів теоретичних досліджень.

**Об'єкт досліджень.** Робочі органи ґрунтообробних машин та знарядь.

**Предмет досліджень.** Зміна властивостей ґрунту, в результаті механічного впливу та зміни кліматичних умов.

**Методи дослідження.** Лабораторно-польові дослідження, проводились за стандартними методиками, а отримані результати оброблялись з

використанням програм математичного моделювання на комп'ютері.

**Перелік публікацій автора за темою дослідження.**

1. Прилуцький І.О., Губенко А.С., Токовчук О.М. Механізований обробіток ґрунту в умовах кліматичних змін / Матеріали XXII Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки». 16–18 жовтня 2021 року. Київ. Ніжин. 2021. – С. 56.

2. Брушко В.В., Безсмертний О.В., Прилуцький І.О. Пошук новітніх технологій вирощування просапних культур / Студентські читання–2021: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 15 листопада 2021р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. – С. 176-178.

3. Губенко А.С., Токовчук О.М., Прилуцький І.О. Вимоги до проведення основного обробітку ґрунту / Студентські читання–2021: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 15 листопада 2021р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. – С. 176-178.

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані результати можуть бути використані в умовах виробництва, для вирощування просапних сільськогосподарських культур.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів. Кваліфікаційна робота виконана на 24 сторінках, містить 3 таблиці, 17 рисунків. Список використаних джерел містить 25 праць.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

### 1.1. Головні вимоги проведення основного обробітку ґрунту.

Впровадження досягнень науково-технічного прогресу, зростання електроозброєності в аграрних підприємствах забезпечує значне підвищення продуктивності. У процесі розвитку матеріально-технічної бази підприємств важливого значення набуває впровадження енергозберігаючих технологій.







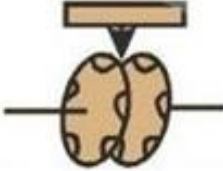




Знаряддя для обробітку ґрунту, за основними технологічними операціями поділяють на, ті що сприяють підвищенню урожайності сільськогосподарських культур, і ті що призводять до зниження врожайності. Маючи назву основного, оранка є головним та в багатьох випадках вирішальним видом обробітку ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур. Види основного обробітку ґрунту, залежно від його глибини, поділяють на (табл. 1.1).

З огляду на суттєві зміни клімату, науково обґрунтована система обробітку ґрунту має вирішальне значення, ще більше ніж за традиційних умов. Великого значення набуває вплив обробітку на накопичення вологи в осінньо-зимовий період та максимальне її збереження у весняно-літній. Якщо перший напрям безпосередньо залежить від глибини обробітку, то збереження ґрунтової вологи протягом вегетації скоріше досягається мінімізацією або ж відсутністю обробітку взагалі.

Має право на існування думка щодо використання основного обробітку ґрунту під ярі культури. Такий обробіток краще виконувати в літньо-осінній період попереднього року на оптимальну для культури глибину: для зернових на 20...22см, зернобобових та круп'яних – 23...25см, кукурудзи та соняшника – 25...27см, коренеплодів – 2...30см. Зменшення глибини обробітку до мінімальної, в багатьох випадках призводить до погіршення умов нагромадження вологи на 11...16%, і досить часто до втрати врожаю, особливо просапних культур. Існує думка про однакову ефективність або ж перевагу мілкового обробітку над глибоким.

Таблиця 1.1

## Типи ґрунтообробних машин для основного обробітку ґрунту

Вид та глибина обробітку ґрунту, см	Типи ґрунтообробних машин для основного обробітку ґрунту (їх умовні коди)		
	Полицеві плуги	Дискові знаряддя	Чизельні знаряддя
Поверхневий(0...8)		Дискові луцильники 	Легкі культиватори 
Мілкий (8...16)	Плуги-луцильники 	Дискові борони 	Важкі культиватори 
Середній(16...24)	Плуги загального призначення 	Важкі дискові борони 	<u>Плоскорізи</u> , чизель- культиватори 
Глибокий(24...35)	Ярусні плуги 	Дискові плуги 	Чизельні плуги, глибокорозпушувачі 

Застосування, поширеного останнім часом, мілкового дискового обробітку, досить часто призводить до нестачі вологи в ґрунті. Окрім того, дисковий обробіток вважається більш небезпечним для структури ґрунту ніж оранка, за рядом показників, які отримуються в результаті застосування обробітку.

Не завжди, замінюючи оранку на безполицевий обробіток можна досягти позитивного результату. У багатьох випадках, погіршується ряд умов вирощування ярих культур, в першу чергу кукурудзи та коренеплодів. Виключенням є застосування знарядь чизельного типу, які забезпечують обробіток наближений до оранки. Глибокий обробіток ґрунту, аж до 35...40см, сприяє покращанню водно-фізичних умов, руйнує плужну підшову, сприяє підвищенню урожайності культур на 5...10% з одночасним скороченням витрат на основний обробіток ґрунту до 25...35% порівняно з оранкою.



## РОЗДІЛ 2. ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОРНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ

### 2.1. Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми орного агрегату.

Від вибору конструкційно-технологічної схеми машинно-тракторного агрегату, а також правильного агрегування плугів, залежатиме витрата енергії. Агрегування плуга за схемою штовхай-тягни, є перспективним з точки зору зменшення кількості проходів техніки по полю, схема наведена на рис. 2.1.

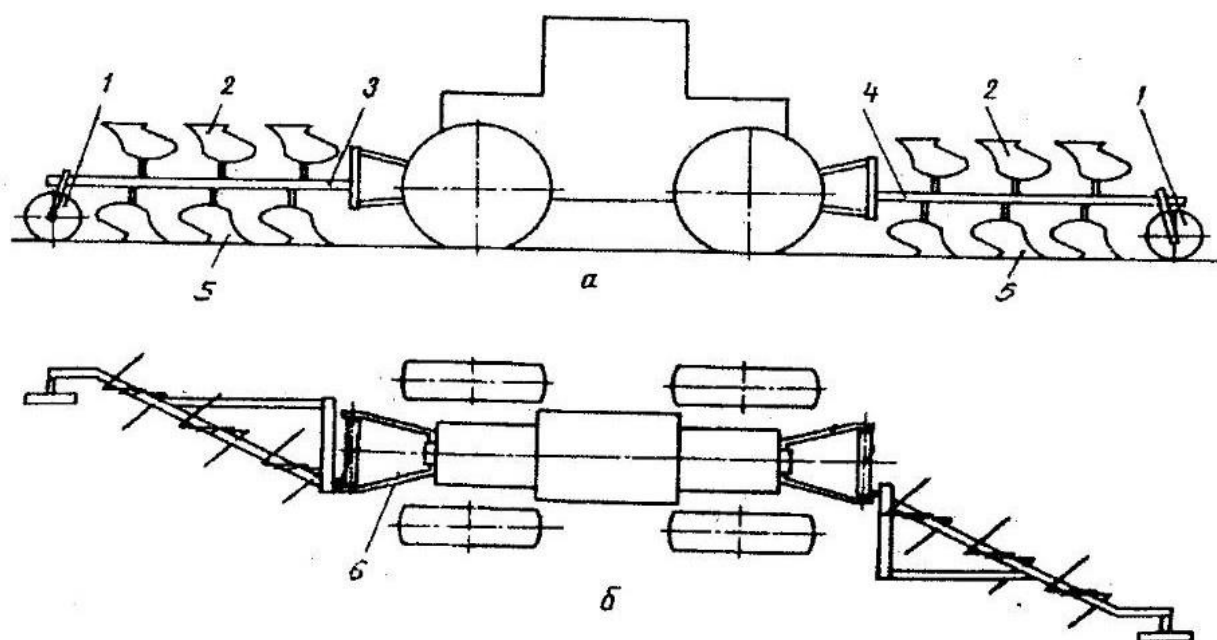


Рис. 2.1. Орний агрегат за схемою штовхай-тягни:

*a* – вид збоку, *б* – вид зверху: 1 – опорне колесо, 2 – оборотні корпуси, 3 – рама плуга, 4 – рама фронтального плуга, 5 – корпуси, 6 – начіпний механізм.

Досліди виконувались з двома варіантами плугів. Перший варіант складається з трактора ХТЗ-16131, фронтального і задньо-начіпного плуга; другий – той самий енергетичний засіб та п'ятикорпусний плуг. Запропоновані варіанти агрегатів, наведено на рис. 2.2. та рис. 2.3.



Рис. 2.2. Варіант «2+4».



Рис. 2.3. Варіант «0+5».

Перший варіант, має на 21,3% більшу робочу ширину, ніж у звичайного орного агрегату. І хоча швидкість першого варіанту виявилася на 1,5% нижчою, продуктивність все одно зросла на 19,5%. Паливна економія, близько 12,5% для польового експерименту. Середнє квадратичне відхилення глибини оранки в обох порівнюваних варіантах не перевищували агротехнічних вимог ( $\pm 2$ см).

Отже, застосування першого варіанту, забезпечує кращу рівномірність ходу плуга. Перспективним до застосування є енергетичний засіб модульного

типу перемінного тягового класу рис. 2.4. Використання модуля, дозволяє для машинно-тракторного агрегату, підвищити тягово-зчіпні властивості економію палива, зменшити негативний вплив рушіїв тракторів на ґрунт.



Рис. 2.4. Модульний енергетичний засіб МЕЗ-300 на базі трактора серії ХТЗ-170.

Енергетичним модулем МЕЗ-300 (рис. 2.5.) можуть обладнуватись колісні трактори серії Т-150К, ХТЗ-170 і ХТЗ-160.



Рис. 2.5. Технологічний модуль МЕЗ.

Були проведені випробування МЕЗ-300 на оранці з плугом ПЛН-4-35. Отримані результати випробувань, засвідчили підвищення продуктивності більше 25%, що призводить до зменшення витрати палива в межах 15...18% порівняно з базовим агрегатом.

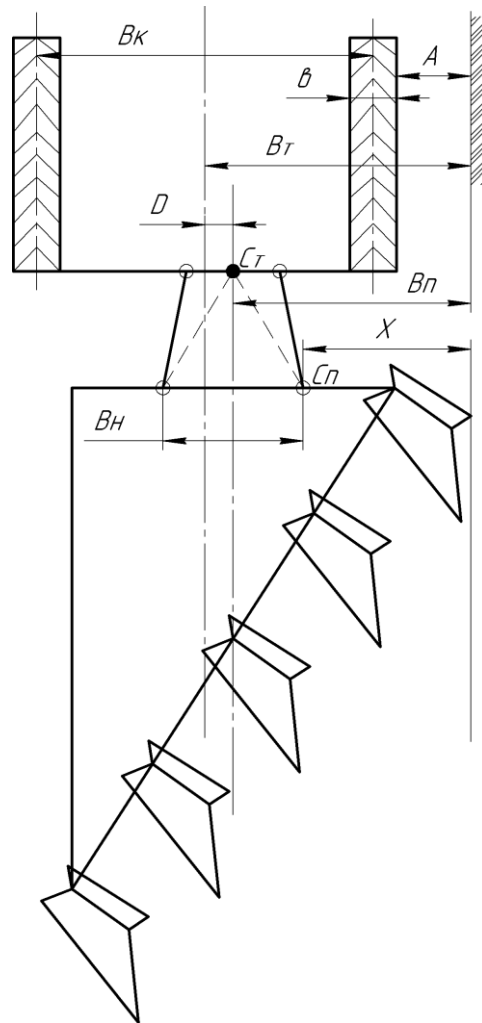


Рис. 2.6. Схема приєднання плуга до енергозасобу зі зміщенням.

Одним із методів підвищення продуктивності машинно-тракторних агрегатів, це більша ширина захвату, але для цього потрібні потужні трактори. Досить часто це призводить до збільшення маси використовуваних технічних засобів, а це підвищене навантаження на ґрунт. Та збільшення витрат на їх утримання. Саме тому перспективним шляхом є використання

енергонасичених тракторів та робочих органів нового типу, за допомогою яких можна зменшити тяговий опір.

Зменшення тягового опору дозволить запобігти появі такого шкідливого явища як буксування, а це в свою чергу є також шкідливим з огляду на стан ґрунтового середовища.

## **2.2. Методика експериментального дослідження орного машинно-тракторного агрегату.**

Програма експериментальних досліджень передбачала: визначення основних властивостей ґрунту, таких як щільність, вологість та інші.

Дослідження впливу полиць та польових дощок, виготовлених із композитних матеріалів, на агротехнічні показники оранки ґрунту, такі як глибина оранки, ступінь подрібнення ґрунту та інші.

З метою зменшення тягового опору плуга, використовуємо метод заміни сталевих полиць і польових дощок, текроновими (рис. 2.7). Основні характеристики зазначеного композитного матеріалу наведено у табл. 1.1.



Рис. 2.7. Виготовлені з текрону, полиця та польова дошка.

В табл. 2.1, зазначені фізико-технічні характеристики порівняльної характеристики нового композитного матеріалу та сталі.

Таблиця 2.1

## Порівняльна характеристика текрону та сталі

Показник	Одиниця вимірювання	Значення	
		текрон22	сталь60
Щільність	кг/м <sup>3</sup>	930	7800
Модуль пружності при розтягу (1мм/хв)	<u>МПа</u>	720	920
Межа текучості при розтягу (50мм/хв)	<u>МПа</u>	17	17
Відносна деформація розтягу (50мм/хв)	%	20	19
Номінальне напруження при розриві (50мм/хв)	%	> 50	50
Межа міцності	<u>МПа</u>	26,71 (25°C, δ+)	700 (20°C, δ+)
Гранична деформація	%	250.6 (25°C, E)	60 (20°C, E)
Твердість нормалізована		60 (по <u>Шору</u> )	217 (НВ)
Статичний коефіцієнт тертя		0,20	0,52
Модуль повзучості при розтягу (1 год)	<u>МПа</u>	460	590
Ударне навантаження по <u>Charpy</u>	<u>kJ/m<sup>2</sup></u>	210	240

Зазначені в табл. 2.1 характеристики текрону, вказують на його довговічність та надійність. Важливим показником є також коефіцієнт тертя, в нового матеріалу він майже в 3 рази менше, це сприятиме зниженню тягового опору.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

### 3.1. Лабораторно-польові випробування запропонованої розробки.

Для визначення впливу запропонованого матеріалу полиць та польових дощок корпусів плуга, на його тяговий опір використовували розроблений на базі серійного знаряддя ПЛН-5-35 тензометричний плуг (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Досліджуваний плуг з робочими органами із нового композитного матеріалу.

Показники отримані тензометричною ланкою (рис. 3.2.) плуга потрапляв на аналогово-цифровий перетворювач (рис. 3.3.), а далі обробляється за допомогою комп'ютерної техніки.



Рис. 3.2. Тензометрична ланка.

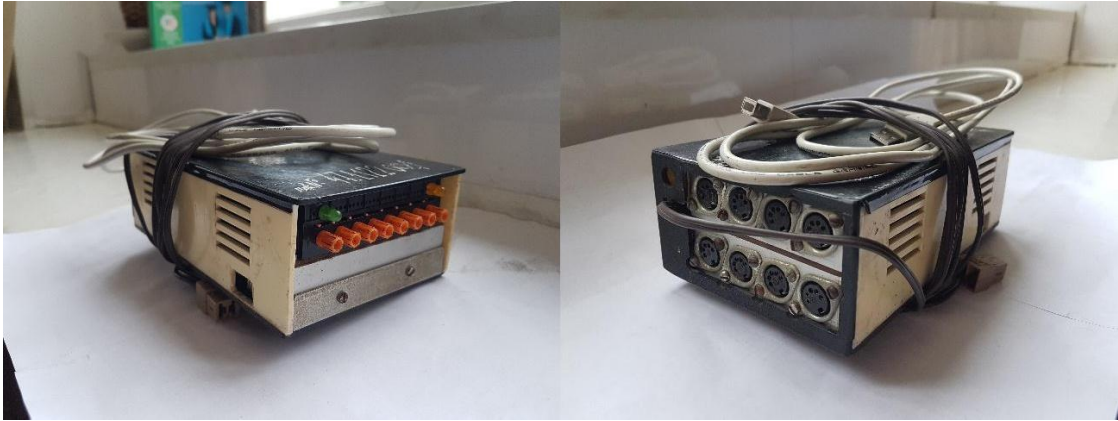


Рис. 3.3. Цифровий аналоговий перетворювач.

Тензометрична ланка, перед кожним випробуванням, проходить тарування на динамометричному стенді рис. 3.4.



Рис. 3.4. Динамометричний стенд.



Машинно-тракторний агрегат для проведення досліджень, це трактор Т-150К та плуг на якому встановлене спеціальне обладнання рис. 3.5.



Рис. 3.5. Орний агрегат на основі трактора Т-150К.

Орний агрегат, встановлено на глибину оранки 25см. Машинно-тракторний агрегат, на всі варіантах дослідів, рухався на одній і тій же передачі.

Виконання досліджень у польових умовах, передбачало вимірювання вологості та щільність ґрунту. Вологість визначали широковідомим термостатно-ваговим методом. В умовах досліджень середнє значення вологості ґрунту в шарі 0...25 см становило 22,6%.

Для визначення щільності агротехнічного фону використовували спеціально розроблений пристрій (рис. 3.6). Особливість даного пристрою в тому, що електронні ваги одразу показують щільність ґрунту у  $\text{г/см}^3$ . За результатами досліджень середнє значення щільності ґрунту досліджуваних зразків ґрунту, у шарі 0...25 см дорівнювала  $1,2\text{г/см}^3$ .



Рис. 3.6. Прилад для вимірювання щільності ґрунту.

Експериментальними дослідженнями, встановлено, що у сталевих полиць корпусів плуга мало місце залипання ґрунтом рис. 3.7, запропоновані полиці в ґрунтових умовах, практично не залипали рис. 3.8.



Рис. 3.7. Залипання сталевих полиць плуга ґрунтом.

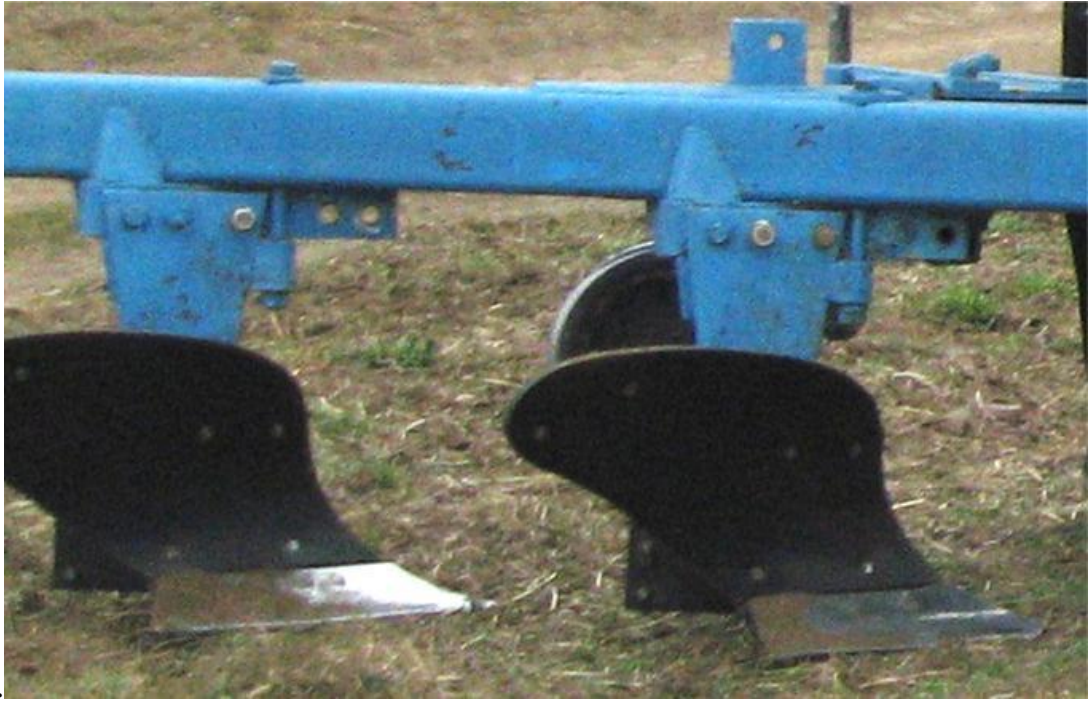


Рис. 3.8. Стан текронових полиць плуга після оранки.

Результати лабораторно-польових досліджень вказують на те, що застосування полиць та польових дощок з нового композитного матеріалу, дозволяє зменшити середнє значення тягового опору для досліджуваного плуга.

Для вимірювання глибини оранки ґрунту тензометричним плугом використовували глибиномір рис. 3.9.



Рис. 3.9. Глибиномір:

1 – рухомий штир, 2 – лінійка.

Порівняльна характеристика досліджуваних плугів наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Досліджувані параметри глибини оранки порівнюваних плугів

Параметр	Позначення	Значення для плуга з полицями та польовими дошками	
		стальними	текроновими
Середня значення	см	23,9	24,5
Похибка середнього значення	см	0,13	0,16
Довірчий інтервал (для довірчої імовірності 95%)	см	23,9 ± 0,3	24,5 ± 0,3
Середнє квадратичне відхилення	± см	1,21	1,34
Дисперсія	см <sup>2</sup>	1,46	1,80
Коефіцієнт варіації	%	5,1	5,5
Найменша істотна різниця	НІР <sub>05</sub> , см	0,4	

Як бачимо із даних табл. 3.1, глибина оранки пропонованим плугом на 0,6см більша ніж серійним.

Проведений аналіз показав, що існуючі серійні конструкції плугів та комбінованих агрегатів не повною мірою відповідають сучасним вимогам агротехніки, тому потребують вдосконалення.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У магістерській роботі вирішувалась задача зменшення шкідливих наслідків після проведення оранки, особливо це актуально в умовах змін клімату.

Оранка була та залишається важливою складовою системи обробітку ґрунту, а тому потребує постійного вдосконалення конструкційних параметрів та матеріалів для виготовлення орних знарядь.

В результаті теоретичних досліджень встановлено, що за допомогою композитного матеріалу, виготовлена полиця та польова дошка плуга, можна досягти зменшення тягового опору, а у підсумку – підвищення техніко-експлуатаційних показників орного агрегату, що досить важливо в умовах сучасних кліматичних змін.

У порівнянні з орним агрегатом, полиці та польові дошки якого були виготовлені зі сталі, пропонований агрегат, дозволяє збільшити продуктивність праці на 12,5% та досягти економії в межах 3,8л пального на кожному гектарі оброблюваної площі.

Отже, застосування плуга з текроновими полицями та польовими дошками є безпечним. Його експлуатація у польових умовах, не створює будь-яких додаткових перешкод або ускладнень. Розробка остаточних рекомендацій щодо подальшого використання текронових елементів плуга, потребує проведення додаткових досліджень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко. – Київ: Вища освіта, 2004. – 544с.
2. Гарькавий А.Д. Експлуатація техніки та обладнання в рослинництві / А.Д. Гарькавий, Д.Г. Кондратюк, О.В. Холодюк // Вінницький державний аграрний університет. – 2005.
3. Горячкин В.П. Собрание сочинений. Т. 2 / В.П. Горячкин // М.: Колос, 1968. – 480с.
4. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві: навч. посібник для студ. вузів інж. спец. / За ред. В.Ю. Ільченка. – К: Урожай, 1993. – 288с.
5. Ільченко В.Ю. Машиновикористання в землеробстві. К. Вища школа 1993. – 384с.
6. Ловейкін В.С., Дяченко Л.А. Методика експериментального дослідження параметрів вібропруга з гідравлічними вібраторами / Вісник ХНАДУ, вип.57. – 2012.
7. Надикто В.Т. Енергонасиченість тракторів та шляхи її реалізації // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 9.
8. Щетинина Л.Л., Комаров Ф.С., Костенко Л.И. Эрозия почв Житомирской области и меры борьбы с ней. – Киев, Украинская сельскохозяйственная академия, 1974. – 221с.
9. Ксенович И.П., Скотников В.А., Ляско М.И. Ходовая система-почва-урожай. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304с.
10. Кушнарєв А.С., Кочев В.И. Механико-технологические основы обработки почвы. – К.: Урожай, 1989. – 144с.
11. Доспєхов Б.А., Пупонин А.И. Земледелие с основами почвоведения. М.: Колос, 1978. – 254с.
12. Ревут И.Б. Физика почв. – Л.: Колос, 1972. – 368с.

13. Кононов А.М., Ксенович И.П. О воздействии ходовых систем тракторных агрегатов на почву // Тракторы и сельхозмашины. – 1977. – № 4. – С. 5-7.
14. Переуплотнение пахотных почв: причины, следствия, пути уменьшения / Под ред. В.А. Ковды. – М.: Наука, 1987. – 186с.
15. Водяник И.И. Воздействие ходовых систем на почву (научные основы). – М.: Агропромиздат, 1990. – 172с.
16. Кулен А., Куиперис Х. Современная земледельческая механика: Пер. с англ. А.Э. Габриэляна; Под ред. и с предисл. Ю.А. Смирнова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 349с.
17. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328с.
18. Гольдштейн М.Н., Царьков А.А., Черкасов И.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Транспорт, 1981. – 320с.
19. Опір матеріалів: Підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. – К.: Вища шк., 2004. – 665с.
20. Шины для сельскохозяйственной техники / В.Н. Белковский, В.Н. Лаптев, А.А. Матвеев и др. – М.: Химия, 1986. – 112с.
21. Шелудченко Б.А. Агротехніка ґрунтів. – Житомир: Полісся, 1992. – 249с.
22. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е. Листапад, Г.К. Демидов, Б.Д. Зонов и др. / Под ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688с.
23. Скотников В.А., Пономарев А. В., Климанов А. В. Проходимость машин. – Минск: Наука и техника, 1982. – 328с.
24. Білецький В.Р. Переущільнення ґрунту рушіями мобільної сільськогосподарської техніки. – Житомир: Видавництво ДААУ, 2000. – 43с.
25. Короткевич П.С., Гапоненко В.С., Гаврилюк Г.Р., Ямков О.В. Основні напрямки та способи зменшення ущільнюючої дії ходових систем мобільної сільськогосподарської техніки на ґрунт // Науковий вісник НАУ. – Київ, 1998. – Вип.9. – С. 59-62.