

НУБІП України

НУБІП України

**«ДОСЛІДЖЕННЯ КРИТЕРІВ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА
ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ
ПОЛИЦІ ПЛУГА»**

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

01.12-МР189 «С».01.02.21.009 ПЗ

**Перепелиця Дмитро
Юрійович**

НУБІП України

НУБІП України

Факкультет механіко-технологічний
УДК 631.363.2.001.66

ПОГОДЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Декан
Механіко-технологічного факультету
(назва факультету)
Братішко В.В.
(підпис) (ПІБ)
" " 2021 р.

Завідувач кафедри
Надійності техніки
(назва кафедри)

Новицький А.В.
(підпис) (ПІБ)
" " 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Дослідження критеріїв технічного стану та підвищення довговічності полиці плуга»

Спеціальність 208 - «Агроінженерія»
(код і назва)
Освітня програма «Агроінженер»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми
Д.Т.Н., С.Н.С.
(науковий ступінь та вчене звання)
Братішко В.В.
(підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)
Новицький А.В.
(підпис) (ПІБ керівника)

Виконав
Перепелиця Д.Ю.
(підпис) (ПІБ студента)

КИЇВ 2021
Форма № Н-9/01

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри надійності техніки

к. т. н., доцент

Новицький А. В.

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

20 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ
РОБОТИ СТУДЕНТА

Перепелиці Дмитра Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 - «Агроінженерія»

(код і назва)

Спеціалізація

(назва)

Освітня програма

«Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи «Дослідження критеріїв технічного стану та підвищення довговічності полиці плуга»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «01» лютого 2021 р. №189 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 19 листопада 2021 р.

Вихідні дані до магістерської роботи: 1. Технічні характеристики плугів. 2. Опис конструкцій плугів, їх дефектів, відмов та умов експлуатації. 3. Існуючі технології відновлення деталей плугів. 4. Каталоги ремонтно-технологічного обладнання ремонтних майстерень.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Умови роботи полиці плуга.
2. Теоретичні основи дослідження надійності полиці плуга.
3. Програма та методика досліджень.
4. Результати наукових досліджень забезпечення довговічності полиці плуга.
5. Розробка заходів з техніки безпеки при відновленні полиці плуга.
6. Проведення техніко-економічного обґрунтування магістерської роботи.

Перелік графічного матеріалу (за потреби) 1. Об'єкт, предмет та задачі досліджень. 2. Мета та методи досліджень стратегій відновлення полиці плуга.

3. Характерні дефекти та пошкодження польової дошки. 4. Дослідження довговічності полиці плуга. 5. Результати дослідження статистичної інформації полиці плуга. 6. Розробка технології полиці плуга. 7. Маршрутна карта. 8. Операційна карта. 9. Результати техніко-економічного обґрунтування магістерської роботи.

Дата видачі завдання “09” жовтня 2020 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи Новицький А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Перепелиця Д.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. СТАН ПИТАННЯ. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОЛИЦЬ ПЛУГІВ	11
1.1 Конструктивні особливості полиць плугів	11
1.2 Аналіз причин виходу з ладу полиць плугів	15
1.3 Способи і технології зміцнення деталей ґрунтообробних машин	18
1.4 Технологічні можливості вібродугового наплавлення	24
1.5 Аналіз конструкцій і принципів дії механізмів для імпульсної подачі присадного дроту	27
1.6 Висновки до розділу	31
2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОЛИЦЬ ПЛУГІВ	33
2.1 Забезпечення рівної зносостійкості поверхні полиць плугів	33
2.2 Розрахункова оцінка зносостійкості поверхонь з неперекриваючими валиками наплавленого металу при абразивному зношуванні	34
2.2.1 Обґрунтування вимог до технології наплавлення деталей плугів з урахуванням їх прогнозованої зносостійкості	34
2.2.1.1 Визначення висоти валиків наплавленого металу з урахуванням прогнозованої зносостійкості деталей плугів	34
2.2.1.2 Вибір параметрів накладення точок наплавленого металу з урахуванням прогнозованої зносостійкості деталей плугів	37
2.3 Висновки до розділу	44
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	45
3.1 Програма експериментальних досліджень	45

3.2	Методика проведення експериментів в лабораторних умовах	46
3.2.1	Розробка методики експериментального дослідження процесу напівавтоматичного вібродугового наплавлення	46
3.2.2	Розробка методики експериментальних досліджень зносу незміцненої полиці плугів	47
3.2.3	Вибір схем накладення зварних швів для забезпечення рівної зносостійкості поверхонь полиці плугів	50
3.3	Методика проведення експериментів в виробничих умовах	53
3.4	Висновки до розділу	54
4	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗМІЦНЕННЯ ПОЛИЦІ ПЛУГІВ	55
4.1	Результати дослідження процесу напівавтоматичного вібродугового наплавлення	55
4.2	Результати експериментальних досліджень зносу незміцненої полиці плугів і розробка схем накладення зварних швів	57
4.3	Результати дослідження процесу зношування зміцнених поверхонь полиць плугів в процесі експлуатації	62
4.4	Висновки до розділу	65
5	ВИРОБНИЧІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОСЛІДЖЕНЬ	66
5.1	Виробничі рекомендації по зміцненню полиць плугів напівавтоматичним вібродуговим наплавленням	66
5.2	Економічна ефективність технології зміцнення полиць плугів напівавтоматичним вібродуговим наплавленням	68
	ВИСНОВКИ	76
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	78
	ДОДАТКИ	87

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В процесі експлуатації площини і крайки полиць плугів піддаються нерівномірному абразивному зношуванню, що викликає доцільність додаткового зміцнення найбільш навантажених ділянок. Як критерій технічної оптимальності доцільно прийняти застосовування технології зміцнення забезпечення рівного інтенсивності зношування всієї робочої поверхні полиці. Такий підхід дозволяє, з одного боку, мінімізувати площу ділянок, що піддаються зміцненню, а з іншого боку, виключити додаткові витрати на формування зміцнених шарів з надлишковою зносостійкістю.

Одним з ефективних способів підвищення зносостійкості деталей плугів є дугова наплавка неперекриваючих валиків при наплавленні тонколистових деталей, до яких відносяться полиці плугів, з метою зниження тепловкладення в основний метал, запобігання зварювальних деформацій і пропалення крайок доцільно застосування вібродугове наплавлення в струменях води. Однак, складна геометрія полиць ускладнює їх механізоване наплавлення, а існуючі конструкції вібродугових головок виключають можливість ручного маніпулювання зварювальним пальником. Це викликає необхідність розробки способу і технологічного обладнання для напівавтоматичного вібродугового наплавлення.

На підставі вищевикладеного, розробка технології зміцнення полиць плугів напівавтоматичного вібродугового наплавлення є актуальним завданням.

Ступінь розробленості теми. Аналітичний огляд матеріалів за тематикою досліджень проведений на основі робіт таких визначних вчених як: Бернштейна Д.Б., Голубева І.І., Єрохіна М.Н., Міхальченкова А.М., Новікова В.С., Огризкова Е.П., Рабіновича А.Ш., Севернева М.М., Сидорова С.А., Тененбаума М.М., Ткачова В.М., Бойка А.І., Черновола М.І., Козаченка О.В. та багатьох інших [19, 26, 29, 36, 37, 47, 48, 51, 52, 53, 62, 66, 70-73].

Вивчення та аналіз розроблених техніко-технологічних і конструктивних рішень, спрямованих на підвищення зносостійкості полиць плугів, показує, що є необхідність і можливість подальшого вдосконалення способів їх зміцнення на основі розробки процесу для напівавтоматичного вібродугового наплавлення і відповідного обладнання.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності поверхневого зміцнення полиць плугів шляхом напівавтоматичного вібродугового наплавлення і підвищення рівномірності зношування робочої поверхні.

Відповідно до мети досліджень передбачено вирішення наступних задач:

- обґрунтувати методику визначення ділянок робочої поверхні полиці, що потребують зміцнення;

- розробити механізм, що подає і спосіб напівавтоматичного вібродугового наплавлення і досліджувати вплив режимів напівавтоматичного вібродугового наплавлення на формування валиків наплавленого металу;
- дослідити вплив схеми накладення валиків на зносостійкість полиць плугів;

- розробити технологічні рекомендації зі зміцнення полиць плугів напівавтоматичним вібродуговим наплавленням, результати досліджень довести до практичного застосування.

Об'єкт дослідження - полиці корпусів плугів і технологія їх зміцнення напівавтоматичним вібродуговим наплавленням.

Предмет дослідження - закономірності формування рівної зносостійкості поверхні полиці корпусів плугів при зміцненні напівавтоматичного вібродугового наплавлення.

Наукову новизну складають:

- методика і аналітичні залежності для визначення ділянок переважного зміцнення полиці плуга і схем наплавлення, що відрізняються урахуванням нерівномірності зношування незміцненої полиці плуга за допомогою запропонованого коефіцієнта локальної інтенсивності зношування;

- теоретично обґрунтовані конструктивні особливості оригінального пристрою для подачі електродного дроту, що відрізняються зворотно поступальними коливаннями торця зварювального дроту при її поперечному вигині в механізмі подачі з метою реалізації вібродугового процесу в напівавтоматичному режимі;

- технологія напівавтоматичного вібродугового наплавлення тонкостінних деталей, що відрізняється зменшенням термічного впливу на основний метал полиць плугів, запобіганням пропалів на крайках полиць, вирівнюванням інтенсивності зношування його робочих поверхонь.

Теоретична і практична значущість роботи. Теоретичне значення результатів досліджень полягає у виявленні впливу ділянок зміцнення і схем вібродугового напівавтоматичного наплавлення та особливості зношування робочих поверхонь полиць плугів, а також у виявленні впливу конструктивних особливостей розробленого механізму подачі зварювального дроту на параметри зворотно-поступального коливання її торця.

Практична значимість роботи полягає в розробці методики визначення зон переважного зміцнення полиці на основі запропонованого коефіцієнта локальної інтенсивності зношування, а також в розробці механізму, що дозволяє реалізувати процес вібродугового наплавлення в напівавтоматичному режимі.

Застосування даного технологічного процесу і розробленого зварювального обладнання дозволяє підвищити зносостійкість і довговічність полицяів плугів при одночасному зниженні трудових і матеріальних витрат по порівняно з відомими способами зміцнення ручного дугового наплавленням неперекриваючих валиків.

Методологія і методи дослідження. Основні завдання роботи вирішувалися на основі поєднання теоретичних і експериментальних методів дослідження.

Математичне моделювання температурних полів і ширини ділянок зміцнення при напівавтоматичному вібродуговому наплавленні здійснювали на

основі аналітичних рішень диференціального рівняння теплопровідності. Математичне моделювання імпульсної подачі зварювального дроту за допомогою розробленого механізму здійснювали на основі застосування положень теоретичної механіки і опору матеріалів.

Експериментальні дослідження процесу напівавтоматичного вібродугового наплавлення проводили за допомогою розробленого механізму подачі електродного дроту. Заміри зносів полиць проводили розробленим пристосуванням з мікрометричною головкою. Зносостійкість зміцнених полиць досліджували в ході виробничих випробувань в господарствах Київської області.

Положення, що виносяться на захист:
- методика виявлення ділянок переважного зміцнення, що дозволяє підвищити рівномірність зношування робочої поверхні полиці плуга і за рахунок цього збільшити його зносостійкість і довговічність при одночасному зниженні матеріальних та трудових витрат;

- розроблена технологія напівавтоматичного вібродугового наплавлення полиць плугів, що дозволяє підвищити зносостійкість робочих поверхонь полицяїв за рахунок більш рівномірного їх зношування.

Ступінь достовірності та апробація результатів. Достовірність основних положень роботи підтверджена збіжністю результатів теоретичних і експериментальних досліджень і позитивними результатами виробничих випробувань.

Основні положення роботи і результати досліджень за темою магістерської роботи були повідомлені, обговорені і схвалені на міжнародних, всеукраїнських, регіональних і вузівських науково-технічних конференціях.

Публікації. За результатами магістерської роботи опубліковано 1 тези доповідей наукових статей, в тому числі чотири - у виданнях, включених в перелік російських рецензованих наукових журналів, в яких повинні бути опубліковані основні наукові результати дисертації.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ

ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОЛИЦЬ ПЛУГІВ

1.2 Конструктивні особливості полиць плугів

У сільськогосподарському виробництві України щорічно обробляється більш ніж 9,0 млн. га посівних площ. Для виконання технологічного процесу необхідно проводити механічну обробку ґрунту: оранку, глибоке розпушування, культивування, фрезерування, боронування та ін. Основним обробітком ґрунту є оранка. У загальних витратах енергії при вирощуванні сільськогосподарських культур частка оранки становить понад 35 ... 39 %.

При проведенні технологічних операцій в сільськогосподарському виробництві широко використовуються тонкі плоскі деталі у вигляді робочих органів ґрунтообробних машин: лемеші плугів, польові дошки, полиці корпусів плугів. Ці деталі працюють в умовах абразивного зношування і значних статичних і динамічних навантажень. Ресурс деталей робочих органів плугів в значній мірі визначає продуктивність і агротехнічні терміни. Робочі органи плугів повинні мати високу міцність і зносостійкість, оскільки в процесі роботи відбувається затуплення лез через безперервну взаємодію металу з ґрунтом і рослинами, а також зміну їх форми і розмірів.

Полиця є однією з найбільш металомістких і дорогих деталей корпусу плуга. Полиця являє собою вигнуту сталеву пластину, що розташовується під кутом до стінки борозни. В процесі роботи полиці корпусу плуга відбувається відрізання пласта ґрунту від стінки борозни, його деформування, зрушення в бік і обертання верхнього шару вниз. При цьому відбувається сколювання, деформація і переміщення ґрунту по робочій поверхні корпусу плуга. Одночасно відбувається закладення дернини, поживних залишків і бур'янів в основу борозни.

Як відомо, вплив полиці на ґрунт залежить від геометричної форми його поверхні, кута розташування і елементів конструкції.

Основними елементами конструкції плуга з класичною культурною полицею (рис. 1.1) є лемеші 1, груди полиці 4 - розташовані вище лемеші в передній частині, крило 7 - задня частина, з лівого боку полиця обмежений польовим обрізом 3 для того, щоб груди полиці не зачіпала стінку борозни. З правого боку корпус обмежений обрізом 8, щоб полиця повністю обертала пласт і при цьому крило не зачіпало пласт. У верхній частини полиці верхній обріз 6 запобігає пересипання ґрунту.

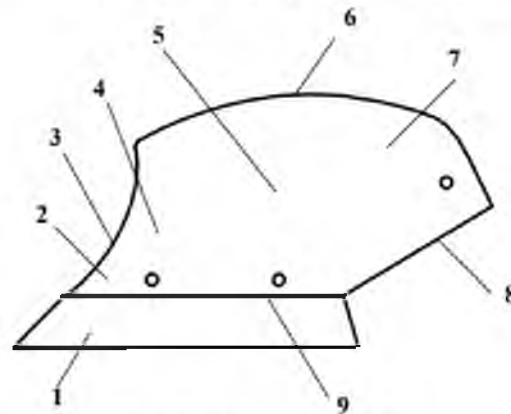


Рис. 1.1 - Корпус плуга: 1 - лемеші; 2 - носок; 3 - польовий обріз; 4 - груди; 5 - робоча область; 6 - верхній обріз; 7 - крило; 8 - борозний обріз; 9 - стиковий обріз

У сучасних технологіях обробітку ґрунту використовуються чотири основні групи форм полиць: гвинтові, напівгвинтові, циліндричні, культурні (рисунок 1.2).

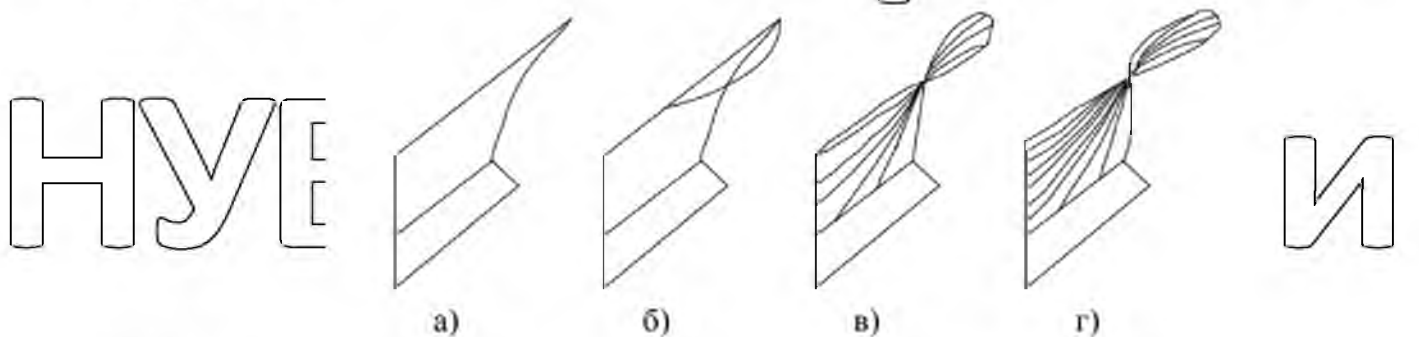


Рис. 1.2. Схеми форм робочих поверхонь полиць: а - циліндрична; б - культурна; в - напівгвинтова; г - гвинтова

У циліндричних полиць поверхня відповідає частині циліндра і викликає сильне напруження ґрунту, що сприяє її розпушенню. На відміну від гвинтових, він піднімає пласт на себе і скручує в косу трубку.

Такі полиці адаптовані для гребеневої глибокої оранки. Профіль циліндро-гвинтових полиць розділений на дві частини: циліндричну і кручені.

Така форма геометрії забезпечує певну універсалізацію полиць і робить їх багатоцільовими.

Робоча поверхня у культурної полиці має гряди, які закінчуються з малою кривизною. У міру підйому пласта ґрунту по деталі відбувається поліпшення кришіння і зростає оборотність. Полиці з такою робочою поверхнею найбільш поширені і встановлюються практично на всіх плугах загального призначення.

Напівгвинтові полиці забезпечують недостатнє подрібнення пласта ґрунту, але хорошу його оборотність. Вони застосовуються при оранці важких, зв'язкових ґрунтів. Але в той же час необхідна установка додаткового подовжувача-пера для довалювання в борозну ґрунтового шару.

При оранці гвинтовими полицями перевертання пласта відбувається за гвинтовою траєкторією з невисокою швидкістю обороту. Полиця такої форми рекомендовані до застосування при оранці, яка потребує великої глибини, тому що основним фактором є оборот пласта, а не його подрібнення. Вибір форми гвинтової полиці (увігнута, опукла або прямолінійна) ґрунтується на мінімальних витрат енергії на деформацію пласта і максимальному зниженні налипання ґрунту.

Ґрунтові умови дуже впливають на інтенсивність зношування ґрунтообробних машин, на витрату запасних частин і, відповідно, на витрати з підтримки працездатності ґрунтообробних машин в процесі їх експлуатації.

Процес переміщення ґрунту по полиці залежить від її складу і фізико-механічних властивостей. Більшість фізичних і фізико-механічних властивостей ґрунтів залежить від їх механічного складу.

Механічний склад ґрунту є важливою характеристикою, необхідною для визначення виробничої цінності ґрунту, її родючості, способів обробки і т.д.

Від механічного складу ґрунту залежать майже всі фізичні та фізико-механічні властивості ґрунту: вологостійкість, водопроникність, пористість, повітряний і тепловий режим, водопідйомна сила і ін. Значною мірою він визначає родючість ґрунтів і труднощі обробки. У зв'язку з цим протиставляють «важкі, холодні» глинисті ґрунту «легким, теплим» піщаним.

Для території Київської області характерні дерново-підзолисті ґрунту з різним механічним складом. Залежно від ґрунтоутворюючих порід зустрічаються легко і середньосуглинисті, піщані і супіщані типи ґрунтів.

Однак переважаючими є середньосуглинисті і супіщані ґрунти. Склад ґрунтів

та їх властивості обумовлюють застосування, в основному, плугів з культурної

поверхнею полиці. Використовуються плуги як вітчизняного ПЛН-3-35, ПЛН-5-35, так і зарубіжного виробництва Gregoire Besson, Kverneland, Lemken (EurOpal). Наприклад, Державне підприємство «машинно-технологічна станція» має в розпорядженні плуги: Kverneland RN-100, Kverneland PN-100,

Kverneland LM-85, Lemken (EurOpal) M-100. Сільгоспартіль «Колгосп «Маяк»» використовує плуги ПЛН-3-35 і ПЛН-5-35, а також Gregoire Besson R4, R47, R7 / R71, SP9, SPLM9, SPSL9 / SPSF, 9 SPER.

Полиці працюють в умовах абразивного зношування і можуть відчувати

удари каменів. З цієї причини робоча поверхня полиці повинна володіти певною зносостійкістю. У вітчизняному виробництві матеріалом для виготовлення полиць корпусів плугів в основному використовується маловуглецева сталь

марки Ст. 2 або тришарова сталь. Полиці, виготовлені зі сталі Ст.2 повинні

піддаються цементації на глибину 1,5-2,2 мм з подальшим гарту до твердості НRC 50-62. При використанні для виготовлення полиць тришарової сталі, вона

має поверхневий шар зі сталі 65Г і внутрішній шар зі сталі Ст.2. Поверхневий шар з більш високою твердістю надають полицю достатню зносостійкість, а

менш твердий внутрішній шар додає міцності - стійкості до вигинаючого моменту і ударам ґрунту. Товщина кожного шару приблизно однакова.

Формування і зміцнюючу термообробку проводять як один технологічний процес.

Твердість гарячекатаних листів і смуг повинна бути не більше 269 HB, а обумовлена на загартованих зразках - не менше HRC 56 [51, 53]. Шорсткість робочої поверхні полиць повинна бути не вище $R_a = 2,5$ мкм і відповідати шорсткості поверхні прокату. Відомі полиці, виготовляються з тришарової сталі за допомогою прокатки. Для зовнішніх шарів використовується сталь 10, а для внутрішнього - сталь 60. Застосовується також штампування з монометалу (сталь 32Г2Р, сталь 36гр). Виготовлені таким способом полиці для забезпечення необхідної твердості (HRC 47 ... 63) і абразивної стійкості піддаються подальшій термообробці.

Для покращення якості обробки ґрунту, забезпечення полицям достатньої довговічності та напрацювання, вони можуть виконуватися з різними зміцнюючими покриттями. Застосування матеріалів, що сприяють підвищенню зносостійкості полиць, призводять до зростання ресурсу плуга.

Однак, найчастіше, через нерівномірне зношування по робочій поверхні відбувається нераціональне використання дорогих присадних матеріалів.

1.2 Аналіз причин виходу з ладу полиць плугів

Знос робочих органів ґрунтообробних машин відбувається в процесі безперервної взаємодії з ґрунтом. На інтенсивність і характер зносу впливає природа і властивості ґрунту, а також умови взаємодії ґрунту і робочих органів. В процесі експлуатації в деталях ґрунтообробних машин і агрегатів відбувається значна зміна технологічних характеристик і конструктивних параметрів. Ці процеси виникають, в основному, на найбільш навантажених поверхнях деталей в результаті тертя в абразивному середовищі.

При вивченні опублікованих робіт в якості основних факторів, що визначають знос робочих органів ґрунтообробних машин, наводять: механічний склад, вологість, щільність і однорідність ґрунту, швидкість руху і форма робочих органів, а також властивості матеріалів, з яких вони виготовлені.

В результаті прискореного зношування робочих поверхонь лемешно-полицевих плугів відбувається зниження якості обробки ґрунту, збільшення

тягового опору агрегатів, а також виникають додаткові експлуатаційні витрати, пов'язані з підвищенням витрати палива і простоями машин, пов'язаними з заміною зношених деталей зменшується міжремонтний ресурс плуга в цілому.

Інтенсивність зношування деталей робочих органів ґрунтообробних знарядь, в тому числі і полиць плугів, на різних ґрунтах буде значно відрізнятися через відмінності ґрунтів по їх зношуваності. За даними Новікова В.С. середнє напрацювання на відмову для грудей полиці може становити від 10 до 100 га, для крил полиці може становити від 40 до 270 га.

Аналіз літературних джерел показав, що деталі полиць плугів зношуються нерівномірно. Найхарактерніші зони зносу полиць корпусів плугів (рис. 1.3) - польовий обріз і площина відвалу.

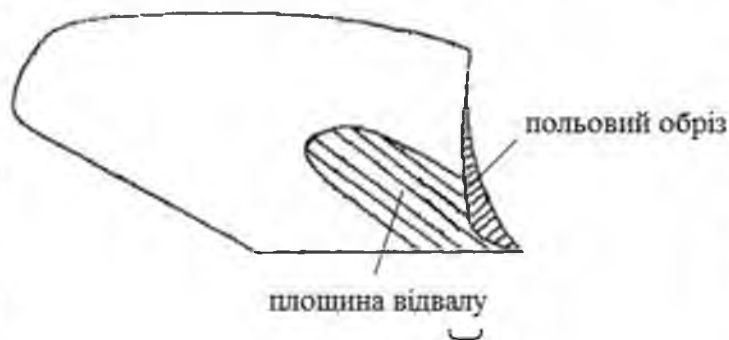


Рис. 1.3 Характерні зони зношування полиці плуга

Огляд полиць плугів після експлуатації показав, що зношування підлягає як площина полиці, аж до наскрізного стирання, так і країни (рис.

1.4).



Рис. 1.4 - Наскрізне зношування площини полиці плуга Gregoire Besson

Знос полиці і викликане цим ослаблення болтових кріплень може призводити до утворення тріщин (рисунк 1.5).



а)

б)

Рис. 1.5 Дефекти полиці після експлуатації: - а) зношування потайних головок болтів в зоні кріплення полиці плуга Kvernerland до корпусу; б) поперечна тріщина в носовій частині полиці плуга Kvernerland

Найбільші значення тиску ґрунту впливають на груди полиці, внаслідок цього знос цієї частини полиці відбувається значно інтенсивніше, ніж у крила полиці. Для плугів, які працюють в особливо важких умовах, можуть використовуватися корпуси плугів зі змінними полицями.

Для зниження сили тертя ґрунту і полегшення ковзання пласта ґрунту робочу поверхню полиці полірують. Наявність на робочій поверхні нерівностей, вм'ятин, тріщин, корозійних ділянок призводить до заліпання таких місць ґрунтом і, як наслідок, до порушення процесу сранки, збільшення тягового опору плуга.

Як правило, інтенсивно зношується польовий обріз полиці. У нормальній полиці лінія польового обрізу повинна виступати від стійки на 18 мм; в зношених полицях виступ становить зазвичай 2-6 мм.

В роботі Іовікова В.С. пропонується наступні критерії вибракунання полиць: за критерієм освіти наскрізного стирання - на піщаних, супіщаних і легко суглинних ґрунтах, за критерієм зносу польового обрізу - на глинистих і важких суглинних ґрунтах [53].

1.3. Способи і технології зміцнення деталей ґрунтообробних машин

В даний час для підвищення зносостійкості деталей ґрунтообробних машин розроблено велику кількість технологічних процесів, часто нерівноцінних за своїми техніко-економічними показниками [66, 67, 48].

Основними способами зміцнення полиць плугів є: ручна дугова наплавка - суцільна, або у вигляді сітки (рис. 1.6 а, б); установка керамічних пластин (рис. 1.6 в); нанесенням композиційних покриттів (рис. 1.6 г).

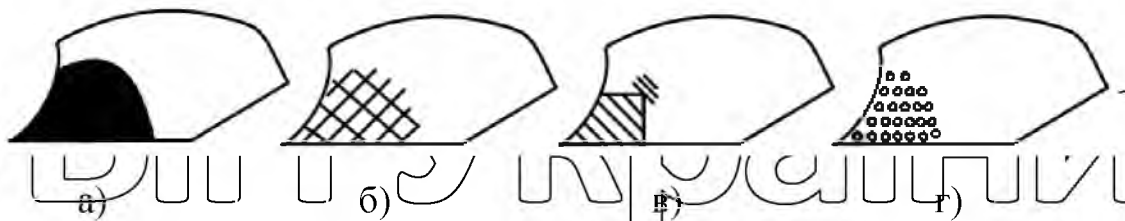


Рисунок 1.6 - Схема способів зміцнення полиць плугів:

а - суцільна дугова наплавка; б - дугова наплавка в вигляді сітки; в - зміцнення керамічними пластинами; г - зміцнення композиційними матеріалами

Ручна дугова наплавка в основному проводиться електродами Т-590 і Т-620 змінним або постійним струмом. Відзначається, що це дозволяє збільшити ресурс деталі до 1,5-2,0 раз. Однак, велика зона термічного впливу, що виникає при використанні цього способу, може приводити до пропалювання крайок, викривлення поверхні полиці, а також, через зниження опору вигину основного металу, до поломок прілиці.

При використанні композиційних матеріалів і керамічних пластин вони встановлюються в місця найбільшого зношування. Однак слід відзначити відносну складність технологічного процесу при фрезеруванні гнізд на грудях полиці через геометрію поверхні і цементації верхнього шару, а також те що, при роботі на кам'янистих і засмічених ґрунтах велика ймовірність відриву пластин в процесі роботи.

Для відновлення полиць плугів науковцями пропонується використання абразивно-стійкого дисперсно-зміцненого композиту на основі епоксидної смоли. Цей спосіб дозволяє усувати наскрізне протирання зі збереженням механічних властивостей і форм відновлюваної деталі без термічного і деформаційного впливу в період формування покриття. Одночасно вище вказані вчені пропонують використання способу бронювання для поверхонь полиці з променеподібним зносом. Спосіб полягає в приклеюванні на поверхню полиці сталевих термозміцнювачів до HRC 50-53 пластин. Цей спосіб теж не передбачає термічного і деформаційного впливу в період формування покриття.

В останні десятиліття, для збільшення ресурсу інших робочих органів плуга розроблено значну кількість технологій. Підрозділом ГОСНИТИ запропонована технологія армування нових лемешів наплавочними валиками, наносяться в місцях найбільшого зношування шляхом ручного дугового наплавлення [20, 45, 47, 72, 73]. Відзначається що, застосування цього способу збільшує напрацювання зміцнених деталей в 1,8-2 рази в порівнянні з серійно випускаючими.

В інституті машинознавства РАН розроблена технологія лазерного зміцнення і наплавлення поверхонь тертя культиваторних лап. При загартуванні променем лазера на ширину до 30 мм. Ця технологія показує підвищення зносостійкості зміцнених лап в 3-4 рази в порівнянні з серійно випускаючими.

При використанні технології зміцнення лемешів напайкою металокерамічних пластин ресурс робочих органів плуга підвищується в 3-4 рази. Однак зміцнені цим способом плуги не можуть ефективно використовуватися на ґрунтах, засмічених камінням.

У разі застосування газового наплавлення основний і присадний метали розплавляють полум'ям, одержуваних при згорянні суміші будь-якого пального газу з киснем. Процес здійснюється як із застосуванням як пруткових, так і порошкових матеріалів. Однак цей спосіб характеризується виникненням високих зварювальних деформацій і значним тепловкладенням в деталь. Висока

вартість витратних матеріалів і підвищена трудомісткість також ускладнюють застосування цього способу.

Процес зміцнення тонкостінних деталей робочих органів ґрунтообробних машин може здійснюватися електроіскровими методами. При цьому запобігаються пропали і зменшуються термічні деформації в зміцнюючих і відновлюваних деталях за рахунок застосування дуги малої потужності і електроіскрового перенесення присадного металу.

Досягається збільшення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин не менше ніж в 1,4 ... 2 рази в залежності від типу ґрунту, а також зниження вартості і трудомісткості зміцнення деталей плугів за рахунок зниження обсягу присадного матеріалу в порівнянні з іншими технологіями зміцнення зварювальними методами. Однак спосіб характеризується малою продуктивністю, що ускладнює зміцнення значних площ.

Вченим Міхальченковим А.М. запропонований спосіб підвищення зносостійкості плужних лемешів зварювальним армуванням шляхом наплавлення валиків в області найбільшого зносу носка лемеша [31].

Безперервна наплавка підковоподібних валиків або валиків, що мають форму напівеліпса, здійснюється з наступним швидким охолодженням носка в воді.

При цьому забезпечується утворення гартівних структур в шарпетці лемешів наплавлених валиках. Підвищення ресурсу лемешів плугів відбувається за рахунок підвищення міцності і збільшення ступеня проєктивання абразивних частинок по поверхні, що знижує коефіцієнт тертя і зменшує знос.

В дослідженнях Козарез І.В. [44] пропонується використання двошарової наплавки при зміцнюючому відновленні лемешів. Така технологія перешкоджає тріщинам зносостійкого поверхневого шару і одночасно зменшує схильність виникнення зламів відновленої області.

Відносно м'який підшар сприяє утворенню структур, що дозволяють знизити ймовірність утворення тріщин. Зі збільшенням часу термічного впливу, особливо в період охолодження в процесі наплавлення, відбувається зниження залишкових напружень. Завдяки цим прийомам при відновленні

променеподібного зносу в області носка лемеша можливе збільшення ресурсу лемеша з 25 до 35 га відповідно до технологічних варіантів та умов експлуатації.

У РГАУ Новіковим В.С. [53] розглянуто метод підвищення ресурсу робочих органів плуга шляхом нанесення на них композиційного матеріалу з коефіцієнтом тертя, що перевищує коефіцієнт тертя ґрунту по сталі, створюючи на найбільш зношуючій ділянці ефект заліпання поверхні, захищаючи її від абразивного зносу. Матеріалом, що забезпечує створення тонкого ґрунтового шару на найбільш зношуються ділянках робочих органів в умовах обробки абразивних піщаних, супіщаних і легких суглинних ґрунтів є клейова композиція на основі клейової плівки (КП) ВК-36 та корундового порошку. Довговічність робочих органів плуга при використанні цього способу підвищується в 2 рази вище серійного.

При наплавленні струмами високої частоти відбувається розплавлення суміші флюсу і порошку наплавочного сплаву (наприклад, зернистого сормайт), накладеної на наплавляється поверхню за допомогою підводиться індуктора, забезпечує виділення достатньої теплової потужності. Сормайт нагрівається до температури його плавлення (1150 °С). Товщина одержуваного шару більше 0,4 мм. Цей спосіб наплавлення характеризується можливістю регулювання глибини загартованого шару, високою продуктивністю, відсутністю обезвуглювання і утворення окалини, а також мінімальним викривленням деталі. Однак застосування цього способу обмежується високою вартістю обладнання.

У разі використання науглеводнення для зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин відбувається насичення поверхнього шару вуглецем до отримання структури білого чавуну. При цьому висока твердість і зносостійкість, підвищення меж контактної витривалості і витривалості при вигині при збереженні в'язкої серцевини, можуть бути забезпечені наступним загартуванням. Для реалізації цього способу необхідні складне і дороге

устаткування, висококваліфікований персонал, а також дотримання особливих вимог по техніці безпеки.

Питанням збільшення ресурсу деталей плугів, підвищення зносостійкості і довговічності присвячено значну кількість робіт зарубіжних вчених з Чехії, Німеччини, Хорватії, Китаю та ін. Фірма «Лінд» (США) для забезпечення захисту від зносу робочих органів при роботі в високо абразивному середовищі пропонує покриття «Wear-TUFF». Нанесення покриття проводиться розпиленням або шляхом обливання з подальшою температурної обробкою.

Термін служби виробу може збільшуватися до двох-трьох разів [25, 26, 53].

Твердість покриття становить HRC 56-60. Також ця фірма використовує зносостійкі накладки і пластини для зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин. Накладки виготовляються нанесенням зносостійкого покриття «Wear-TUFF» з твердістю до HRC 60 на відносно м'які поверхні зі сталі. Для кріплення пластин використовуються болтові з'єднання.

Угорська фірма «Інновельд» пропонує використання технології зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин із застосуванням твердого сплаву сімейства «Елкефем» на основі індукційного нагріву.

Відзначається, що технологія дозволяє збільшити термін служби робочих органів ґрунтообробних машин в 3,5-4 рази.

На підставі вищевикладеного можна зробити висновок, що основними способами зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин є ручна дугова і газова наплавка, наплавка струмами високої частоти, коксування, постановка твердосплавних пластин (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Основні способи зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин

Найменування і схема способу	Характеристика способу	Недоліки способу
1. Ручна дугова наплавка 1. Неперекриваючими ванками 2. Сумільна наплавка	Електроди: Т-590, Т-620 збільшує зносостійкість в 1,5-2 рази	Пропали крайок, викривлення, велика зона термічного впливу, непридатний при зносі на передній частині деталі, висока ймовірність викривлення і зниження міцності, висока вартість матеріалів

<p>2. Газова наплавлення 1. Порошковими матеріалами 2. Пруткова матеріалами</p>	<p>Матеріали: ПГСР-3, ПГСР-4, сормайт збільшує зносостійкість в 1,5-2 рази</p>	<p>Значні тепловкладення, високі зварювальні деформації. Висока вартість витратних матеріалів, підвищена трудомісткість. обмеження отримання зносостійких шарів, розбрикування металу</p>
<p>3. Наплавлення ТВЧ</p>	<p>Регульована глибина загартованого шару, висока продуктивність, відсутність обезвуглеводнення і утворення окалини, мінімальне викривлення деталі</p>	<p>Висока вартість обладнання</p>
<p>4. Коксування</p>	<p>Висока твердість і зносостійкість, підвищення меж контактної витривалості і витривалості при вигині при збереженні вузької серцевини</p>	<p>необхідність подальшої загартування, складне і дороге обладнання, висококваліфікований персонал, складні вимоги по ТБ</p>
<p>5. Установка металокерамічних пластин (пайка, склеювання, механічне поєднання)</p>	<p>підвищує зносостійкості і ресурс в умовах суглинних ґрунтів, в 4,6-5,0 рази по порівнянню з серійними незміцненими лемешами</p>	<p>Не рекомендується використовувати для обробки кам'янистих ґрунтів, висока ймовірність відриву пластин при роботі.</p>

З огляду на складну конфігурацію полиць і значну площу робочих поверхонь, найбільш легко реалізовані і низько витратними способом зміцнення є застосування різних видів дугового наплавлення. Однак, як

зазначалося вище, через малу товщини полиці (5 ... 8 мм), дугова наплавка

може викликати їх значне нагрівання, викривлення, формування великих зон відпустки. Наплавлення крайок утруднена їх пропалюванням.

Тому доцільна розробка технології наплавлення, яка дозволить усунути вказані недоліки недоліки.

Слід також зазначити, що в даний час практично відсутні науково-обґрунтовані методики визначення зон зміцнення полиць плугів, з метою підвищення рівномірності їх зношування. При цьому актуальність даного

підходу при змищенні деталей ґрунтообробних машин відзначена
Новіковим В.С при розробці технології змищення лемешів [53].

НУБІП УКРАЇНИ

1.4 Технологічні можливості вібродугового наплавлення і вживаного обладнання

НУБІП УКРАЇНИ

Для зміцнення плуць плугів доцільно застосовувати спосіб наплавлення з мінімальним тепловкладенням в основний метал. Одним з таких способів є вібродугове наплавлення в струменях води [20, 31, 32, 48, 47].

НУБІП УКРАЇНИ

Процес вібродугового наплавлення відрізняється від інших способів механізованого наплавлення тим, що торець присадного дроту здійснює коливальний рух в площині, що розташовується перпендикулярно наплавлювані поверхні, а також охолодженням наплавленого шару.

НУБІП УКРАЇНИ

Коливання дроту істотно впливають на весь хід процесу і якість наплавленого металу. Через вібрації дроту процес являє собою чергування дуже коротких циклів, що складаються з розриву дуги, холостого ходу і короткого замикання (рис. 1.7).

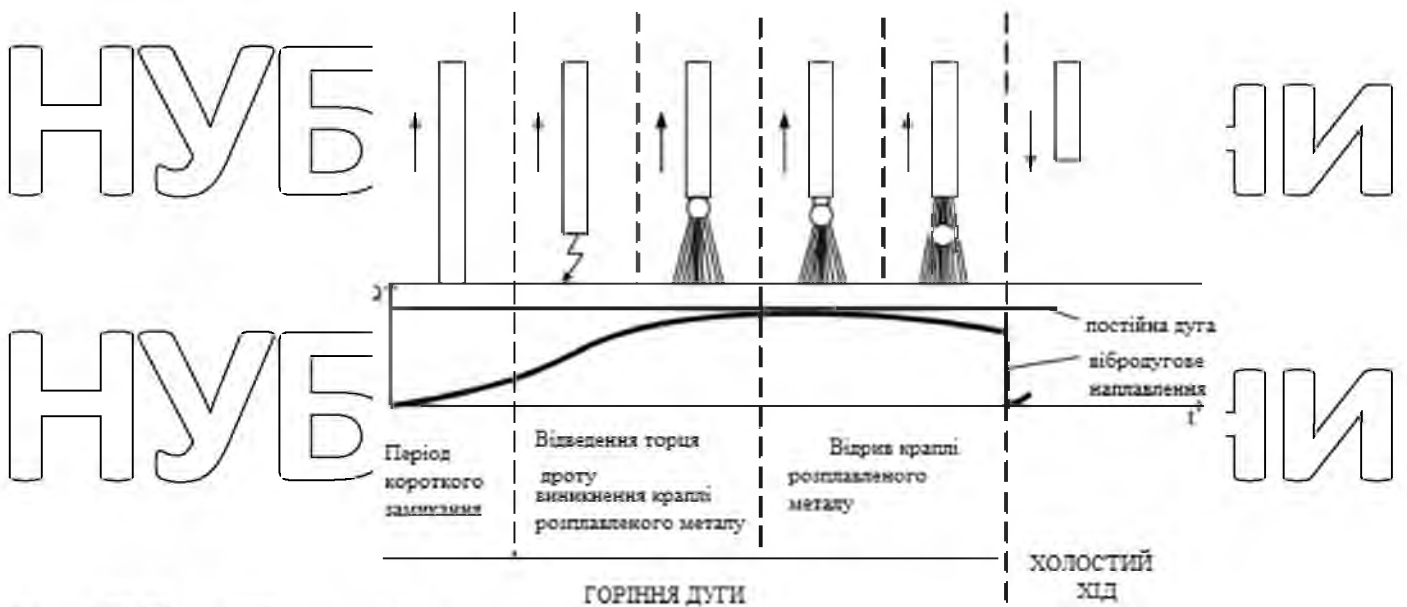


Рис. 1.7 Схема руху дроту при вібродуговому напавленні

НУБІП УКРАЇНИ

При короткому замиканні струм від майже нульового значення швидко збільшується до максимального, а напруга, навпаки, падає до нуля. За міру відведення мундштука від поверхні деталі напіврозплавленого перетину кінця дроту зменшується, а електричний опір зростає. У момент розриву напруга і щільність струму досягає високих значень, і після розриву дроту в нинішньому проміжку виникає короточасний електричний розряд. Новоутворена дуга оплавляє залишки на поверхні деталі метал дроту, краплі металу розплавленого кінця дроту також переходять в наплавлений шов. При подальшому збільшенні відстані між деталлю і дротом дуга гасне, настає період холостого ходу, потім цикл повторюється.

Часта вібрація електрода (50-100 раз в секунду) викликає настільки ж часте збудження дугових розрядів, що сприяє стійкості процесу і переносу електродного металу невеликими порціями. Величина амплітуди вібрації електродного дроту і кут її підведення до деталі впливають на величину міжелектродного проміжку. Зі збільшенням проміжку напруга зростає і інтенсивність плавлення металу збільшується.

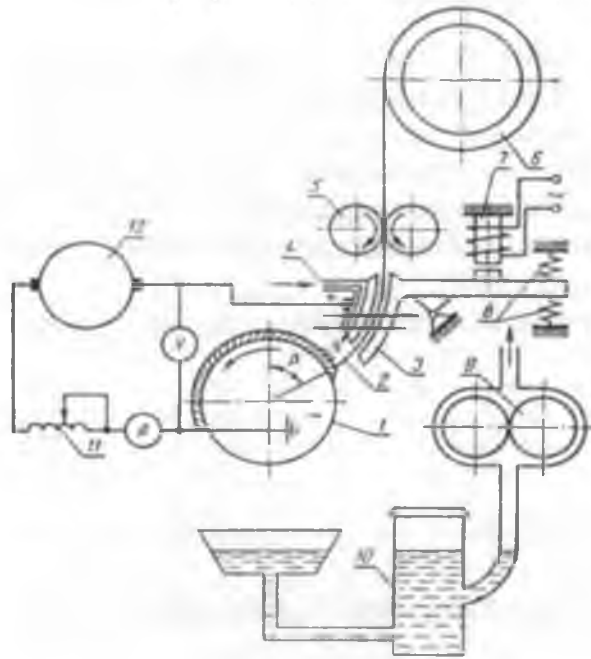
Через розрив дуги при реалізації процесу вібродугового наплавлення відбувається дрібно крапельний перехід металу від дроту до деталі, зварювальна ванна утворюється з мінімально можливими розмірами, що дозволяє отримати досить гарне сплавлення присадного металу з основним, невелике нагрівання деталі і малу глибину термічного впливу. Крім того, при вібродуговому наплавленні різко зменшується вигорання легуючих елементів електродного дроту. Вібродугове наплавлення дозволяє отримати тонкі і міцні покриття (товщиною 0,8-2,5 мм).

В даний час застосовується, в основному, автоматичне вібродугове наплавлення. Принципова схема установки (Рис.1.8) для вібродугового наплавлення складається з наплавочної головки, джерела живлення, додаткової індуктивності (дроселя), системи подачі охолоджуючої рідини води [57].

На супорт токарного верстата встановлюється наплавочна головка і одночасно з ним переміщується вздовж деталі, а в центри верстата встановлюється і приводиться в обертання наплавляюча деталь.

Установка для вібродугового наплавлення також має резервуар для охолоджуючої рідини (найчастіше використовується 3-5% розчин кальцієваної соди у воді) а також насос для подачі охолоджуючої рідини.

Охолоджуюча рідина подається двома потоками: невелика кількість рідини (до 0,3 л/хв.) направляється безпосередньо в зону горіння дуги, що сприяє охолодженню мундштука наконечника, решта рідини (2-2,5 л/хв.) подається на деякому віддаленні від зони горіння безпосередньо на наплавлений шар.



1 - наплавляюча деталь; 2 - електрод; 3 - вібруючий мундштук; 4 - канал для подачі охолоджуючої рідини; 5 - ролики механізму подачі; 6 - касета з електродним дротом; 7 - вібратор; 8 - пружини; 9 - насос; 10 - фільтр-відстійник; 11 - дросель; 12 - генератор

Рис. 1.8. Установка для вібродугового наплавлення в струменях води

За рахунок інтенсивного охолодження в напавленого металу і зоні термічного впливу виникають напруження розтягу, що може призводити до утворення тріщин. Це є причиною зниження втомної міцності деталей. Однак

якість наплавленого шару залежить від режиму наплавлення і матеріалу електродного дроту.

Застосування процесу вібродугового наплавлення представляється можливим для зміцнення полиць плугів. Однак, через складну геометрію полиць механізувати процес наплавлення важко. Існуючі в даний час конструкції вібродугових головок не дозволяють виробляти процес ручного маніпулювання

Зокрема, відомі конструкції головок для вібродугового наплавлення, крім звичайного механізму для подачі дроту має вібратор, який повідомляє коливальний рух хоботка мундштука. У таких вібраторах встановлюється електромагніт, через обмотки якого пропускається змінний струм. В результаті пластина (якір), яка пов'язана з наконечником головки, передає коливальний рух наконечника з електродної дротом через по чергового притягнення до електромагніту і відходу від нього. При цьому частота коливань відповідає частоті зміни напрямку струму і дорівнює 100 раз в секунду, амплітуда коливань становить 1,5 - 2,5 мм. Випускаються наплавочні головки з механічним вібратором (ОКС-12-62М, ОКС-65-69), в яких коливальний рух наконечника головки реалізується за допомогою кулачкового або ексцентрикового приводу.

Таким чином, виникає необхідність розробки технологічного обладнання для реалізації наплавлення в напівавтоматичному режимі

1.5 Аналіз конструкцій і принципів дії механізмів для імпульсної подачі присадного дроту

В даний час отримують розвиток напівавтоматичні процеси дугового зварювання з імпульсною подачею електродного дроту. Класифікація пристроїв за принципом їх дії представлена на рис. 1.9. Так, відомі пристрої, в яких імпульсна подача дроту досягається на основі електромагнітів. Принцип роботи механізмів цього типу полягає в повідомленні якоря електромагніту і

пов'язаного з ним захоплення дроту зворотного-поступального руху. При цьому під час руху якоря в напрямку зони зварювання захоплення заклинює дріт і переміщує її на заданий крок. Під час зворотного ходу якоря захоплення вільно прослизає по дроті, займаючи вихідне положення.



Рис. 1.9 Класифікація пристроїв для реалізації імпульсної подачі

На рис. 1.10 пояснена конструкція пристрою розробленого таким чином імпульсної плачі присадного дроту за патентом. При подачі електроенергії на котушку 5 якір 6 втягується в неї і тягне за собою якір 8. При цьому затиск 11 заклинюється, фіксуючи дріт 12. Зажим 16 вільно ковзає по ній.

Після перемикання електроенергії на котушку 7 відбувається зворотний процес, тобто якір 8 втягується в котушку 7 і тягне за собою затиск 16 і якір 6. У цьому випадку заклинюється затиск 16 і разом з якорем 8 тягне дріт 12 за собою, в той час як затиск 11 її звільняє її.

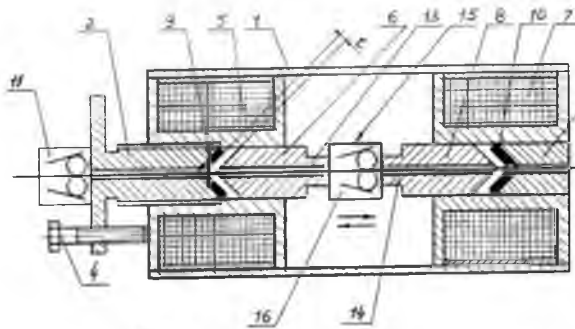


Рис. 1.10. Конструкція пристрою імпульсної плачі присадного дроту (за патентом)

У пристрої роль електромагнітів виконує еластична камера, заповнюється стисненим газом.

У пристрої імпульсна подача дроту забезпечується її поперечними вигинами в подає механізмі. Механізм (рисунок 1.11) містить корпус 1, всередині якого співвісно розташовані дві електромагнітні котушки 2 і 3, які мають стопори 4, 5 і якоря 6, 7 відповідно. Якоря 6 і 7 мають загальний хвостовик 8, в середині (середній частині) якого виконано отвір 9. Механізм забезпечений двома кульковими зажимами 10 і 11, утворюють тракт проходження дроту 12, яка намотана на бобіну 13.

Котушки 2 і 3 розташовані перпендикулярно осі проходження дроту 12, яка в свою чергу пропущена через отвір 9 в хвостовику 8. При включенні електроживлення котушки 2 якорь 6 переміщається в ній до упору в стопор 4, при цьому хвостовик 8 тягне за собою дріт 12, яка вільно проходить через кульковий затиск 10, але заклинюється в затиску 11. В результаті дріт змушений розмотуватися з бобіни 13, утворюючи дугу всередині механізму. При включенні електроживлення котушки 3 якорь 7 (разом з хвостовиком 8) переміщається всередину згаданої котушки до упору в стопор 5.

Дріт 12, проходячи осьову лінію тракту подачі, проштоvwується через затиск 11, голі яв в затиску 10 заклинюється. А далі - витягується з затиску 10, а в затиску 11 заклинюється. При почерговому включенні котушок 2 і 3 дріт 12 до досягнення осьової лінії тракту подачі спочатку виштоvwується з механізму в зону зварювання, а потім втягується в механізм, розмотуючись з бобіни 13.

Імпульсна подача дроту за рахунок поперечних вигинів реалізована також в пристроях. Так, відповідно до винаходу механізм подачі дроту містить два затиску 1 і 2 для дроту 3, шток 4, вісь якого розташована перпендикулярно осі проходження дроту, пропущеної через отвір 5, виконане в середній частині штока, і пристрій зворотного поступального переміщення штока в осьовому напрямку. Пристрій зворотного поступального переміщення штока виконано у вигляді пружини стиснення 6, встановленої на одному кінці штока. Інший кінець штока, забезпечений роликками 7, взаємодіє з дисковим кулачком 8, які

мають привід обертання 9. Відстань між зажимами 1 і 2 регулюється гвинтами 10 з правою і 11 з лівим різьбленням, з'єднаними муфтою 12.

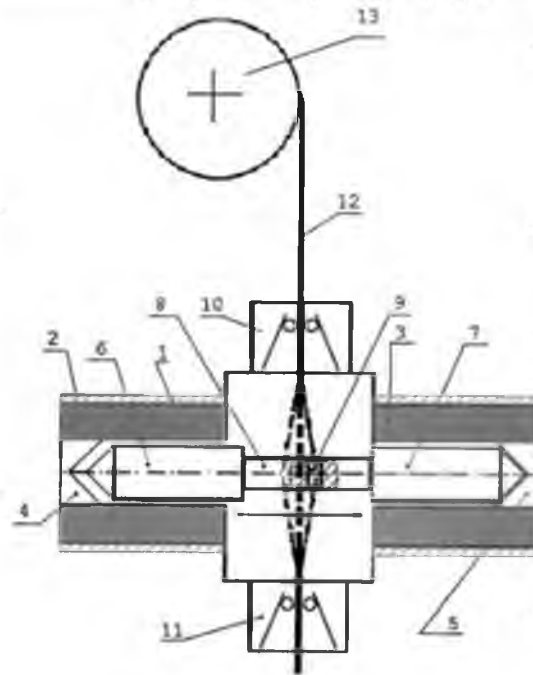


Рис. 1.11. Схема пристрою імпульсної подачі дроту за допомогою поперечних вигинів

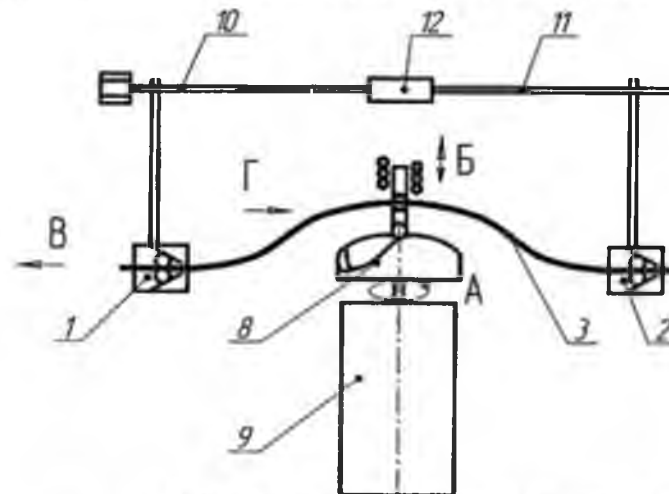


Рис. 1.12 - Схема пристрою імпульсної подачі дроту за допомогою поперечних вигинів

Принцип дії іншого аналогічного механізму пояснений на рис. 1.13.

НУБІП України

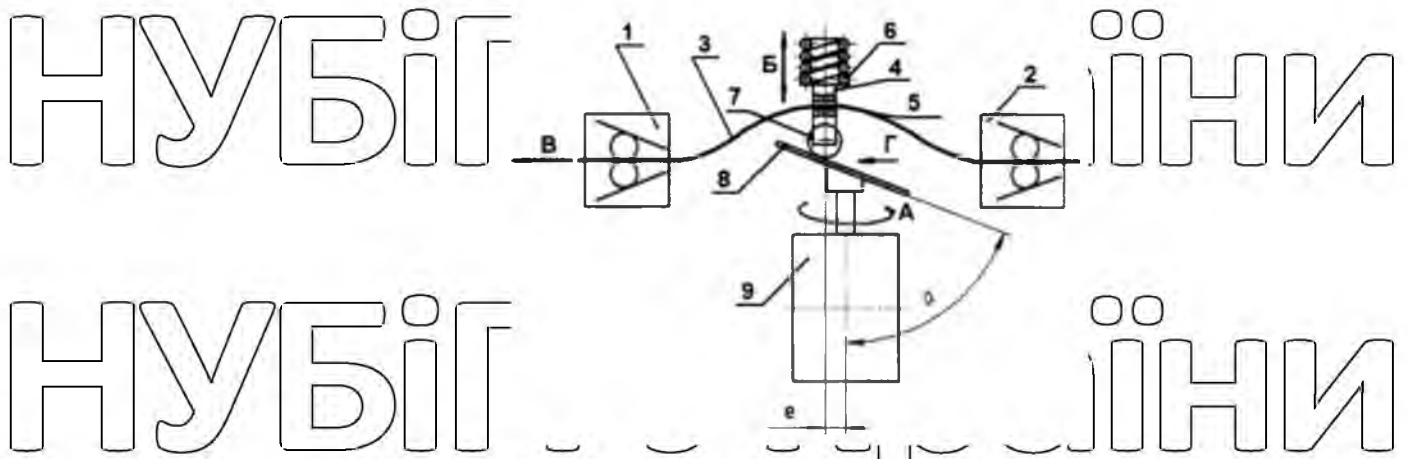


Рис. 1.13 - Пристрій імпульсної подачі присадного дроту

Механізм також містить два затиску 1 і 2 для дроту 3, штока 4 і пристрій зворотньо-поступального переміщення штока в осьовому напрямку. Ось штока розташована перпендикулярно осі проходження дроту, пропущеної через отвір 5, виконане в середній частині штока.

Пристрій зворотньо-поступального переміщення штока виконано у вигляді пружини стиснення 6, встановленої на одному кінці штока, а на іншому розташований ролик 7, взаємодіє з кулачком 8, які мають привід обертання 9. Кулачок виконаний у вигляді диска і встановлений під кутом α на валу приводу. Привід зміщений в горизонтальній площині щодо штока.

Принциповою особливістю всіх вищерозглянутих пристроїв є забезпечення дискретної подачі дроту до наплавлюваної поверхні і відсутність примусового відводу від неї. Такі пристрої не дозволяють здійснити процес вібродугового наплавлення, пов'язаний з примусовим відведенням дроту від деталі. У той же час принцип управління подачею присадного дроту за рахунок її поперечного вигину представляється перспективним для подальшого розвитку.

1.6 Висновки до розділу

1. Аналіз можливих технологій зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин таких як лемеші, долота, культиватори та ін., показав.

що основними способами зміцнення є ручна дугова і газова наплавка, наплавка СВЧ, коксування, постановка твердосплавних пластин. Однак питання зміцнення полиць дуговим наплавленням є недостатньо дослідженим.

2. У зв'язку з нерівномірністю зношування робочих поверхонь полицяів в якості критерію технічної оптимальності застосовуваної технології зміцнення доцільно прийняти забезпечення рівного зносостійкості всієї робочої поверхні полицяу. Такий підхід дозволяє, з одного боку, мінімізувати площа зон, що піддаються зміцнення, а з іншого боку, виключити додаткові витрати на формування зміцнених шарів з надлишкової зносостійкість. Однак, методики визначення зон зміцнення робочих поверхонь полиць плугів відсутні.

3. З огляду на складну конфігурацію полиць, найбільш прийнятним способом зміцнення представляється дугова наплавка неперекриваючими валиками. Однак, широко застосовувана ручна дугова наплавка через малу товщину полиці (5 ... 8 мм), викликає їх значне нагрівання, викривлення, формування великих зон відпустки. Наплавлення крайок утруднена їх пропалюванням.

Для зміцнення полиць плугів доцільно застосовувати вібродугове наплавлення, як спосіб з мінімальним тепловкладенням в основний метал.

4. У зв'язку зі складністю механізації процесу наплавлення через складну геометрії полиць і відсутності конструкцій вібродугових головок для ручного маніпулювання існує необхідність розробки технологічного обладнання для напівавтоматичного вібродугового наплавлення.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ

ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОЛИЦЬ ПЛУГІВ

2.1 Забезпечення рівної зносостійкості поверхні полиці плугів

В процесі експлуатації плуга знос полиці відповідає кривій (рис. 2.1), що характеризує процес абразивного зношування. При цьому вигляді зношування характерною відмінністю є відсутність періоду подрібтки і наявність двох періодів: процесу сталого зношування і аварійного зношування. На етапі сталого зношування (при роботі в звичайних умовах експлуатації) швидкість зміни зносу практично постійна, знос деталей змінюється лінійно з часом. Таким чином, в період усталеного зношування знос пропорційний і коефіцієнт локальної інтенсивності зношування теж буде пропорційний нагрівування [31, 32].

Після закінчення періоду нормальної роботи через зношування і видалення зміцненого шару деталей настає більш інтенсивне аварійне зношування.



Рис. 2.1. Крива абразивного зносу

Через нерівномірне зношування поверхні полиці плуга, критерієм оптимальності застосовуваної технології зміцнення може служити забезпечення рівної зносостійкості всієї його робочої поверхні. Таким чином можливо мінімізувати площу областей, які піддаються зміцненню, а, отже, і додаткового

термічного і механічного впливу, і, одночасно, виключити додаткові витрати на формування надмірно-зміщених ділянок.

Визначення ділянок зміщення пропонується виконувати на основі вимірів зносів колишнього в експлуатації полиці. Коефіцієнт локальної інтенсивності зношування визначається за виразом:

$$k_n = \frac{I_i}{I_{\text{сер}}}, \quad (2.1)$$

де I_i - знос полиці в i - ой точці виміру,

$I_{\text{сер}}$ - середній знос всієї поверхні полиці.

Значення $I_{\text{сер}}$ запропоновано розраховувати за висловом

$$I_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^N I_i}{N}, \quad (2.2)$$

де N - кількість точок виміру.

Фізичний зміст запропонованого коефіцієнта полягає в тому, що в цілях забезпечення рівної зносостійкості всієї деталі зміцнювати слід зони, для яких $k_n > 1$, тобто інтенсивність зношування перевищує середню.

При цьому в залежності від значень k_n можуть застосовуватися різні схеми наплавлення, відповідні необхідному підвищенню зносостійкості в даних зонах.

2.2 Розрахункова оцінка зносостійкості поверхонь з неперекриваючими валиками наплавленого металу при абразивному зношуванні

2.2.1 Обґрунтування вимог до технології наплавлення деталей плугів з урахуванням їх прогнозованої зносостійкості

2.2.1.1 Визначення висоти валиків наплавленого металу з урахуванням прогнозованої зносостійкості деталей плугів

Важливими показниками, що характеризують обсяг наплавлення і зносостійкість зміщених деталей, є висота валиків наплавленого металу і

твердість наплавленого шару. Правильний вибір цих параметрів дозволить отримати оптимальне співвідношення між вартістю змінення і ресурсом змінюючих деталей.

Для вибору даних параметрів в залежності від прогнозованої зносостійкості пропонується наступна методика розрахунку. Відомо що зносостійкість I для конструкційних сталей є функцією твердості H зношуваного матеріалу, і в першому наближенні її можна уявити лінійною функцією:

$$I = kH, \quad (2.3)$$

де k - постійний коефіцієнт.

З іншого боку, зносостійкість можна визначити як відношення інтервалу часу t до величини зносу Δ деталі за цей інтервал:

$$I = \frac{t}{\Delta} \quad (2.4)$$

Прирівнявши вирази (2.3) і (2.4), отримуємо, що напрацювання до досягнення деталлю граничного значення зносу, можна визначити як:

$$t_{gr} = kH\Delta_{gr}, \quad (2.5)$$

Для забезпечення рівного ресурсу нової незміцненої деталі товщини δ з допустимим зносом Δ_0 , твердістю H_0 і деталі, наплавленої зносостійким валиком висотою δ_n і твердістю H_n , необхідно дотримуватися такій умові:

$$k_n H_n \delta_n + k_p H_p \Delta_0 \geq k_0 H_0 \Delta_0 \quad (2.6)$$

де H_p - твердість шару загартованого металу деталі, що зазнає розміщеному термічному впливу процесу наплавлення;

k_n , k_p , k_0 - постійні коефіцієнти для наплавленого, розміщеного і вихідного основного металу.

Умова (2.6) справедливо, якщо товщина δ_p розміщеної зони основного металу дорівнює або перевищує допустиму величину зносу Δ_0 основного металу. Якщо ж $\delta_p < \Delta_0$ (Рис. 2.2), то нерівність (2.6) буде мати наступний вигляд:

$$k_n H_n \delta_n + k_0 H_0 \delta_{осн} + k_p H_p \delta_p \geq k_0 H_0 \Delta_0 \quad (2.7)$$

де $\delta_{осн} = \Delta_0 - \delta_p$

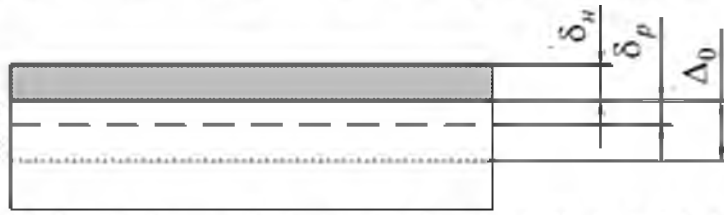


Рисунок 2.2 - Схема для розрахунку параметрів наплавляемого валика металу

У разі, коли твердість зносостійкого наплавленого шару перевищує твердість основного і розміщеного металу не більше ніж на HRC 10 - 15, можна прийняти допущення: $k_n = k_0 = k_p$. З урахуванням цього припущення нерівність (2.7) після перетворень можна представити так:

$$H_n \delta_n \geq H_0 (\Delta_0 - \delta_{осн}) - H_p \delta_p \quad (2.8)$$

У разі, якщо товщина δ_p розміщеної зони основного металу дорівнює або перевищує допустиму величину зносу Δ_0 основного металу, нерівність (2.6) з урахуванням прийнятого допущення можна привести до виду:

$$H_n \delta_n \geq \Delta_0 (H_0 - H_p) \quad (2.9)$$

Вирази (2.8) і (2.9) були отримані, виходячи з умови рівняння ресурсів нової і зміненої полиці. На практиці ж потрібно, щоб технологія зміцнення була

економічно виправдана більш високим ресурсом, наприклад, в n разів, зміщених деталей в порівнянні з новими. Для цього праві частини нерівностей (2.6) і (2.7) помножимо на n і після перетворень отримаємо:

$$H_n \delta_n = n H_0 [\Delta_0 - (\delta_{осн}/n)] - H_p \delta_p \quad (2.10)$$

$$H_n \delta_n = n \Delta_0 [H_0 - (H_p/n)] \quad (2.11)$$

де $n > 1$ - коефіцієнт збільшення ресурсу зміщеного полиці в порівнянні з новим.

Отримані рівняння дозволяють приблизно оцінити висоту валика наплавленого металу. У розрахунках взяли, що твердість основного металу становить HRC 50, твердість наплавленого металу HRC 60 тоді, вважаючи $n =$

1,5 ... 2,0 і з урахуванням того, що ширина розміщеної зони основного металу полицю залежить від техніки і режимів наплавлення, в середньому, її значення знаходяться в діапазоні 1,5-3 мм, отримуємо, що висота валика повинна становити 2 ... 3 мм.

2.2.1.2 Вибір параметрів накладення точок наплавленого металу з урахуванням прогнозованої зносостійкості деталей плугів

Внаслідок термічного впливу при нанесенні точок з високо вуглецевого присадного металу (твердістю HRC 60) основний метал деталі в околиці точок розміщується на 8 - 10 одиниць за шкалою твердості Роквелла. Для визначення кількості точок наплавленого металу, які слід наносити на зміцнюючих поверхню і якого діаметра повинні бути ці точки, щоб зони розміщення істотно не впливали на загальну зносостійкість зміцнюючих деталей плуга, була складена наступна розрахункова модель.

Припустимо, що є якась зміщена точкової технікою робоча поверхня деталі площею S , на яку нанесено N точок наплавленого металу діаметром d_m .

Розміщені зони мають форму кільця, розташованих навколо нанесених точок.

Будемо вважати, що внутрішній діаметр кільця дорівнює d_m , а зовнішній - d_p .

Звідси, площа наплавленого металу S_n в загальній площі зміцненої поверхні дорівнює:

$$S_n = N \frac{\pi d_m^2}{4} \quad (2.12)$$

Площа розміщення поверхні дорівнює:

$$S_p = N \frac{\pi(d_p^2 - d_m^2)}{4} \quad (2.13)$$

Площа основного металу, що не піддалося розміненню, дорівнює:

$$S_0 = S - S_n - S_p \quad (2.14)$$

Якщо не брати до уваги опуклості точок наплавленого металу, тобто, допустити, що вони мають плоску форму, то можна припустити, що середня зносостійкість зміцненої поверхні $I_{сер}$ буде залежати від співвідношення

твердостей і площ трьох різновидних зон: зони наплавленого металу площею S_n

і твердістю H_n , зони розмінення основного металу площею S_p і твердістю H_p , а також від зони основного нерозміненого металу площею S_0 і твердістю H_0 .

У першому наближенні значення відносної середньої зносостійкості зміцненої поверхні можна оцінити за формулою:

$$I_{сер} = k_n H_n \frac{S_n}{S} + k_p H_p \frac{S_p}{S} + k_0 H_0 \frac{S_0}{S} \quad (2.15)$$

Підставляючи (2.12 - 2.14) в (2.15), після перетворень отримуємо:

$$I_{сер} = N \frac{\pi d_m^2}{4S} (k_n H_n - k_p H_p) + N \frac{\pi d_p^2}{4S} (k_p H_p - k_0 H_0) + k_0 H_0 \quad (2.16)$$

Тоді підвищення зносостійкості зміцненої поверхні складе [31, 32, 47]:

$$n = \frac{l_{\text{сер}}}{k_0 H_0} \quad (2.17)$$

$$n = \frac{N \frac{\pi d_m^2}{4S} (k_H H_H - k_P H_P) + N \frac{\pi d_p^2}{4S} (k_P H_P - k_0 H_0) + k_0 H_0}{k_0 H_0} \quad (2.18)$$

Як приклад на рис. 2.3 представлені результати розрахунків величини n за формулою (2.18). Аналіз графіків (рисунок 11), показує, що діаметр точок наплавленого металу впливає на зносостійкість сильніше, ніж розмір ділянки знеміцнення. Так, зменшення діаметра точки на 2 мм при незмінності інших параметрів призводить до зменшення відносної середньої зносостійкості приблизно на 30%, в той час як зменшення діаметра зовнішньої окружності розміщених зон на 2 мм при сталості інших параметрів - до зменшення зносостійкості приблизно на 5%.

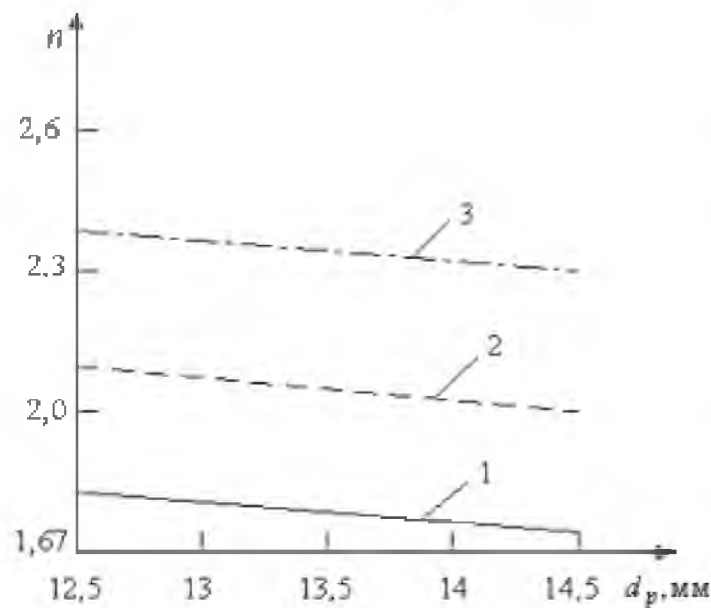


Рис. 2.3 - Залежність підвищення зносостійкості від діаметра d_p зовнішньої кола ділянки розміщення при різних діаметрах точок наплавленого металу (1 - $d_m = 8$ мм; 2 - $d_m = 9$ мм; 3 - $d_m = 10$ мм; $H_0 = \text{HRC } 50$; $H_P = \text{HRC } 40$; $H_H = \text{HRC } 60$; $k_H = 1,8$; $k_P = 0,5$; $k_0 = 0,6$; $N = 105$; $S = 14000 \text{ мм}^2$)

Формула (2.14) справедлива тільки в тому випадку, коли на зміцнюючих поверхні площею S є всі три зони: зони наплавленого, розміщення і основного

металу. Це можливо в тому випадку, коли кількість точок наплавленого металу, розміщених на поверхні площею S , таке, що зони розміщення не стикаються і не перекривають один одного. Іншими словами, якщо дотримується така умова:

$$N < \frac{4S}{\pi d_p^2} \quad (2.19)$$

З (2.18) можна визначити кількість точок, яке повинно бути нанесено на зміцнюючу поверхню площею S , щоб її зносостійкість збільшилася в n раз:

$$N = \frac{k_0 H_0 (n-1) 4S}{\pi d_m^2 (k_n H_n - k_p H_p) + \pi d_m^2 (k_p H_p - k_0 H_0)} \quad (2.20)$$

Проведемо за допомогою формули (2.20) розрахунок кількості точок і відстаней між ними з урахуванням прогнозованої зносостійкості для схем точкової техніки зміцнення полиць корпусів плугів.

Тонкостінні деталі полиць корпусів плугів товщиною до 8 мм необхідно, щоб уникнути пропалювання і термічних деформацій зміцнювати з використанням невеликих зварювальних струмів. Досвід застосування точкової

техніки наплавлення показує, що при зварювальному струмі 120 – 140. А за час

1 - 1,2с обсяг наплавленого металу приймає напівсферичну форму діаметром 6 - 8 мм. При більшому часу горіння дуги обсяг приймає форму сферичної краплі. Така форма небажана, тому що збільшує ймовірність відриву обсягу

наплавленого металу від основного в процесі експлуатації деталі. Таким чином,

оптимальним діаметром точок наплавленого металу для тонкостінних деталей є діаметр 6 ... 8 мм.

Розрахуємо кількість точок, яке повинно бути нанесено на зміцнюючих поверхню деталі площею S , щоб її зносостійкість збільшилася в n раз.

Вихідними даними для розрахунку приймемо такі величини: діаметр наплавленої точки $d_m = 8$ мм; твердість основного металу наплавленої деталі - $H_0 = \text{HRC } 50$; твердість розміщеного металу $H_p = \text{HRC } 40$; твердість наплавленого металу $H_n = \text{HRC } 60$; $k_n = 1,8$ - коефіцієнт, характеризує лінійну

зміну величини зносу в часі наплавленого металу; $k_p = 0,5$ – коефіцієнт, що характеризує лінійна зміна величини зносу в часі розміщення металу; $k_0 = 0,6$ – коефіцієнт, що характеризує лінійну зміну величини зносу під час основного металу деталі.

Коефіцієнти лінійного зміни зносу взяті рівними коефіцієнтам для залізовуглецевих сплавів, чії твердості приблизно відповідають твердості наплавленого, основного і розміщеного металу деталей.

Визначимо розмір розміщення зони, виходячи з розрахунку температурного поля. Для розрахунку температурного поля приймемо схему зосередженого точкового джерела, що діє на поверхні напівнескінченного поля.

Розрахункова формула для такої схеми має вигляд воли [24, 25, 32]:

$$T(R, t) = \frac{2Q}{c\gamma 4\pi at} e^{-\frac{R^2}{4at}}, \quad (2.21)$$

де $T(R, t)$ - температура даної точки, що знаходиться на відстані R від точки внесення тепла через час

$c\gamma$ - питома об'ємна теплоємність тіла, що нагрівається;

a - коефіцієнт температуропровідності;

Q - кількість теплоти, що вводиться зварювальним джерелом.

Кількість теплоти можна визначити за формулою:

$$Q = \eta \cdot T \cdot U, \quad (2.22)$$

де I , U - робочий струм і напруга зварювального джерела постійного струму;

η - коефіцієнт, що є відношенням ефективної потужності дуги до її повної потужності.

Для знаходження радіусу зовнішньої окружності зони розміщення підставимо в рівняння (2.21) значення температури початку перетворення мартенситної структури в сталі при нагріванні, тобто температури, при нагріванні вище якої загартований метал розміщується. Значення цієї температури для середньо вуглецевих сталей становить 350°C .

Підставляючи в формулу (2.21) значення температури початку відпускних перетворень в сталі, після перетворень отримуємо вираз для розрахунку радіуса зовнішнього кола зони розміщення:

$$R_p = \sqrt{\frac{4at \cdot \ln \frac{2Q}{T_{Mn} c \gamma (4\pi at)^{1,5}}}} \quad (2.23)$$

Так, для наступних вихідних даних: $c\gamma = 4,8 \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^3\text{С}$, $a = 7 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}$

С , $t = 1\text{с}$, $I = 120\text{А}$, $U = 20\text{В}$, $\eta = 0,8$, радіус розміщення зони дорівнює: $R_p =$

5,4 мм. Для струму, рівного 140 А, і незмінності інших параметрів радіус зростає до 5,7 R_p мм.

Для розрахунку параметрів схеми зміцнення приймаємо діаметр d_p зовнішньої окружності розміщення зони рівним 11,5 мм.

Максимальна кількість точок N_{max} , яке можна розмістити на зміцнюючих повернях, щоб виконувалася умова (2.19), дорівнює відношенню $\frac{4S}{\pi d_p^2}$ округленому до найближчого цілого числа в меншу сторону.

Відстань між точками залежить від порядку їх розташування. Найбільш перспективно для збільшення зносостійкості розташування точок в шаховому порядку. Але, щоб розрахувати відстань L між центрами точок, скористаємося простотою моделі. Припустимо, що точки нанесені на зміцнюючі поверхні в ряд на однаковій відстані одна від одної, а зовнішні кордони кіл зон знеміцнення стосуються кордонів прямокутної поверхні площею S (Рисунок 2.4).

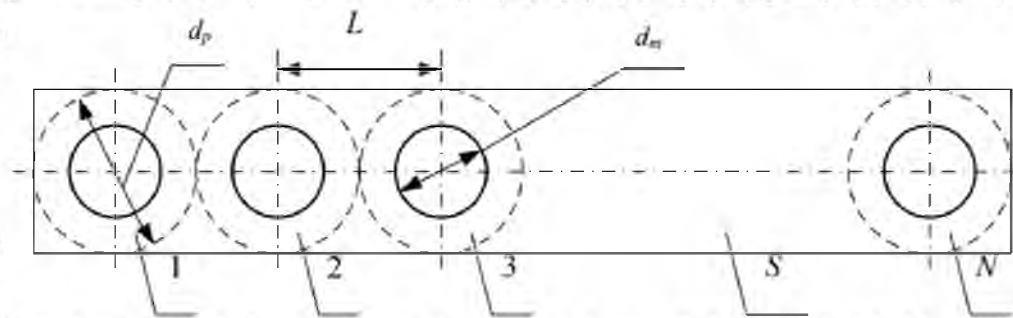


Рис. 2.4. Схема для розрахунку відстані L між центрами точок, нанесених на зміцнюючих поверхнях

Виходячи з геометричних побудов, отримуємо формулу для розрахунку відстані L між центрами точок:

$$L = \frac{(s - d_p^2/d_p)}{N - 1} \quad (2.24)$$

Результати розрахунку за формулами (2.19) і (2.24) для зазначених вище вихідних даних були зведені в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3

Параметри наплавлення полиць плуга

Найменування деталі	N_{\max} (максимальна кількість точок)	Коефіцієнт збільшення зносостійкості, n	Кількість точок наплавленого металу, N	Відстань між точками L , мм
полиця плуга Kvernerland $S = 72000 \text{ мм}^2$	244	1,5	122	51,6
		1,6	146	43,1
		1,7	171	37,8
		1,8	195	32,2
		1,9	220	28,5
		2,0	244	25,7

Таким чином, розрахунок показує, що при виборі відповідних параметрів схеми точкового зміцнення тонкостінних деталей можна отримати збільшення їх зносостійкості в 1,5 ... 1,8 разів.

2.5 Висновки до розділу

1. Визначення зон зміцнення запропоновано виконувати на основі вимірів зносів буваючих в експлуатації полиць і подальшого розрахунку

запропонованого коефіцієнта локальної інтенсивності зношування k_u . Зміцнення підлягають зони з $k_u > 1$.

2. Отримано залежності, що дозволяють сформулювати основні вимоги до технології зміцнення (твердість наплавленого металу, частку наплавлюваного поверхні, відстань між зонами наплавленого металу, величину розміщення основного металу в зоні термічного впливу (ЗТВ) і ін.), необхідні для забезпечення заданого коефіцієнта локальної інтенсивності зношування.

3. Розрахунковим шляхом встановлено, що застосування вібродугового наплавлення тонкостінних деталей дозволяє зменшити ширину зони розміщення до 1...2 мм і знизити розміщення основного металу в зоні термічного впливу з 10 до 3...6 одиниць за шкалою HRC.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводилися в два етапи: на першому - провели лабораторні дослідження, пов'язані з вивченням процесу напівавтоматичного вібродугового наплавлення, нерівномірності зношування

полиць, раціональним схемами зміцнення; на другому – виробничі випробування зміцнених полиць [26, 31, 32].

Для досягнення мети і вирішення поставлених завдань програмою передбачається проведення лабораторних досліджень в наступній послідовності:

- розробити конструкторську документацію і виготовити експериментальний зразок механізму, що подає присадного дроту для напівавтоматичного вібродугового наплавлення;

- дослідити процес напівавтоматичного вібродугового наплавлення. При цьому базовими параметрами процесу напівавтоматичного вібродугового наплавлення прийняті значення, певні в теоретичних дослідженнях – сила струму наплавлення від 100 до 200А, частота вібрацій електрода 100 Гц, напруга наплавлення 20 В;

- дослідити величини зносу полиць плугів і визначити коефіцієнти локальної інтенсивності зношування;

- визначити ділянки зміцнення полиць плугів з урахуванням коефіцієнтів локальної інтенсивності зношування та отримати відповідні схеми накладення зварювальних швів для забезпечення рівної зносостійкості поверхні полиці.

Для досягнення мети і вирішення поставлених завдань програмою експериментальних досліджень у виробничих умовах передбачається:

- дослідження процесу зношування зміцнених поверхонь полиць плугів в процесі експлуатації.

3.2 Методика проведення експериментів в лабораторних умовах

3.2.1 Розробка методики експериментального дослідження процесу напівавтоматичного вібродугового наплавлення

Лабораторні дослідження процесу напівавтоматичного вібродугового наплавлення проводяться для перевірки можливості ведення вібродугового

процесу в напівавтоматичному режимі, а також для вибору присадочного матеріалу і режимів процесу зміцнення поверхонь п'лужних полиць.

В результаті дослідів планується перевірити і уточнити конструктивні і кінематичні параметри розробленого експериментального пристрою, забезпечують можливість ведення напівавтоматичного процесу.

На першому етапі необхідно досліджувати стабільність формування наплавленого металу в умовах ручного переміщення зварювальної палички при різних амплітудах коливань присадного дроту. Для цього необхідно визначити амплітуду коливань присадного дроту, при якій не буде

спостерігатися відскакування зварювального палички від наплавленої поверхні. Виходячи з умови забезпечення прямолінійності переміщення зварювального палички, експериментальне дослідження допустимої амплітуди вібрації присадного дроту проводиться з використанням дроту 65Г діаметром

1,6 мм. Зварювальна дуга не запалює. Траєкторія переміщення зварювального палички фіксується по слідах ударного впливу торця дроту що спирається об поверхню. Задовільною траєкторією руху зварювального палички можна вважати в разі формування суцільної лінії відбитків без розривів і одиничних відскоків.

Далі необхідно провести досліди з визначення значень швидкості переміщення зварювального палички і швидкості наплавлення в ручному режимі, забезпечують стабільність горіння дуги і формування наплавленого металу. Для проведення експериментальних досліджень присадним дротом

також служить дріт сталі 65Г діаметром 1,6 мм. У зону наплавлення подається околордуюча рідина (розчин гліцерину в воді). Для підвищення стабільності горіння дуги і зниження розбризкування в зварювальний ланцюг включається зварювальний дросель. Середня швидкість наплавлення на підставі п. 3.4 прийнята 39 м/год.

В якості раціонального режиму напівавтоматичного вібродугового наплавлення приймаються значення, при яких забезпечена прямолінійність валіка наплавленого металу і стабільність формування шва.

Для контролю геометричних параметрів швів необхідно провести наплавку точок і валиків на вирізаних з полиці плуга зразках. Необхідно виміряти діаметри точок і довжини і ширини валиків наплавленого металу.

Твердість зміцнених поверхонь деталей визначається за методом Роквелла на приладі ТК-2 відповідно до вимог ГОСТ 9013-59.

Мікротвердість зразків, вирізаних з полиці, вимірюється на приладі ПМТ-3 (ГОСТ 9450-76) при навантаженні на індентор 1Н. Результати вимірювань обробляються за допомогою програми "Microsoft Excel".

3.2.2 Розробка методики експериментальних досліджень зносу незміцнених полиць плугів

З метою подальшої розробки технологічних схем наплавлення необхідно виконати дослідження зносів деталей плугів, уточнити зони переважачого зношування, що вимагають переважного зміцнення.

Для вимірювання товщини полиці плуга в зношених місцях пропонується використовувати розроблене пристосування (рис. 4.1), яке складається з наступних основних деталей: верхнього куточка 1, проміжного профілю 2, нижнього профілю 3, затиску 4, мікрометра 5, фіксуючого болта 6 і куточка 7.

Пристрій являє собою зварену конструкцію. Верхній куточок приварений до проміжного профілю, в свою чергу привареного до опорного нижнього профілю. На вільному кінці куточка приварений затискачі 4, в який вставлений мікрометр 5, що фіксується болтом 6. Для максимально точного вимірювання товщини зносу полиць плугів в зношених місцях на нижній профіль приварений куточок 7, на який спирається поверхню полиці при вимірах.

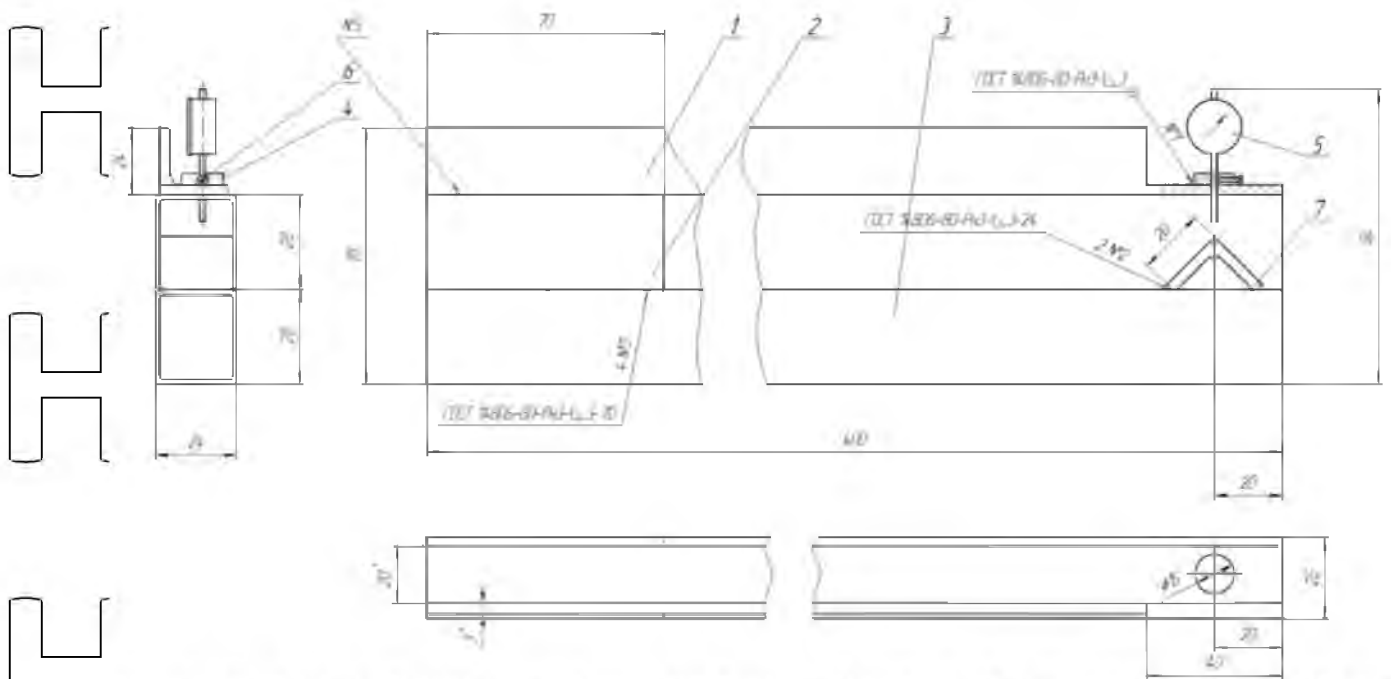


Рис. 3.1 - Креслення пристосування для вимірювання зносу полиці

Пристосування працює наступним чином: попередньо очищений від бруду, пилу, рослинних залишків полиця оглядається, візуально визначаються найбільш зношені ділянки полиці. Для ділянок розмічають і розлічують. На пристосуванні відтягують шток мікрометра і вставляють тіло полиці між верхнім куточком і нижньою опорою пристрої. Виставляють показання мікрометра на нуль. Далі, встановлюючи шток мікрометра в отриманих точках, заміряють товщину найбільш зношених ділянок полиці плуга.

Для вивчення зміни геометрії полиці в процесі експлуатації і розробки схем зміцнюючого наплавлення були проведені заміри товщини у 14 полиць плугів Gregoire Besson розробленим пристосуванням по попередній розмітці. Для визначення величини зносу визначали різницю між вимірною товщиною полиці і товщиною після експлуатації.

Для вимірювання були обрані полиці після напрацювання 100 ... 200 га після оранки на дерново-підзолистих легко-і середньо суглинистих ґрунтах.

Вимірювання товщини проводилося (рисунок 3.1) по семи горизонтальним лініях (I - VII), розташованим на відстані 30 мм і в трьох - на відстані 60мм один від одного. На грудях полиці вимірювання проводилися на

відстані 30 мм один від одного, а на крилі і робочій поверхні полиці - на відстані 60 мм один від одного.

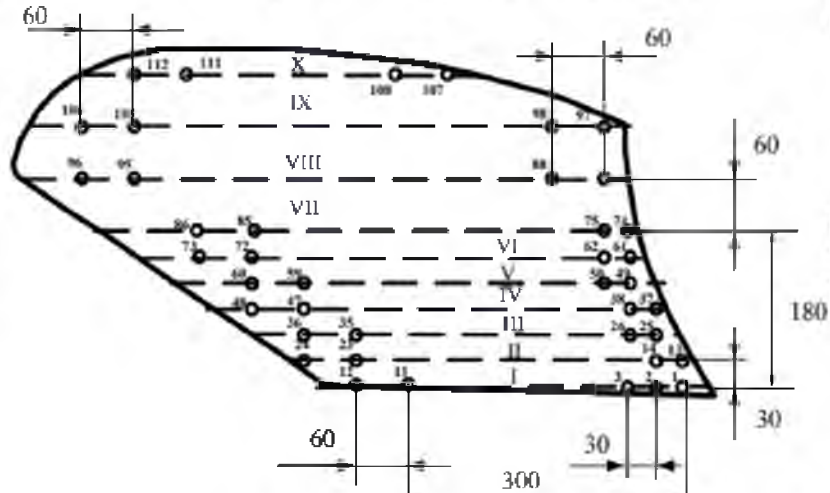


Рис. 3.2. Схема вимірювання товщини полиці

Для визначення областей зміцнення за результатами проведення вимірювань товщини полиці потрібно визначити коефіцієнти локальної інтенсивності зношування поверхні полиці і області, які необхідно піддавати зміцненню відповідно до методики, запропонованої в розділі 2.1.

Для цього необхідно визначити $I_{сер}$ середню величину зносу в точках вимірювань за виразом:

$$I_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^N I_i}{N}$$

де N - кількість точок виміру,

Коефіцієнт локальної інтенсивності зношування визначається по виразом:

$$K_{л} = \frac{I_i}{I_{сер}}$$

де

I_i - знос полиці в i -ой точці виміру;

$I_{сер}$ - середній знос всієї поверхні полиці.

Областями зміцнення полиці будуть ті частини поверхні, в яких коефіцієнт локальної зношування буде перевищувати 1.

З метою розробки технологій зміцнення, що забезпечують підвищення рівномірності зношування полиць плугів доцільно виділити такі області, в яких коефіцієнт локальної інтенсивності зношування буде перебувати в межах: область I - 2,00 і більше, область II - від 1,50 до 2,00, область III - від 1,00 до 1,50 і область IV - менш 1,00.

3.2.3 Вибір схем накладення зварних швів для забезпечення рівної зносостійкості поверхонь полиць плугів

Для проведення експериментальних досліджень зносостійкості зміцнених полиць необхідно визначити технологічні схеми наплавлення в залежності від отриманих коефіцієнтів локальної інтенсивності зношування.

Виходячи з виразу середньої зносостійкості:

$$I_{\text{сер}} = \frac{S_H}{S} (k_H H_H - k_p H_p) + \frac{S_p}{S} (k_p H_p - k_o H_o) + k_o H_o \quad (3.1)$$

і для того, щоб середня зносостійкість зміцненої точкової технікою поверхні площею S була в n раз вище зносостійкості поверхні нової деталі тієї ж площі, необхідно, щоб виконувалася така рівність:

$$I_{\text{сер}} = nk_o H_o \quad (3.2)$$

Прирівнявши (3.1) і (3.2) отримаємо:

$$nk_o H_o = \frac{S_H}{S} (k_H H_H - k_p H_p) + \frac{S_p}{S} (k_p H_p - k_o H_o) + k_o H_o \quad (3.3)$$

Беручи частку наплавленої поверхні як відношення площі наплавлення до загальної площі поверхні полиці, маємо:

$$\bar{S} = \frac{S_H}{S} \quad (3.4)$$

Після перетворень з урахуванням виразу для визначення площі наплавленої точки (3.12) і прийнявши допущення про пропорційність між наплавленою і розміщеною поверхнею, $S_p = \xi S_H$, де ξ – коефіцієнт пропорційності отримуємо:

$$\bar{S} = \frac{k_0 H_0 (n-1)}{(k_H H_H - k_p H_p) + \xi (k_p H_p - k_0 H_0)} \quad (3.5)$$

Приймаємо твердість основного металу наплавленої деталі $H_0 = 50$ HRC, твердість наплавленого металу H_H рівній HRC 60, твердість розміщення металу H_p рівній HRC 40 і $k_0 = 0,6$, $k_H = 1,8$, $k_p = 0,5$ - коефіцієнт, що характеризує лінійну зміну величини зносу під часу основного, наплавленого і розміщеного металу відповідно. Результати розрахунку по залежності (4.5) показали, що для підвищення зносостійкості зміщеної поверхні площею S в 1,5 рази вище зносостійкості поверхні нової деталі тієї ж площі необхідно наплавити не менше 18% площі, для підвищення в 1,8 разу потрібно наплавить не менше 28% площі, а в 2 рази - не менше 35% від загальної площі поверхні.

Такі значення площі зміщеної наплавленням поверхні можуть бути забезпечені як постановкою точок наплавленого металу, так і нанесенням валиків, які не перекривають. При коефіцієнті локальної інтенсивності зношування $k_u \geq 2$ і частці зміщеної поверхні області не менше 35% від загальної площі поверхні полиці рекомендується використовувати наплавку валиками. При коефіцієнті локальної інтенсивності зношування $1,5 \leq k_u < 2$ частка зміщеної поверхні повинна становити не менше 28% від загальної площі поверхні полицю рекомендується використовувати точкову наплавку.

При коефіцієнті локальної інтенсивності зношування $1 \leq k_u < 1,5$ частка зміщеної поверхні повинна становити не менше 17% від загальної площі поверхні полиці рекомендується використовувати точкову наплавку.

Технологічні схеми наплавлення, що задовольняють умовам частки зміщеної поверхні по відношенню до всієї поверхні області полиці представлені на рис. 4.3.

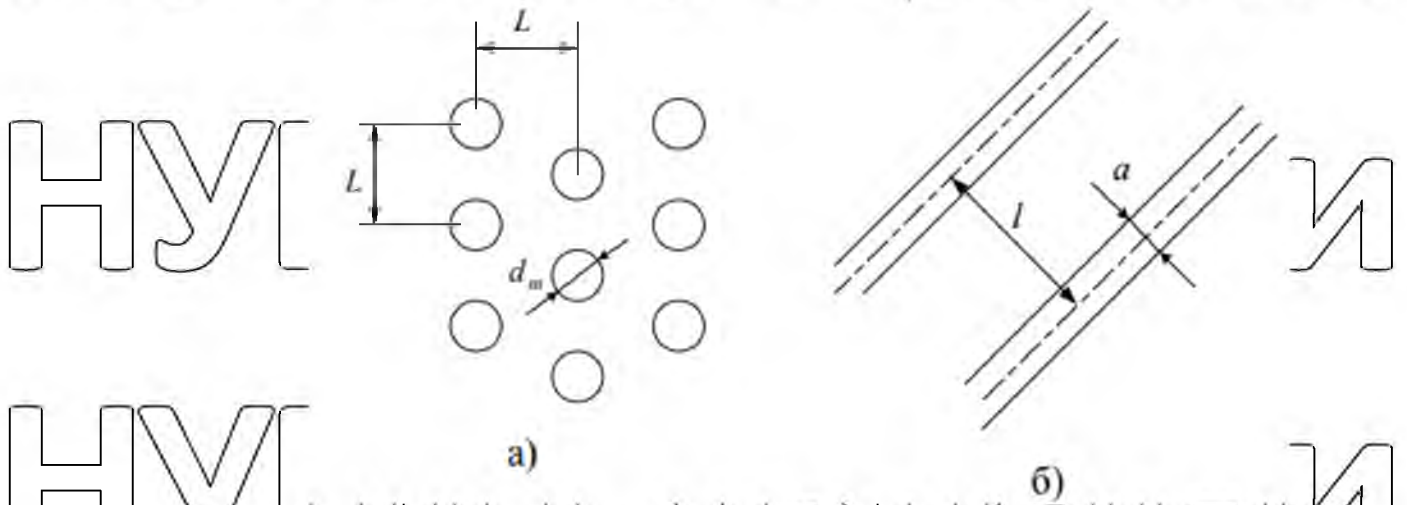


Рис. 3.3. Схеми накладення а) точок наплавленого металу, б) валиків наплавленого металу

Кількість точок наплавленого металу визначаємо за методикою запропонованою в розділі 2. Таким чином, максимальна кількість точок N_{max} діаметром d_m і з зоною розміщення d_p , яке можна розмістити на зміцнюючій поверхні становить:

$$N_{max} = \frac{4S}{\pi d_p^2} \quad (3.6)$$

Отримане значення необхідно округлити до найближчого цілого числа в меншу сторону.

Відстань L між центрами наплавлених точок:

$$L_1 = \frac{((s-d_p^2)/d_p)}{N-1} \quad (3.7)$$

При накладенні валиків загальна довжина шва складе:

$S_n = a \cdot b$ (3.8)

Відстань між валиками l має забезпечити неперекриття зон розміщення.

3.3 Методика проведення експериментів в виробничих умовах

Для виявлення картини зношування плужних полиць найбільшу перевагу надають виробничі випробування в господарствах. Вони дозволяють отримати достовірні результати в умовах дійсного протікання процесів.

Для отримання достовірних результатів при проведенні польових випробувань повинні бути дотримані ряд вимог: достатня повторність дослідів, що визначається кількістю випробовуваних однотипних полиць; порівняльний характер випробування, тобто одночасна експлуатація зміцнених і незміцнених полиць; однаковість вимог до умов проведення випробувань, в тому числі за експлуатаційними характеристиками орного агрегату, агротехнічним вимоги до обробки ґрунтів, схемами і методами проведення замірів; ідентичність методики оцінки результатів вимірювання зносу і визначення інтенсивності зношування випробовуваних полиць, як зміцнених, так і незміцнених.

Підготовка полиць до польових випробувань полягає в наплавленні присадним дротом ділянок, з коефіцієнтом локальної інтенсивності зношування, що перевищує одиницю, напівавтоматичного вібродугового наплавленням з нанесенням суцільного валика вздовж крайок і точок на прилеглий поверхні. При цьому на одному рівні повинні бути витримані параметри режиму наплавлення: зварювальний струм, напруга дуги, швидкість наплавлення.

Знос полиці визначається під час весняної та осінньої оранки. Оранку здійснювали на дерново-підзолистих легко-і середньо суглинистих ґрунтах на полях з рівним рельєфом. Оранка проводиться тракторами К-744. дослідні полиці встановлюються на плуги Gregoire Besson. Плуги оснащуються як зміцненими, так і незміцненими полицями.

Знос оцінюється різницею між відповідними розмірами полиці плуга до експлуатації і після певного напрацювання. Величина зносу визначається у виділених областях I, II, III, IV з коефіцієнтом локальної інтенсивності зношування 2,00 і більше, від 1,50 до 2,00, від 1,00 до 1,50 і менше 1,00 відповідно.

Вимірювання проводяться: для полиць в стані поставки після напрацювання близькою до граничної за критерієм наскрізного стирання робочої поверхні, для зміцнених - при вимірах незміцнене, а також після досягнення напрацювання, відповідної прогнозованому підвищенню ресурсу.

Отримані в результаті вимірів дані порівнюються з розмірами деталей до початку експлуатації.

3.4. Висновки до розділу

1. Розроблено методики експериментальних досліджень з визначення ділянок зміцнення поверхонь полиці плуга на підставі вимірів полиць, що були в експлуатації та розрахунку коефіцієнта локальної інтенсивності зношування.

2. Розроблено методику експериментальних досліджень процесу напівавтоматичного вібродугового наплавлення і проведення польових випробувань полиць корпусів плугів на прикладі Gregoire Vesson з оцінкою інтенсивності зношування полиць за різними варіантами наплавлення поверхні.

3. Визначено основні параметри схем накладення зварювальних швів і точок з метою вирівнювання зносостійкості всієї робочої поверхні полиці плуга.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗМІЦНЕННЯ ПОЛИЦЬ ПЛУГІВ

4.1 Результати дослідження процесу напівавтоматичного вібродугового наплавлення

Проведені експериментальні дослідження дозволили виявити два основні відмінності ведення процесу вібродугового наплавлення в напівавтоматичному режимі від процесу механізованої вібродугового наплавлення. По-перше, при механізованому наплавленні зварювальний пальник закріплюється на супорті установки, а торець присадного дроту розміщується на заздалегідь встановленому відстані від наплавленої поверхні. Тому при будь-якій амплітуді вібрації дроту існує можливість знизити зусилля притиснення дроту до деталі. Крім того, закріплення зварювального пальника на супорті установки забезпечує прямолінійність форми валика наплавленого металу. При напівавтоматичному наплавленні зварювальник спирає торець присадного дроту і, відповідно, зварювальний пальник на наплавляється поверхню.

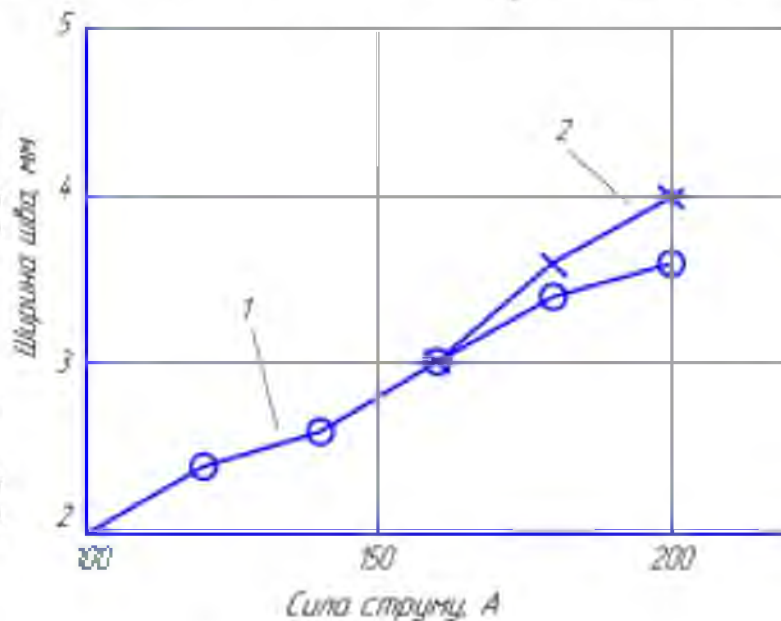
Другою відмінністю напівавтоматичного процесу вібродугового наплавлення від механізованої є певне варіювання швидкості наплавлення через ручне переміщення зварювального пальника.

Як показали експерименти, при досягненні певної амплітуди коливань присадного дроту починає спостерігатися відскакування зварювального пальника від наплавленої поверхні, що призводить до порушення прямолінійності і стабільності формування валика наплавленого металу. З цієї причини було проведено експериментальне дослідження допустимої амплітуди вібрації присадного дроту виходячи з умови забезпечення прямолінійності переміщення зварювального пальника. Подаючим дротом служив пружинний дріт зі сталі 65Г діаметром 1,6 мм. Зварювальний дуга не запалювалась. Траєкторія переміщення зварювального пальника фіксувалась по слідах ударного впливу торця дроту на опорну поверхню. Задовільною траєкторією руху зварювального пальника вважалася в випадку формування суцільної лінії відбитків без розривів і одиничних відскоків. Встановлено, задовільну підтримку траєкторії переміщення пальника забезпечується при амплітуді коливань не більше 2...3 мм.

Подальша наплавка одиничних валиків при амплітудах 1 мм і 4 мм підтвердили отримані висновки. Встановлено, що варіювання швидкості наплавлення в напівавтоматичному режимі в діапазоні 15 ... 20% призводить до зміни геометричних параметрів валика наплавленого металу не більше ніж на 7 ... 10%, що свідчить про можливість реалізації процесу вибродугового наплавлення в напівавтоматичному режимі.

Експериментальне дослідження процесу наплавлення на визначених у розділі 2 режимах дозволило встановити, що без вібрації зниження сили струму менше 140 ... 150 А призводить до нестабільного горіння дуги і її обривів.

Накладення вібрації дозволяє знизити силу струму навіть до 80 ... 100 А при стабільному формуванні валика. Ширина шва зі зменшенням сили струму зменшується з 3,5 ... 4,0 мм до 2 мм.



- 1. Вибродугова наплавка
- 2. Наплавка постійним струмом

Рис. 4.1 Залежність ширини шва від сили струму наплавлення

Заміри мікротвердості показали зниження ширини ділянки розміщення, а також більш слабе зниження твердості в цій зоні (рисунок 4.2). Це підтверджує результати математичного моделювання.

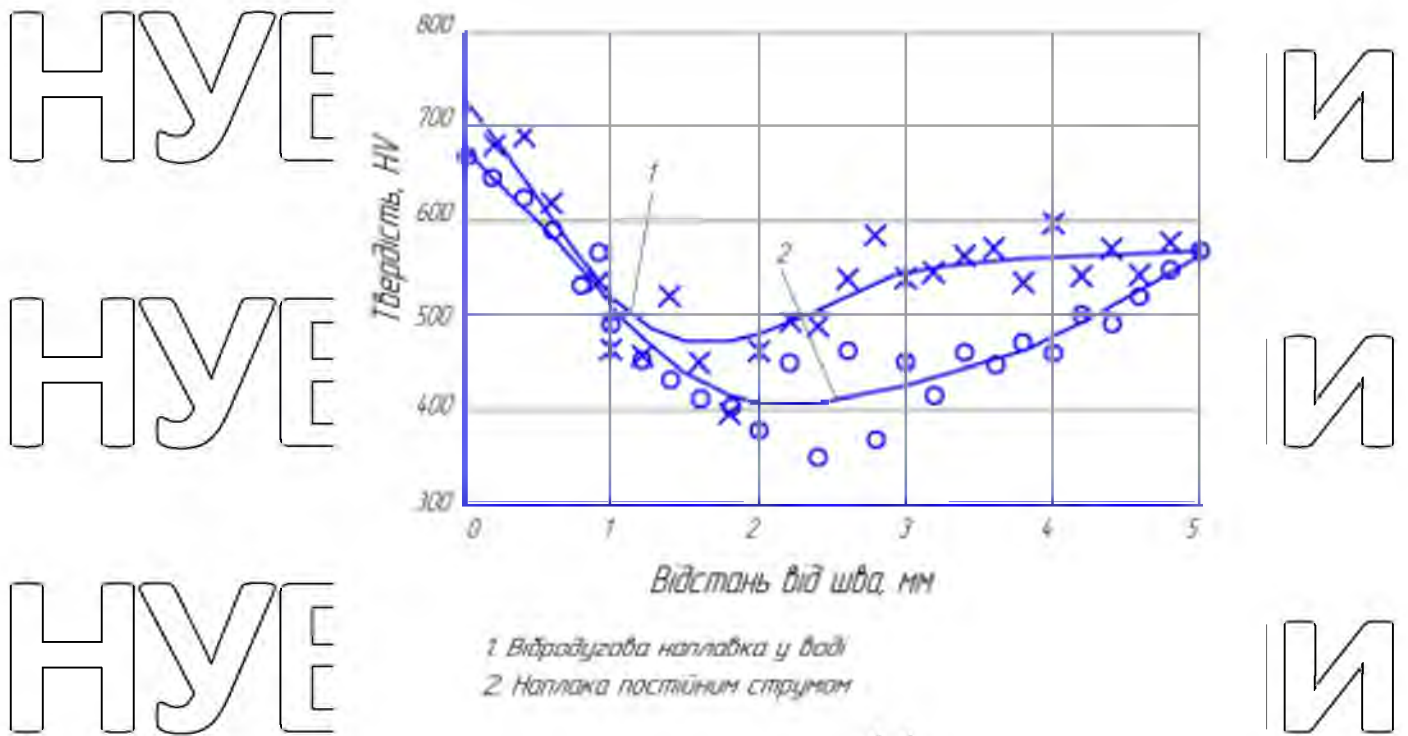


Рис. 4.2. Зміна твердості з видаленням від валика наплавленого металу

Таким чином, теоретичні та експериментальні дослідження показали можливість і доцільність застосування процесу вібродугового напівавтоматичного наплавлення для зміцнення полиць плугів.

4.2 Результати експериментальних досліджень зносу незміцнених

полиць плугів і розробка схем накладення зварних швів

Для визначення зон переважного поверхневого зношування були розроблені схеми вимірів. Для виконання замірів виготовлено пристосування, оснащене індикаторної голівкою. Заміри зношеної полиці показали, що знос можуть досягати декількох міліметрів. Область найбільш інтенсивного зношування знаходиться в передній частині в грудях полиці і в нижній частині крила. При цьому зношування площі не перевищує 30% загальної поверхні полиці (рис. 4.3).

НУБІ



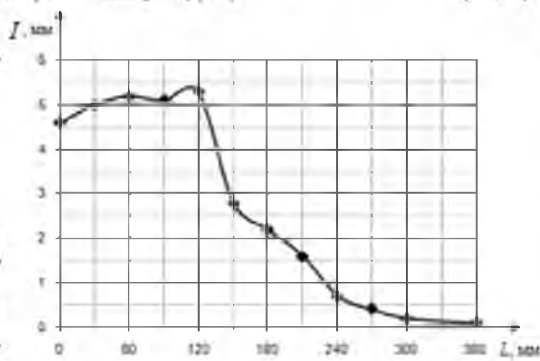
НИ

Рис. 4.3 Вид зношеної полиці (крейдою штриховий пісією обведена зона найбільшого зношування гудей полиці

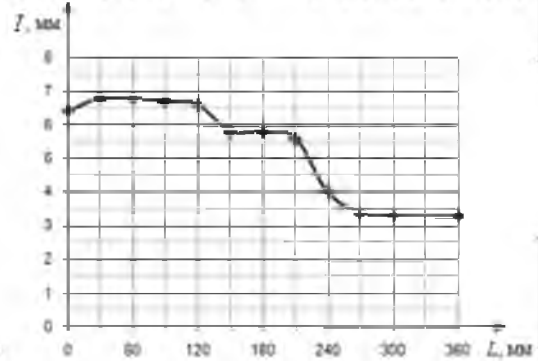
Знос робочих крайок деталі можуть становити більше десяти міліметрів.

Знос полиці в верхній частині польового обрізу і в верхній частині крила практично відсутня. Це вказує на доцільність зміцнення передньої частини гудей полиці і крайок.

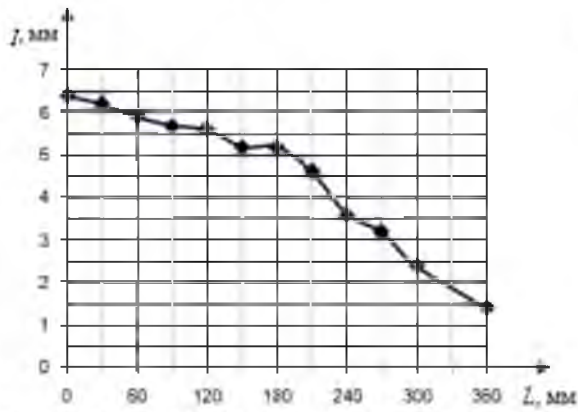
Значення зносів незміцнених полиць досліджували в ході натурних випробувань в господарствах Київської області. Величини зносу полиці по лініях наведені в додатку А. Характер зносів представлений на рис. 4.4 і 4.5.



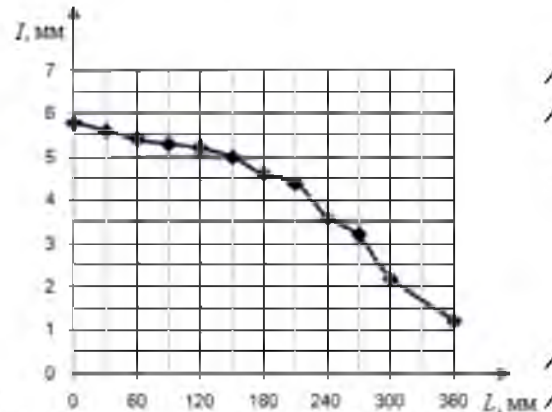
а)



б)



в)



г)

Рисунок 4.4 Характер зносу полиць в горизонтальній площині а) - г) по лініях I - IV відповідно

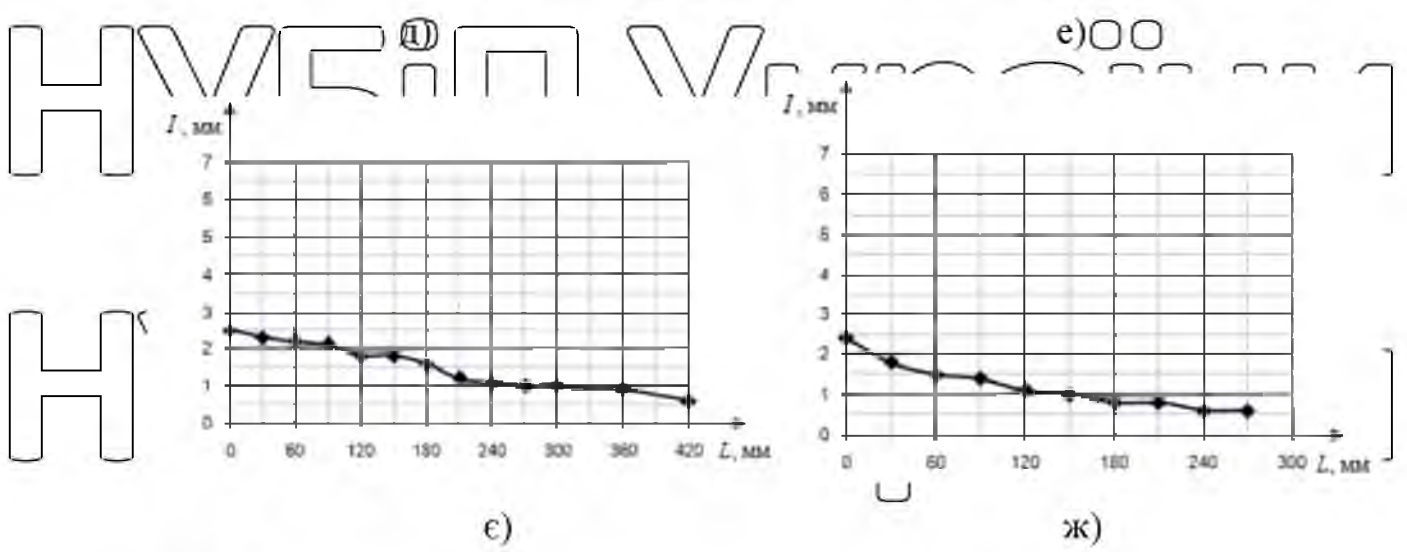
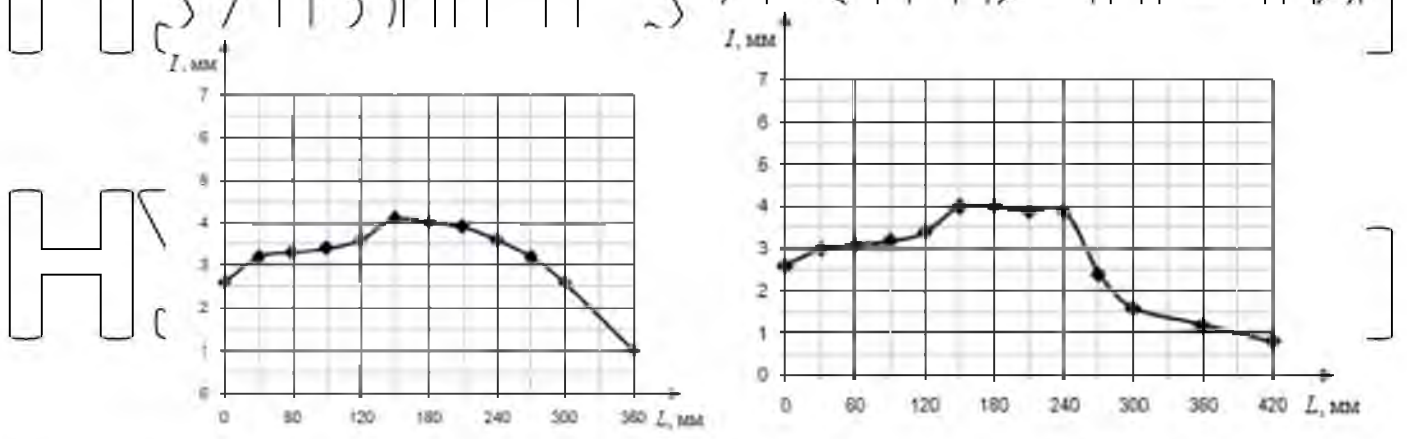


Рисунок 4.5 - Характер зносу полиць в горизонтальній площині д) – до и) по лініях V - X відповідно

На підставі проведених замірів величини зносу визначені коефіцієнти локальної інтенсивності зношування (таблиця 4.1)

НУБІП України

Таблиця 4.1

Коефіцієнти локальної інтенсивності зношування

№ точки	Коеф. інтенсивності зносу	Область коэф. інтенсивності зносу	Необхідність упрочнення +/-	№ точки	Коеф. інтенсивності зносу	Область коэф. інтенсивності зносу	Необхідність зміцнення +/-
Лінія I				Лінія II			
1	1,51	II	+	13		I	+
2	1,54	II	+	14		I	+
3	1,60	II	+	15		I	+
4	1,57	II	+	16		I	+
5	1,63	II	+	17		I	+
6	0,86	IV	-	18		II	+
7	0,68	IV	-	19		II	+
8	0,49	IV	-	20		II	+
9	0,22	IV	-	21		III	+
10	0,12	IV	-	22		III	+
11	0,06	IV	-	23		III	+
12	0,03	IV	-	24		III	+
Лінія III				Лінія IV			
25	2,00	I	+	27		II	+
26	1,97	II	+	28		II	+
27	1,82	II	+	29		II	+
28	1,76	II	+	30		II	+
29	1,72	II	+	31		II	+
30	1,60	II	+	32		III	+
31	1,60	II	+	33		III	+
32	1,42	III	+	34		IV	-
33	1,11	III	+	35		IV	-
34	0,86	IV	-	36		IV	-
35	0,83	IV	-				
36	0,80	IV	-				
Лінія V				Лінія VI			
49	0,80	IV		61	0,80	IV	
50	0,99	IV		62	0,92	IV	
51	1,02	III		63	0,63	IV	
52	1,05	III		64	0,99	IV	
53	1,11	III		65	1,05	III	
54	1,26	III		66	1,23	III	
55	1,23	III		67	1,23	III	
56	1,20	III		68	1,20	III	
57	1,11	III		69	1,20	III	
58	0,99	IV		70	0,74	IV	
59	0,80	IV		71	0,49	IV	
60	0,80	IV		72	0,43	IV	

	73	0,40	IV	
--	----	------	----	--

НУБІП України

Закінчення таблиці 4.1

Лінія VII				Лінія VIII			
74	0,77	IV	-	87	0,74	IV	-
75	0,71	IV	-	88	0,55	IV	-
76	0,68	III	-	89	0,46	IV	-
77	0,65	III	-	90	0,43	IV	-
78	0,55	III	-	91	0,34	IV	-
79	0,55	III	-	92	0,31	IV	-
80	0,49	III	-	93	0,25	IV	-
81	0,37	III	-	94	0,25	IV	-
82	0,34	III	-	95	0,18	IV	-
83	0,31	IV	-	96	1,26	II	+
84	0,31	IV	-				
85	0,28	IV	-				
86	1,17	II	+				
Лінія IX				Лінія X			
97	1,35	III	+	107	0,03	IV	-
98	0,99	IV	-	108	0,06	IV	-
99	0,95	IV	-	109	0,06	IV	-
100	0,83	IV	-	110	0,12	IV	-
101	0,80	IV	-	111	1,17	III	+
102	0,77	IV	-	112	1,23	III	+
103	0,71	IV	-				
104	0,71	IV	-				
105	0,80	IV	-				
106	1,17	III	+				

За певними коефіцієнтами локальної інтенсивності зношування області зміцнення ($k_u > 1$) розподіляються по поверхні полиці за схемою (рис. 4.6)

НУБІП України

НУБІП України

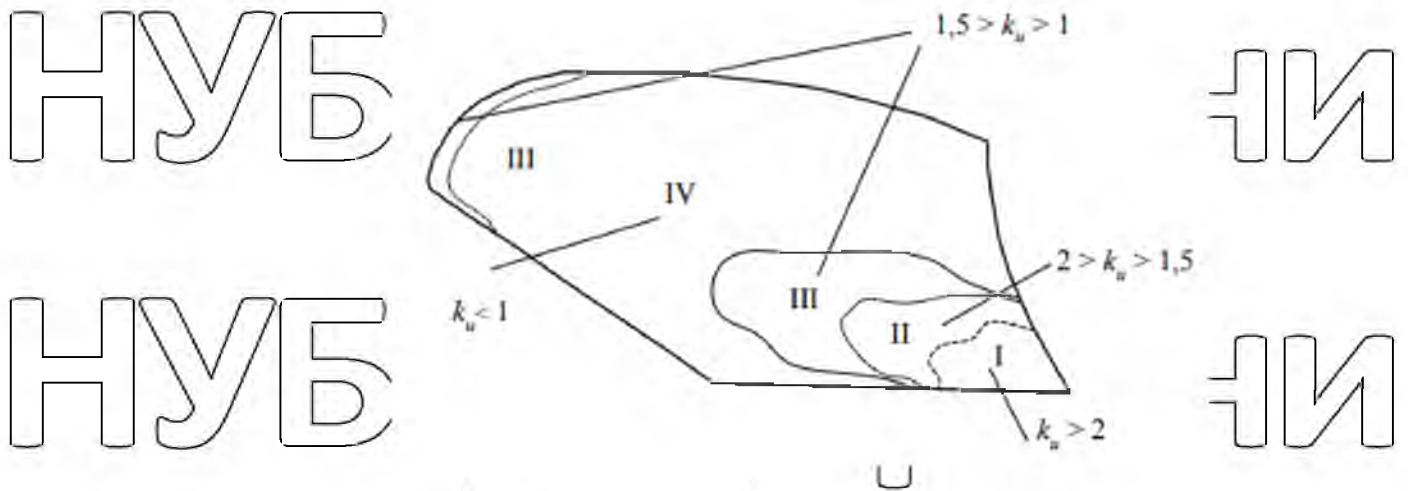


Рис. 4.6. Области зміцнення полиці плуга

Виходячи з технологічних особливостей напівавтоматичного вібродугового наплавлення доцільно застосування наступних схем зміцнення для області I - валиками, II і III - точками. Зміцнення полиць плугів може проводитися шляхом накладення різних видів валиків і точок присадного матеріалу в різних областях поверхні відповідно до методики, розробленої в розділі 2. На підставі результатів розрахунку розмірів, кількості точок, довжини і ширини валиків напавленого металу приймаємо значення, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Параметри напавленого металу						
Область зміцнення полиці	Площа зміцнення, мм ²	Максимальне кількість точок	Діаметр точок, мм	Відстань між точками валиками, мм	Ширина валика, мм	Довжина валика, мм
I	3150	-	-	8,0	5,0	630,0
II	3600	34	8,0	35	-	-
III-V	5400	51	8,0	55	-	-
III-2	2000	19	8,0	55	-	-

4.3 Результати дослідження процесу зношування зміцнених поверхонь полиць плугів в процесі експлуатації

Полиці, що зміцнені за розробленими в розділі 2 методикам, експлуатувалися в господарствах Київської області. Заміри проводились

розробленим пристосуванням в областях, визначених в розділі 3. Для забезпечення необхідної точності оцінки величини зносу полиць плугів, зміщених на ділянках, в яких коефіцієнт локальної інтенсивності зношування перевищує одиницю, вимірювання необхідно проводити таким чином, щоб точки вимірів не потрапляли безпосередньо в місця наплавлення (точки і валики). Результати вимірів наведені в додатку Б. За результатами вимірювань визначені коефіцієнти локальної інтенсивності зношування – як відношення значення зносу в точці до осередненому зносу по всій поверхні (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3

Коефіцієнти локальної інтенсивності зношування

№ точки	К-т локальної інтенсивності зношування незміцненої полиці	К-т локальної інтенсивності зношування зміцненої полиці	№ точки	К-т локальної інтенсивності зношування незміцненої полиці	К-т локальної інтенсивності зношування зміцненої полиці
Область I			Область IV		
1	2,00	1,45	1	0,86	1,14
2	2,09	1,41	2	0,68	0,91
3	2,09	1,59	3	0,49	0,68
4	2,06	1,55	4	0,22	0,27
5	2,03	1,64	5	0,12	0,18
6	2,00	1,55	6	0,06	0,09
Область II			7	0,03	0,04
1	1,51	1,18	8	0,86	1,14
2	1,54	1,18	9	0,83	1,14
3	1,60	1,32	10	0,80	1,09
4	1,57	1,27	11	0,99	1,32
5	1,63	1,32	12	0,80	1,09
6	1,79	1,55	13	0,99	1,32
7	1,79	1,55	14	0,80	1,05
8	1,72	1,45	15	0,99	1,32
9	1,97	1,64	16	0,99	1,05
10	1,82	1,50	17	0,80	1,09
11	1,76	1,45	18	0,80	1,09
12	1,72	1,41	19	0,80	1,09
13	1,60	1,36	20	0,92	1,23
14	1,60	1,45	21	0,95	1,27
15	1,79	1,36	22	0,99	1,27
16	1,72	1,72	23	0,74	1,00
17	1,66	1,66	24	0,49	0,68
18	1,63	1,63	25	0,43	0,64
19	1,60	1,60	26	0,40	0,59
20	1,54	1,54	27	0,71	1,00

Закінчення таблиці 4.3

	Область III		28	0,71	0,93
1	1,23	1,00	29	0,68	0,95
2	1,05	0,86	30	0,65	0,91
3	1,02	0,82	31	0,55	0,77
4	1,02	0,82	32	0,55	0,68
5	1,42	1,27	33	0,49	0,50
6	1,11	1,05	34	0,37	0,45
7	1,42	1,14	35	0,34	0,41
8	1,35	1,14	36	0,31	0,41
9	1,11	1,09	37	0,31	0,36
10	1,02	0,82	38	0,28	1,00
11	1,05	0,82	39	0,74	0,73
12	1,11	0,82	40	0,55	0,64
13	1,26	1,18	41	0,46	0,59
14	1,23	1,18	42	0,43	0,45
15	1,20	1,18	43	0,34	0,43
16	1,11	1,09	44	0,31	0,36
17	1,05	1,09	45	0,25	0,36
18	1,23	1,14	46	0,25	0,27
19	1,23	1,14	47	0,18	1,27
20	1,20	1,14	48	0,99	1,27
21	1,20	1,14	49	0,95	1,14
22	1,35	1,32	50	0,83	1,14
23	1,17	1,05	51	0,80	1,14
24	1,17	1,09	52	0,77	0,95
25	1,23	1,09	53	0,71	0,95
26	1,26	1,23	54	0,71	1,09
27	1,17	1,05	55	0,80	0,05
			56	0,03	0,09
			57	0,06	0,09
			58	0,06	0,18
			59	0,12	0,34

Проведений аналіз (таблиця 4.4) показав зниження коефіцієнтів локальної інтенсивності зношування в зміцнених областях (I, II, і III) з одночасним збільшенням коефіцієнта локальної інтенсивності зношування на незміцнених ділянках (IV). Коефіцієнт локальної інтенсивності зношування наближається до одиниці по всій поверхні полиці, забезпечуючи більш рівномірне інтенсивність зношування по всій поверхні і підвищення ресурсу полиці плуга в 1,4-1,8 разів.

Проведені виміри показали доцільність зміцнення передньої крайки полиці наплавленням суцільного валика.

Таблиця 4.2

Середні значення коефіцієнта локальної інтенсивності зношування на ділянках полиці корпусу плуга

Коефіцієнт локальної інтенсивності зношування	Ділянки полиці				Середнє значення
	I	II	III	IV	
Незміцнена полиця	2,05	1,68	1,18	0,58	1,37
Зміцнена полиця	1,53	1,37	1,07	0,79	1,19

Інтенсивність зношування прилеглих до неї площин менше, що дозволяє застосувати «плямисте» зміцнення зі збільшенням відстані між валиками і точками.

4.4 Висновки до розділу

1. Експериментально встановлено, що при наплавленні дробом 65 Г діаметром 1,6 мм, частоті вібрацій 10 Гц, амплітудою вібрацій 1 ... 2 мм можливо знизити силу зварювального струму до 80 ... 100 А при стабільному формуванні валика. Ширина шва склала 3 ... 4 мм, твердість наплавленого металу - HRC 55 ... 60.

2. Заміри полиць плугів після експлуатації показали, що знос може досягати декількох міліметрів з найбільшими значеннями в передній частині грудей полиці і нижній частині крила.

3. На підставі визначення коефіцієнтів локальної інтенсивності, на робочій поверхні полиці запропоновано виділити три ділянки з різними схемами зміцнення: при $k_u \geq 2,0$ - наплавка звареними швами, при $1,5 \leq k_u < 2,0$ - наплавка звареними крапками з відстанями між ними 35 мм, при $1,0 < k_u < 1,5$ - наплавка звареними крапками з відстанями між ними 55 мм.

4. За результатами випробувань зміцнених напівавтоматичним вібродуговим наплавленням поверхонь полиць корпусів плугів встановлено, що в процесі експлуатації відбувається зниження коефіцієнтів локальної інтенсивності зношування в зміцнених областях і збільшення в незміцнене. При цьому інтенсивність зношування стає більш рівномірною і відбувається підвищення ресурсу в 1,4-1,8 разів.

РОЗДІЛ 5. ВИРОБНИЧІ РЕКОМЕНДАЦІЇ І ЕКОНОМІЧНА

ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1 Виробничі рекомендації по зміцненню полиці плугів

напівавтоматичним вібродуговим наплавленням

Технологічний процес зміцнення полиці плуга включає всі необхідні операції для можливої реалізації в умовах майстерень сільськогосподарських підприємств. Технологія зміцнення деталей плуга напівавтоматичним вібродуговим наплавленням складається з наступних основних етапів [1]:

На першому етапі при наявності слідів корозії, мастила і бруду деталі необхідно очистити металевою щіткою і ганчіркою. При наявності лакофарбових покриттів допускається очищати деталі в зоні початку передбачуваного накладення поздовжніх валиків. У разі застосування точкової техніки необхідно очистити передбачувану зону зміцнення повністю. За допомогою крейди і лінійки на зміцнюючу деталь наноситься контур зони наплавлення.

Потім виконується наплавка точок на деталі відповідно до обраної схеми, техніки та режиму наплавки. Для захисту наплавляемого металу від стікання з крайок деталі використовуються азбестові прокладки. Після наплавлення деталі охолоджується на відкритому повітрі. Рекомендується використовувати наступне обладнання для наплавлення: випрямляч зварювальний дугового ВДУ-306.

Витратні матеріали: присадний дріт зі сталі 65Г діаметром 1,6 мм.

Полярність наплавлення: зворотна («-» на деталь).

Для проведення контролю рекомендується провести візуальний огляд наплавленої поверхні. Допустимим є наявність поодиноких тріщин в наплавленого металу. Не допустимі пропали і термічні деформації деталей, що перевищують граничні значення деталей згідно з технічними вимогами. Контроль розташування, ширини і посилення наплавленого на деталь металу рекомендується проводити за допомогою лінійки, кутоміра і штангенциркуля.

Для деталей різної товщини і форми, а також мають різні фактори, що лімітують їх зносостійкість, пропонуються оптимізовані схеми і техніка зміцнення.

Слід не перегрівати деталь щоб уникнути пропалів. Робочий струм: 100 ...

140 А. Ширина валика: 4 ... 6 мм, загальна довжина - 630 мм, висота - 2 ... 3 мм, відстань між валиками - 8-10 мм. Діаметр точок: 8 - 10 мм, відстань між точками - 35 ... 55 мм, максимальна кількість точок - 104.

5.2 Економічна ефективність технології зміцнення полиць плугів

напівавтоматичним вібродуговим наплавленням

З метою зниження витрат на виконання зварювальних операцій, запобігання викривленню деталей в практиці підвищення опірності абразивного зношування робочих поверхонь деталей все більше застосування знаходять технології «плямистого» зміцнення, тобто наплавлення зміцнюючої поверхні одиничними, які не перекриваються валиками. З метою визначення шляхів вдосконалення технологій наплавлення, розглянемо основні залежності, що впливають на техніко-економічну доцільність «Плямистого» зміцнення робочих поверхонь деталей плуга.

Нехай термін служби базової, що не зміцненої деталі становить T_0 , тоді за деякий час T_c необхідно провести n_0 заміни деталі:

$$n_0 = \frac{T_c}{T_0} \quad (5.1)$$
$$n_0 = \frac{1350}{150} = 9.$$

При терміні служби зміцненої деталі $T_{зм}$ необхідну кількість $n_{зм}$ замін складе:

$$n_{зм} = \frac{T_c}{T_{зм}} \quad (5.2)$$

Вартість базової деталі позначимо C_0 . Вартість $C_{упр}$ зміщеної деталі може бути представлена у вигляді:

$$C_{упр} = C_0 + C_{дод} \quad (5.3)$$

де $C_{дод}$ - вартість зміцнення базової деталі, грн..

Вартість зміцнення базової деталі визначається з виразу:

$$C_{дод} = ЗП + З_м + C_{зв} + C_{зал}, \quad (5.4)$$

де $ЗП$ - повна заробітна плата, грн.;

$З_м$ - вартість ремонтних матеріалів, грн.;

$C_{зв}$ - вартість загальновиробничих витрат, грн.;

$C_{зал}$ - залишкова вартість полиці після досягнення граничного стану ($C_{зал} = 0,1 \cdot C_0$), грн.;

Повна заробітна плата:

$$П = ЗП_{пр} + ЗП_{дод} + C_{есн}, \quad (5.5)$$

де $ЗП_{пр}$ - основна заробітна плата, грн.;

$ЗП_{дод}$ - додаткова заробітна плата, $C_{дод} = 0,1 C_{пр}$, грн.;

$C_{есн}$ - нарахування на єдиний соціальний податок - 27,1% від $(C_{пр} + C_{дод})$, грн.

Основна заробітна плата:

$$ЗП_{пр} = C_{год} \cdot T_{зм} \quad (5.6)$$

де $C_{год}$ - годинна тарифна ставка, прийнята на підприємстві. При роботі зварника 5-го розряду $C_{год} = 70,2$ грн.;

$T_{зм}$ - трудомісткість зміцнення однієї полиці, $T_{зм} = 0,5$ чол.-год. (час зміцнення однієї полиці, певне за допомогою хронометражу, становить 30 хв.).

$$З_{ПР} = C_{год} \cdot T_i = 70,2 \cdot 0,5 = 35,10 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата складе 3,51 грн., а нарахування на єдиний соціальний податок 10,46 грн. Тоді повна заробітна плата згідно

$$З_{П} = 35,10 + 3,51 + 10,46 = 49,07 \text{ грн.}$$

У вартості ремонтних матеріалів ($З_M$) враховується вартість придбаних матеріалів, енергії, послуг інших підприємств. При зміцненні полиці вони складаються з витрат на придбання присадного матеріалу ($З_{ПМ}$) і витрат на оплату електроенергії ($З_{ел}$):

$$З_M = З_{ПМ} + З_{ел} \quad (5.7)$$

Витрати на придбання електродного матеріалу складуть:

$$З_{ПМ} = C_{пр} \cdot l_{пр} \cdot m_{пр}, \quad (5.8)$$

де $C_{пр}$ - вартість присадного дроту 65Г, грн/кг,
 $l_{пр}$ - довжина витрачається присадного дроту при наплавленні валиків і точок, м;

$m_{пр}$ - маса одного метра присадного дроту, кг / м.

$$З_{ПМ} = 40,00 \cdot 12,8 \cdot 0,0158 = 8,09 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату електроенергії визначаються з виразу:

$$З_{ел} = W_{зв} \cdot T_{напл} \cdot C_{ел}, \quad (5.9)$$

де $W_{зв}$ - потужність зварювального апарату, для зварювального агрегату ВДУ-306, кВт / год.;

$T_{напл}$ - трудомісткість наплавлення однієї полиці, $T_{напл} = 0,2$ люд.-год.

$C_{ел}$ - вартість 1 кВт / год. електроенергії, $C_{ел} = 3,91$ грн.

$$З_{ел} = 34,0 \cdot 0,2 \cdot 3,91 = 26,59 \text{ грн.}$$

Тобто матеріальні витрати, згідно (4.5), складуть:

$$З_M = 8,09 + 26,59 = 34,68 \text{ грн.}$$

Вартість загальновиробничих витрат:

НУБІП України

$$C_{\text{оп}} = R_{\text{оп}} \cdot Z_{\text{пр}} \quad (5.10)$$

де $R_{\text{оп}}$ – коефіцієнт загальнопромислових витрат, $R_{\text{оп}} = 0,4$

$$C_{\text{оп}} = 0,4 \cdot 35,10 = 14,04 \text{ грн.}$$

НУБІП України

Згідно (5.5) собівартість зміцнення:

$$C_{\text{под}} = 49,07 + 34,68 + 14,04 + 450 = 547,79 \text{ грн.}$$

Витрати $Z_{\text{зм}}$ на придбання базових деталей протягом деякого терміну T_c

складуть:

НУБІП України

$$Z_0 = n_0 C_0, \quad (5.11)$$

$$Z_0 = 9 \cdot 4500 = 40500, \text{ грн.}$$

Витрати $Z_{\text{зм}}$ на придбання зміцнених деталей за цей же термін T_c складуть

НУБІП України

$$Z_{\text{зм}} = n_{\text{зм}} C_{\text{зм}} \quad (5.12)$$

$$Z_{\text{зм}} = 5 \cdot (4500 + 547,79) = 25238,95, \text{ грн.}$$

Зниження витрат на придбання деталей в разі їх зміцнення оцінимо

коефіцієнтом K_e :

НУБІП України

$$K_e = \frac{Z_0}{Z_{\text{зм}}} \quad (5.13)$$

$$K_e = \frac{40500}{25238,95} = 1,60$$

НУБІП України

З урахуванням залежностей (6.11-6.13) отримаємо:

$$K_e = \frac{T_{\text{зм}} C_0}{T_0 (C_0 + C_{\text{под}})} \quad (5.14)$$

НУБІП України

$$K_e = \frac{270 \cdot 4500}{150(4500 + 547,79)} = 1,60$$

Введемо припущення про те, що терміни служби базової і зміцнені деталі пропорційні їх зносостійкості U_0 і $U_{зм}$ відповідно.

Тоді, отримаємо:

$$K_e \frac{U_{зм} C_0}{U_0 (C_0 + C_{дод})} \quad (5.15)$$

При «плямистому» зміцненні площі наплавленої поверхні S_H виявляється менше загальної площі S деталі, що підлягає зміцненню. Поруч з валиками наплавленого металу в зонах термічного впливу (ЗТВ) відбувається часткове розміщення основного металу. Таким чином, площу S зміцнюючих поверхонь можна представити у вигляді суми:

$$S = S_0 + S_H + S_{ЗТВ} \quad (5.16)$$

де S_0 - площа поверхні з вихідної зносостійкості;

$S_{ЗТВ}$ - площа поверхні зі зниженою зносостійкістю внаслідок часткової відпустки осового металу в ЗТВ.

Середню зносостійкість $U_{зм}$ всій зміцненій поверхні знайдемо із залежності:

$$k_{зн} U_{зм} S = U_0 S_0 + U_H S_H + U_{ЗТВ} S_{ЗТВ} \quad (5.17)$$

де $k_{зн}$ - коефіцієнт пропорційності, що враховує вплив на середню зносостійкість $U_{зм}$ інших показників технології наплавлення, таких як схема накладення зварних швів, висота валиків наплавленого металу і т.д.

З урахуванням виразу (10) отримаємо

$$U_{зм} = \frac{U_0 \eta_0 + U_H \eta_H + U_{ЗТВ} \eta_{ЗТВ}}{k_{зн}} \quad (5.18)$$

де $\eta_0 = \frac{S_0}{S}$ - частка площі поверхні основного металу, що не піддається

змінам структури;

$\eta_H = \frac{S_H}{S}$ - частка площі поверхні основного металу, що піддається наплавленню;

$\eta_{ЗТВ} = \frac{S_{ЗТВ}}{S}$ - частка площі поверхні основного металу, піддана частковому зменшенню внаслідок процесу відпуску основного металу в ЗТВ:

$$\eta_{ЗТВ} = \frac{6832}{53540} = 0,1278$$

Прийmemo допущення, що площа відпущеної поверхні $S_{ЗТВ}$ пропорційна площі наплавленого металу S_H

$$S_{ЗТВ} = \xi_{ЗТВ} S_H \quad (5.19)$$

Де $\xi_{ЗТВ}$ - коефіцієнт пропорційності.
Тоді, можемо записати:

$$\eta_{ЗТВ} = \xi_{ЗТВ} \eta_H \quad (5.20)$$

$0,1278 = \xi_{ЗТВ} \cdot 0,4375$
 $\xi_{ЗТВ} = 0,2921$

Припустимо також, що вартість $C_{дод}$ зміцнення базової деталі визначається в першу чергу площею наплавлення S_H . Тоді можна записати

$C_{дод} = \eta_H S_H \Pi_H$ (5.21)

де Π_H - вартість наплавлення одиниці площі поверхні деталі.
Таким чином, ціна наплавлення складе:

$$\Pi_H = \frac{C_{дод}}{\eta_H S}$$

$$\Pi_H = \frac{547,79}{0,4375 \cdot 53450} = 0,0234 \text{ грн/мм}^2$$

Взявши до уваги, що:

НУБІП України

В результаті отримаємо:

$$\eta_0 = 1 - \eta_H - \eta_{ЗТВ} \quad (5.22)$$

НУБІП України

$$K_e = \frac{U_0(1-\eta_H-\eta_{ЗТВ})+U_H\eta_H+U_{ЗТВ}\xi_{ЗТВ}\eta_H}{k_{ЗН}U_0\left(1+\frac{\eta_H S_{цн}}{S_0}\right)} \quad (5.23)$$

НУБІП України

або

$$K_e = \frac{1+\eta_H+(k_H-1)-\xi_{ЗТВ}\eta_H(1-k_{ЗТВ})}{k_{ЗН}\left(1+\frac{\eta_H S_{цн}}{S_0}\right)} \quad (5.24)$$

НУБІП України

де $k_H = \frac{U_H}{U_0}$ - відносна зносостійкість наплавленого металу,
 $k_{ЗТВ} = \frac{U_{ЗТВ}}{U_0}$ - відносна зносостійкість основного металу в ЗТВ.

НУБІП України

Оскільки функція (5.24) монотонно змінюється щодо параметра η_H , то при будь-якому обсязі наплавлення зміцнення деталі буде економічно вигідним ($K_e > 1$) при виконанні умови

НУБІП України

$$\frac{dK_e}{d\eta_H} > 0 \quad (5.25)$$

НУБІП України

Проведемо диференціацію виразу (5.24) за коефіцієнтом η_H і знайдемо значення похідної $\frac{dK_e}{d\eta_H}$ при $\eta_H = 0$. Після перетворень отримаємо умову техніко-економічної доцільності зміцнення деталі:

НУБІП України

$$k_H - \xi_{ЗТВ}(1 - k_{ЗТВ}) - 1 > \frac{S_{цн}}{C_0} \quad (5.26)$$

$$1,8 - 0,2921(1 - 0,8) - 1 > \frac{53450 \cdot 0,0234}{4500}$$

$$0,742 > 0,278$$

НУБІП України

Таким чином, зміцнення полиці плуга є доцільним технологічним процесом.

Аналіз залежностей (5.24) і (5.26) підтверджує ряд відомих технологічних рекомендацій по наплавленні робочих органів деталей ґрунтообробних машин. Так, отримані залежності свідчать про те, що техніко-економічна ефективність наплавлення зростає з підвищенням відносної зносостійкості наплавленого металу $k_{н}$, збільшенням вартості вихідної деталі C_0 і зниженням вартісних витрат $\Pi_{н}$ на наплавку одиниці площі поверхні деталі. Доцільно знижувати площу S зміцнюючих поверхонь, що призводить до зменшення витрат на виконання зварювальних операцій. Останнє вказує на необхідність чіткого виділення найбільш навантажених зон, що вимагають підвищення зносостійкості.

Залежності (5.24) і (5.26) вказують також на значний вплив ширини відпущених доріжок і ступеня зміцнення в ЗТВ основного металу, які характеризуються коефіцієнтами $\eta_{ЗТВ}$ і $k_{ЗТВ}$, на середню зносостійкість і доцільність зміцнення деталей.

Для визначення економічної ефективності розробленої технології використовуємо методичку, запропоновану в роботах. Економічна ефективність зміцнення полиць при постачанні визначається за виразом

$$E = \left(\frac{C_0 - C_{ост}}{T_0} - \frac{C_{ЗМ} - C_{ост}^{ЗМ}}{T_{ЗМ}} \right) \cdot T_{ЗМ} \quad (5.27)$$

де C_0 , $C_{ЗМ}$ - вартість полиці в стані поставки і після зміцнення відповідно, грн;

$C_{ост}$, $C_{ост}^{ЗМ}$ - залишкова вартість полиці в стані поставки і після зміцнення відповідно, грн;

T_0 , $T_{ЗМ}$ - напрацювання полицю в стані поставки і після зміцнення відповідно, га.

Ресурс полицяів в стані поставки при оранці на дерново-підзолистих середньосуглинистих і супіщаних ґрунтах приймаємо $T_0=150$ га, при зміцненні напівавтоматичним вібродуговим наплавленням напрацювання підвищиться до $T_{ЗМ} = 270$ га. Тоді економічна ефективність зміцнення в розрахунку на один полиця складе (5.27):

НУБІП України

$$E = \left(\frac{4500 - 450}{150} - \frac{5047,79 - 504,78}{276} \right) \cdot 270 = 2745,90 \text{ грн.}$$

В аграрному підприємстві використовується не менше 110 полиць. Таким чином, економічна ефективність зміцнення 110 полиць складе:

НУБІП України

$$E_{\text{зм}} = 2747,90 \cdot 110 = 302269 \text{ грн}$$

Таким чином, технологія зміцнення полиць плугів напівавтоматичним вібродуговим наплавленням дозволить отримати річний економічний ефект в розмірі понад 300000 грн.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Площини і країки полиць плугів піддаються в процесі експлуатації нерівномірному абразивному зношуванню, що викликає доцільність додаткового зміцнення найбільш навантажених ділянок.

2. Ефективним способом підвищення зносостійкості деталей плугів є дугова наплавка неперекриваючими валиками. Для зниження тепловкладення в основний метал доцільно застосування вібродугове наплавлення в струменях води.

3. Математичне моделювання показало, що при вібродуговому наплавленні збільшення коефіцієнта поверхневої тепловіддачі α до 0,1 (Дж / см² К) призводить до більш ніж 2-х кратному зменшення ширини зони термічного впливу. Особливо важливо це при наплавленні крайок, коли без охолодження зона термічного впливу майже в 2 рази більше, ніж при наплавленні площини. Зниження середньої сили струму з 200 до 100 А і підвищення α до 0,1 (Дж / см² К) дозволяють знизити величину розміщення з 10 до 3 ... 6 HRC. Ширина зони відпуску не перевищує при цьому 2 мм.

4. Розроблено механізм подачі присадного дроту для напівавтоматичного вібродугового наплавлення, отримані кінематичні залежності для його розрахунку.

5. Експериментально встановлено, що при наплавленні дротом зі сталі 65Г діаметром 1,6 мм, частоті вібрації 10 Гц, амплітудою вібрації 1 ... 2 мм можливо знизити силу зварювального струму до 80 ... 100 А при стабільному формуванні валика. При токах 100 ... 150 А ширина шва склала 4 ... 5 мм, твердість наплавленого металу - HRC 55 ... 60. Ширина зони розміщення склала 2...3 мм при твердості HRC 40 ... 45.

6. На підставі визначення коефіцієнтів локальної інтенсивності зношування та розрахункової оцінки інтенсивності зношування зміцнених

поверхонь, на робочій поверхні полиці запропоновано виділити три ділянки з різними схемами зміцнення: при $k_u \geq 2,0$ - наплавка звареними швами, при $1,5 < k_u < 2,0$ - наплавка звареними крапками з відстанями між ними 35 мм, при $k_u < 1,5$ - наплавка звареними крапками з відстанями між ними 55 мм.

7. Розроблено технологічні рекомендації по зміцненню полиць плугів. Зміцнені полиці і їх деталі експлуатувалися протягом 2019-2020 р.р. середнє підвищення зносостійкості склало 1,4-1,8 рази. Економічний ефект склав понад 300 тис. грн.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Александров А. В., Потапов В. Д., Державин Б. П. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 2000. – 560 с. – ил.
2. Андрей Новицкий. Логико-вероятностное моделирование надежности сложной сельскохозяйственной техники / Андрей Новицкий, Александр Баный // Motrol, motoryzacja i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2016. – Vol. 14, №3. – P. 187–196.
3. Бабкин, А.С., Епифанцев Л.Т. Методики расчета оптимальных параметров дуговой сварки и наплавки / А.С. Бабкин, Л.Т. Епифанцев // Сварочное производство. – 2004. – № 2. – С. 3-6.
4. Батищев А.Н., Голубев И.Г., Лялякин В.П. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники. – М.: Информагротех, 1995. – 296 с.
5. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. Под ред. Д. Р. Меркина. Т. I. Статика и кинематика. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 504 с. – ил.
6. Безбородов И.А. Совершенствование расчета параметров режима механизированной наплавки / И.А. Безбородов // Сварочное производство. – 2008. – № 1. – С. 5-9.
7. Беловод, А.И. К вопросу износостойкости восстановленных рабочих органов сельскохозяйственных машин / А.И. Беловод, А.А. Дудников, А.В. Канивец, В.В. Дудник // Наукові нотатки. – 2011. – № 31. – С. 33-36.
8. Бернштейн Д.Б. Абразивное изнашивание лемешного лезвия и работоспособность плуга / Д.Б. Бернштейн // Тракторы и сельхозмашины. – 2002. – №6. – С. 40–45.
9. Бернштейн Д.Б. Оценка возможности самозатачивания почворезущих элементов при абразивном изнашивании / Д.Б. Бернштейн // Тракторы и сельхозмашины. – 1985. – №6. – С. 15–19.
10. Блохин, В.Н. Теоретическое исследование процесса износа армированных отвально-лемешных поверхностей / В.Н. Блохин, С.Н.

Прудников, Л.А. Паршикова // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2-1 (2015) – С. 23-25.

11. Брунов, О.Г. Способы импульсной подачи сварочной проволоки при сварке 115 плавящимся электродом в CO₂ / О.Г. Брунов, В.Т. Федько, А.П. Слистин // Сварочное производство. – 2002. – № 11. – С. 5-8.

12. Будко, С.И. Методы повышения эффективности упрочнения деталей лемешно-отвальных плугов дуговой наплавкой твердыми сплавами: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.03.06 / Будко Сергей Иванович. – Санкт-Петербург- 114 Пушкин., 2009. – 20 с.

13. Будко, С.И. Об изменении геометрии отвалов плугов после их эксплуатации / С.И. Будко, Д.С. Зуева, М.М. Пехтерев // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2004. – № 1 (3). – С. 164-169.

14. Булычев, В.В. К вопросу о выборе технологии упрочнения лемехов / В.В. Булычев, В.Н. Сидоров, С.А. Голубина, С.А. и др. // Прогрессивные технологии, конструкции и системы в приборо- и машиностроении: Материалы Всероссийской научно-технической конференции 6 – 8 декабря 2005 г., т. 1 – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – С. 238 – 239.

15. Булычев, В.В. Механизм подачи проволоки для полуавтоматической вибродуговой наплавки / В.В. Булычев, С.А. Голубина // Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки: Материалы 8-ой Международной практической конференции-выставки 11 – 14 апреля 2006 г., ч. 1 – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2006. – С. 13 – 16.

16. Булычев, В.В. Совершенствование технологий упрочняющей наплавки деталей плугов на основе применения вибродуговых процессов / В.В. Булычев, А.И. Понемарев, С.А. Голубина // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2010. – №4. – С. 54-56.

17. Булычев, В.В., Продлим ресурс деталей плугов. / В.В. Булычев, В.Н. Сидоров, В.И., Еремеев, С.А. Толубина // Сельский механизатор. – 2011. – №6. – С. 34-35.

18. Буренко Л. А., Винокуров В. Н. Ремонт сельскохозяйственных машин. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 201 с.

19. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини // Д.Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк. – К.. Урожай, 1994, – 241с.

20. Воловик Е. Л. Справочник по восстановлению деталей. – М.: Колос, 1981. – 351 с. с ил.

21. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем. - М. «Наука», 1967 – 1984 с. ил.

22. Вольф, Н.В. Теоретические основы повышения ресурса лемеха плуга / Н.В. Вольф, Д.И. Петровский // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I 25 декабря 2015 года, – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 2015. – С. 119–125.

23. Восстановление деталей машин. Сборник рекомендаций. Под общ. Ред. Ю.Л. Костюкова. – Тула. Приок. кн. изд-во, 1980. – 133 с.

24. Вплив способів заточування та зміцнення леза на довговічність ґрунтообробних знарядь [Текст] / О. В. Козаченко, О. М. Шкрегаль, В. С. Каденко, О. В. Блезнюк, О. М. Волковський // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. - 2018. - № 14. - С. 15-24. - Бібліогр.: с. 21-22.

25. Гаркунов Д.Н. Триботехника: Учебник для студентов вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.: ил.

26. Голубина, С.А. Моделирование структур металла при полуавтоматической вибродуговой наплавке / С.А. Голубина // Научные технологии в приборостроении и развитии инновационной деятельности в вузе: Материалы Всероссийской научно-технической конференции 10 – 12 декабря 2008 г., т. 1 – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – С. 270–271.

27. Голубина, С.А. Определение параметров режима полуавтоматической вибродуговой наплавки / С.А. Голубина // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 11-4. – С. 14-16.

28. Голубина, С.А. Повышение износостойкости рабочих органов почвообрабатывающих орудий полуавтоматической вибродуговой наплавкой / С.А. Голубина // Агропромышленный комплекс на рубеже веков: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию агроинженерного факультета 26 – 27 ноября 2015 г., Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 2015. – С. 92 – 97.

29. Голубина, С.А. Повышение ресурса отвалов плугов полуавтоматической вибродуговой наплавкой / С.А. Голубина // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. Режим доступа: URL <http://www.scienceeducation.ru/ru/article/view?id=10596>.

30. Голубина, С.А. Прогнозирование вероятности обеспечения качества наплавки изношенных деталей сельскохозяйственных машин / С.А. Голубина // Прогрессивные технологии, конструкции и системы в приборостроении: Материалы региональной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 20 – 22 апреля 2005 г., т. 1 – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – С. 206.

31. Голубина, С.А. Расчетная оценка влияния импульсной подачи присадочной проволоки на производительность наплавки / С.А. Голубина, В.В. Булычев // Математическое моделирование сложных технических систем.

Сборник статей. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – С. 83 – 89
(Труды МГТУ №588).

32. Голубина, С.А. Совершенствование технологий упрочняющей наплавки отвалов плугов на основе расчетной оценки технико-экономической эффективности технологических процессов /С.А. Голубина // Труды ГОСНИТИ. Том 118. – М.: Изд-во ГОСНИТИ, 2015. – С. 187-193

33. Гранкін С.Г. Надійність сільськогосподарської техніки / С.Г. Гранкін, В.С. Малахов, М.І. Черновол, В.Ю. Черкун – К., Урожай. – 1998. – 208

с.

34. Динаміка зношування криволінійного леза оснащеного локальним зміцненням [Текст] / О. В. Козаченко, О. М. Шкреталь, В. С. Каленко // Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка. присвяч. 85-річчю ун-ту. - Харків : ФОП Томенко Ю. І., 2015. - Вип. 159: Техніч. сервіс машин для рослинництва. - С. 159-163.

35. Ерохин М.Н., Новиков В.С., Сопко А.А., Беликов И.А. и др. Новое направление повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин – применение технической керамики. / Технология и средства технического сервиса машин в агропромышленном комплексе. – М.: МДАУ им. В.П. Горячкина, 2000. – с. 38-47. ○○

36. Ерохин, М.Н. К вопросу об импортозамещении рабочих органов зарубежных почвообрабатывающих машин / М.Н. Ерохин, В.С. Новиков, Д.И. Петровский // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 121. – С. 206-212.

37. Ерохин, М.Н. Повышение прочности и износостойкости лемеха плуга / М.Н. Ерохин, В.С. Новиков // Вестник Федерального государственного 119 образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина» Издательство «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева». – 2008. – №3. – С. 100-107. ○○

38. Ерохин, М.Н. Прогнозирование ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин / М.Н. Ерохин, В.С. Новиков, Д.М. Петровский // Сельский механизатор. – 2015. – №11. – С. 6-9.

39. Износ деталей сельскохозяйственных машин. М.М. Севернев, Г.П. Каплун, В.А. Короткевич. – Ленинград: «КОЛОС» – 1972. – 288 с.

40. Иоселевич Г. Б. Детали машин - М: Машиностроение, 1982. 386 с.

41. Каденко, В. С. "Аналіз методів підвищення довговічності ґрунтообробних робочих органів." Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка 145 (2014): 144-148.

42. Казанцев, С.П. Упрочняющие технологии восстановления и изготовления деталей почвообрабатывающих машин компенсирующих элементов и их преимущества/ С.П. Казанцев, М.А. Михальченкова, К.С.

Поджарая //Труды ГОСНИТИ. – 2014.– Т.116.– С.102-107. 57. Канков, Т.Е., Кирюхин В.Г. Основные направления по повышению надежности лемехов и отвалов / Т.Е. Канков, В.Г. Кирюхин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1986. – № 9. – с. 12-14.

43. Кодинцев, Н.П. Повышение эффективности упрочнения стрелчатых лап культиваторов диффузионной металлизацией / Н.П. Кодинцев, С.А. Улахов, С.А. Голубина // Прогрессивные технологии, конструкции и системы в приборостроении и машиностроении: Материалы Всероссийской научно-технической конференции 7 – 9 декабря 2004 г., т. 1 – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – С. 232.

44. Комаристов В.Е., Дунай Н.Ф. Сельскохозяйственные машины. - М: «Колос», 1976 - 496 с. ил.

45. Кондратьев Е. Т., Кондратьев Е. Т. Восстановление наплавкой деталей сельскохозяйственных машин. – М.: Агропромиздат, 1989. – 95 с.: - ил.

46. Кононенко, А.С. Способы повышения долговечности отвалов / А.С. Кононенко, М.А. Михальченкова, А.А. Тюрева, С.Н. Прудников //

Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. – 2014. – № 1 (5). – С. 23-27.

47. Лебедев, В.А. Механизмы импульсной подачи электродной проволоки с регулированием параметров импульсов / В.А. Лебедев, В.Г. Пичак, В.Б. Смолярко // Автоматическая сварка. – 2001. – №5. – С. 31-37.

48. Лебедев, В.А. Перспективные направления в конструировании механизмов подачи электродной проволоки / В.А. Лебедев, В.П. Никитенко // Автоматическая сварка. – 1983. – №7. – С. 61-69.

49. Лялякин, В.П. Долговечность плужных отвалов – аналитический обзор методов ее повышения / В.П. Лялякин, А.М. Михальченков // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2012. – № 1 (11). – С. 106-116.

50. Лялякин, В.П. Состояние и перспектива упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами / В.П. Лялякин, С.А. Соловьев, В.Ф. Аулов // Труды ГОСНИТИ. – 2014. – Т. 115. – С. 96-104

51. Михальченков, А.М. Классификация конструкций отвалов сельскохозяйственного назначения / А.М. Михальченков, С.Н. Прудников, В.И. Лавров, Т.А. Ермакова // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. – 2014. – № 1 (5). – С. 28-31.

52. Надежность и ремонт машин / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.

53. Новиков, В.С. Повышение износостойкости рабочих органов плуга керамическими материалами / В.С. Новиков, И.А. Беликов // Технический сервис 125 в АПК. – М.: 2002.

54. Новицкий А.В. Інноваційність надійного функціонування операторів складних технічних систем «людина-машина» в рослинництві.

Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК, 2018. Випуск 282, С. 236-244.

55. Новицький А.В., Перепелця Д.Ю. Аналіз способів підвищення довговічності полиці плуга. Матеріали III Міжнародної наукової інтернет-конференції. «Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика. Trends and challenges of modern agricultural science: theory and practice», 20-22 жовтня 2021 р. НУБіПУ. Київ. 2021. С. 318-319.

56. Новицький А.В., Соломка В.О., Соломка О.В. Моніторинг забезпечення сільськогосподарських підприємств технікою для кормовиробництва. - Науковий вісник НУБіПУ. - Серія: техніка та енергетика АПК / - К., 2014. - Вип. 196, ч. 1. - С.376 - 382.

57. Оборудование для технического обслуживания и ремонта МТП. М.: ГОСНИТИ, 1988. - 48 с.

58. Пат. № 2103126 Российская Федерация, МПК В23К 9/12 (1995.01), Устройство для импульсной подачи сварочной проволоки / Зверковский Г.П., Зверковский П.Г. Заявка:96112363/02, 02.06.1996.

59. Пат. № 2104134 Российская Федерация, МПК В23К 9/12 (1995.01) Механизм импульсной подачи сварочной проволоки / Фелько В.Т., Брунов О.Г., Лысенко А.Ф. Заявка: 95112765/02, 25.07.1995.

60. Патон, Б.Е. Управление процессом дуговой сварки путем программирования скорости подачи электродной проволоки / Б.Е. Патон, Н.М. Воропай, Б.Н. Бучинский и др. // Автоматическая сварка. - 1977. - № 1. - С. 1-5.

61. Повышение долговечности рабочих деталей почвообрабатывающих машин / Под ред. М. М. Хрущева. - М.: Машгиз, 1960.

62. Рабинович, И.П., О путях повышения износостойкости отвалов / 128 И.П. Рабинович, А.Н. Розенбаум // Сельхозмашина. - 1954. - № 10.

63. Ремонт машин і обладнання : підручник / О. І. Сідашенко, О. А. Науменко, Т. С. Скобло та ін.; за ред. проф. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. - К.: Аграр Медіа Груп, 2014. - 632 с.

64. Ремонт машин, под ред. Ульмана Е. И. - М.: Колос, 1976. - 448с.
135. Ресурсосбережение при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники. - М.: ФГНУ «Росинформагротех». - Ч. I, - 2001. - 360 с.

65. Ружило З.В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту / З. В. Ружило, А. В. Новицький // Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». - Харків, 2016, Вип. 2 – С. 223 – 231.

66. Севернев М.М. Определение срока службы деталей машин при абразивном износе. // Труды науч. конф. ВИАЭСХ / Под ред. М.Е. Мацепуро / Минск: Сельхозиздат БССР, 1961. – С. 91–108

67. Сковородин В.Я., Тишкин Л.В., Справочная книга по надежности сельскохозяйственной техники. Л.: Лениздат, 1985. – 204 с. (д.)

68. Стендові випробування різальних елементів з криволінійним профілем та локальним зміцненням леза [Текст] / О. В. Козаченко, О. М. Шкрегаль, В. С. Каденко, О. В. Блезнюк, С. П. Сорокін // Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка. - Харків : ХНТУСГ, 2019. - Вип. 205: Проблеми надійності машин. - С. 173-184.

69. Сучасні напрямки забезпечення надійності ґрунтообробної техніки [Текст] / О. В. Козаченко, О. М. Шкрегаль, В. С. Каденко, О. М. Сівірін // Проблеми надійності машин : збірник матеріалів XVII Міжнар. наук.-метод. конф., присвяченої пам'яті академіка В. Я. Аніловича, 12-13 листоп. 2019 р., м. Харків. - Харків : ХНТУСГ, 2019. - С. 46-47.

70. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию [Текст] / М.М. Тененбаум. – М.: Машиностроение, 1978. – 271 с.

71. Черновол М.І. Відновлення і зміцнення деталей машин за допомогою нових зносостійких матеріалів. М.: АгроНИИТЕПКО, 1990. 64 с.

72. Черноиванов В.И. Организация и технология восстановления деталей машин. – М.: Агропромиздат, 1989. – 336 с.

73. Черноиванов, В.И. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве. – Москва-Челябинск.: ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003. – 992 с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП **ДОДАТКИ** України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України