

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“_____” _____ 2023р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)
магістр
(назва освітнього ступеня)

тема роботи **«Підвищення ресурсу відновлених робочих органів
машин для суцільного обробітку ґрунту»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Чістов В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник доктор філософії доцент Шевчук М.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2023 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	6
1.1 Конструкційно-технологічний аналіз лемешів плугів	6
1.2 Аналіз методів підвищення ресурсу лемешів плугів	13
1.3 Висновки за розділом.	17
РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ВІДНОВЛЕНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ СУЦІЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З УРАХУВАННЯМ УМОВ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ.....	18
2.1 Дослідження зношування лемешів плугів на ґрунтах різної зношувальної здатності	18
2.2 Дослідження процесу електроконтактного оброблення лемешівплугів	24
2.3. Методика порівняльних випробувань матеріалів на зносостійкість	29
2.4 Характер та величини зношування лемешів плугів із урахуванням умов їх використання	32
2.5 Складові частини лемешів плугів при відновленні та їх параметри	34
2.6Результати лабораторно-польових випробувань лемешів плугів зміцнених за різними технологічними процесами	36
2.7 Висновки за розділом	39
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ	40
3.1 Організація умов та заходів з охорони праці в господарстві.....	40
3.2 Аналіз умов та заходів з охорони праці під час роботи ґрунтообробними машинами	40
3.3 Висновки по розділу	41

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	42
4.1 Розрахунок економічної ефективності впровадження групових технологічних процесів відновлення і зміцнення лемешів плугів із урахуванням умов їх використання	42
4.2 Висновки за розділом	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	54

РЕФЕРАТ

Чістов В.В. Підвищення ресурсу відновлених робочих органів машин для суцільного обробітку ґрунту (Дипломний проект, Уманський національний університет садівництва, 2023: пояснювальна записка на 56 сторінках, у т.ч. 4 розділів, 17 рисунки, 9 таблиць, 25 джерела літератури).

У дипломному проекті вирішується питання розроблення технологічних процесів відновлення та зміцнення лемешів плугів, що враховують умови їх використання. Досліджено процес зміцнення робочих органів машин для суцільного обробітку ґрунту шляхом створення зносостійких поверхневих шарів.

Мета роботи – є підвищення ресурсу робочих органів машин для суцільного обробітку ґрунту шляхом розроблення технологічних процесів їх відновлення та зміцнення з урахуванням умов використання на ґрунтах різної зношувальної здатності.

Об'єкт досліджень – процес зміцнення робочих органів машин для суцільного обробітку ґрунту шляхом створення зносостійких поверхневих шарів.

Предмет досліджень – закономірності зміни конструкційних параметрів робочих органів машин для суцільного обробітку ґрунту після їх локального зміцнення від параметрів і режимів зміцнення, що враховують умови їх використання на ґрунтах різної зношувальної здатності.

Ключові слова: ВІДНОВЛЕННЯ, ЗМІЦНЕННЯ, РЕСУРС, РОБОЧІ ОРГАНИ, СУЦІЛЬНИЙ ОБРОБІТОК ҐРУНТУ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ, УМОВИ ВИКОРИСТАННЯ.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження зумовлена високою дороговизною закордонних та низьким ресурсом вітчизняних робочих органів машин для суцільного обробітку ґрунту.

Серед умов використання робочих органів машин для суцільного обробітку ґрунту визначальними є фізико-механічні характеристики ґрунтів, від взаємодії з якими робочі органи в процесі використання вичерпують свій ресурс.

Так, на ґрунтах, у складі яких вміст абразивних частинок розміром ≤ 1 мм перевищує 80 % (піщані та супіщані ґрунти), вітчизняні лемеші плугів вичерпують ресурс вже через 5 га, завдяки зносу за товщиною з утворенням протирання з робочого боку в носовій частині.

На глинистих та суглинистих ґрунтах вітчизняні лемеші плугів досягають граничного стану через затуплення леза та зносу за шириною після наробітку 20-25 га.

Через інтенсивне зношування лемеші вибраковуються й велика кількість металу перетворюється в брухт.

У зв'язку з цим важливим і актуальним є розроблення технологічних процесів відновлення та зміцнення лемешів плугів, що забезпечить підвищення їх ресурсу й довговічності з урахуванням умов використання на ґрунтах різної зношувальної здатності і зменшить витрати на придбання нових запасних частин.

Для досягнення поставленої мети було висунуто **робочу гіпотезу**, згідно якої підвищення ресурсу відновлених робочих органів машин для суцільного обробітку ґрунту можливо досягнути шляхом локального зміцнення їх робочої поверхні з урахуванням умов використання на ґрунтах різної зношувальної здатності.

РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.4 Конструкційно-технологічний аналіз лемешів плугів

Робочі органи машин для суцільного обробітку ґрунту контактують із ґрунтом і виконують технологічний процес обробітку ґрунту [1-2], причому на виконання оранки приходить найбільша доля енергетичних затрат [3].

Конструкційні параметри, зміна яких у процесі експлуатації впливає на працездатність лемешів, показані на рис. 1.1-1.2, а вплив цих змін на якість суцільного обробітку ґрунту і показники роботи плугів, наведені в таблиці 1.1 [6].

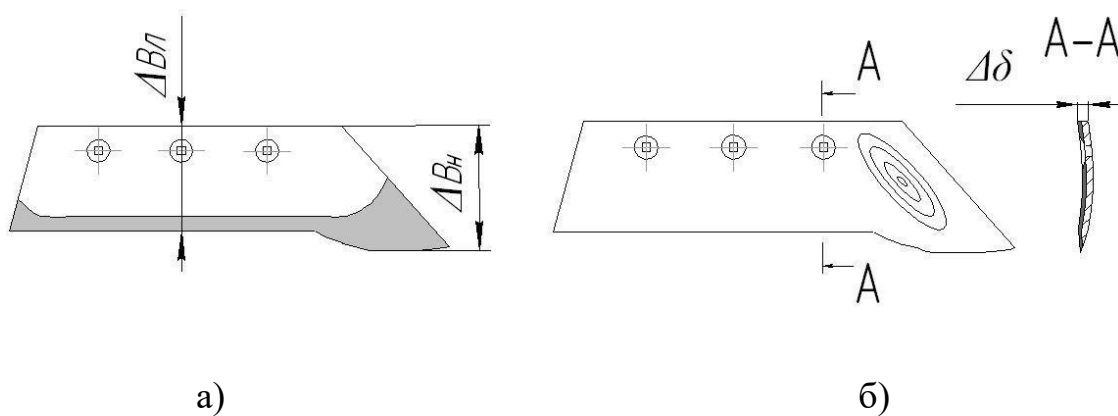


Рисунок 1.1 – Конструкційні параметри, зміна яких у процесі експлуатації впливає на працездатність лемешів на глинистих та суглинистих ґрунтах а) і на піщаних та супіщаних ґрунтах б)

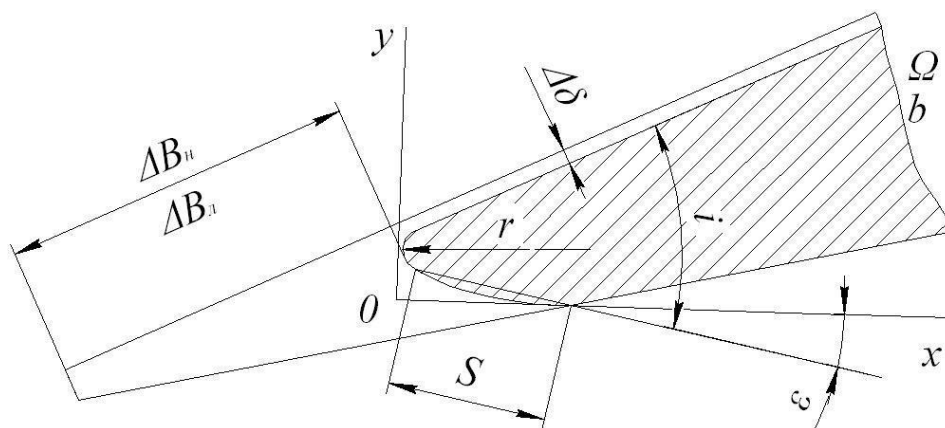


Рисунок 1.2 – Конструкційні параметри леза, зміна яких у процесі експлуатації впливає на працездатність лемешів плугів

Таблиця 1.1 – Зміна конструкційних параметрів лемешів у процесі експлуатації і їх вплив на якість суцільного обробітку ґрунту і показники роботи плугів

Зміна конструкційних параметрів лемешів в процесі експлуатації	Наслідки зміни конструкційного параметру
Деформація Ω	Відхилення леза у середній частині плуга по висоті
	Відхилення носка та п'ятки, що повинні лежати на одній прямій лінії
Поломка b	Відмова
Збільшення радіусу кромки леза r	Зменшення підрізання кореневищ бур'янів Підвищення тягового опору
Збільшення кута загострення леза α	Зменшення підрізання кореневищ бур'янів Підвищення тягового опору Зменшення глибини обробітку ґрунту
Утворення затилкової фаски шириною S	Зменшення глибини обробітку ґрунту Підвищення нерівномірності глибини обробітку Підвищення тягового опору
Утворення затилкової фаски з нахилом до дна борозни під кутом ε	Зменшення глибини обробітку ґрунту Підвищення нерівномірності глибини обробітку Підвищення тягового опору
Утворення лобової фаски	Зменшення підрізання кореневищ бур'янів
Зміна ширини носка ΔB_n	Зменшення глибини обробітку ґрунту Підвищення тягового опору
Зміна ширини леза ΔB_l	Зменшення ширини захвату Підвищення інтенсивності зношування корпусних та прилеглих деталей Зменшення глибини обробітку ґрунту Зниження міцностних характеристик деталі
Лінійний знос товщиною деталі $\Delta \delta$ за	Підвищення інтенсивності зношування корпусних та прилеглих деталей Зниження міцностних характеристик деталі

Деформації Ω чи поломки b лемешів відбуваються внаслідок порушень умов експлуатації плугів або недостатньої міцності деталей.

Вітчизняні лемеші виготовляють із сталі Л53 зі зміцненням твердими сплавами, а також із сталі марки 65Г.

Закордонні фірми («Lemken», «Rabewerk», «Frank», «Huard», «Kverneland» та ін.) виготовляють лемеші плугів з середньовуглецевих низьколегованих марганцевих і кремне-марганцевих сталей з технологічними добавками бора, титана, алюмінію (30MnB5, 34MnB5 та ін.). Співставлення хімічного складу цих сталей, їх твердості, а також даних з термічної, термо-дифузійної обробки з аналогічними показниками лемешів вітчизняного виробництва показує, що робочі органи фірм ЄС та США майже в два рази перевищують вітчизняні аналоги за абразивною стійкістю [7-12].

Хімічний склад матеріалу сталей із яких виготовляються лемеші, наведено в табл. 1.2 [9-12]

Таблиця 1.2 – Хімічний склад (%) матеріалу сталей Л53, 65Г, 30MnB5 та 34MnB5

Хімічний елемент	Масова доля елементів в матеріалі, %			
	Л53	Сталь 65Г	30MnB5	34MnB5
C	0,47-0,59	0,62-0,70	0,27-0,33	0,33-0,37
Si	0,15-0,40	0,17-0,37	до 0,40	0,15-0,35
Mn	0,50-0,80	0,90-1,20	1,15-1,45	1,15-1,45
Al	-	-	-	0,015-0,060
Ti	-	-	-	0,015-0,060
N	-	-	-	до 0,10
B	-	-	0,0008-0,0050	0,0015-0,0045

Вимоги для сталей по сірці та фосфору – не більше 0,03 %, хрому, нікелю та міді – не більше 0,25 %.

Асиметричне розташування лемеша плуга зумовлює деякі особливості його зношування. Знизу леза утворюється потилична фаска шириною S , нахил якої залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, від яких залежить характер руйнування ґрунтового пласту (рис. 1.3) [13-15].

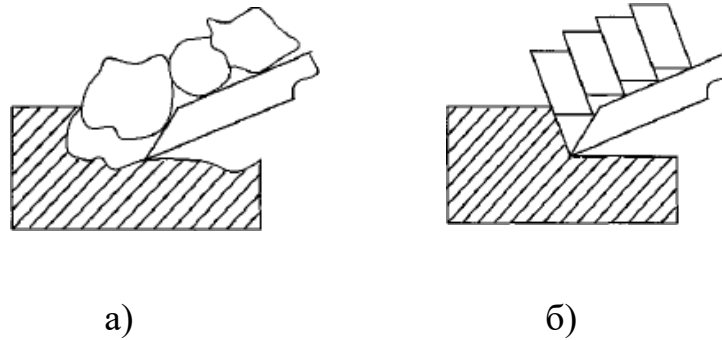


Рисунок 1.3 – Види руйнування ґрунтового пласту лемешем на глинистих та суглинистих ґрунтах а) та на піщаних та супіщаних ґрунтах б)

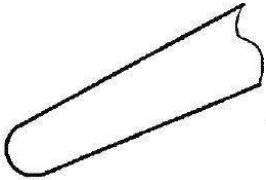
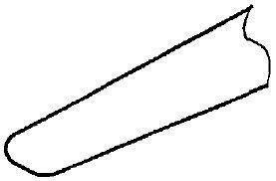
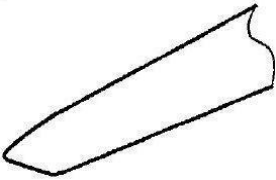
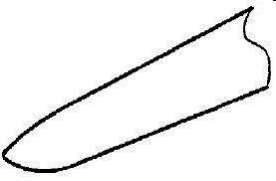
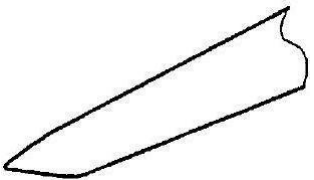
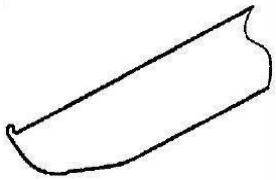
Вміст абразивних часток діаметром до 1 мм та більше 1 мм в % за класами механічного складу ґрунтів, згідно з класифікацією Н. А. Качинського, наведено в таблиці 1.3 [17].

Таблиця 1.3 – Вміст абразивних часток діаметром до 1 мм та більше 1 мм в % механічного складу ґрунтів за класами

ґрунти за класами механічного складу	Вміст абразивних часток діаметром, %
розміром до 1 мм, %	
Піщані	95-100
Глинисто-піщані	90-95
Супіщані	80-90
Легкосуглинкові	70-80
Середньо суглинкові	55-70
Важкосуглинкові і легкоглинисті	25-55
Середньо- і важкоглинисті	< 25
розміром > 1 мм, %	
Середньощебенюваті	0,5-5
Сильнощебенюваті	5-10
Кам'янисті	> 10

Характер зношування лез лемешів при роботі на ґрунтах за класами механічного складу, що отримано В. Н. Ткачевим, наведено в таблиці 1.4 [18].

Таблиця 1.4 – Конфігурація лез лемешів при роботі на ґрунтах за класами механічного складу

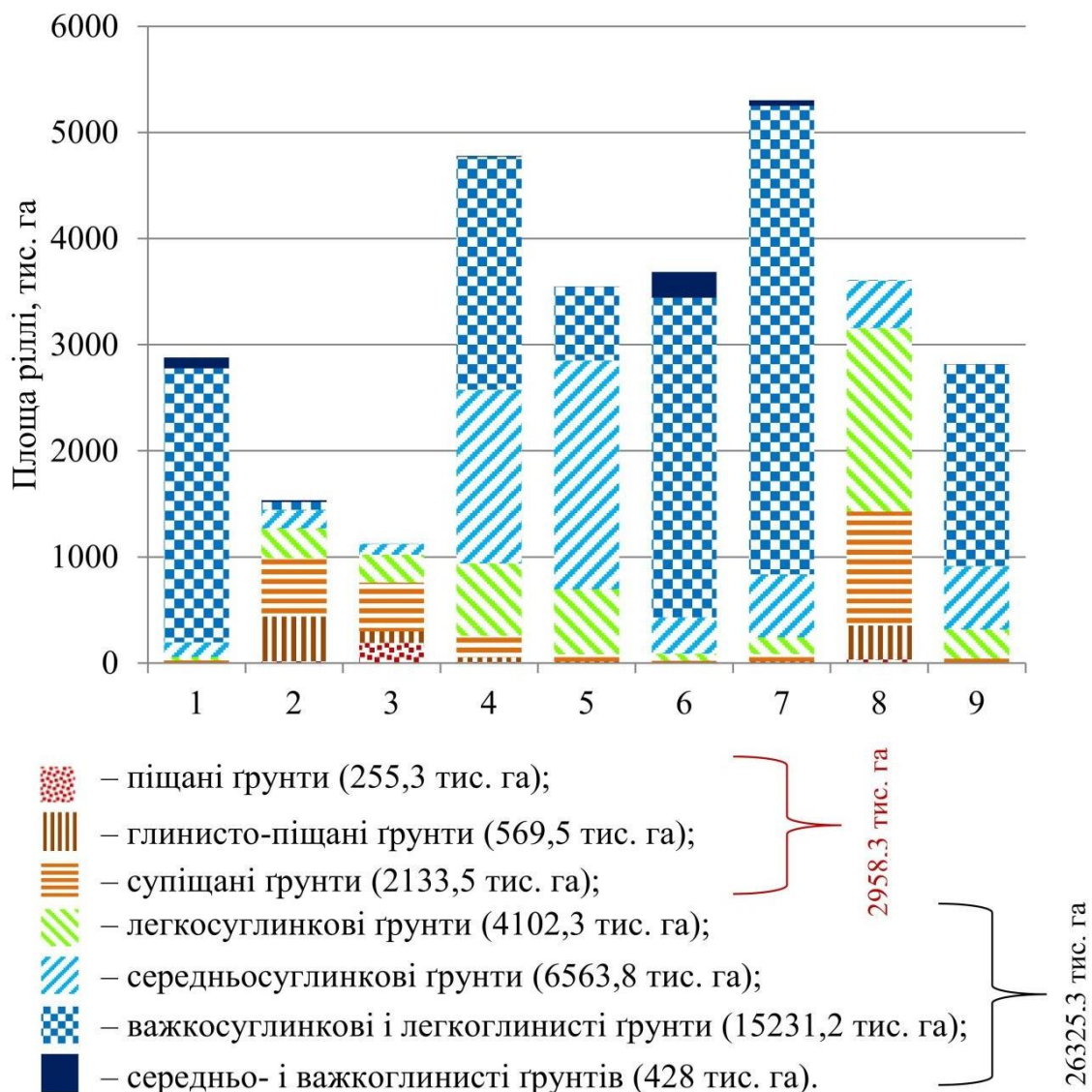
Ґрунти за класами механічного складу	Конфігурація лез лемешів	Характер зношування
Важкоглинисті		Лезо набуває скруглену форму, спостерігається найбільше затуплення леза.
Важкосуглинкові		Потилична фаска нахилена до дна борозни під кутом біля 30°, передньої фаски нема, радіус затуплення леза близько 1,6 мм.
Легкосуглинкові		У леза лемеша плуга чітко виражена передня фаска.
Супіщані		На лезі образується дуже широка (до 10 мм) фаска, що розташована до дна борозни під кутом 1-5°.
Піщані		Лезо залишається працездатним до повного зношування лемеша плуга.
Глинисто-піщані		Характерна деформація і скруглення леза. Кут між задньою фаскою і дном борозни складає більше 60°, чого не спостерігається при нормальному процесі зношування леза. Конфігурація леза в цьому випадку визначається в основному деформацією металу.

Інтенсивність лінійного зношування деталей залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, причому найбільші навантаження діють на

носок лемешів, в результаті чого вони зношуються за довжиною ΔL інтенсивніше, ніж за шириною ΔH приблизно в 2 рази на глинистих та суглинистих ґрунтах, за товщиною ΔB лемеші зношуються в піщаних та супіщаних ґрунтах в кілька разів інтенсивніше, ніж на глинистих та суглинистих ґрунтах, що призводить до утворення променевидного зношування з робочого боку аж до наскрізного протирання в носовій частині (рис. 1.1, б) [13].

За даними досліджень [13, 20] на глинистих та суглинистих ґрунтах вітчизняні лемеші плугів досягають граничного стану через затуплення та знос за шириною (табл. 1.4). В Україні площа таких ґрунтів складає 26325,3 тис. га [21].

Площа ріллі економічних районів України за гранулометричним складом (тис. га) наведено на рис. 1.4.



1 – Донецький економічний район (Донецька та Луганська обл. без урахування частини тимчасово окупованих територій);

2 – Карпатський економічний район (Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська та Чернівецька обл.);

3 – Північно-західний економічний район (Волинська та Рівненська обл.);

4 – Північно-східний економічний район (Полтавська, Харківська та Сумська обл.);

5 – Подільський економічний район (Вінницька, Тернопільська та Хмельницька обл.);

6 – Придніпровський економічний район (Дніпропетровська та Запорізька обл.);

7 – Причорноморський економічний район (Миколаївська, Херсонська та Одеська обл. без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим та м. Севастополя);

8 – Столичний економічний район (Житомирська, Київська, Чернігівська обл. та м. Київ);

9 – Центральнотураїнський економічний район (Кіровоградська та Черкаська обл.).

Рисунок 1.4 – Площа ріллі економічних районів України за гранулометричним складом (тис. га)

За результатами аналізу площ ріллі [21-22] економічних районів України за механічним складом встановлено, що найбільша частка ґрунтів із високим вмістом абразивних часток (піщані, глинисто-піщані, супіщані) припадає на ті економічні райони, в межах яких розташовані зони Полісся та Карпат (Карпатський, Північно-західний, Столичний економічний район). Решту ґрунтів економічних районів України доцільно віднести до глинистих та суглинистих ґрунтів.

На глинистих та суглинистих ґрунтах вітчизняні лемеші плугів досягають граничного стану через затуплення леза та зносу за шириною після наробітку 20-25 га.

Через інтенсивне зношування лемеші вибраковуються й велика кількість металу перетворюється в брухт.

У зв'язку з цим важливим і актуальним є розроблення технологічних процесів відновлення та зміцнення лемешів плугів, що забезпечить підвищення їх ресурсу й довговічності з урахуванням умов використання на ґрунтах різної зношувальної здатності і зменшить витрати на придбання нових запасних частин.

1.5 Аналіз методів підвищення ресурсу лемешів плугів

Підвищенню ресурсу лемешів плугів при їх відновленні та зміцненні присвячена велика кількість сучасних досліджень [23-67], основною концепцією яких є підвищення їх зносостійкості та міцності матеріально-виробничими, конструкційними та технологічними методами.

Підвищення ресурсу матеріально-виробничими методами полягає в підборі більш зносостійких матеріалів, хоч це в певній мірі збільшує вартість деталей.

Малий вміст вуглецю в закордонних сталях дозволяє застосовувати низький відпуск (150-270 °С) замість середнього (400-500 °С). Це призводить до підвищення абразивної стійкості закордонних сталей при більшій пластичності і в'язкості в порівнянні із сталлю 65Г і Л53 [7].

Підвищення ресурсу конструкційними методами полягає в зміні геометричної форми деталей чи встановленні змінних зносостійких елементів в місцях найбільшого зношування лемешів плугів, що також збільшує вартість деталей (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Методи підвищення ресурсу лемешів плугів

Підвищення ресурсу технологічними методами полягає в керуванні властивостями поверхні деталей шляхом:

- модифікації структури поверхні;
- легування поверхні;
- нанесення зносостійких шарів.

При модифікації зміна властивостей поверхні відбувається внаслідок зміни структурного стану поверхневого шару матеріалу деталі (аморфізація, створення метастабільних структур та ін.). Конструкційні розміри лемешів плугів при цьому не змінюються.

При легуванні зміна властивостей поверхні відбувається внаслідок зміни хімічного складу поверхневого шару матеріалу лемешів. Конструкційні розміри лемешів плугів при цьому теж не змінюються.

При нанесенні шарів на поверхню лемешів плугів формується поверхневий шар, відмінний від основного матеріалу деталі. Конструкційні розміри лемешів плугів збільшуються на товщину нанесеного шару.

Залежно від виду обробки технологічні методи створення зносостійких поверхневих шарів лемешів плугів можна поділити на групи [65]:

- термомеханічні методи, що використовують спільний вплив теплової і кінетичної енергії з метою одержання зносостійких шарів (газотермічне напилення, плакування поверхні, зміцнення металу чи сплаву ударною хвилею);

- термічні методи, що використовують явища, пов'язані з впливом теплової енергії на матеріали з метою зміни структури металевих матеріалів у твердому стані (загартування, відпуск, відпал) чи зміни стану металу (перехід із твердого стану в рідкий і назад в твердий), що піддається поверхневому переплавленню чи наварюванню, наплавленню;

- хіміко-термічні методи, що використовують спільний вплив теплової енергії і хімічно активного середовища на метал, що обробляється, з метою насичення його іншою речовиною для одержання необхідних властивостей поверхневого шару зі зміненним хімічним складом і структурою (боридування, азотування та ін.).

Найбільшого поширення набули термічні методи (дугове, індукційне та ін., окрім лазерного та електронно-променевого, що потребують складного дорогого обладнання), що надають можливість отримувати зносостійкі поверхневі шари товщиною до кількох міліметрів, що підвищує ресурс деталей для умов використання в абразивному середовищі.

При обґрунтуванні способу зміцнення виходили з умов його технічної можливості та економічної доцільності.

Техніко-економічні показники термічних методів зміцнення лемешів плугів наведено в табл. 1.5 [65].

Таблиця 1.5 – Техніко-економічні показники термічних методів зміцнення лемешів плугів

Назва методу (товщина наплавленого шару h , продуктивність p)	Техніко-економічні показники	
	Позитивні	Негативні
Ручне, дугове, покритими електродами ($h - 2,0-5,0$ мм; $p - 0,8-3,0$ кг/год)	Простота і доступність обладнання та методу, можливість отримання наплавленого металу будь-якої системи легування	Низька продуктивність; важкі умови праці; нестійкість якості наплавленого шару; велике проплавлення основного металу
Напівавтоматичне і автоматичне дугове ($h - 2,0-5,0$ мм, $p - 0,8-3,0$ кг/год)	Універсальність, велика продуктивність, можливість отримання наплавленого металу будь-якої системи легування	Велике проплавлення основного металу, особливо при наплавленні дротом.
Плазмове ($h - 0,3-6,0$ мм, $p - 0,8-6,0$ кг/год)	Висока якість наплавленого металу; мала глибина проплавлення основного металу при високій міцності зчеплення	Невелика продуктивність, необхідність у складному обладнанні
Індукційне ($h - 0,4-3,0$ мм, $p - 2,0-15,0$ кг/год)	Мала глибина проплавлення основного металу; висока ефективність в умовах серійного виробництва.	Низький ККД процесу; перегрівання основного металу; необхідність використання для наплавлення матеріалів, які мають температуру плавлення нижчу за температуру плавлення основного металу
Газове ($h - 0,3-3,0$ мм, $p - 0,5-3,0$ кг/год)	Мале проплавлення основного металу, універсальність методу, підвищення зносостійкості в 1,5-2 рази	Низька продуктивність, нестабільність якості наплавленого шару, високі зварювальні деформації, висока вартість витратних матеріалів, підвищена трудоемність, розбризкування металу

За технологічним, економічним та екологічним критеріями серед термічних методів вибрані за базу перспективні способи зміцнення лемешів плугів, порівняльний аналіз яких наведено в таблиці 1.6 [18, 28, 51, 69, 70].

Термічне зміцнення при електроконтактному обробленні, на відміну від об'ємного загартування струмами високої частоти, електронагрівом, загартуванням в рідинах є не об'ємним, а поверхневим, і базується на локальному нагріванні ділянки поверхні та наступному охолодженні цієї поверхневої ділянки з надкритичною швидкістю за рахунок відведення теплоти у рідинне середовище. Час нагрівання і час охолодження незначні, практично відсутня витримка при температурі нагрівання.

Під час процесу, який протікає між деталлю та чавунним дисковим електродом-інструментом, без спеціальних зміцнюючих матеріалів у середовищі охолоджувальної рідини утворюється розплавлений поверхневий шар лезової частини робочого органу, швидке охолодження якого забезпечує отримання загартованих структур дрібногольчатого мартенситу твердістю до 62 HRC [68].

Крім того при цьому використовується додаткове точкове зміцнення зносостійкими матеріалами в місцях найбільшого зношування лемешів плугів, що забезпечить підвищення їхнього ресурсу при використанні в умовах ґрунтів різної зношувальної здатності.

За результатами аналізу методів відновлення та зміцнення лемешів з метою підвищення ресурсу лемешів при їх відновленні ремонтними елементами із сталі 65Г обґрунтовано доцільність застосування технологічних схем зміцнення лемешів, що враховують умови їх використання на ґрунтах різної зношувальної здатності і передбачають зміцнення робочих органів для піщаних та супіщаних ґрунтів – з робочого боку, а для глинистих та суглинистих – з неробочого.

1.6 Висновки за розділом.

За результатами графічного аналізу характеру зношування лемешів плугів та умов їх використання встановлено, що на глинистих та суглинистих ґрунтах лемеші плугів досягають граничного стану через затуплення та зношування за шириною, а на піщаних та супіщаних ґрунтах лемеші плугів досягають граничного стану через зношування за товщиною.

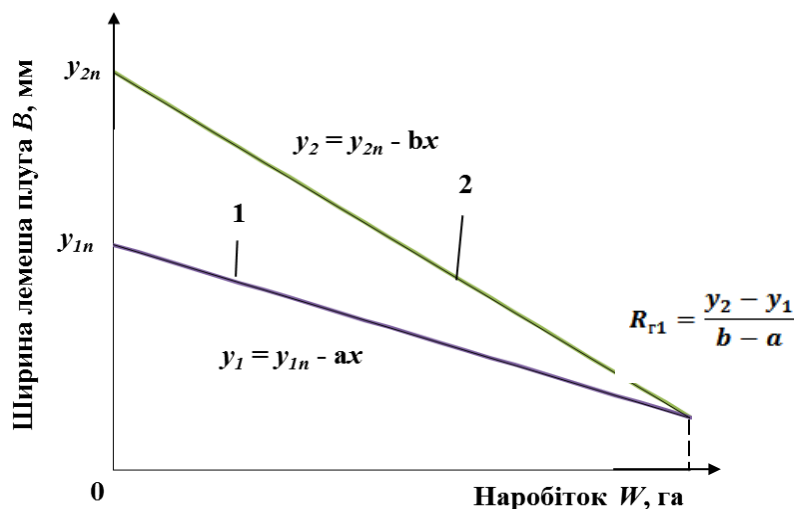
РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ВІДНОВЛЕНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ СУЦІЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З УРАХУВАННЯМ УМОВ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Дослідження зношування лемешів плугів на ґрунтах різної зношувальної здатності

На глинистих та суглинистих ґрунтах лемеші плугів досягають граничного стану через лінійний знос за шириною B , причому носок лемешів плугів перестає виступати над лезом внаслідок інтенсивнішого зношування через більші питомі навантаження, що також призводить до настання граничного стану лемешів (рис. 1.1).

При перезміщенні леза, ресурс лемеша плуга $R_{г1}$ визначатиметься досягненням граничного стану, що характеризується втратою лемешем заглиблюючої здатності, внаслідок того, що його носок перестає виступати над лезом.

Тоді ресурс $R_{г1}$ можна визначити за рис. 2.1 за допомогою наступних підставлень і перетворень.



1 – лезо за шириною лемеша плуга B_n ;

2 – носок за шириною лемеша плуга B_n .

Рисунок 2.1 – Схема визначення ресурсу $R_{г1}$

a і b - кутові коефіцієнти прямих y_1 та y_2 , що чисельно дорівнюють тангенсам кутів нахилу прямих. Продиференціювавши рівняння прямих по наробітку W отримаємо інтенсивності зношування носка та леза за шириною лемеша плуга:

$$a = \frac{dB_H}{dW} = I_{BH} \quad (2.1)$$

$$b = \frac{dB_L}{dW} = I_{BL} \quad (2.2)$$

Звідки інтенсивності зношування носка та леза лемеша плуга дорівнюватимуть:

$$I_H = -I_{BH} \quad (2.3)$$

$$I_L = -I_{BL} \quad (2.4)$$

Тоді:

$$R_{r1} = \frac{(B_L - B_{гр}) - (B_H - B_{гр})}{I_H - I_L} \quad (2.5)$$

де B_H – носок за шириною лемеша плуга, мм;

I_H – інтенсивність зношування носка за шириною лемеша плуга, мм/га;

B_L – лезо за шириною лемеша плуга, мм;

$B_{гр}$ – гранична ширина лемеша плуга, мм;

$I_{л}$ – інтенсивність зношування леза за шириною лемеша плуга.

При перезміцненні носка, ресурс лемеша плуга $R_{г2}$ визначатиметься зношуванням його леза до граничної ширины лемеша плуга.

Для повного використання ресурсу лемеша повинна виконуватися умова одночасного зношування його леза $R_{г2}$ та носка $R_{г3}$ до граничної ширины лемеша:

$$\begin{cases} R_{г2} = R_{г3} \\ \frac{B_{л} - B_{гр}}{I_{л}} = \frac{B_{н} - B_{гр}}{I_{н}} \end{cases} \quad (2.6)$$

Після перетворень отримаємо:

$$K_i = \frac{I_{л}}{I_{н}} = \frac{B_{л} - B_{гр}}{B_{н} - B_{гр}} \quad (2.7)$$

де K_i – коефіцієнт інтенсивності зношування елементів лемешів плугів.

Для лемеша з параметрами $B_{л} = 120$ мм, $B_{н} = 143$ мм та $B_{гр} = 90$ мм раціональне значення коефіцієнта інтенсивності зношування елементів лемеша плуга становитиме $K_i = 0,57$.

За інших значень коефіцієнта K_i ресурс лемешів плугів визначатиметься за рівняннями (2.8)-(2.11) і відповідно залишатиметься запас носка чи носка та леза за шириною лемеша плуга:

$$R_{зал} = \frac{R_{г2} - R_{г3}}{R_{г2}} \quad \text{при } I_{н} \leq I_{л}, R_{г3} < R_{г2} < R_{г1} \text{ та } R_{г3} < R_{г1} < R_{г2} \quad (2.8)$$

$$R_{зал} = \frac{R_{г3} - R_{г2}}{R_{г3}} \quad \text{при } R_{г2} < R_{г3} < R_{г1} \text{ та } R_{г2} < R_{г1} < R_{г3} \quad (2.9)$$

$$R_{\text{зал}} = \frac{R_{r2} - R_{r1}}{R_{r2}} \text{ при } R_{r1} < R_{r3} < R_{r2} \quad (2.10)$$

$$R_{\text{зал}} = \frac{R_{r3} - R_{r1}}{R_{r3}}, \text{ при } R_{r1} < R_{r2} < R_{r3} \quad (2.11)$$

За рівняннями (2.8)-(2.11) побудовано номограму, що надає можливість графічно визначати залишковий ресурс лемешів плугів $R_{\text{зал}}$ від коефіцієнта інтенсивності зношування елементів лемеша плуга K_i (рис. 2.2).

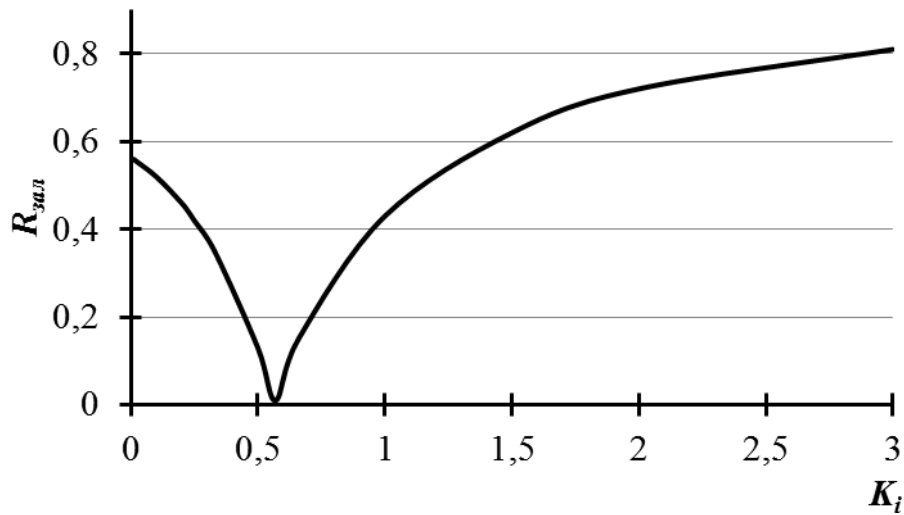


Рисунок 2.2 – Номограма визначення залишкового ресурсу лемеша плуга $R_{\text{зал}}$ від коефіцієнта інтенсивності зношування елементів лемеша плуга K_i

Інтенсивність зношування носка I_n та леза I_l лемеша плуга можна визначити за рівняннями [19]:

$$I_n = p_n * c = \frac{N}{S_n} c = k_n a^n \quad (2.12)$$

$$I_l = p_l * c = \frac{N}{S_l} c = k_l a^n \quad (2.13)$$

де ρ_n – тиск ґрунту на носок;

ρ_l – тиск ґрунту на лезо лемеша;

c – коефіцієнт пропорційності;

N – нормальна сила;

S_n – площа носка;

S_l – площа леза;

k_n і k_l – коефіцієнти, що враховують щільність ґрунту й кути постановки лемеша плуга (для носка $k_n = 0,0067$, для леза $k_l = 0,0036$);

a – глибина обробітку ґрунту;

n – показник степені ($n = 1,22$).

Тоді коефіцієнт інтенсивності зношування елементів лемеша плуга K_i із однаковою зносостійкістю становитиме:

$$K_i = \frac{I_l}{I_n} = \frac{0,0036}{0,0067} = 0,54 \quad (2.14)$$

Значення раціонального та фактичного для лемеша з параметрами $B_l = 120$ мм, $B_n = 143$ мм та $B_{гр} = 90$ мм близькі, із чого встановлено, що для глинистих та суглинистих ґрунтів носок та лезо раціонально зміцнювати одним і тим же способом для забезпечення однакових якісних характеристик для леза та носка лемеша плуга.

На піщаних та супіщаних ґрунтах лемеші плугів досягають граничного стану через лінійний знос за товщиною δ (рис. 1.1). Причому інтенсивність зношування носка за товщиною більша за інтенсивність зношування леза за товщиною через більші питомі навантаження.

Згідно рівнянь (2.12 та 2.13) тиск на носок буде більший у 1,86 раза за тиск на лезо лемеша плуга [19]:

$$\frac{p_n}{p_l} = \frac{0,0067}{0,0036} = 1,86 \quad (2.15)$$

Для рівномірного зношування зміцнених лемешів плугів, що експлуатуються на піщаних та супіщаних ґрунтах, інтенсивності зношування їх носків $I_{нт}$ та лез $I_{лт}$ за товщиною повинні бути однаковими. За питомого тиску на носок лемеша згідно рівняння (2.15) у 1,86 рази більше, ніж на його лезо, відносна зносостійкість його носка Z_n повинна бути відповідно в 1,86 рази більше за відносну зносостійкість його леза Z_l . Тому для зміцненого лемеша матимемо пропорцію:

$$\frac{I_{нт}}{I_{лт}} = \frac{Z_n}{1,86 * Z_l} \quad (2.16)$$

Підставивши замість інтенсивностей зношування зміцненого леза згідно рівнянь (2.14 та 2.15) нормальну силу та зміцнені площі носка та леза лемеша після перетворень отримаємо:

$$\frac{Z_n * S_n}{1,86 * Z_l * S_l} = 1 \quad (2.17)$$

де S_n – площа носка лемеша, м²; S_l – площа леза лемеша, м².

За електроконтактного оброблення леза матимемо:

$$Z_l S_l = Z_e S_e \quad (2.18)$$

де S_e – площа електроконтактного оброблення леза лемеша, м²; Z_e – відносна зносостійкість леза лемеша зміцненого електроконтактним обробленням.

За точкового зміцнення носка матимемо:

$$Z_n S_n = Z_t S_t + Z_m (S_n - S_t) \quad (2.19)$$

де S_t – площа точкового зміцнення носка лемеша, м²; Z_t – відносна зносостійкість матеріалу для точкового зміцнення носка лемеша; Z_m – відносна зносостійкість матеріалу лемеша.

Площа точкового зміцнення розраховується як [42]:

$$s_T = n \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.20)$$

де n – кількість точок у носковій частині лемеша, шт.;

d – діаметр точки в носковій частині лемеша, м.

Тоді теоретична залежність раціонального діаметра d точкового зміцнення у носковій частині від відносних зносостійкостей матеріалів для зміцнення носка та леза лемеша матиме вигляд:

$$d = \sqrt{\frac{4(1,86 * Z_e S_e - Z_m S_n)}{n\pi(Z_T - Z_m)}} \quad (2.21)$$

2.2 Дослідження процесу електроконтактного оброблення лемешів плугів

Виходячи з цього, необхідно розвинути подальші дослідження залежностей впливу технологічних параметрів електроконтактного оброблення на товщину зміцнення лемешів плугів.

Електроконтактне оброблення – термічний процес, що використовує енергію дугових розрядів. Тепловий баланс процесу, що протікає між диском-електродом та деталлю можна представити як [51]:

$$Q_\Sigma = Q_K + Q_B, \quad (2.22)$$

де Q_Σ – загальна кількість витраченої енергії, Дж;

Q_K – корисна витрата енергії, яка іде на нагрівання і плавлення оброблюваної деталі, Дж;

Q_B – втрати енергії, Дж.

Тоді витрата енергії для розплавлення металу деталі під час загострення складе [51]:

$$Q_K = m_d \cdot c \cdot (T_{пл} - T_p), \quad (2.23)$$

де m_d – маса розплавленого металу деталі, кг;

c – питома теплоємність матеріалу деталі, Дж/кг·°С;

$T_{пл}$ – температура плавлення металу деталі, °С;

T_p – температура рідинного середовища, °С.

Масу розплавленого металу знаходимо за рівнянням [51]:

$$m_d = L \cdot S \cdot \rho, \quad (2.24)$$

де L – довжина оброблення деталі, м;

S – площа контакту електрода з деталлю під час загострення, м²;

ρ – густина матеріалу деталі, кг/м³.

Вимірявши величину сили струму і напруги за час t , можна визначити загальну кількість енергії із співвідношення [51]:

$$Q_\Sigma = U \cdot I \cdot t, \quad (2.25)$$

де U – напруга, за якої здійснюється процес, В;

I – сила струму, А.

Коефіцієнт корисної дії η дорівнює [51]:

$$\eta = \frac{Q_K}{Q_\Sigma}. \quad (2.26)$$

Підставляючи значення Q_K за формулою (2.23), m_d за виразом (2.24) та Q_Σ за виразом (2.25), отримуємо [51]:

$$\eta = \frac{L \cdot S \cdot p \cdot c (T_{\text{пл}} - T_{\text{р}})}{U \cdot I \cdot t} \quad . \quad (2.27)$$

Відношення довжини оброблення деталі L до часу її оброблення t можна представити як швидкість оброблення деталі V , тоді вираз (2.27) набуває такого вигляду:

$$\eta = \frac{V \cdot S \cdot p \cdot c (T_{\text{пл}} + T_{\text{р}})}{U \cdot I} \quad . \quad (2.28)$$

З теорії зварювальних процесів відомо вираз для розрахунку максимальних температур для випадку розплавлення металу деталі, що являє собою пластину. Під час електроконтактного оброблення інструментом-електродом як потужним швидкодіючим лінійним джерелом тепла, нехтуючи тепловіддачею отримано вираз [72]:

$$(T_{\text{пл}} - T_{\text{р}}) = \sqrt{\frac{2}{\pi \cdot e}} \frac{q}{V \cdot c \cdot \rho \cdot S'} \quad (2.29)$$

де q – теплова потужність дуги, Дж/с.

Перетворюючи вираз (2.28), одержимо [72]:

$$V \cdot c \cdot p \cdot S \cdot (T_{\text{пл}} - T_{\text{р}}) = \sqrt{\frac{2}{\pi \cdot e}} \cdot q. \quad (2.30)$$

Ліва частина цієї рівності являє собою потужність проплавлення $q_{\text{пл}}$ [72]:

$$V \cdot c \cdot p \cdot S \cdot (T_{\text{пл}} - T_{\text{р}}) = q_{\text{пл}} \quad (2.31)$$

Коефіцієнт корисної дії можна представити також як [72]:

$$\eta = \frac{q_{\text{пл}}}{q}. \quad (2.32)$$

Тоді η , враховуючи вирази (2.31) і (2.32), дорівнюватиме [72]:

$$\eta = \sqrt{\frac{2}{\pi \cdot e}} = 0,484 \quad (2.33)$$

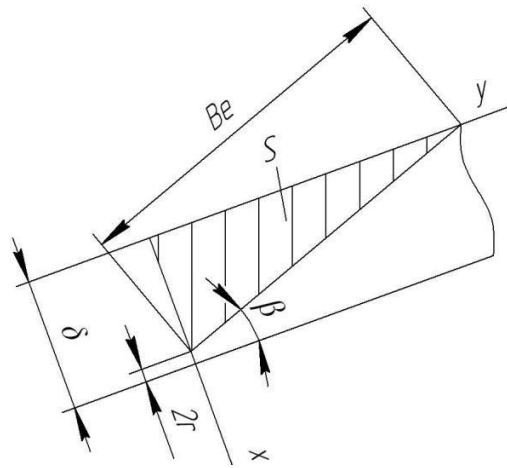
Підставляючи значення η у вираз (2.28) та перетворюючи його, отримаємо:

$$V \cdot c \cdot p \cdot S \cdot (T_{\text{пл}} - T_{\text{р}}) = 0,484 \cdot U \cdot I. \quad (2.34)$$

Добуток напруги U на силу струму I можна представити як потужність електричного струму P , тоді вираз (2.34) набуває такого вигляду:

$$V \cdot c \cdot p \cdot S \cdot (T_{\text{пл}} - T_{\text{р}}) = 0,484 \cdot P. \quad (2.35)$$

На площу електроконтактного оброблення лемешів плугів S впливають геометричні параметри лемешів плугів (рис. 2.3).



B_e – ширина електроконтактного оброблення, м;

β – кут загострювання лемеша плуга, град;

δ – товщина лемеша плуга, м;

r – радіус заокруглення ріжучої кромки лемеша плуга, м.

Рисунок 2.3 – Схема електроконтактного оброблення та загострювання лемеша плуга

За рівнянням для матеріалу сталь 65Г, при швидкості електроконтактного оброблення $V = 0,01$ м/с, рідинного середовища $T_p = 20$ °С, куті загострювання лемеша плуга $\beta = 15$ град, товщини лемеша плуга $\delta = 0,01$ м, встановлено залежність потужності електричного струму P від радіуса заокруглення ріжучої кромки лемеша плуга r не більше 1 мм (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Залежність потужності електричного струму P від радіуса заокруглення ріжучої кромки лемеша плуга r не більше 1 мм

Установлено раціональні значення потужності електричного струму P , що становить 16971-26518 Вт.

За встановленою залежністю потужності електричного струму P від радіусу заокруглення ріжучої кромки лемеша плуга r не більше 1 мм встановлено верхні та нижні рівні факторів електроконтактного оброблення напруги U (верхній рівень – 55 В, нижній рівень – 45 В) та сили струму I (верхній рівень – 450 А, нижній рівень – 350 А) (рис. 2.5).

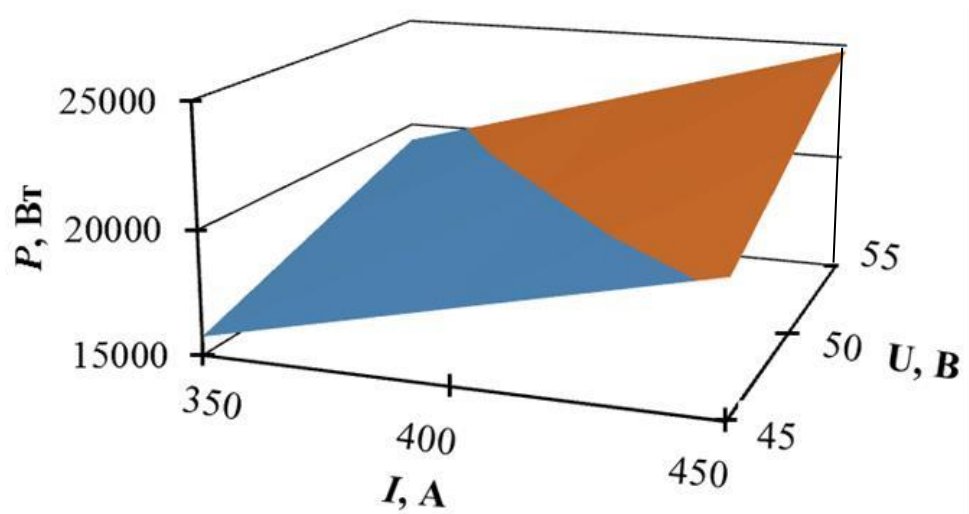


Рисунок 2.5 – Залежність потужності електричного струму P від напруги U та сили струму I електроконтактного оброблення лемешів плугів

Для експериментальних досліджень технологічних параметрів електроконтактного оброблення, що забезпечать раціональні товщини зміцнених шарів лемешів плугів, що використовуються на ґрунтах різної зношувальної здатності, доцільно використовувати сучасні установки для електроконтактного оброблення, що забезпечують постійну швидкість процесу. Теоретичну залежність товщини зміцненого шару лемеша плуга, визначали як глибину проплавлення сталі 65Г [50, 65].

2.3. Методика порівняльних випробувань матеріалів на зносостійкість

Порівняльні випробування матеріалів на зносостійкість проводили на експериментальній установці для випробувань матеріалів на абразивне зношування УВЗ-1 (рис. 2.6).

Установка складається із електродвигуна 2, який розміщується на рамі 1 і приводить в рух вал 7 із абразивним кругом 8 через з'єднувальну муфту та редуктор 5.

Зразок із покриттям 13 кріпився на кронштейн 9 і фіксувався гвинтом 14 та під дією навантаження 12 підводився до абразивного круга 8.

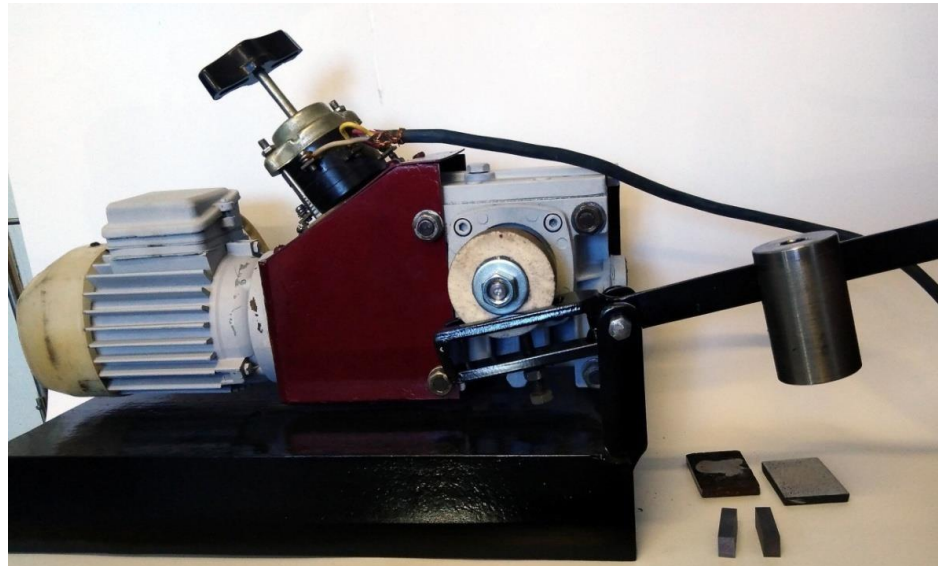
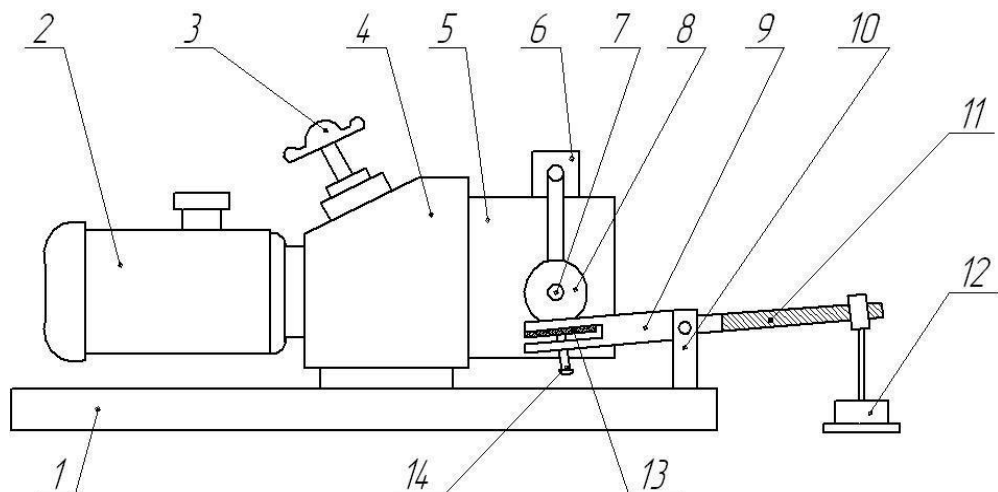


Рисунок 2.6 – Загальний вигляд установки УВЗ-1



1 – рама; 2 – електродвигун; 3 – рубильник; 4 – кожух муфти;
5 – редуктор; 6 – лічильник обертів; 7 – вал; 8 – шліфувальний круг;
9 – кронштейн кріплення зразка; 10 – стійка кріплення важеля до рами;
11 – важіль навантаження; 12 – вантаж; 13 – зразок; 14 – притискний болт

Рисунок 2.7 – Схема установки для випробовувань на абразивне зношування УВЗ-1

Для проведення порівняльних досліджень використовувався стандартний лічильник обертів 6 і зразки за розмірами: довжина - 30-100 мм, ширина - 25-70 мм, товщина – 2-15 мм. У якості абразивного інструменту - шліфувальні круги ПП 63х20х20 24А 25-Н С16 К5Б 40 м/с.

Порівняльні випробування на зносостійкість проводили на зразках, виготовлених з матеріалів:

- сталі 65Г, загартованої до HRC 54-57 (нагрів до 920°C, охолодження у воді), прийняті за еталон;
- наплавленого шару електродом Т-590 на сталь 65Г (діаметр електрода - 4 мм, сила струму наплавлення – 200-250 А, напруга – 32-36 В).

В якості абразивного інструменту використовували нові шліфувальні круги 1 63×20×20 25А F60 CM C CT 6 БЗ.

Для вимірювання величини зносу використовували ваги лабораторні рівноплечі 2 класу моделі ВЛР-200 г з похибкою зважування $\pm 0,0005$ г (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Ваги ВЛР-200 г для зважування зразків

Рідина для промивання зразків – спирт етиловий технічний.

Умови випробувань:

- середовище – сухе тертя на повітрі;
- контактне навантаження, Н – 30;
- частота обертання круга, хв.^{-1} – 47;
- тривалість випробувань, хв. – 105;
- кількість циклів, шт. – 5000.

Тривалість випробувань контролювали за допомогою хронометра.

Зразки маркували на неробочих поверхнях, промивали в спирті, висушували протягом 10 хв. на повітрі та зважували на вагах ВЛР-200 г с точністю до 0,0005 г.

Твердість матеріалів визначали на твердомірі ТКП–1 за методикою, наведеною в підрозділі 3.5.

Підготовлений до випробувань зразок вставляли між пластинами кронштейну важеля навантаження установки випробувальною поверхнею догори та притискали болтом до верхньої пластини, прикладали навантаження, включали привід установки, фіксували час випробувань.

Після досягнення заданої тривалості випробувань зразки промивали в спирті, висушували на повітрі та зважували на вагах ВЛР-200 г.

Величину зносу зразків визначали як різницю маси зразка до і після випробувань. Після визначення середньої величини зносу, середнього квадратичного відхилення та коефіцієнта варіації визначали відносну зносостійкість поверхні зразка за формулою:

$$C_{від} = \frac{\bar{i}_{em}}{\bar{i}_{вин}}, \quad (2.36)$$

де $\bar{i}_{em}$ - середня величина зносу поверхні, що прийнята за еталон, г;

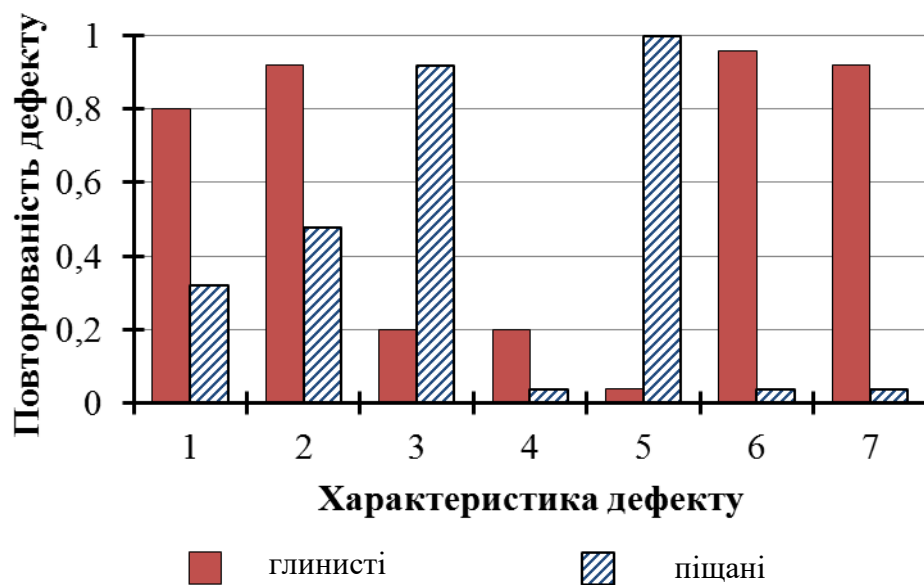
$\bar{i}_{вин}$ - середня величина зносу поверхні, що випробовується, г.

2.6 Характер та величини зношування лемешів плугів із урахуванням умов їх використання

Установлені найбільші та найменші значення зносу лез лемешів плугів, що використовуються на глинистих та суглинистих ґрунтах (16,3 мм та 27,9 мм), середнє значення зносу лез $W_{срг}$, що дорівнює 22,1 мм.

Установлені найбільші та найменші значення зносу за товщиною лемешів плугів, що використовуються піщаних та супіщаних ґрунтах (1,8 мм та 3,2 мм), середнє значення зносу $W_{срп}$, що дорівнює 2,5 мм.

Також за результатами обробки даних мікрометражних карт серед лемешів плугів, придатних до відновлення, визначалась повторюваність дефектів (рис. 2.9).



1 – зношування за шириною; 2 – зношування носка; 3 – променевидне зношування носової частини леза; 4 – зношування за довжиною; 5 – зношування за товщиною лемеша; 6 – утворення потиличної фаски; 7 – затуплення леза лемеша.

Рисунок 2.9 – Повторюваність дефектів плужних лемешів

Визначення зон, величин та характеру зношування, а також повторюваності дефектів проводили на вітчизняних лемешах плугів, що працювали в умовах, які найбільш суттєво відрізняються за інтенсивністю та характером зношування, а саме, на глинистих і суглинистих ґрунтах та на піщаних і супіщаних ґрунтах.

Коефіцієнт вибракування ($\kappa_{вибр}$) становив 0,06 для глинистих та суглинистих ґрунтів та 0,12 для піщаних та супіщаних. Коефіцієнт відновлення (κ_v) рівнявся 0,88 для піщаних та супіщаних ґрунтів та 0,94 для глинистих та суглинистих.

За результатами визначення повторності дефектів лемешів встановлено, що характер зношування лемешів суттєво відрізняється при експлуатації на різних типах ґрунтів.

2.7 Складові частини лемешів плугів при відновленні та їх параметри

За результатами аналізу заводської документації на виготовлення вітчизняних лемешів плугів, статистичним аналізом зношувань лемешів плугів та критеріїв їх ремонтпридатності визначені геометричні параметри ремонтних вставок лез та носків лемешів (рис. 2.10).

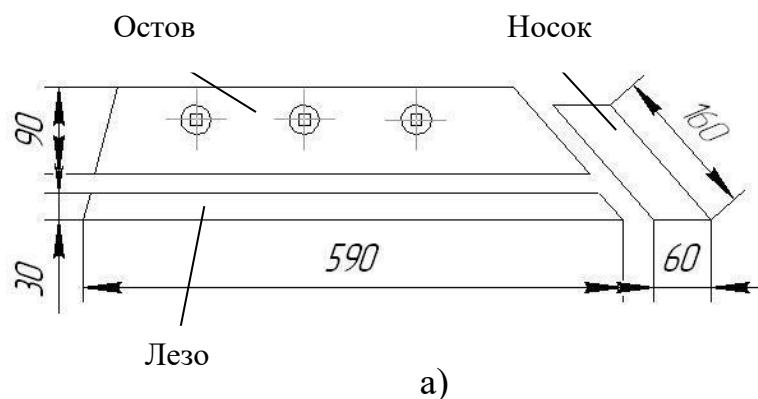


Рисунок 2.10 – Геометричні параметри складових частин лемешів при відновленні

За визначеними параметрами були виготовлені ремонтні вставки шляхом вирубування заготовок лез та носків на ножицях кривошипних з похилим ножем НД 3312Б (рис. 2.11) та на апараті для повітряно-плазмового різання металу ПРИ-L-60 були обрізані зношені лемеші (рис. 2.12).



Рисунок 2.11 – Фотографії заготовок носка (а) та леза (б) лемеша плуга



а)



б)

Рисунок 2.12 - Схема обрізування зношеного лемеша (а) та фотографія обрізаного остова (б)

Режими обробки та штучний час при обрізуванні лемеша ПНЧС наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Режими обробки та штучний час при обрізуванні лемеша ПНЧС 01.702А

Режими обробки				Штучний час Т шт., хв.
I, А	U, В	Тиск повітря, ат	Витрата повітря, л/хв.	
50	100	4-6	250	1,4

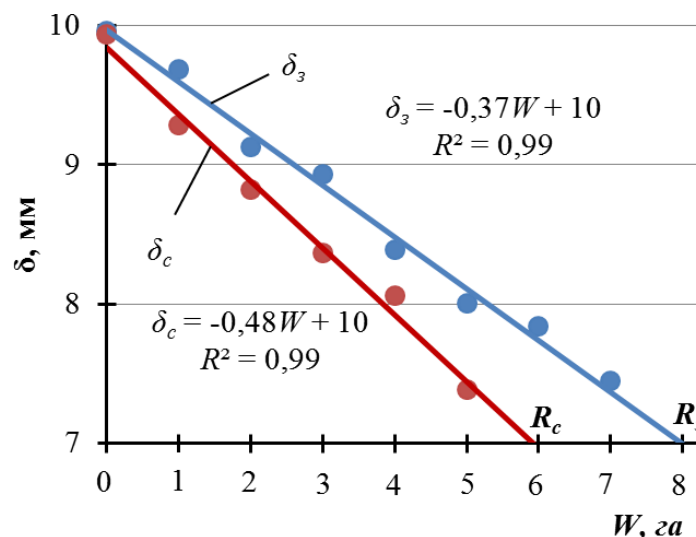
2.8 Результати лабораторно-польових випробувань лемешів плугів зміцнених за різними технологічними процесами

Під час лабораторних випробувань підтвердилась працездатність оснащення для забезпечення необхідної точності при зварюванні остова та вставок лемеша під час відновлення.

Випробування проводили нових лемешів та відновлених із використанням електроконтактного оброблення та точкового зміцнення.

Для експлуатаційних випробувань відновлені та серійні лемеші (наплавлений і ненаплавлений) були встановлені на плуг ПП-8-35.

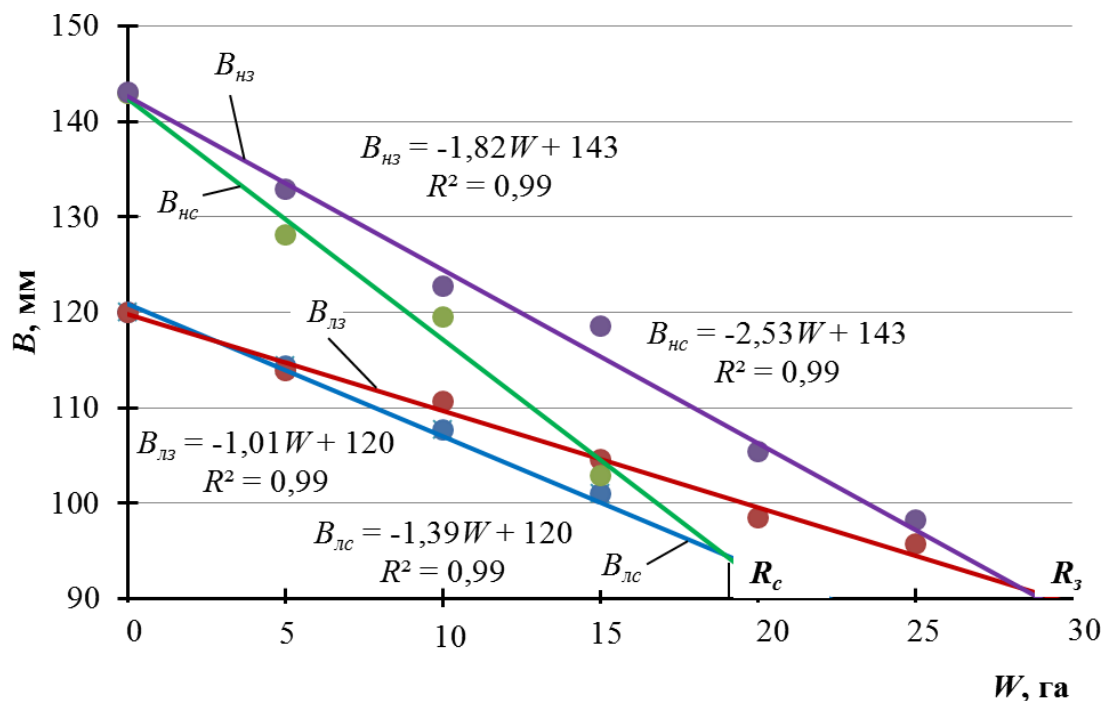
За результатами лабораторно-польових випробувань лемешів, які були проведені в умовах виробничої експлуатації в господарствах Черкаської та Рівненської областей установлено, що на піщаних та супіщаних ґрунтах серійні лемеші вибраковуються передчасно через лінійний знос лемешів за товщиною з утворенням променевидного зносу з робочого боку за наробітку в 6 га, а ресурс R_z зміцнених лемешів у 1,3 раза більший і становить – 7,9 га. Інтенсивність зношування серійних лемешів становить 0,48 мм/га, зміцнених – 0,37 мм/га (рис. 2.13).



δ_c – серійних лемешів;
 δ_z – зміцнених лемешів;
 R_c – ресурс серійних лемешів;
 R_z – ресурс зміцнених лемешів;

Рисунок 2.13 – Залежність товщини лемешів плугів δ від наробітку W до граничного стану на піщаних та супіщаних ґрунтах

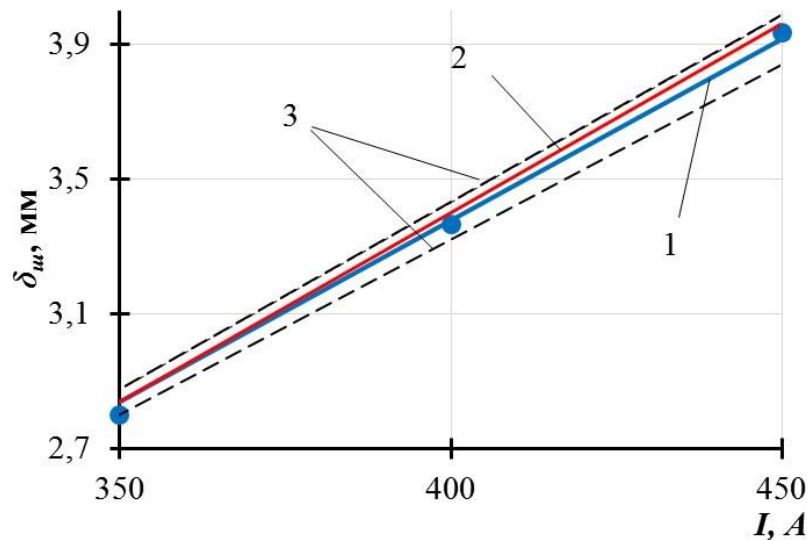
За результатами лабораторно-польових випробувань лемешів плугів, які були проведені в умовах виробничої експлуатації в господарствах Київської та Рівненської областей встановлено, що на глинистих та суглинистих ґрунтах серійні лемеші плугів досягають граничного стану через лінійний знос носка за шириною при наробітку в 19,5 га, а ресурс зміцнених лемешів R_3 в 1,4 раза більший, ніж у серійних, і становить – 28,1 га, інтенсивність зношування носків та лез серійних лемешів становить відповідно 2,53 мм/га та 1,39 мм/га, а носків та лез зміцнених лемешів відповідно 1,82 мм/га та 1,01 мм/га (рис. 2.14).



$B_{лс}$ – леза за шириною серійних лемешів; $B_{нс}$ – носка за шириною серійних лемешів; $B_{лз}$ – леза за шириною зміцнених лемешів; $B_{нз}$ – носка за шириною зміцнених лемешів; $R_с$ – ресурс серійних лемешів; R_3 – ресурс зміцнених лемешів.

Рисунок 2.14 – Залежність ширини лемеша плуга B від наробітку W до граничного стану на глинистих та суглинистих ґрунтах

Для перевірки адекватності теоретичних даних отриманим експериментальним з визначення товщини зміцненого шару $\delta_{ш}$ від сили струму I (при напрузі $U = 55$ В) їх побудовано на одному графіку з додатково побудованими інтервалами довіри з ймовірністю довіри 95 % (рис. 4.14).



1 – експериментальні дані;

2 – теоретичні дані;

3 – інтервали довіри

Рисунок 2.14 – Порівняння теоретичних та експериментальних даних

Таким чином встановлено, що для умов експлуатації лемешів на глинистих ґрунтах зміцнені лемеші мають ресурсні значення в 1,4 раза вище, ніж серійні; а на піщаних ґрунтах в 1,3 раза вище, ніж серійні.

Ремонтні вставки лемешів виготовляють із листової сталі 65Г на кривошипних (гільйотинних) ножицях з похилим ножом типу НД 3312 Б.

Після зміцнення на заточному верстаті усувають зайві напливи та за необхідністю доводять загострення лезової частини вставок згідно з вимогами технологічного процесу.

Приварювання підготовлених ремонтних вставок до остовів лемешів плугів проводять в пристосуваннях для зварювання, вставки до лемешів приварюють встик.

При цьому, для глинистих та суглинистих ґрунтів зміцнення доцільно проводити з неробочого боку для забезпечення самозагострення лемешів в процесі експлуатації.

Для піщаних ґрунтів зміцнення доцільно проводити з робочого боку для підвищення ресурсних показників в процесі експлуатації в цих умовах.

Отже, для відновлення та зміцнення лемешів плугів, які експлуатуються в умовах різних груп ґрунтів розроблено планівку ділянки з розміщенням устаткування та оснащення на цій ділянці, визначено її середню виробничу площу в 72 м². Робота ділянки передбачається в одну зміну при завантаженні виробництва до 1000 деталей на рік. В основу технологічної частини роботи ділянки закладено поєднання методів відновлення додатковими ремонтними вставками і їх електроконтактного зміцнення, а виконання технологічних операцій передбачено змінно-потокним методом.

2.9 Висновки за розділом

За результатами лабораторно-польових випробувань лемешів плугів, які були проведені в умовах виробничої експлуатації в господарствах Черкаської та Рівненської областей встановлено, що на піщаних та супіщаних ґрунтах серійні лемеші плугів вибіраються передчасно через лінійний знос лемешів за товщиною з утворенням променевидного зносу з робочого боку при наробітку в 6 га, а ресурс зміцнених лемешів у 1,3 раза більший, ніж у серійних, і становить – 7,9 га.

За результатами лабораторно-польових випробувань лемешів плугів, які були проведені в умовах виробничої експлуатації в господарствах Київської та Рівненської областей встановлено, що на глинистих та суглинистих ґрунтах серійні лемеші плугів досягають граничного стану через лінійний знос носка та леза за шириною при наробітку в 19,5 га, а ресурс зміцнених лемешів у 1,4 раза більший, ніж у серійних, і становить – 28,1 га.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

В умовах спеціалізації і концентрації сільськогосподарського виробництва на базі міжгосподарської кооперації й агропромислової інтеграції зростає насиченість села різними машинами і разом з тим стає ще більш важливою гарна підготовка сільських трудівників в галузі техніки безпеки і виробничої санітарії.

3.1 Організація умов та заходів з охорони праці в господарстві

Для створення на робочому місці в кожному структурному підрозділі умов праці відповідно до нормативноправових актів, а також забезпечення додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці роботодавець забезпечує функціонування СУОП – частини загальної системи управління організацією, яка сприяє запобіганню нещасним випадкам та професійним захворюванням на виробництві і включає в себе комплекс правових, організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних, соціальноекономічних та лікувально-профілактичних заходів для збереження життя, здоров'я та працездатності найманих працівників

3.2 Аналіз умов та заходів з охорони праці під час роботи грунтообробними машинами

Трактористи повинні бути забезпечені спецодягом: костюм з пило-непроникної тканини, рукавиці комбіновані, окуляри захисні. Технічний стан тракторів, сільськогосподарських машин повинен відповідати вимогам інструкції. Під час роботи, переїзду не дозволяється перебувати на тракторах стороннім особам. Тракторист повинен бути навчений прийомам надання долі карської допомоги. На кожному тракторі має бути невеличка аптечка.

Вимоги безпеки до початку роботи

Одягти спецодяг, акуратно його заправити, щоб не було звисаючих кінців. При під'єднанні трактора до причіпної машини людям треба відійти від техніки на відстань не менш як 1,5 м. З'єднання проводити при повній зупинці трактора.

Перед початком запускання двигуна трактора перевірити положення важелів переключення передач та справність блокуючого пристрою.

Починати роботу тільки після ретельної перевірки справності всього агрегату. При запуску пускачем не дозволяється намотувати мотузку на руку.

Перед початком руху трактора з місця необхідно переконатися, що це нікому не загрожує, подати попереджуючий сигнал. Особливо бути обережним при навішуванні на трактор навісних машин.

Вимоги безпеки під час роботи

При підйманні та опусканні навісного знаряддя, а також при поворотах треба переконатися, що ці дії не створюють небезпеки для інших працівників. Під час руху агрегату сідати, сходити з нього не дозволяється.

Забороняється перебувати під піднятим навісним знаряддям при регулюванні та усуненні неполадок. Не дозволяється залишати навісне знаряддя у піднятому положенні при довгочасних зупинках трактора. На причіпних знаряддях не дозволяється встановлювати допоміжні сидіння, якщо вони не передбачені заводом-виготовачем. При роботі у нічний час трактор повинен мати справне освітлення.

Очищати плуг від бур'янів, налиплого ґрунту тільки після повної зупинки. При боронуванні очищення зубових борін необхідно робити за допомогою гачків. Невиконання цієї вимоги призводить до травмування працівників. При боронуванні поля, яке забруднено рослинними рештками, бур'янами, зубці борін встановлюють скосами в бік руху агрегату, це забезпечує самоочищення борін. Якщо поле чисте, скоси направляються в протилежний бік руху агрегату. При зберіганні зубові борони повинні ставитися зубцями вниз. При застосуванні дискових борін, лушпильників необхідно звертати увагу на правильне встановлення чисток. Зазор між чисткою і диском повинен бути не менше 2 мм.

Заходи безпеки в аварійних ситуаціях

При несправності агрегату негайно його треба зупинити. Якщо стався нещасний випадок, повідомити адміністрацію. Потерпілому надати першу долікарську допомогу. Місце нещасного випадку зберегти без змін до повного розслідування.

Вимоги безпеки після закінчення робіт

Вигнати агрегат із загінки і, по затвердженим у господарстві маршрутам руху, поставити його на місце стоянки. Заглушити двигун, загальмувати трактор, у холодний період року злити воду і впевнитись, що вона повністю витекла з системи охолодження. Очистити агрегат від бруду, пилу, рослинних решток. Оглянути та усунути виявлені недоліки. Зняти одяг, вмитися, по-можливості прийняти душ.

3.3 Висновки по розділу

Розроблено організацію умов та заходів з охорони праці в господарстві для працівників при виконанні робіт . Вивчено методику моделювання процесів при роботі ґрунтообробними машинами, виникнення небезпечних ситуацій, а саме змодельовано процесу виникнення травми при роботі з експериментальною установкою. Проведений аналіз з вимог безпеки ґрунтообробними машинами.

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.2 Розрахунок економічної ефективності впровадження групових технологічних процесів відновлення і зміцнення лемешів плугів із урахуванням умов їх використання

В роботі обґрунтовано експлуатаційні і технологічні пропозиції щодо підвищення ресурсу лемешів плугів та проведено техніко-економічне обґрунтування. Для розрахунку техніко-економічної оцінки підвищення ресурсу використовувались методики, представлені в роботах [22, 23].

Річний економічний ефект від впровадження технологічного процесу відновлення та зміцнення лемешів плугів із урахуванням умов їх використання на ділянці при відновленні деталей для власних потреб розраховувався як різниця витрат на придбання, транспортування певної кількості нових лемешів плугів, необхідної для обробітку площ, наявних у господарстві та витрат на собівартість відновлення та зміцнення ремонтного фонду для обробітку аналогічної площі, включаючи питомі капітальні витрати.

Розрахунки проводилися за формулою:

$$E_p = C_n N_n + C_{n.tr} - (C_v + E_n K_n) N_v, \quad (4.1)$$

де E_p – річний економічний ефект на ділянці при відновленні і зміцненні деталей для власних потреб, грн.;

C_n – ціна нової деталі, грн.;

$C_{n.tr}$ – транспортні витрати на доставку нових запасних частин, грн.;

N_n, N_v – відповідно кількість нових і відновлених та зміцнених деталей на власній ділянці, необхідних для обробітку площ наявних у господарстві, шт.;

C_v – собівартість відновлення і зміцнення одної деталі, грн.;

K_n – питомі капітальні витрати на відновлення, зміцнення одної деталі, грн.;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ($E_n=0,15$).

Ціна нової деталі складає $C_H = 300,0$ грн., за рік допускаємо дві поїздки за новими деталями на відстань не більше 50 км з сумарними транспортними витратами $C_{H.TP} = 500$ грн, собівартість відновлення C_v розраховали за [93], а питомі інвестиції склали $K_n = 56,8$ грн., кількість нових лемешів плугів і відновлених та зміцнених необхідну для обробітку площ S 1636,7 га глинистих та суглинистих ґрунтів та 327,3 га піщаних та супіщаних ґрунтів можна розрахувати відповідно як співвідношення площі на ресурси нової та зміцненої деталі ($W_{нз} = 19,5$ га, $W_{вз} = 28,1$ га та $W_{нп} = 6$ га, $W_{вз} = 7,9$ га).

В загальному вигляді собівартість відновлення та зміцнення лемешів плугів визначалася за формулою:

$$C_v = C_{zn} + C_m + C_y + C_{np} + C_{дз}, \quad (4.2)$$

де C_v – собівартість відновлення і зміцнення одного робочого органу, грн.;

C_{zn} – заробітна плата з нарахуванням, грн.;

C_m – вартість матеріалів для відновлення деталі, грн.,

C_y – витрати на утримання і експлуатацію устаткування, грн.;

C_{np} – витрати на утримання і ремонт приміщення, грн.;

$C_{дз}$ – загальнодільничні та загальногосподарчі витрати, грн.

Заробітню плату (основну та додаткову) з нарахуваннями визначають за формулою:

$$C_{zn} = C_{zn.o} \cdot K_d \cdot K_v \cdot K_{нд} \quad (4.3)$$

де $C_{zn.o}$ – основна заробітна плата категорії працюючих, грн.;

K_d – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату категорії працюючих ($K_d = 1,15$);

K_v – коефіцієнт, що враховує нарахування у фонд соціального страхування від суми основної і додаткової заробітної плати ($K_v = 1,363$);

$K_{нд}$ – коефіцієнт, що враховує преміальну доплату ($K_{нд} = 1,10$).

Основну заробітну плату робітників визначають, виходячи із трудомісткості (штучно-калькуляційного часу) операцій технологічних процесів відновлення і зміцнення лемешів плугів та середньої годинної тарифної ставки робітника – 52,16 грн/год.

Результати вибірки штучно-калькуляційного часу (трудомісткості операцій) технологічного процесу відновлення та зміцнення лемешів плугів із урахуванням умов їх використання наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Трудомісткість операцій технологічного процесу відновлення та зміцнення лемешів плугів із урахуванням умов їх використання

Зміст операції	Трудомісткість операцій, люд.–год. на леміш ПНЧС
1	2
Очищення та дефектування	0,06
Обрізування зношених частин Зачищення кромки	0,05
1	2
Електроконтактне оброблення Зачищення задирок	0,08
Приварювання вставок до остовів	0,19
Точкове зміцнення Зачищення бризок	0,09
Контроль	0,02
Фарбування	0,03
Усього:	0,65

Тоді заробітна плата виробничих робітників на відновлення лемеша плуга складе:

$$C_{зп.в} = 0,65 \cdot 52,16 \cdot 1,15 \cdot 1,363 \cdot 1,10 = 58,46 \text{ грн.}$$

Для ділянки з відновлення лемешів плугів кількість виробничих робітників прийнято в кількості 1 людина з кваліфікацією слюсар (верстатник)–зварювальник при умові його дозавантаження на основному виробництві ремонтної майстерні.

Вартість матеріалів визначається як сума витрат за всіма найменуваннями матеріалів, що застосовують для відновлення лемешів плугів:

$$C_m = \sum_{l=1}^s q_m \cdot C_m, \quad (4.4)$$

де q_m – норма витрат конкретного матеріалу, кг (шт.);

Π_m – вартість матеріалу за 1 кг (шт.), грн.

Витрати сталі на ремонтні вставки, електродів на зварювання та наплавлення з врахуванням довжини і катету шва визначають, виходячи з технологічного процесу. Результати розрахунків витрат матеріалів наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Розрахунок витрат матеріалів

№ п/п	Найменування матеріалу та його вартість	Витрата на 1 деталь, кг	Вартість, на: 1 деталь грн,
1	Сталь 65Г (50 грн/кг)	1,9	95
2	Електрод УОНИ-13/55 (Ø 4 мм, 50 грн/кг)	0,14	7
3	Електрод Т-590 (Ø4 мм, 140 грн/кг)	0,028	3,92
4	Вартість всіх матеріалів C_m на 1 деталь, грн	105,92	

Витрати на експлуатацію устаткування (C_y) визначають за наступною залежністю:

$$C_y = C_a + C_{mpy} + C_e + C_d, \quad (4.5)$$

де C_a – витрати на амортизацію устаткування, грн;

C_{mpy} – витрати на ремонт та обслуговування устаткування, грн;

C_e – витрати на силову електроенергію, грн;

C_d – витрати на допоміжні матеріали, грн.

Величина амортизаційних нарахувань на устаткування визначають за формулою:

$$C_a = \frac{\sum_{i=1}^n B_{y,i} \cdot a_i \cdot \mu_i}{100A}, \quad (4.6)$$

де $B_{y,i}$ – балансова вартість одиниці устаткування, грн.;

n – кількість одиниць устаткування;

a_i - річні норми амортизаційних нарахувань, % до балансової вартості, приймаються зворотно-пропорційно термінам служби устаткування;

μ_i – коефіцієнт зайнятості устаткування.

Вихідні дані для розрахунку витрат на експлуатацію устаткування наводяться в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Вихідні дані для розрахунку витрат на експлуатацію устаткування

Найменування, марка устаткування	Вартість устаткування, грн.	Коефіцієнт зайнятості μ	Річні норми амортизаційних відрахувань, %	Паспортна потужність, кВт	Коефіцієнт попиту K_{Pi}	Дійсний річний фонд часу Φ_y	Коефіцієнт використання за потужністю, $K_{B,Pi}$
Установка для електроконтактного оброблення деталей	60000	1	10	2,5	0,55	2010	0,5
Верстат вертикально-фрезерувальний	1870	0,05	7,14	3,0	0,18	2010	0,5
Верстат точильно-шліфувальний двохсторонній (типу ЗК634)	1020	0,05	7,14	3,0	0,18	2010	0,5
Джерело живлення ТМ-100	1204	0,15	2,15	20	0,55	1875	0,8
Джерело живлення	10500	1	10	30	0,55	1875	0,8
Апарат для повітряно-плазмового різання (типу ПРИ-L-40)	15600	0,05	10	5	0,55	2010	0,8
Компресор	1850	0,05	10	2	0,55	2010	0,8
Стіл для електрозварювальних робіт (типу ОКС 7523)	320	0,15	5	2	0,50	2010	0,8

За сумарними даними табл. 5.3 витрати на амортизацію C_a та на ремонт і обслуговування $C_{тру}$ в розрахунку на один леміш плуга складуть $C_a = 16,3 \text{ грн.}$, $C_{тру} = 4,9 \text{ грн.}$

Витрати на силову електроенергію C_e виходячи із розрахунку її потреби для відновлення і зміцнення лемешів плугів визначають за формулою:

$$C_e = \frac{C_e}{A} \sum_{i=1}^n \frac{P_{i \max} \cdot \Phi_{yi} \cdot K_{B\chi.i} \cdot K_{B\Pi.i}}{\eta_i}, \quad (4.7)$$

де C_e – вартість 1 кВт·г електроенергії, грн.;

$P_{i \max}$ – максимальна потужність устаткування кВт.;

n – кількість споживачів електроенергії

$K_{B\chi.i}$ – коефіцієнт використання устаткування за часом (приймаємо рівним μ).

$K_{B\Pi.i}$ – коефіцієнт використання устаткування за потужністю (0,5-0,8);

η_i – середній коефіцієнт корисної дії електродвигунів (0,75).

Максимальна потужність використання устаткування визначають за формулою.

$$P_{i \max} = P_{\Pi.УСТ.i} \cdot K_{\Pi.i}, \quad (4.8)$$

де $P_{\Pi.УСТ.i}$ – паспортна потужність одиниці устаткування, кВт.;

$K_{\Pi.i}$ – коефіцієнт попиту устаткування.

Витрати на силову електроенергію в розрахунку на один леміш плуга складуть $C_E = 11,8 \text{ грн.}$

Витрати на допоміжні матеріали для обслуговування устаткування та на інші потреби включають витрати на стиснене повітря (вже враховано у витратах силової електроенергії компресора) та на воду, обтирочні, мастильні і охолоджувальні матеріали, витрати яких дуже мали і якими можна знехтувати.

В підсумку витрати на експлуатацію устаткування в розрахунку на леміш плуга складуть $C_y = 16,3 + 4,3 + 11,8 = 32,4 \text{ грн.}$

Витрати на утримання виробничого приміщення ($C_{\text{ПР}}$) включають витрати на амортизацію і ремонт будівлі ($C_{\text{ПР.АР}}$), освітлення ($C_{\text{ПР.ОС}}$), вентиляцію та прибирання:

$$C_{\text{ПР}} = C_{\text{ПР.АР}} + C_{\text{ПР.ОС}} \quad (4.9)$$

Величина амортизаційних нарахувань визначається із виразу:

$$C_{\text{ПР.А}} = \frac{B_{\text{ПР}} \cdot a_{\text{ПР}}}{100 \cdot A}, \quad (4.10)$$

де $B_{\text{ПР}}$ – вартість виробничого приміщення, грн.;

$a_{\text{ПР}}$ – норма річних амортизаційних нарахувань на виробничі приміщення, %

($a_{\text{ПР}} = 2,8$).

Площа ділянки ($S_{\text{ПР}} = 72 \text{ м}^2$) складає близько 7 % від загальної площі майстерні з вартістю 52860 грн. Тоді:

$$C_{\text{ПР.А}} = \frac{52860 \cdot 0,07 \cdot 2,8}{100} = 103,6.$$

Витрати на поточний ремонт ділянки (при нормі нарахувань 1 %) складуть 37 грн.

Таким чином, витрати на амортизацію і ремонт приміщень, віднесені до лемеша плуга, складуть:

$$C_{\text{ПР.АР}} = \frac{(103,6 + 37) \cdot 0,365}{160} = 0,32 \text{ грн.}$$

де 0,365 і 0,635 – далі за часом у річному об'ємі відновлення лемешів плугів для власних потреб.

Витрати на освітлення визначають за формулою:

$$C_{\text{ПР.ОС}} = \frac{S_{\text{ПР}} \cdot B_{\text{Е}} \cdot T_{\text{О}} \cdot C_{\text{Е}} \cdot K_{\text{ПО}}}{1000 \cdot A}, \quad (4.11)$$

де $S_{\text{ПР}}$ – площа ділянки, м^2 ;

B_E – витрати електроенергії на освітлення 1 м² площі за 1 годину,

$B_E = 15$ Вт.;

T_o – освітлювальний період, год. ($T_o=255$ год.);

C_e – вартість 1 кВт. год. електроенергії, грн.;

$K_{по}$ – коефіцієнт попиту на освітлювальну електроенергію ($K_{по}=0,8$).

Тоді питомі витрати на освітлювання ділянки складуть:

$$C_{ПР.ОС} = \frac{72 \cdot 15 \cdot 255 \cdot 1,585 \cdot 0,8}{1000 \cdot 160} = 2,18 \text{ грн.}$$

Таким чином, витрати на утримання виробничого приміщення складуть
 $C_{ПР} = 0,32 + 2,18 = 2,50$ грн.

Інші витрати в собівартості відновлення і зміцнення лемешів плугів представлено у вигляді суми загальнодільничних $C_{дг}$ та загальногосподарчих $C_{зг}$ витрат:

$$C_{дг} = C_{нр} + C_{зг} \quad (4.12)$$

Загальнодільничні витрати визначають у відсотках до накладних витрат:

$$C_{HP} = \frac{H_B \cdot K_{IB}}{100}, \quad (4.13)$$

де H_B – накладні витрати, грн.;

K_{IB} – коефіцієнт, враховуючий величину інших дільничних витрат ($K_{IB}=5\%$).

Накладні витрати визначають за формулою:

$$H_B = C_a + C_{TPY} + C_E + C_d + C_{ПР.АР} + C_{ПР.ОС}$$

$$H_B = 16,03 + 4,9 + 11,8 + 0,16 + 0,32 + 2,18 = 35,39 \text{ грн.}$$

Тоді:

$$C_{HP} = \frac{35,39 \cdot 5}{100} = 1,76 \text{ грн.}$$

Загальногосподарчі витрати представлені витратами на підготовку та освоєння виробництва:

$$C_{3Г} = \frac{B_{П.ОВ}}{A \cdot t}, \quad (4.14)$$

де $B_{П.ОВ}$ – абсолютна величина втрат на освоєння виробництва, грн.;

t – тривалість періоду списання витрат (2-5 років). Приймаємо $t=5$.

Величина витрат на освоєння виробництва включає вартість будівельно-монтажних і пусконаладочних робіт та витрати на підготовку і впровадження технологічних процесів. Вартість будівельно-монтажних і пусконаладочних робіт визначають за формулою:

$$C_{БМ.ПН} = \sum_{i=1}^n C_{УСТ} (K_{Б.Ф} + K_{М.О}),$$

де $C_{УСТ}$ – вартість одиниці устаткування, грн.;

$K_{Б.Ф}$ – коефіцієнт, враховуючий витрати на будівельні роботи і фундамент ($K_{Б.Ф} = 0,02-0,08$);

$K_{М.О}$ – коефіцієнт, враховуючий витрати на монтаж і освоєння устаткування ($K_{М.О} = 0,04-0,06$).

Розрахунок вартості цих робіт доцільно провести лише для нового устаткування – установки для електроконтактного зміцнення:

$$C_{БМ.ПН} = 60000 \cdot (0,02 + 0,04) = 3600 \text{ грн.}$$

Витрати на підготовку і впровадження технологічного процесу складають 6000 грн. В підсумку абсолютна величина витрат на освоєння виробництва складе:

$$B_{П.ОВ}=3600+6000=9600 \text{ грн.}$$

Загальногосподарчі витрати, віднесені до лемеша плуга, складуть:

$$C_{ЗГ} = \frac{9600 \cdot 0,365}{160 \cdot 5} = 4,38 \text{ грн.}$$

Інші витрати, згідно формули 5.12 $C_{ДГ} = 1,76+4,38=6,14 \text{ грн.}$

В підсумку, для отримання значень повної собівартості відновлення та зміцнення лемеша плуга підставляємо розраховані складові у формулу 5.2:

$$C_B=58,46+102,92+32,4+2,50+6,14=202,41 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від впровадження технологічного процесу відновлення і зміцнення лемешів плугів, що враховує умови їх використання, для власних потреб господарства розраховано згідно з формулою 4.1.

Після підрахунку річний економічний ефект на площу 1636,7 га глинистих та суглинистих ґрунтів та 327,3 га піщаних та супіщаних ґрунтів становить 20018,93 грн.

4.2 Висновки за розділом

Установлено, що річний економічний ефект від впровадження адаптованого технологічного процесу відновлення і зміцнення лемешів плугів для власних потреб становить 20018,93 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі наведено теоретичне узагальнення, що полягає в підвищенні ресурсу відновлених робочих органів машин для суцільного обробітку ґрунту з урахуванням умов їх використання. Зазначена проблема вирішується шляхом розроблення технологічних процесів відновлення та зміцнення лемешів плугів, що враховують умови їх використання на ґрунтах різної зношувальної здатності.

За результатами графічного аналізу характеру зношування лемешів плугів та умов їх використання встановлено, що на глинистих та суглинистих ґрунтах лемеші плугів досягають граничного стану через затуплення та зношування за шириною, а на піщаних та супіщаних ґрунтах лемеші плугів досягають граничного стану через зношування за товщиною.

За результатами аналізу методів відновлення та зміцнення лемешів з метою підвищення ресурсу лемешів при їх відновленні ремонтними елементами із сталі 65Г обґрунтовано доцільність застосування технологічних схем зміцнення лемешів, що враховують умови їх використання на ґрунтах різної зношувальної здатності і передбачають зміцнення робочих органів для піщаних та супіщаних ґрунтів – з робочого боку, а для глинистих та суглинистих – з неробочого.

За результатами лабораторно-польових досліджень встановлено залежність граничного стану конструкційних параметрів лемешів плугів, зміцнених із урахуванням умов їх використання, від наробітку та встановлено, що ресурс зміцнених лемешів при експлуатації на піщаних та супіщаних ґрунтах у 1,3 раза більший, ніж у серійних; а ресурс зміцнених лемешів при експлуатації на глинистих та суглинистих ґрунтах у 1,4 раза більший, ніж у серійних.

Установлено, що використання розроблених технологічних процесів відновлення та зміцнення лемешів плугів, що враховують умови їх використання на ґрунтах різної зношувальної здатності, надасть можливість отримати річний економічний ефект в 20 018,93 грн на 1636,7 га глинистих та суглинистих ґрунтів та 327,3 га піщаних та супіщаних ґрунтів.

Список літератури

1. ДСТУ 2416-94 Плуги загального призначення та лущильники лемішні. Загальні технічні умови.
2. ДСТУ 7817:2015 Сільськогосподарські машини. Лапи ґрунтообробних машин та агрегатів. Загальні технічні вимоги.
3. Горячкин В. П. Собрание сочинений. Москва, 1968. Т. 2. 445 с.
4. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва. ННЦ «ІМЕСГ»; кол. авторів; за наук. ред. В. В. Адамчука та М. І. Грицишина. Київ: Аграр. наука, 2012. 416 с.
5. Ресурсосберегающая технология и материалы получения почворезущих деталей сельскохозяйственной техники. Ивашко В. С. и др. *Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. В, Прикладные науки*. 2005. № 6. С. 88-92.
6. DIN EN 10083-3:2006-10. Steels for quenching and tempering. Part 3: Technical delivery conditions for alloy steels.
7. 34MnB5 - Salzgitter Flachstahl GmbH URL: https://www.salgitter-flachstahl.de/fileadmin/mediadb/szfg/informationmaterial/produktinformationen/warmgewalzte_produkte/eng/34mnb5.pdf (дата звернення: 21.12.2020).
8. ДСТУ 8429:2015 Прокат із ресорно-пружинної вуглецевої та легованої сталі. Технічні умови.
9. Беликов И. А. Повышение долговечности рабочих органов плуга керамическими материалами: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03. М, 2002. 176 с.
10. Босой Е. С., Верняев О. В., Смирнов И. И., Султан-Шах Е. Г. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения. Москва, 1977. 568 с.
11. Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру (додатки 2-57 до Порядку). Постанова Кабінету Міністрів України № 1051 від 17.10.2012.

12. Медведев В. В., Лактионова Т. Н. Почвенно-технологическое районирование пахотных земель Украины. Харьков, 2007. 395 с.

13. Заставний Ф. Д. Економічні райони України. Реалії та перспективи (природно-географічні, історичні, національно-культурні, національно-політичні). Львів, 2010. 207 с.

14. Аулін В. В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки: дис. ... докт. техн. наук : 05.02.04. Хмельницький, 2015. 360 с.

15. Афонин А.Е. Повышение эффективности использования отвальных плугов путём совершенствования рабочих органов: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01. Тамбов, 2007. 197 с.

16. Балабуха О. В. Підвищення довговічності і ефективності роботи ріжучих елементів ґрунтообробних машин шляхом управління спрацюванням при дискретному зміцненні: дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11. Кіровоград, 2001. 134 с.

17. Бареян А. Г. Повышение износостойкости и долговечности ножей куттеров при самозатачивании: дис. ... канд. техн. наук : 05.02.04. Ставрополь, 218 с.

18. Бобрицький В. М. Підвищення зносостійкості різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин: дис. ... канд. техн. наук : 05.02.04. Київ, 2007. 183 с.

19. Борак К. В. Підвищення зносостійкості робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь методом електроерозійної обробки: дис. канд. техн. наук : 05.26.01. Харків, 2013. 167 с.

20. Дудник В. В. Розробка технології відновлення та підвищення надійності лемешів ґрунтообробних машин: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.05.11. Харків, 2012. 20 с.

21. Магомедов Р. А. Повышение ресурса плужных лемехов формированием износостойкого покрытия на основе чугуна: дис. канд. техн. наук : 05.20.03. Зерноград, 2013. 141 с.

22. Голубина С. А. Повышение износостойкости отвалов плугов полуавтоматической вибродуговой наплавкой: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03. Калуга, 2016. 131 с.

23. Василенко М. О., Калінін О. Є. Зони зміцнення лемешів плугів. Вісник ХНТУСГ. Харків, 2016. Вип. 170. С. 138-141.

24. Пристрій для заточування різальних органів сільськогосподарських машин: патент 120208, Україна, МПК В24В 3/00 / М. О. Василенко, Д. О. Буслаєв, О. Є. Калінін, В. К. Мойсеєнко. № а201710970; заявл. 10.11.2017; опубл. 25.10.2019, Бюл. № 20. 3 с.