

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики**

**Кафедра машиновикористання та сервісу технологічних систем**

**Кваліфікаційна робота**

**на правах рукопису**

**СТЕПАНЧУК ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ**

**УДК 631.312.012**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ВІДВАЛІВ ПЛУГІВ**

**208 “Агроінженерія”**

**Подається на здобуття освітнього ступеня магістр**

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

\_\_\_\_\_ О.В. Степанчук

**Керівник роботи**

**Савченко В.М.**

**к.т.н., доцент**

**Житомир – 2021**

## АНОТАЦІЯ

**Степанчук Олександр Володимирович. Підвищення зносостійкості відвалів плугів.** – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

В магістерській роботі визначено зони поверхні відвалу, які вимагають зміцнення, запропоновано виконувати за результатами розрахунків локального коефіцієнта інтенсивності зношування не зміцненого відвалу. Коефіцієнт є відношенням інтенсивності зношування в точці виміру до середньої по всій поверхні інтенсивності зношування. Середню інтенсивність зношування слід знаходити як середню арифметичну інтенсивність по всій поверхні. Фізичний зміст запропонованого коефіцієнта у тому, що з метою забезпечення рівної зносостійкості всієї поверхні відвалу зміцнювати слід зони, коефіцієнт яких більше 1.

В роботі розроблено механізм подачі присадного дроту для напівавтоматичного вібродугового наплавлення. Експериментально встановлено, що при амплітуді поздовжніх коливань торця присадного дроту більше 3 мм виникає важко контрольоване переміщення зварювального пальника через її відскоки від поверхні деталі. На підставі визначення коефіцієнтів локальної інтенсивності зношування та розрахункової оцінки інтенсивності зношування зміцнених поверхонь, на робочій поверхні відвалу запропоновано виділити три зони з різними схемами зміцнення: при  $k_u \geq 2,0$  – наплавлення зварними швами, при  $1,5 \leq k_u < 2,0$  – наплавлення зварними точками з відстанями між ними 35 мм, при  $1,0 < k_u < 1,5$  – наплавлення зварними точками з відстанями між ними 55 мм.

*Ключові слова:* плуг, відвал, знос, зона, зміцнення, вібродугове наплавлення.

## ANNOTATION

**Stepanchuk Alexander Vladimirovich. Improving the wear resistance of plows..** – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

The master's thesis identifies the areas of the surface of the heap that require strengthening, it is proposed to perform the results of calculations of the local coefficient of wear intensity of the unreinforced heap. The coefficient is the ratio of the wear intensity at the measuring point to the average wear intensity over the entire surface. The average wear intensity should be found as the arithmetic mean intensity over the entire surface. The physical meaning of the proposed coefficient is that in order to ensure equal wear resistance of the entire surface of the dump should be strengthened areas whose coefficient is greater than 1.

The mechanism of filler wire supply for semi - automatic vibro - arc surfacing is developed in the work. It has been experimentally established that when the amplitude of the longitudinal oscillations of the end face of the filler wire is more than 3 mm, there is a difficult to control movement of the welding torch through its bounces from the surface of the part. Based on the determination of the coefficients of local wear intensity and the estimated assessment of the wear intensity of reinforced surfaces, on the working surface of the dump it is proposed to allocate three zones with different hardening schemes:  $k_u \geq 2,0$  – surfacing,  $1,5 \leq k_u < 2,0$  – surfacing of welded points with distances between them of 35 mm,  $1,0 < k_u < 1,5$  – surfacing of welded points with distances between them of 55 mm.

*Key words: plow, dump, wear, zone, strengthening, vibroarc surfacing.*

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                                           | 5  |
| РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....                                                                                   | 8  |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СПОСОБУ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ<br>ПОЛУАВТИМАТИЧНОГО ВІБРОДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ ТА<br>МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..... | 17 |
| РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....                                                                               | 25 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                                        | 35 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                                                                      | 37 |

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Площини і кромки відвалів плугів піддаються в процесі експлуатації нерівномірному зношуванню, що викликає доцільність додаткового зміцнення найбільш навантажених зон. Як критерій технічної оптимальності застосовуваної технології зміцнення доцільно прийняти забезпечення рівної інтенсивності зношування всієї робочої поверхні відвалу. Такий підхід дозволяє, з одного боку мінімізувати площу зон, що піддаються зміцненню, а з іншого боку виключити додаткові витрати на формування зміцнених шарів із надмірною зносостійкістю.

Одним з ефективних способів підвищення зносостійкості деталей плугів є дугове наплавлення валиками, що не перекриваються. При наплавленні тонколистових деталей, до яких відносяться відвали плугів, з метою зниження тепловкладання в основний метал, запобігання зварювальним деформаціям і пропалюванню крайок доцільно застосування вібродугове наплавлення в струменях води. Однак складна геометрія відвалів ускладнює їх механізоване наплавлення, а існуючі конструкції вібродугових головок виключають можливість ручного маніпулювання зварювальним пальником. Це викликає необхідність розробки способу та технологічного обладнання для напівавтоматичного вібродугового наплавлення.

На підставі вищевикладеного, можна зробити висновок розробка технології зміцнення відвалів плугів напівавтоматичною вібродуговою наплавкою є актуальним завданням.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є підвищення ефективності поверхневого зміцнення відвалів плугів шляхом напівавтоматичного вібродугового наплавлення найбільш навантажених зон та підвищення рівномірності зношування робочої поверхні відвалу.

Відповідно до мети досліджень передбачено рішення наступних задач:

– розробити методику визначення зон робочої поверхні відвалу, які потребують зміцнення;

- розробити механізм подачі і спосіб напіваавтоматичного вібрودугового наплавлення і дослідити вплив режимів напіваавтоматичного вібрودугового наплавлення на формування валиків наплавленого металу;

- дослідити вплив схеми накладання валиків на зносостійкість відвалів плугів;

– розробити технологічні рекомендації щодо зміцнення відвалів плугів напіваавтоматичним вібродуговим наплавленням.

**Об’єкт дослідження:** відвали корпусів плугів та технологія їх зміцнення напіваавтоматичним вібродуговим наплавленням.

**Предмет дослідження:** закономірності формування рівної зносостійкості поверхні відвалів корпусів плугів при зміцненні напіваавтоматичним вібродуговим наплавленням.

**Методи дослідження.** Основні завдання роботи вирішувалися з урахуванням поєднання теоретичних і експериментальних методів дослідження. Дослідження проведені з використанням загальнонаукових методів пізнання [1, 2], прикладної фізики та землеробської механіки. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики.

#### **Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Міненко С. В., Козир А. І., Сутковий О. В., Павлов І. В., **Степанчук О. В.** Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників *«Сільськогосподарські, біологічні, економічні, загальноосвітні та технічні науки»*, 20 травня 2021 р. м. Умань. Умань : ВПЦ «Візаві», 2021. С. 177-

2. Савченко В. М., **Степанчук О. В.**, Павлов І. В., Сутковий О. В. Аналіз механізмів абразивного зношування. Збірник тез доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції *«Інноваційні технології в АПК»*, 20-21

травня 2021 р., м. Луцьк [Електронний ресурс]. Луцьк: Луцький НТУ, 2021. С. 104-106

3. Савченко В.М. **Степанчук О.В.**, Павлов І.В. Аналіз Механізмів абразивного зношування та способів підвищення зносостійкості деталей, які працюють в умовах абразивного зношування. Збірник тез *VIII-ї* всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. 166-169.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблений спосіб зміцнення відвалів корпусів плуга дозволяє суттєво підвищити їх довговічність та зносостійкість і досягти рівностійкості зношування.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 16 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 38 сторінок комп'ютерного тексту, містить 4 таблиці і 10 рисунків.

## РОЗДІЛ 1

### СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Зношування робочих органів ґрунтообробних машин відбувається в процесі безперервної взаємодії з ґрунтом [3, 4, 5]. На інтенсивність і характер зносу впливає природа та властивості ґрунту, а також умови взаємодії ґрунту та робочих органів. У процесі експлуатації в деталях ґрунтообробних машин та агрегатів відбувається значна зміна технологічних характеристик та конструктивних параметрів. Ці процеси виникають в основному на найбільш навантажених поверхнях деталей в результаті тертя в абразивному середовищі.

При вивченні опублікованих робіт як основні фактори, що визначають зношування робочих органів ґрунтообробних машин, наводяться: 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 лемішно-відвальних плугів відбувається зниження якості обробітку ґрунту, збільшення тягового опору агрегатів, а також виникають додаткові експлуатаційні витрати, пов'язані з підвищенням витрати палива та простоями машин, пов'язаними із заміною зношених деталей, зменшується міжремонтний ресурс плуга в цілому.

Інтенсивність зношування деталей робочих органів ґрунтообробних знарядь, у тому числі і відвалів плугів, на різних ґрунтах буде значно відрізнятися через відмінність ґрунтів з їхньої зношування. За даними Борака К. В. [3] середнє напрацювання на відмову для грудей відвалів може становити від 10 до 100 га, для крил відвалів може становити від 40 до 270 га.

Аналіз літературних джерел показав, що деталі відвалів плугів зношуються нерівномірно [3-15]. Найбільш характерні зони зношування відвалів корпусів плугів (ри. 1.1) – польовий обріз і площина.

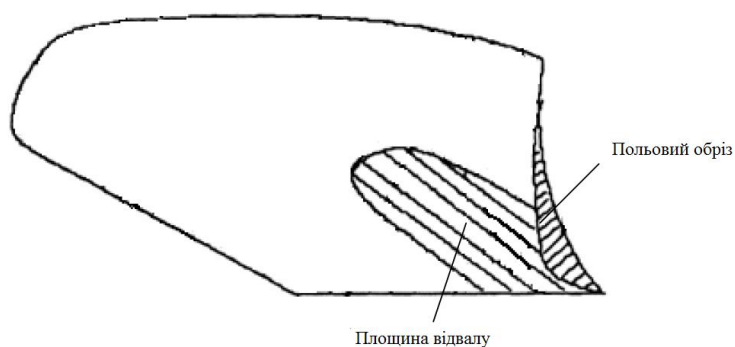


Рис. 1.1. Характерні зони зношування відвалу

Огляд відвалів плугів після експлуатації показав, що зношування піддаються як площина відвалу, аж до наскрізного стирання, так і кромки (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Наскрізне зношування площини відвалу плуга Gregoire Besson

Зношування відвалів і викликане цим ослаблення болтових кріплень може призводити до утворення тріщин (рис.1.3).



а)



б)

Рис. 1.3. Дефекти відвалів після експлуатації: а) зношування таємних головок болтів у зоні кріплення відвалу плуга Kvernerland до корпусу; б) поперечна тріщина в носовій частині відвалу плуга Kvernerland

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

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

Як правило, інтенсивно зношується польовий обріз відвалу. У нормального відвалу лінія польового обрізу має виступати від стійки на 18 мм; у зношених відвалах виступ зазвичай становить 2-6 мм.

В роботі Борака К.В. [3] пропонується вибраковування відвалів: за критерієм утворення наскрізного стирання – на піщаних, супіщаних та легкосуглинистих ґрунтах, за критерієм зносу польового обрізу – на глинистих та важких суглинистих ґрунтах.

В даний час для підвищення зносостійкості деталей ґрунтообробних машин розроблено велику кількість технологічних процесів, часто нерівноцінними за своїми техніко-економічними показниками [3-11].

Основними способами зміцнення відвалів плугів [3-11] є: ручне дугове наплавлення – суцільне або у вигляді сітки (рис. 1.4 а, б); встановлення керамічних пластин (рис. 1.4, в); нанесення композиційних покриттів (рис. 1.6, г).

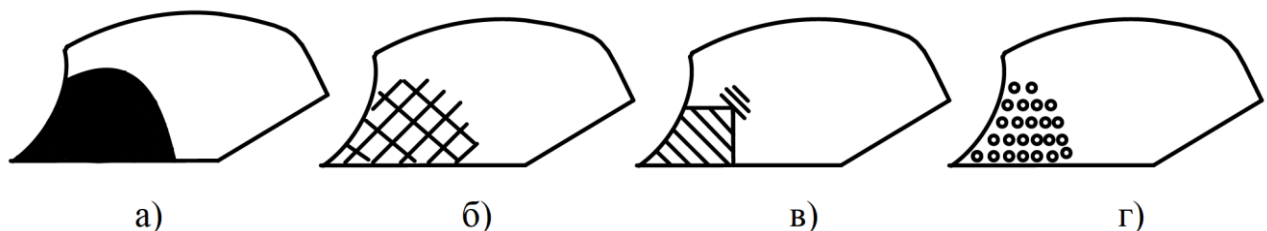


Рис. 1.4. Схема способів зміцнення відвалів плугів: а – суцільне дугове наплавлення; б – дугове наплавлення у вигляді сітки; в – зміцнення керамічними пластинами; г – зміцнення композиційними матеріалами.

Ручне дугове наплавлення в основному проводиться електродами Т-590 і Т-620 змінним або постійним струмом [3-7]. Це дозволяє збільшити ресурс деталі до 1,5-2,0 разів. Однак велика зона термічного впливу, що виникає при використанні цього способу, може призводити до пропалу кромок, жолоблення поверхні відвалу, а також, до зниження опору вигину основного металу, поломок відвалів.

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

Для відновлення відвалів плугів вченими ХНТУСГ пропонується використання абразивостійкого дисперсійно-зміцненого композиту на основі епоксидної смоли. Це спосіб дозволяє усувати наскрізне протирання зі збереженням механічних властивостей і форм деталі, що відновлюється без термічного і деформаційного впливу в період формування покриття. Одночасно вищезгадані вчені пропонують використання способу бронювання для поверхонь відвалів з променеподібним зносом. Спосіб полягає в приклеюванні на поверхню відвалу сталевих термозміцнених до HRC 50-53 пластин. Цей спосіб також передбачає термічний і деформаційний вплив під час формування покриття.

В даний час для збільшення ресурсу інших робочих органів плуга розроблено значну кількість технологій. В ІМЕСГ запропоновано технологію армування нових лемешів наплавочними валиками, що наносяться в місцях, що зношуються найбільше, шляхом ручного дугового наплавлення. Зазначається, застосування цього способу збільшує напрацювання зміцнених деталей в 1,8-2 рази в порівнянні з серійними.

В ЦНТУ розроблено технологію лазерного зміцнення та наплавлення поверхонь тертя культиваторних лап. При загартуванні променем лазера

шириною до 30 мм. Ця технологія показує підвищення зносостійкості зміцнених лап у 3-4 рази в порівнянні з серійно випускається.

За використання технології зміцнення лемешів напайкою металокерамічних пластин, розробленої в Одеському аграрному університеті, 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 газової наплавки основний та присадковий метали розплавляють полум'ям, яке отримують при згорянні суміші газу з киснем. Процес здійснюється як із застосуванням як пруткових так і порошкових матеріалів. Однак цей спосіб характеризується виникненням високих зварювальних деформацій та значним тепловиділенням в деталь. Висока вартість витратних матеріалів та підвищена трудомісткість також ускладнюють застосування цього способу.

Процес зміцнення тонкостінних деталей робочих органів ґрунтообробних машин може здійснюватися електроіскровими методами. При цьому запобігають пропалюванню і зменшують термічні деформації в деталях, що зміцнюються і відновлюються за рахунок застосування дуги малої потужності та електроіскрового перенесення присадкового металу. Досягається збільшення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин не менше ніж у 1,4...2 рази в залежності від типу ґрунту, а також зниження вартості та трудомісткості зміцнення деталей плугів за рахунок зниження обсягу присадного матеріалу порівняно з іншими технологіями зміцнення зварювальними методами. Однак спосіб характеризується малою продуктивністю, що ускладнює зміцнення значних площ.

Михальченковим А.М. запропонований спосіб підвищення зносостійкості плужних лемешів зварювальним армуванням шляхом наплавлення валиків в області найбільшого зносу носка лемеша. Безперервне наплавлення підковоподібних валиків або валиків, що мають форму напівеліпса, здійснюється

з наступним швидким охолодженням носка у воді. При цьому забезпечується утворення загартованих структур у носку лемеша і наплавлених валиках. Підвищення ресурсу лемешів плугів відбувається за рахунок підвищення характеристик міцності і збільшення ступеня проковзування абразивних частинок по поверхні, що знижує коефіцієнт тертя і зменшує знос.

Козарез І.В. пропонує використання двошарового наплавлення при зміцнюючому відновленні лемеша. Така технологія перешкоджає тріщиноутворенню зносостійкого поверхневого шару та одночасно зменшує схильність до виникнення зламів відновленої області. Відносно м'який підшарок сприяє утворенню структур, що дозволяють знизити ймовірність утворення тріщин. Зі збільшенням часу термічного впливу, особливо в період остивання у 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.

Новіковим В.С. 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 ділянці, що найбільш зношується, ефект залипання поверхні, захищаючи її від абразивного зношування. Матеріалом, який забезпечує створення тонкого ґрунтового шару на ділянках робочих органів, що найбільш зношуються, в умовах обробки абразивних піщаних, супіщаних і легких суглинистих ґрунтів є клейова композиція на основі клейової плівки (КП) ВК-36 і корундового порошку. Довговічність робочих органів плуга при використанні цього способу підвищується в 2 рази порівняно з серійними.

При наплавленні струмами високої частоти відбувається розплавлення суміші флюсу і порошку наплавлювального сплаву (наприклад, зернистого сормайт), накладеної на наплавлювальну поверхню за допомогою індуктора, що забезпечує виділення достатньої теплової потужності. Сормайт нагрівається до

температури плавлення (1150 °C). Товщина одержуваного шару понад 0,4 мм. Цей спосіб наплавлення характеризується можливістю регулювання глибини загартованого шару, високою продуктивністю, відсутністю окалоутворення, а також мінімальним жолобленням деталі. Однак, застосування цього способу обмежується високою вартістю обладнання.

У разі використання науглецювання для зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин відбувається насичення поверхневого шару вуглецем до отримання структури білого чавуну. При цьому висока твердість і зносостійкість, підвищення меж контактної витривалості і витривалості при згинанні при збереженні в'язкої серцевини можуть бути забезпечені наступним загартуванням. Для реалізації цього способу необхідні складне та дороге обладнання, висококваліфікований персонал, а також дотримання особливих вимог щодо техніки безпеки.

Питанням збільшення ресурсу деталей плугів, підвищення зносостійкості та довговічності присвячено значну кількість робіт зарубіжних учених із Чехії, Німеччини, Хорватії, Китаю та ін. Фірма «Лінд» (США) для забезпечення захисту від зношування робочих органів під час роботи у високо абразивному середовищі пропонує покриття «Wear-TUFF». Нанесення покриття проводиться розпиленням або шляхом обливання з подальшим температурним обробленням. Термін служби виробу може збільшуватись до двох-трьох разів. Твердість покриття складає HRC 56-60. Також ця фірма використовує зносостійкі накладки та 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 використовують болтові з'єднання.

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

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

На підставі вищевикладеного можна зробити висновок, що основними способами зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин є ручне дугове та газове наплавлення, наплавлення струмами високої частоти, науглецювання, постановка твердосплавних пластин (табл. 1.1).

Враховуючи складну конфігурацію відвалів та значну площу робочих поверхонь, найбільш легко реалізованими та низьковитратними способом зміцнення є застосування різних видів дугового наплавлення. Однак, як зазначалося вище через малу товщину відвалів (5...8 мм), дугове наплавлення може викликати їх значне нагрівання, короблення, формування широких зон відпустку. Наплавлення кромek забруднено їх пропалюванням.

Тому доцільною є розробка технології наплавлення, яка дозволить усунути ці недоліки.

Слід зазначити, що в наш час практично відсутні науково обґрунтовані методики визначення зон зміцнення відвалів плугів, з метою підвищення рівномірності їх зношування. При цьому актуальність цього підходу при зміцненні деталей ґрунтообробних машин відзначена Новіковим В.С. при розробці технології зміцнення лемешів.

### **Висновки по розділу**

1. Аналіз можливих технологій зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин таких як леміш, долото, культиватори та ін. показав, що основними способами зміцнення є ручне дугове і газове наплавлення, наплавлення СВЧ, науглецювання, постановка твердосплавних пластин. Однак питання зміцнення відвалів дуговим наплавленням є недостатньо дослідженим.

2. У зв'язку з нерівномірністю зношування робочих поверхонь відвалів як критерій технічної оптимальності застосовуваної технології зміцнення доцільно

прийняти забезпечення рівної зносостійкості всієї робочої поверхні відвалу. Такий підхід дозволяє, з одного боку, мінімізувати площу зон, що піддаються зміцненню, а з іншого боку, виключити додаткові витрати на формування зміцнених шарів із надмірною зносостійкістю. Однак методики визначення зон зміцнення робочих поверхонь відвалів плугів відсутні.

3. Враховуючи складну конфігурацію відвалів, найбільш прийнятним способом зміцнення є дугове наплавлення валиками, що не перекриваються. Однак, широко розповсюджене ручне дугове наплавлення через малу товщини відвалів (5...8 мм), викликає їх значне нагрівання, короблення, формування широких зон відпустки. Наплавлення кромки утруднена їх пропалюванням. Для зміцнення відвалів плугів доцільно застосовувати вібродугове наплавлення, як спосіб з мінімальним тепловкладенням в основний метал.

4. У зв'язку зі складністю механізації процесу наплавлення через складну геометрію відвалів та відсутність конструкцій вібродугових головок для ручного маніпулювання існує необхідність розробки технологічного обладнання для напівавтоматичного вібродугового наплавлення.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА СПОСОБУ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОЛУАВТИМАТИЧНОГО ВІБРОДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дискретний режим горіння дуги і широкі можливості управління швидкістю охолодження наплавленого металу при вібродуговому наплавленні зумовлюють основні переваги цієї технології – невелике нагрівання і мінімальну деформацію деталі, малу зону термічного впливу, можливість отримання наплавленого металу з необхідними твердістю. Як було зазначено раніше, в даний час вібрація дроту при наплавленні забезпечується використанням пристроїв з електромагнітним або електромеханічним приводом, при цьому коливальний рух через коромисло передається мундштуку головки наплавки. Недоліком цих пристроїв є значні габарити і маса, що призводить до необхідності їх розміщення на верстатах наплавлення і реалізації тільки механізованого варіанту процесу наплавлення.

Для усунення цього недоліку нами запропоновано спосіб напівавтоматичного вібродугового зварювання за допомогою пристрою, схематично поясненого на рис. 2.1.

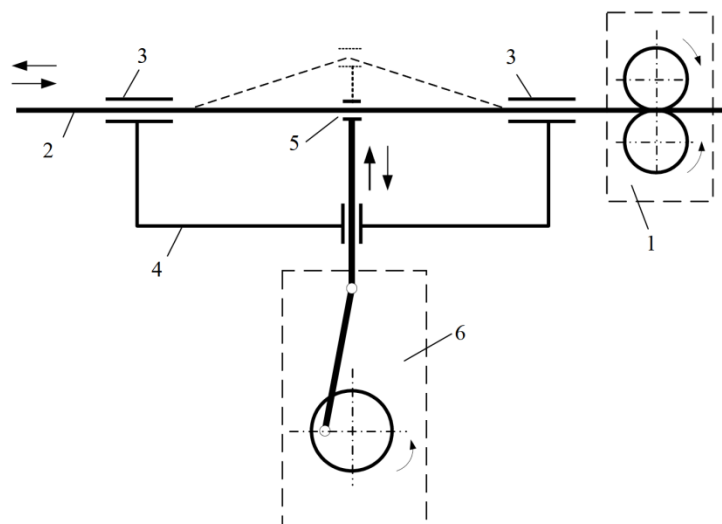


Рис. 2.1. Схема механізму подачі присадного дроту.

Пристрій складається з приводу подачі 1 електродного дроту 2 з постійною швидкістю, в якості якого можуть бути використані серійні механізми подачі дроту зварювальних напівавтоматів. Дріт 2 пропускається через напрямні 3 корпусу 4 пристрою і отвір штока 5 кривошипно-шатунного механізму 6. Так як один кінець дроту защемлений між роликami механізму подачі, то при згинанні дроту при поперечному русі штока відбудеться її відтягування від поверхні деталі, а при випрямленні дротів її виштовхування та подача до зони наплавлення.

Для реалізації процесу напівавтоматичного вібродугового наплавлення розроблений експериментальний зразок пристрою, представленого на рис. 2.2 (а – вид спереду, б – вид ззаду), що дозволяє досліджувати процес імпульсної циклічної подачі дроту присадки в широких діапазонах варіювання кінематичних параметрів механізму. Пристрій складається із зварної рами 1, на підставі якої розміщений електродвигун 2.

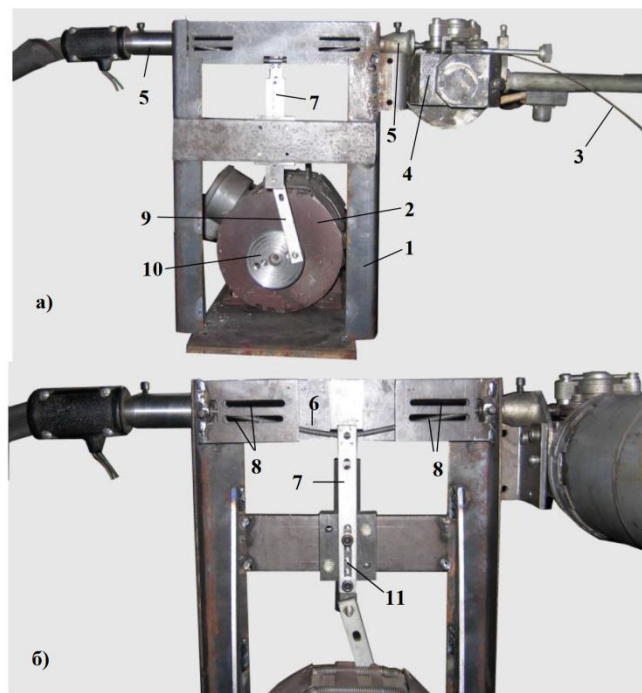


Рис. 2.2. Експериментальний пристрій для подачі дроту: а) вид спереду, б) вид ззаду.

Дріт 3 від серійного механізму подачі 4 подається до зварювального пальника через напрямні трубки 5 і гнучку трубку 6, в якості якого була використана навита з дроту пружина. Пружина з'єднана зі штоком 7 кривошипно-шатунного механізму. При обертанні кривошипа відбувається періодичне поперечне відтягування гнучкої трубки, що призводить до зміни довжини каналу подачі дроту від механізму, що подає, до зварювального пальника і як наслідок, виникнення зворотно-поступальної вібрації торця дроту щодо мундштука пальника. Для управління амплітудою коливань, згідно заявленого способу процесів зварювання та наплавлення з несиметричними циклами вібрації, у пристрої передбачено низку регулювальних засобів. Довжина ділянки згину гнучкої трубки може бути зменшена за рахунок упорів, що встановлюються в прорізі корпусу 8 механізму.

Амплітуда зворотно-поступального переміщення штока регулюється шляхом перестановки осі кріплення шатуна 9 в отворі фланця-кривошипа 10, виконаних на різному віддаленні від осі обертання фланця. Асиметрія циклів зворотно-поступальної вібрації дроту регулюється зміною довжини штока, який є складальним вузол: напрямна планка штока має проріз 11, в якій встановлений фіксуючий болт, відпустивши який можна зменшити або збільшити загальну довжину штока.

Даний механізм забезпечує максимальну амплітуду зворотно-поступального переміщення дроту при обертанні кривошипу, яка становить близько 15 мм при односторонньому згинанні гнучкої трубки і близько 7 мм при симетричному двосторонньому згині. Ці значення значно перевищують амплітуди вібрацій, що застосовуються при наплавленні дроту діаметром до 2 мм, але дозволяють детальніше досліджувати безпосередньо сам процес подачі дроту.

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

відвалів, раціональними схемами зміцнення; другою – виробничі випробування зміцнених відвалів.

Для досягнення мети та вирішення поставлених завдань програмою передбачається проведення лабораторних досліджень у наступній послідовності:

- розробити конструкторську документацію та виготовити експериментальний зразок механізму подачу дроту для напівавтоматичного вібродугового наплавлення;

- дослідити процес напівавтоматичного вібродугового наплавлення.

- дослідити величини зносу відвалів плугів та визначити коефіцієнти локальної інтенсивності зношування;

- визначити зони зміцнення відвалів плугів з урахуванням коефіцієнтів локальної інтенсивності зношування та отримати відповідні схеми накладання зварювальних швів для забезпечення рівної зносостійкості поверхні плужного відвалу

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

- дослідження процесу зношування зміцнених поверхонь відвалів плугів у процесі експлуатації.

Лабораторні дослідження процесу напівавтоматичного вібродугового наплавлення проводяться для перевірки можливості ведення вібродугового процесу в напівавтоматичному режимі, а також для вибору матеріалу присади і режимів процесу зміцнення поверхонь плужних відвалів.

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

На першому етапі необхідно дослідити стабільність формування валика наплавленого металу в умовах ручного переміщення зварювального пальника при різних амплітудах коливань дроту. Для цього необхідно визначити амплітуду коливань присадного дроту, при якому не буде спостерігатися

відскакування зварювального пальника від поверхні. Виходячи з умови забезпечення прямолінійності переміщення зварювального пальника, експериментальне дослідження допустимої амплітуди вібрації дроту присаджувального проводиться з використанням дроту 65Г діаметром 1,6 мм. Зварювальна дуга не запалюється. Траєкторія переміщення зварювального пальника фіксується слідами ударного впливу торця дроту об поверхню. Задовільною траєкторією переміщення зварювального пальника можна вважати у разі формування суцільної лінії відбитків без розривів та одиничних відскоків.

Далі необхідно провести досліди щодо визначення значень швидкості переміщення зварювального пальника та швидкості наплавлення в ручному режимі, що забезпечують стабільність горіння дуги та формування валика наплавленого металу. Для проведення експериментальних досліджень присадковим дротом також є дріт 65Г діаметром 1,6 мм. У зону наплавлення подається охолоджувальна рідина (розчин гліцерину у воді). Для підвищення стабільності горіння дуги та зниження розбризкування у зварювальний ланцюг включається зварювальний дросель. Середня швидкість наплавлення прийнята 39 м/год. Реальна швидкість переміщення зварювального пальника зварником визначається на підставі аналізу відеозйомки процесу наплавлення на цифрову камеру.

Як раціональний режим напіваавтоматичного вібродугового наплавлення приймаються значення, при яких забезпечена прямолінійність валика наплавленого металу і стабільність формування шва.

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

Твердість зміцнених поверхонь деталей визначається методом Роквелла на приладі ТК–2 відповідно до вимог ISO.

Мікротвердість зразків, вирізаних з відвалу, вимірюється приладі ПМТ- 3 при навантаженні на індентор 1Н. Результати вимірювань обробляються за допомогою програми Microsoft Excel.

Для вивчення зміни геометрії відвалів у процесі експлуатації та розробки схем зміцнення були проведені виміри товщини у 14 відвалів плугів Gregoire Besson розробленим пристроєм за попередньою розміткою. Для визначення величини зносу визначали різницю між вихідною товщиною відвалу та товщиною після експлуатації. Для вимірювання були обрані відвали після напрацювання 100...200 га після оранки на дерново-підзолистих легко- та середньосуглинкових ґрунтах.

Вимірювання товщини проводилося (рис. 2.3) по семи горизонтальним лініям (I –VII), розташованим з відривом 30 мм й у трьох – з відривом 60 мм друг від друга. На грудях відвалу вимірювання проводилися з відривом 30 мм друг від друга, а в крилі і робій поверхні відвалу – з відривом 60 мм друг від друга.

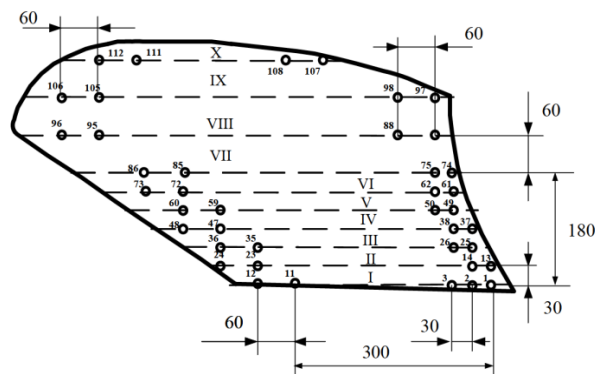


Рис. 2.3. Схема вимірювання товщини відвалу

Для виявлення картини зношування плужних відвалів найкращими є виробничі випробування у господарствах. Вони дозволяють отримати достовірні результати за умов дійсного перебігу процесів.

Для отримання достовірних результатів під час проведення польових випробувань має бути дотримано ряд вимог:

– достатня повторність дослідів, яка визначається кількістю випробуваних однотипних відвалів;

- порівняльний характер випробування, тобто. одночасна експлуатація зміцнених та незміцнених відвалів;

– однаковість вимог до умов проведення випробувань, у тому числі за експлуатаційними характеристиками орного агрегату, агротехнічними вимогами до обробітку ґрунтів, схемами та методами проведення вимірів;

– ідентичність методики оцінки результатів вимірювання зносу та визначення інтенсивності зношування випробуваних відвалів, як зміцнених так і незміцнених.

Підготовка відвалів до польових випробувань полягає, в наплавленні присадковим дротом зон, з коефіцієнтом локальної інтенсивності зношування, що перевищує одиницю, напівавтоматичною вібродуговою напавкою з нанесенням суцільного валика вздовж кромek і точок на прилеглій поверхні. При цьому на одному рівні повинні витримуватись параметри режиму наплавлення: зварювальний струм, напруга дуги, швидкість наплавлення.

Знос плужного відвалу визначається під час весняної та осінньої оранки.

Оранку здійснювали на дерново-підзолистих легко- та середньосуглинкових ґрунтах на полях з рівним рельєфом.

Оранка проводиться тракторами John Deere. Дослідні відвали встановлюються на плуги Gregoire Besson. Плуги оснащуються зміцненими і незміцненими відвалами.

Знос оцінюється різницею між відповідними розмірами відвалу плуга до експлуатації та після певного напрацювання.

Величина зносу визначається виділених зонах 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 відвалів у стані поставки після напрацювання близької до граничної за критерієм наскрізного стирання робочої

поверхні, для зміцнених – при вимірюваннях незміцнених, а також досягнення напрацювання, що відповідає прогнозованому підвищенню ресурсу. Отримані в результаті вимірювання дані порівнюються з розмірами деталей до початку експлуатації.

### **Висновки по розділу**

1. Розроблено методики експериментальних досліджень щодо визначення зон зміцнення поверхонь відвалу плуга на підставі вимірів відвалів, що були в експлуатації та розрахунку коефіцієнта локальної інтенсивності зношування.

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

3. Визначено основні параметри схем накладання зварювальних швів та точок з метою вирівнювання зносостійкості всієї робочої поверхні відвалу плуга.

### РОЗДІЛ 3

#### РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для визначення зон переважного поверхневого зношування було розроблено схеми вимірювань. Для виконання вимірів виготовлено пристрій, оснащений індикаторною головкою.

Вимірювання зношеного відвалу показали, що зношування можуть досягати кількох міліметрів. Область найбільш інтенсивного зношування знаходиться в передній частині грудей відвалу і в нижній частині крила. При цьому зношування площі не перевищує 30% загальної поверхні відвалу (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Вид зношеного відвалу (крейдою штриховою лінією обведена зона найбільшого зношування грудей відвалу)

Зношування робочих кромek деталі можуть становити більше десяти міліметрів.

Знос відвалу у верхній частині польового обрізу та у верхній частині крила практично відсутній.

Це вказує на доцільність зміцнення передньої частини грудей відвалу та кромek.

Значення зносів незміцнених відвалів досліджували під час польових випробувань у господарствах Житомирської області. Характер зносу представлений на рис. 3.2 та 3.3.

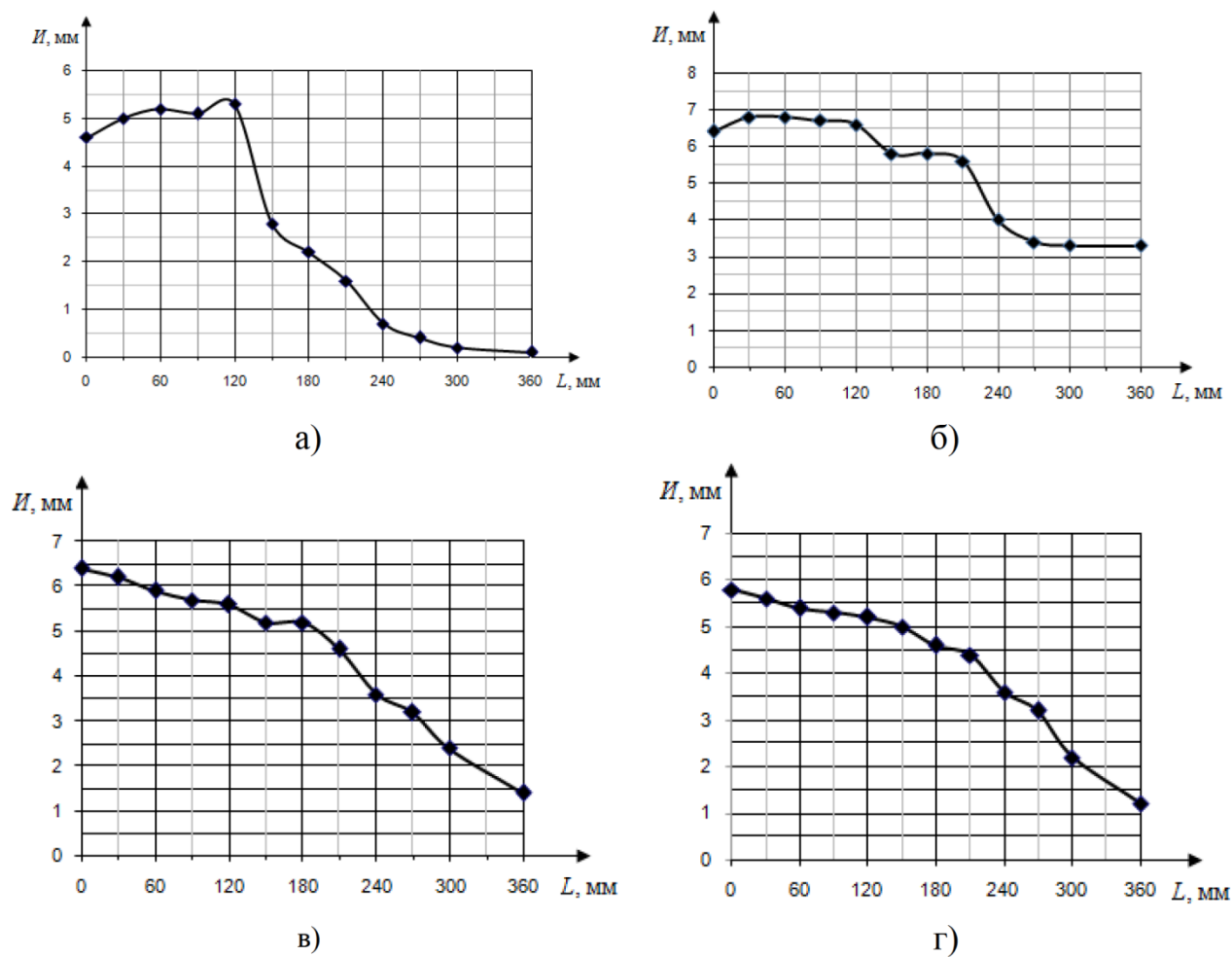
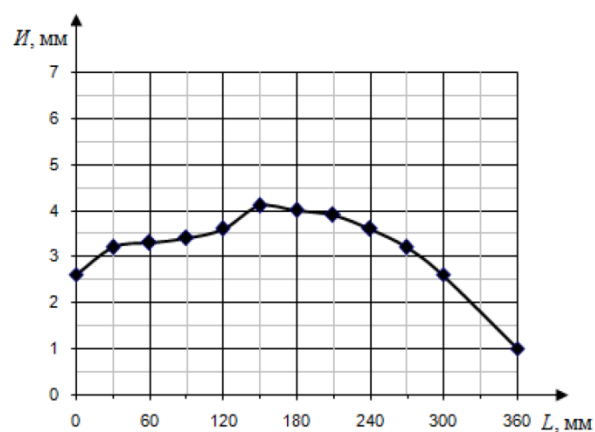
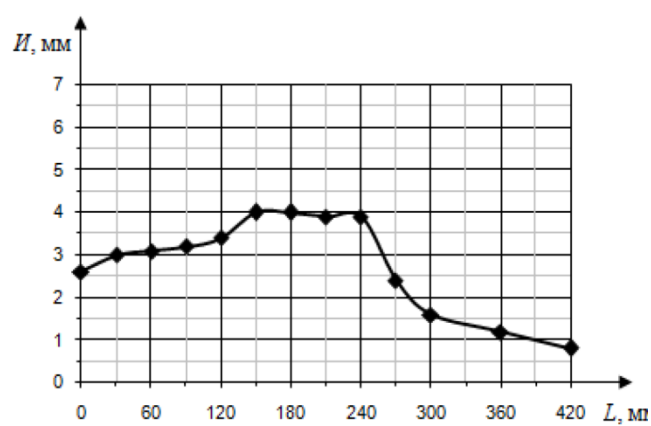


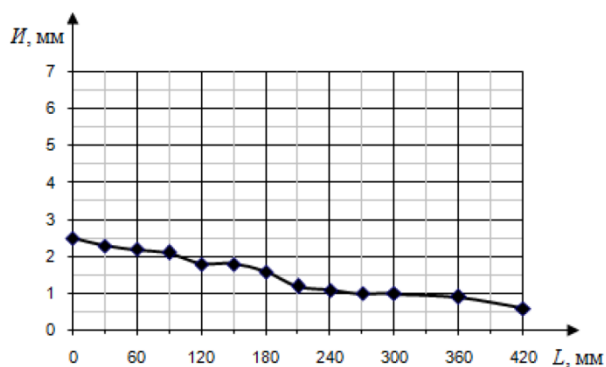
Рис. 3.2. Характер зносу відвалів у горизонтальній площині а) – г) за лініями I – IV відповідно.



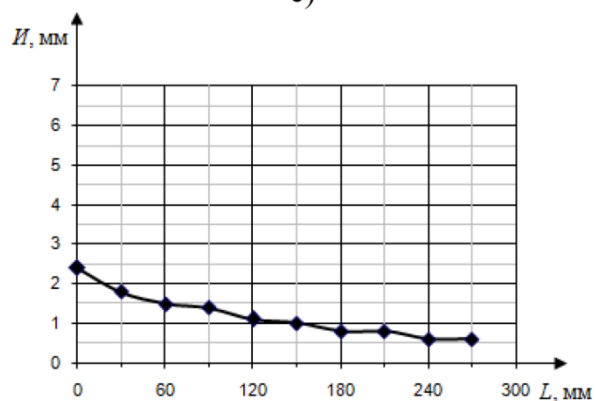
д)



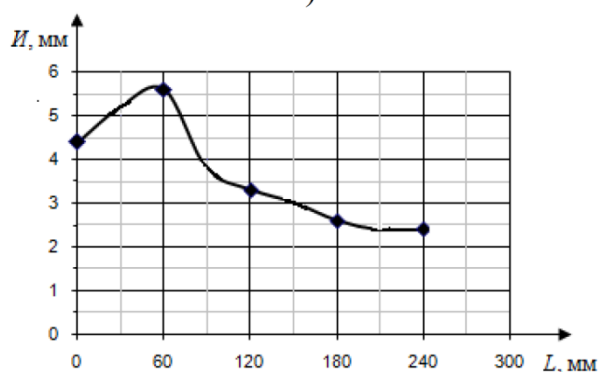
е)



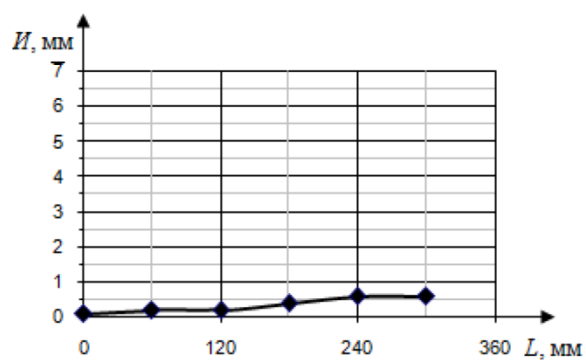
ж)



з)



и)



к)

Рис. 3.3. Характер зносу відвалів у горизонтальній площині д) – к) по лініях V – X відповідно

На підставі проведених вимірів величини зносу визначено коефіцієнти локальної інтенсивності зношування (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Коефіцієнт локальної інтенсивності зношування

| № точки   | К-т інтенсивності зносу | Область к-та інтенсивності зносу | Необхідність зміцнення +/- | № точки  | К-т інтенсивності зносу | Область к-та інтенсивності зносу | Необхідність зміцнення +/- |
|-----------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Лінія I   |                         |                                  |                            | Лінія II |                         |                                  |                            |
| 1         | 1,51                    | II                               | +                          | 13       | 2,00                    | I                                | +                          |
| 2         | 1,54                    | II                               | +                          | 14       | 2,08                    | I                                | +                          |
| 3         | 1,61                    | II                               | +                          | 15       | 2,09                    | I                                | +                          |
| 4         | 1,57                    | II                               | +                          | 16       | 2,06                    | I                                | +                          |
| 5         | 1,63                    | II                               | +                          | 17       | 2,03                    | I                                | +                          |
| 6         | 0,86                    | IV                               | -                          | 18       | 1,78                    | II                               | +                          |
| 7         | 0,69                    | IV                               | -                          | 19       | 1,78                    | II                               | +                          |
| 8         | 0,49                    | IV                               | -                          | 20       | 1,72                    | II                               | +                          |
| 9         | 0,22                    | IV                               | -                          | 21       | 1,23                    | III                              | +                          |
| 10        | 0,12                    | IV                               | -                          | 22       | 1,05                    | III                              | +                          |
| 11        | 0,06                    | IV                               | -                          | 23       | 1,02                    | III                              | +                          |
| 12        | 0,04                    | IV                               | -                          | 24       | 1,04                    | III                              | +                          |
| Лінія III |                         |                                  |                            | Лінія IV |                         |                                  |                            |
| 25        | 2,01                    | I                                | +                          | 37       | 1,79                    | II                               | +                          |
| 26        | 1,97                    | II                               | +                          | 38       | 1,72                    | II                               | +                          |
| 27        | 1,82                    | II                               | +                          | 39       | 1,66                    | II                               | +                          |
| 28        | 1,76                    | II                               | +                          | 40       | 1,64                    | II                               | +                          |
| 29        | 1,73                    | II                               | +                          | 41       | 1,60                    | II                               | +                          |
| 30        | 1,60                    | II                               | +                          | 42       | 1,54                    | II                               | +                          |
| 31        | 1,60                    | II                               | +                          | 43       | 1,42                    | III                              | +                          |
| 32        | 1,42                    | III                              | +                          | 44       | 1,35                    | III                              | +                          |
| 33        | 1,11                    | III                              | +                          | 45       | 1,11                    | III                              | +                          |
| 34        | 0,86                    | IV                               | -                          | 46       | 0,99                    | IV                               | -                          |
| 35        | 0,83                    | IV                               | -                          | 47       | 0,80                    | IV                               | -                          |
| 36        | 0,80                    | IV                               | -                          | 48       | 0,99                    | 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       | 0,95                    | IV                               | -                          |
| 52        | 1,05                    | III                              | +                          | 64       | 0,98                    | 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        | 1,13                    | III                              | +                          | 69       | 1,20                    | III                              | +                          |
| 58        | 0,98                    | IV                               | -                          | 70       | 0,76                    | IV                               | -                          |
| 59        | 0,80                    | IV                               | -                          | 71       | 0,49                    | IV                               | -                          |
| 60        | 0,80                    | IV                               | -                          | 72       | 0,43                    | IV                               | -                          |
|           |                         |                                  |                            | 73       | 0,40                    | IV                               | -                          |

Продовження таблиці 3.1

| Лінія VII |      |     |   | Лінія VIII |      |     |   |
|-----------|------|-----|---|------------|------|-----|---|
| 74        | 0,78 | IV  | - | 87         | 0,75 | IV  | - |
| 75        | 0,73 | IV  | - | 88         | 0,55 | IV  | - |
| 76        | 0,68 | IV  | - | 89         | 0,46 | IV  | - |
| 77        | 0,65 | IV  | - | 90         | 0,44 | IV  | - |
| 78        | 0,55 | IV  | - | 91         | 0,34 | IV  | - |
| 79        | 0,55 | IV  | - | 92         | 0,31 | IV  | - |
| 80        | 0,48 | IV  | - | 93         | 0,25 | IV  | - |
| 81        | 0,37 | IV  | - | 94         | 0,25 | IV  | - |
| 82        | 0,34 | IV  | - | 95         | 0,18 | IV  | - |
| 83        | 0,31 | IV  | - | 96         | 1,27 | 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        | 0,07 | IV  | - |
| 99        | 0,95 | IV  | - | 109        | 0,06 | IV  | - |
| 100       | 0,84 | IV  | - | 110        | 0,13 | IV  | - |
| 101       | 0,80 | IV  | - | 111        | 1,17 | III | + |
| 102       | 0,77 | IV  | - | 112        | 1,23 | III | + |
| 103       | 0,72 | IV  | - |            |      |     |   |
| 104       | 0,71 | IV  | - |            |      |     |   |
| 105       | 0,81 | IV  | - |            |      |     |   |
| 106       | 1,18 | III | + |            |      |     |   |

За визначеними коефіцієнтами локальної інтенсивності зношування області зміцнення ( $k_u > 1$ ) розподіляються поверхнею відвалу за схемою (рис. 3.4).

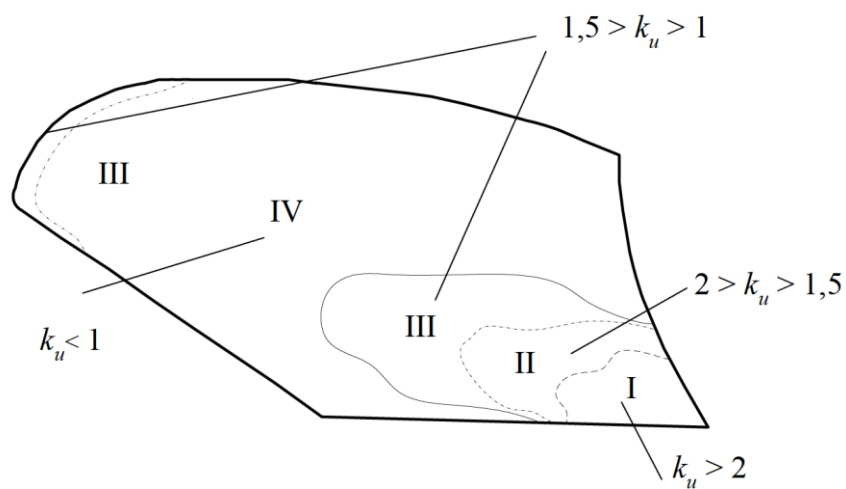


Рис. 3.4 Зони зміцнення відвалу

Виходячи з технологічних особливостей напівавтоматичного вібродугового наплавлення доцільно застосування наступних схем зміцнення: для області I – валиками, II та III – точками.

Зміцнення відвалів плугів може проводитися шляхом накладання різних видів валиків і точок присадного матеріалу в різних областях поверхні.

На підставі результатів розрахунку розмірів, кількості точок, довжини та ширини валиків наплавленого металу приймаємо значення, наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри наплавленого металу

| Зона зміцнення відвалу | Площа зміцнення, мм <sup>2</sup> | Максимальна кількість точок | Діаметр точок, мм | Відстань між точками/валиками, мм | Ширина валика, мм | Довжина валика, мм |
|------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------|
| I                      | 3250                             | -                           | -                 | 8,0                               | 5,0               | 630,0              |
| II                     | 3700                             | 34                          | 8,0               | 35                                | -                 | -                  |
| III-1                  | 5500                             | 51                          | 8,0               | 55                                | -                 | -                  |
| III-2                  | 2100                             | 19                          | 8,0               | 55                                | -                 | -                  |

Відвали, зміцнені за розробленими методиками, експлуатувалися у господарствах біля Житомирської області. Для забезпечення необхідної точності оцінки величини зношування відвалів плугів, зміцнених у зонах, в яких коефіцієнт локальної інтенсивності зношування перевищує одиницю, вимірювання необхідно проводити таким чином, щоб точки вимірів не потрапляли безпосередньо в місця наплавлення (точки та валики).

За результатами вимірювань визначено коефіцієнти локальної інтенсивності зношування як відношення значення зносу в точці до середнього зносу по всій поверхні (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Коефіцієнти локальної інтенсивності зношування

| № точки | К-т локальної інтенсивності зношування не зміцненого відвалу | К-т локальної інтенсивності зношування зміцненого відвалу | № точки | К-т локальної інтенсивності зношування не зміцненого відвалу | К-т локальної інтенсивності зношування зміцненого відвалу |
|---------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Зона I  |                                                              |                                                           | Зона IV |                                                              |                                                           |
| 1.      | 2,00                                                         | 1,45                                                      | 1.      | 0,86                                                         | 1,14                                                      |
| 2.      | 2,09                                                         | 1,41                                                      | 2.      | 0,67                                                         | 0,91                                                      |
| 3.      | 2,08                                                         | 1,59                                                      | 3.      | 0,49                                                         | 0,68                                                      |
| 4.      | 2,06                                                         | 1,55                                                      | 4.      | 0,22                                                         | 0,27                                                      |
| 5.      | 2,03                                                         | 1,64                                                      | 5.      | 0,13                                                         | 0,18                                                      |
| 6.      | 2,00                                                         | 1,56                                                      | 6.      | 0,06                                                         | 0,09                                                      |
| Зона 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                                                         | 1,46                                                      | 15.     | 0,99                                                         | 1,32                                                      |
| 9.      | 1,97                                                         | 1,64                                                      | 16.     | 0,98                                                         | 1,32                                                      |
| 10.     | 1,83                                                         | 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                                                         | 1,37                                                      | 20.     | 0,92                                                         | 1,23                                                      |
| 14.     | 1,60                                                         | 1,36                                                      | 21.     | 0,95                                                         | 1,27                                                      |
| 15.     | 1,79                                                         | 1,45                                                      | 22.     | 0,99                                                         | 1,27                                                      |
| 16.     | 1,72                                                         | 1,37                                                      | 23.     | 0,75                                                         | 1,00                                                      |
| 17.     | 1,66                                                         | 1,32                                                      | 24.     | 0,49                                                         | 0,68                                                      |
| 18.     | 1,63                                                         | 1,28                                                      | 25.     | 0,43                                                         | 0,64                                                      |
| 19.     | 1,60                                                         | 1,27                                                      | 26.     | 0,40                                                         | 0,59                                                      |
| 20.     | 1,54                                                         | 1,23                                                      | 27.     | 0,77                                                         | 1,00                                                      |

Продовження таблиці 3.3

| Зона III |      |      | 28. | 0,71 | 0,95 |
|----------|------|------|-----|------|------|
| 1.       | 1,24 | 1,00 | 29. | 0,67 | 0,96 |
| 2.       | 1,06 | 0,86 | 30. | 0,65 | 0,91 |
| 3.       | 1,02 | 0,83 | 31. | 0,55 | 0,77 |
| 4.       | 1,02 | 0,82 | 32. | 0,55 | 0,67 |
| 5.       | 1,42 | 1,27 | 33. | 0,48 | 0,50 |
| 6.       | 1,12 | 1,05 | 34. | 0,37 | 0,45 |
| 7.       | 1,42 | 1,15 | 35. | 0,34 | 0,42 |
| 8.       | 1,35 | 1,14 | 36. | 0,32 | 0,41 |
| 9.       | 1,11 | 1,08 | 37. | 0,31 | 0,37 |
| 10.      | 1,02 | 0,82 | 38. | 0,27 | 1,02 |
| 11.      | 1,05 | 0,83 | 39. | 0,74 | 0,74 |
| 12.      | 1,11 | 0,82 | 40. | 0,55 | 0,64 |
| 13.      | 1,26 | 1,18 | 41. | 0,46 | 0,59 |
| 14.      | 1,24 | 1,19 | 42. | 0,43 | 0,45 |
| 15.      | 1,20 | 1,18 | 43. | 0,34 | 0,45 |
| 16.      | 1,12 | 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. | 0,19 | 1,28 |
| 20.      | 1,21 | 1,14 | 48. | 0,99 | 1,27 |
| 21.      | 1,20 | 1,14 | 49. | 0,95 | 1,15 |
| 22.      | 1,36 | 1,33 | 50. | 0,84 | 1,14 |
| 23.      | 1,18 | 1,05 | 51. | 0,80 | 1,15 |
| 24.      | 1,17 | 1,09 | 52. | 0,78 | 0,95 |
| 25.      | 1,23 | 1,08 | 53. | 0,71 | 0,95 |
| 26.      | 1,27 | 1,23 | 54. | 0,71 | 1,10 |
| 27.      | 1,18 | 1,06 | 55. | 0,80 | 0,05 |
|          |      |      | 56. | 0,04 | 0,10 |
|          |      |      | 57. | 0,07 | 0,09 |
|          |      |      | 58. | 0,07 | 0,19 |
|          |      |      | 59. | 0,13 | 0,35 |

Проведений аналіз (таблиця 3.4) показав зниження коефіцієнтів локальної інтенсивності зношування в зміцнених зонах (I, II, III) з одночасним збільшенням коефіцієнта локальної інтенсивності зношування в незміцнених зонах (IV).

Таблиця 3.4 – Середні значення коефіцієнта локальної інтенсивності зношування в зонах відвалу корпусу плуга

| К-т локальної інтенсивності зношування | Зона відвалу |      |      |      | Середнє значення |
|----------------------------------------|--------------|------|------|------|------------------|
|                                        | I            | II   | III  | IV   |                  |
| Незміцненого відвалу                   | 2,05         | 1,68 | 1,18 | 0,58 | 1,37             |
| Зміцненого відвалу                     | 1,53         | 1,37 | 1,07 | 0,79 | 1,19             |

Коефіцієнт локальної інтенсивності зношування наближається до одиниці по всій поверхні відвалу, забезпечуючи більш рівномірну інтенсивність зношування по всій поверхні та підвищення ресурсу відвалу плуга в 1,4-1,8 разів.

Проведені вимірювання показали доцільність зміцнення передньої кромки відвалу наплавленням суцільного валика. Інтенсивність зношування прилеглих до неї площин менше, що дозволяє застосувати «плямисте» зміцнення зі збільшенням відстані між валиками та точками. Як показали експерименти, схема «плямистого» зміцнення має перешкоджати переміщенню ґрунту по поверхні основного металу та утворенню «царапаючого» зношування незміцненої поверхні.

### **Висновки по розділу.**

1. Експериментально встановлено, що при наплавленні дротом 65 Г діаметром 1,6 мм, частоті вібрацій 10 Гц, амплітуді вібрацій 1...2 мм можна знизити силу зварювального струму до 80...100 А при стабільному формуванні валика. Ширина шва склала 3...4 мм, твердість наплавленого металу – HRC 55...60. Отримані режими рекомендується використовувати для зміцнення відвалів.

2. Заміри відвалів плугів після експлуатації показали, що зношування може досягати декількох міліметрів з найбільшими значеннями в передній частині грудей відвалу і нижній частині крила.

3. На підставі визначення коефіцієнтів локальної інтенсивності зношування та розрахункової оцінки інтенсивності зношування зміцнених поверхонь, на робочій поверхні відвалу запропоновано виділити три зони з різними схемами зміцнення: при  $k_u \geq 2,0$  – наплавлення зварними швами, при  $1,5 \leq k_u < 2,0$  – наплавлення зварними точками з відстанями між ними 35 мм, при  $1,0 < k_u < 1,5$  – наплавлення зварними точками з відстанями між ними 55 мм.

4. За результатами випробувань зміцнених напівавтоматичним вібродуговим наплавленням поверхонь відвалів корпусів плугів встановлено, що в процесі експлуатації відбувається зниження коефіцієнтів локальної інтенсивності зношування в зміцнених зонах та збільшення – у незміцнених. При цьому інтенсивність зношування стає рівномірнішою і відбувається підвищення ресурсу в 1,4-1,8 разів.

## ВИСНОВКИ

1. Площини та кромки відвалів плугів піддаються в процесі експлуатації нерівномірному абразивному зношуванню, що викликає доцільність додаткового зміцнення найбільш навантажених зон. Ефективним способом підвищення зносостійкості деталей плугів є дугове наплавлення валиками, що не перекриваються. Для зниження тепловкладання в основний метал доцільно застосування вібродугове наплавлення в струменях води.

2. Визначення зон поверхні відвалу, які вимагають зміцнення, запропоновано виконувати за результатами розрахунків локального коефіцієнта інтенсивності зношування не зміцненого відвалу. Коефіцієнт є відношенням інтенсивності зношування в точці виміру до середньої по всій поверхні інтенсивності зношування. Середню інтенсивність зношування слід знаходити як середню арифметичну інтенсивність по всій поверхні. Фізичний зміст запропонованого коефіцієнта у тому, що з метою забезпечення рівної зносостійкості всієї поверхні відвалу зміцнювати слід зони, коефіцієнт яких більше 1.

3. Розроблено механізм подачі присадного дроту для напівавтоматичного вібродугового наплавлення.

4. Експериментально встановлено, що при амплітуді поздовжніх коливань торця присадного дроту більше 3 мм виникає важко контрольоване переміщення зварювального пальника через її відскоки від поверхні деталі. Тому при напавленні амплітуда поздовжніх коливань торця дроту має становити від 1 до 2 мм. Швидкість наплавлення, визначена із умов стабільного формування валика напавленого металу, склала 0,2...0,3 см/с.

5. Експериментально встановлено, що при напавленні дротом 65 Г діаметром 1,6 мм, частотою вібрацій 10 Гц, амплітудою вібрацій 1...2 мм можна знизити силу зварювального струму до 80...100 А при стабільному формуванні валика. При струмах 100-150 А ширина шва склала 4-5 мм, твердість

наплавленого металу - HRC 55-60. Ширина зони знеміцнення 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 відвалу запропоновано виділити три зони з різними схемами зміцнення: при  $k_u \geq 2,0$  – наплавлення зварними швами, при  $1,5 \leq k_u < 2,0$  – наплавлення зварними точками з відстанями між ними 35 мм, при  $1,0 < k_u < 1,5$  – наплавлення зварними точками з відстанями між ними 55 мм.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. Москва : Металлургия, 1969. 159с.
2. Адлер Ю. П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Москва : Наука, 1976. 279с.
3. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
4. Новиков В. С. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин : монография. Москва : ФГБОУ ВПО МГАУ им В.П. Горячкина. 2013. 112 с
5. Новиков В. С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.03 / Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва, 2008. 331 с.
6. Аулін В. В., Тихий А. А. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами : монографія. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2017. 278 с.
7. Блохин В. Н., Котиков Ф. Н., Случевський А. М. Исследование износа рабочей поверхности лемеха от удельного давления и скорости движения абразивной частицы почвы. *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2016. №2, (54). С. 93-97.
8. Dizdar S., Maroli B. Abrasive wear resistance of thermal surfacing materials for soil tillage applications. *International Thermal Spray Conference and Exposition: Innovative Coating Solutions for the Global Economy, ITSC 2013*. Busan, South Korea.

9. Kalacska A. Baets P., Fauconnier D., Schramm F., Frerichs L., Sukumaran J. Abrasive wear behaviour of 27MnB5 steel used in agricultural tines. *Wear*. 2020. Vol. 442-443. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2019.203107>.
10. Zdravecká E., Tkáčová J., Ondáč M. Effect of microstructure factors on abrasion resistance of high-strength steels. *Research in Agricultural Engineering*. 2014. № 60(3). p. 115-120.
11. Dvoruk V. I., Borak K. V. Research of the degree of fixation of abrasive particle in the soil. *Міжнародний науковий журнал “Проблеми трибології”*.. 2019. №1. 67-72.
12. Борак К. В. Прогнозування зміни абразивних властивостей ґрунтів для забезпечення надійної експлуатації робочих органів. *Технічні науки та технології : науковий журнал*. 2020. № 1 (19). С. 53–64.
- 13.
14. Rabinowicz E., Dunn L.A., Russell P.G. A study of abrasive wear under three-body conditions. *Wear*. 1961. Vol. 4. P. 345-355 [https://doi.org/10.1016/0043-1648\(61\)90002-3](https://doi.org/10.1016/0043-1648(61)90002-3).
15. Belousov S. V., Samurganov E. E., Rodionenko A. I. Theoretical justification of the type of a flat-cutting working body of a ploughshare. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 709. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/709/3/033100>.
16. Борак, К. В. Зміна поверхневої твердості лемішно-лапових робочих органів ґрунтообробних машин в процесі експлуатації. *Біоресурси і природокористування*. 2020. Том 12, № 1-2 – [Електронний ресурс]. Режим доступу до журн. : <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/13870>.