

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних
машин»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 1
Товма Сергій Володимирович
Керівник: Дудніков І. А.
Рецензент: Горбенко О. В.

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Незважаючи на досить широке впровадження в останні десятиліття ґрунтозахисних технологій, оранка лемішно-відвальними плугами поширена як найбільш ефективний (хоча і самий витратний) вид основного обробки ґрунту.

У свою чергу, леміш є найбільш навантаженою і важливою деталлю, від параметрів якої в переважній мірі залежать якісні, енергетичні та економічні показники технологічної операції оранки.

Вже більше сотні років світові виробники ґрунтообробної техніки, відповідні наукові та конструкторські організації, приділяють велику увагу і докладають значних зусиль для вирішення проблеми підвищення ефективності лемешів, що використовуються в плугах.

Це підтверджує важливість характеристик даної деталі для процесу обробки ґрунту і якісно-економічних показників виробництва більшості видів сільськогосподарської продукції, а й доводить, що дана проблема не є простою, хоча чисто зовні конструкції лемешів і корпусу плуга не виглядають особливо складними.

В Україні ця проблема є істотна, так як в нашій країні має місце більша різноманітність ґрунтів по фізичному і механічному складу.

Слід зазначити, що в нашій країні серійно виробляються лемеші з застарілими конструктивно-технологічними параметрами, зі сталі не високої міцності і зносостійкості, зниженого в порівняно з кращими зарубіжними аналогами, сумарного ресурсу [26]. Цей факт ще раз підтверджує гостру необхідність проведення в нашій країні дослідних і прикладних робіт з підвищення експлуатаційно-ресурсних характеристик лемешів для вітчизняних конструкцій плугів.

Метою роботи є обґрунтування параметрів лемешів плугів, що забезпечують підвищені характеристики працездатності та довговічності.

Об'єктом досліджень є: процеси взаємодії лемішними корпусами з ґрунтом, умови їх абразивного зношування.

Предметом дослідження є: способи підвищення експлуатаційних, агротехнічних і ресурсних характеристик лемешів плугів.

Загальна методика дослідження включає в себе: аналіз конструктивних, матеріалознавчих параметрів лемешів, характеру їх зношування, і способів зміцнення; теоретичне дослідження навантажень, що діють на леміш і інші експлуатаційні показники; дослідження зносостійкості наплавлювальних матеріалів.

Практичну цінність становлять практичні результати досліджень властивостей і фізико-механічних характеристик матеріалів основи лемешів плугів, наплавочних твердих сплавів і зміцнюючих технологій в умовах експлуатації.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз впливу конструктивних, матеріалознавчих та експлуатаційних факторів на працездатність лемешів плугів

Основним засобом виробництва в сільському господарстві є ґрунт. З метою створення сприятливих умов для зростання і розвитку культурних рослин проводиться його механічна обробка: оранка, глибоке розпушування, лущення, фрезерування, культивація, боронування, коткування. Якість обробітку ґрунту, енергетичні витрати і загальні витрати на його обробку значною мірою визначаються конструкційними параметрами і станом робочих органів.

Робочі органи ґрунтообробних машин експлуатуються в абразивному ґрунтовому середовищі і інтенсивно зношуються, змінюючи свою форму і розміри, тому їх доводиться часто замінювати або ремонтувати. Так як оранка найбільш важка енергоємна і витратна ґрунтообробна операція, то, відповідно, у сільгоспвиробників виникають проблеми в наведеному плані при використанні робочих органів лемішних плугів.

Леміш – найбільш масова використовувана деталь в порівнянні з іншими виробами ґрунтообробної техніки. Це дуже навантажена деталь, що піддається великим знакозмінним згинально-ударним і зношувальним навантаженням. Причини настання граничного стану лемеша пов'язані переважно з прискореним абразивним зношуванням, обумовленим взаємодією з твердими (HV 8-11 ГПа) мінеральними частинками, що містяться в ґрунті.

Аналіз причин вибракування серійних лемешів показав [2], що більше половини лемешів, що мають ще значний, запас незношеного металу по

ширині, вибраковуюють через передчасний знос носка. В окремих випадках є проблеми з міцністю цих деталей.

Численні випробування вітчизняних серійних робочих органів лемішних плугів показують, що середнє напрацювання на відмову долотоподібні лемеші в залежності від видів ґрунтів і їх фізичного стану коливаються від 3 до 20 га [3]. Лемеші провідних зарубіжних виробників перевершують вітчизняні по ресурсу в декілька разів за рахунок поліпшених як матеріалознавчих, так і конструктивних параметрів. На деяких ґрунтах (глинистих, суглинних і ін.) також в число причин зниженого ресурсу лемешів входить затуплення їх лез. Тому має місце зниження якості обробки ґрунту, збільшення тягового опору, виглиблення плуга, погіршення кришення ґрунту, зниження загальної продуктивності.

Іншими причинами зниженого ресурсу лемешів плугів є:

- завчасний лінійний знос носка;
- лінійний знос лемеша по ширині;
- поломка і деформація, як внаслідок загальної зниженої міцності, так і внаслідок потоншення лемешу (особливо в зоні носка) в процесі абразивного зношування і, відповідно, зменшення розмірів небезпечного перетину і подальшого зниження міцності.

На підставі вище викладеного можна зробити висновок що довговічність лемешів низька, конструктивні і матеріалознавчі параметри недостатньо обґрунтовані, в тому числі з агротехнічної (глибина обробки, подрібнення ґрунту) і енергетичної точок зору.

З величезної кількості видів робочих органів ґрунтообробних машин за масштабами застосування та цілей використання леміш плуга є, найбільш важливою деталлю. Цей робочий орган найбільш навантажений в порівнянні з іншими деталями ґрунтообробних машин (відвалами, польовими дошками, лапами культиваторів, сферичними дисками борін, ножами фрез та інші). З енергетичної точки зору оранка є найбільш трудомісткою ґрунтообробною операцією.

Основна функціональна задача, яка виконується лемешем в процесі оранки – відрізання пласта ґрунту і його подальший «направлення» на відвал, з відповідним рівнем кришіння і обороту. Процес переміщення леза лемеша в ґрунті є безперервний і сталий процес [4].

Підвищення швидкості руху ґрунтообробних агрегатів викликає збільшення навантажень на леміші корпусу. Опір ґрунту при оранці плугом 5К-35 зростає на 12% зі збільшенням швидкості оранки з 4 до 7,9 км/год [4]. На рис. 1.1. показано як збільшується питомий опір легких, середніх та важких ґрунтів зі збільшенням швидкості оранки при різній глибині борозни і ширині захвату [5].

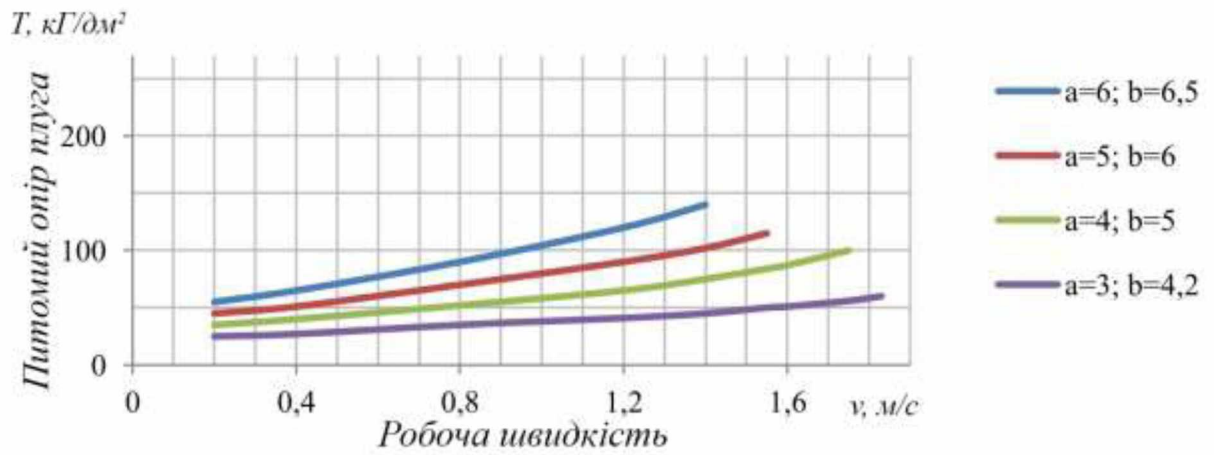
В середньому збільшення швидкості в 2 рази призводить до збільшення навантажень на робочі органи, в залежності від різних умов, на 22-68% [5, 6].

Збільшення глибини обробки викликає також пропорційне збільшення всіх сил.

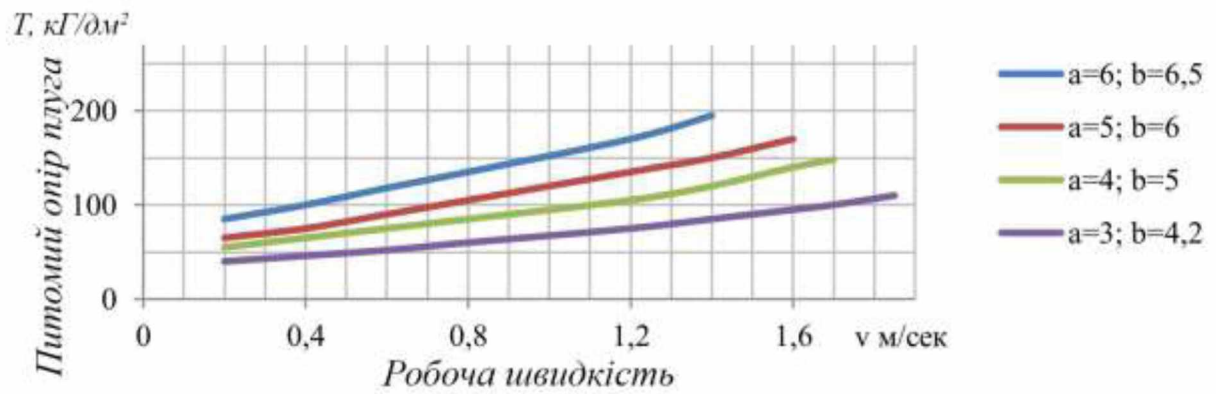
Вплив на величину навантажень одного з найважливіших настановних параметрів робочих органів - кута кришіння (різання) оцінюється дослідниками, в основному, однаково. У більшості видів ґрунтообробних робочих органів (за винятком сферичних дискових робочих органів) його зростання викликає збільшення навантажень на робочі органи [7].

Важливим параметром також є задній кут різання (кут зазору). Його зниження нижче величини $3-5^\circ$ також збільшує опір різанню ґрунту, особливо істотно, коли цей кут приймає негативні значення, тобто утворюється «потилична фаска».

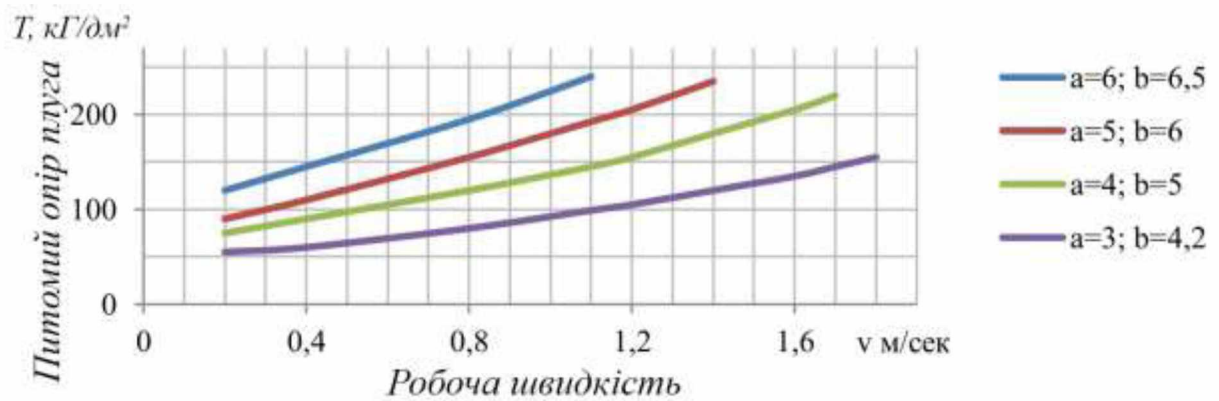
На жаль, на практиці, при розробці робочих органів далеко не завжди можливо одночасно знижувати кут різання « β » і залишати прийнятним значення заднього кута різання (кута зазору), так як вони пов'язані співвідношенням: $\varepsilon = \beta - i$, де i - кут загострення леза.



а)



б)



в)

Рисунок 1.1 – Питомий опір однокорпусного плуга в залежності від швидкості руху при різній глибині борозни і ширині захвату: а) на легких ґрунтах; б) на середніх ґрунтах; в) на важких ґрунтах

Збільшення кута загострення леза і товщини леза, зокрема при затупленні леза лемеша (особливо при негативному куті зазору і відповідному виникненні «потиличної фаски»), призводить до зростання навантажень на лемішний корпус.

Іноді, при затупленні леза навантаження на робочі органи реально не збільшуються [6], але корпуси плугів, при цьому, виглиблюються і «йдуть» на меншій глибині, що значно погіршує агротехнічні показники обробітку ґрунту.

Підвищення твердості ґрунту призводить до збільшення всіх навантажень, і розкид значень цього збільшення дуже значний і залежить від багатьох параметрів і умов.

При підвищенні вологості ґрунту його твердість знижується, і відповідно, навантаження зменшуються. Однак, дана закономірність діє до значення абсолютної вологості ґрунту 19-22%. При подальшому підвищенні вологості починає впливати фактор налипання (особливо на глинистих липких ґрунтах) і опір обробітку ґрунту збільшується [7]. При значенні абсолютної вологості, що перевищує – 25...30%, лемішні плуги як правило не можуть задовільно виконувати свої експлуатаційні функції.

Поряд з конструктивними факторами мають місце впливу на працездатність і ресурс деталей також матеріалознавчі.

Головна причина низької якості робочих органів вітчизняних сільгоспмашин полягає у відсутності спеціалізованих матеріалів, що мають високі фізико-механічні характеристики при експлуатації в умовах великих знакозмінних навантажень і абразивного зношування.

Використання в конструкціях лемешів матеріалів низької якості призводять до ряду негативних наслідків у процесі експлуатації. Це передчасний знос носової частини, поява потиличної фаски, зміна кута різання, лінійний знос (по ширині, довжині, товщині). При цьому, відповідно, як правило підвищується тяговий опір, знижується ресурс деталі, падає швидкість оранки і якість обробки.

Основними видами граничних станів характерних для лемешів плугів є [8]:

1. деформація або руйнування лемешу;
2. затуплення леза і носка лемешу (збільшення кута загострення і товщини леза);
3. утворення потиличної фаски леза з нахилом до дна борозни;
4. утворення на лезі лемешу (і носка) лобової фаски;
5. лінійний знос по довжині лемешу, в тому числі по довжині носка;
6. лінійний знос по ширині леза лемешу;
7. лінійний знос носка лемеша (зміна форми лемеша)
8. лінійний знос по товщині лемеша, зниження його міцності;
9. знос головок кріпильних деталей.

Настання даних граничних станів призводять до наступних негативних наслідків: підвищення тягового опору, зниження глибини обробки ґрунту, збільшення нерівномірності глибини обробки ґрунту, зниження якості кришіння ґрунту, зменшення ширини захвату корпусу плуга, залипання ґрунту, виглиблення плуга і ін.

Настання того чи іншого граничного стану лемешу плуга залежить від багатьох чинників, головні з яких – це напрацювання, тип і стан (твердість) ґрунту.

1.2. Аналіз конструктивних та матеріалознавчих параметрів лемешів плугів

Умовно конструкції лемешів можна розділити на 3 узагальнених види по параметрам лемешів: долотоподібні, прямої трапеції і косої трапеції.

Ці види включають велику кількість відмінностей і різновидів: цілісний; з прямою, криволінійною, евольвентною формою; з накладним або складовим (приставним) долотом і ін. Відповідно, є відмінності в матеріалах

лемешів, їх товщинах, видах кріплення до корпусу (башмаку) плуга, конструктивних параметрах доліт, видах і параметрах заточки, режимах і умовах термообробки, методах зміцнення і т.п.

У великосерійному виробництві випускається леміш П-702 долотоподібної конструкції з виступом приблизно на 22-25 мм носової частини (рис. 1.2) [9]. Накладне або приставне долото відсутнє, що значно знижує загальний ресурс лемеша, ресурс такого виробу варіюється від 2 до 20 га в залежності від властивостей ґрунту. Профіль лемешу має невелику евольвентну кривизну.

Вітчизняний серійний леміш випускається з низькоякісних матеріалів за застарілими технологіями. Матеріал лемішного профілю – сталь Л53. Від провідних світових виробників аналогічних виробів є суттєве відставання за технічним рівнем.

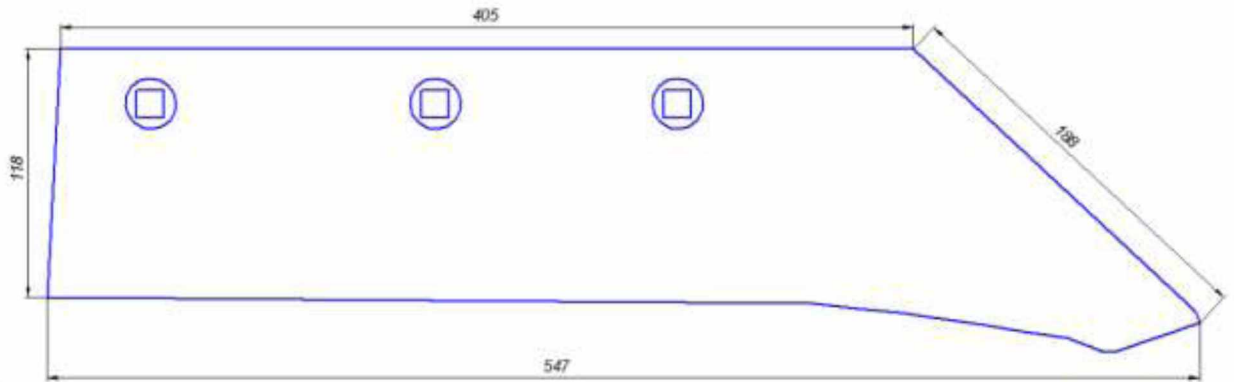


Рисунок 1.2 - Серійний леміш

До числа провідних зарубіжних виробників лемешів плугів відносяться такі відомі європейські та американські фірми: «Lemken», «Німейєр», «Оверум», «Вентукі», «Регент», «Рабе», «Хуард», «Еберхардт», «Дін і ВН», «Ландсберг», «Kverneland», «Кроне», «Інк», «Vogel & Noot», «Unia», «Kuhn», «Джон Дір».

Леміш фірми «Lemken» (Німеччина) (рис. 1.3), складається з трапецеподібного (прямої трапеції) леза (основи лемеша) і долота. Із

запропонованих типів лемешів в його конструкції використовується приставне (на відміну від накладного) змінне долото. У інших типів розглянутих зарубіжних лемешів долото накладне. Одним з переваг приставного долота є менша забиваємість лемеша бур'янами в порівнянні з аналогічним лемешем з накладними долотом (особливо після оранки полів із залишками кукурудзи і соняшнику). Товщина долота варіюється від 14 до 19 мм в залежності від ґрунтових навантажень. Перевагою лемешів є велика заглиблювальна здатність, краща якість обробки пласта і дещо менший знос [10] (в наслідок меншого навантаження на основу) основи лемеша – леза. Кут розтвору лемешу фірми «Lemken» має трохи більшу величину в порівнянні з конструкціями інших лемешів – 136 замість 134. Лезо має товщину ріжучої кромки – 3-3,5 мм. Леміш по довжині леза евольвентну форму, внаслідок чого кут різання (кут кришення) по довжині лемеша від носка до п'яти різних і варіюються від 26° до 19° . По ширині леза, його товщина є змінною поступово збільшуючись від 3 до 10 мм.

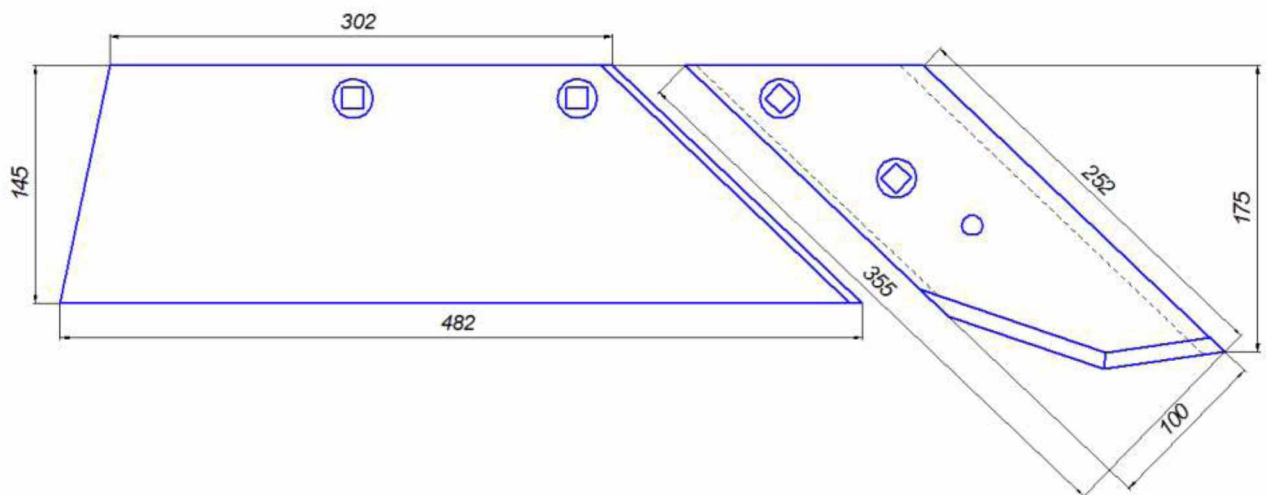


Рисунок 1.3 - Леміш фірми «Lemken» (Німеччина)

Кут заточування долота на носку – 25° . Долото і леміш випускаються як з наплавленням так і без нього. Обидві деталі піддаються термообробці на твердість 52-55 HRC. За час експлуатації одного наплавленого лемеша змінюється – 2-3 долота; ненаплавлених до 5. Ресурс лемеша варіюється в

межах – 70-150 га (ненаплавленого 60 - 100 га), Ресурс долота: ненаплавленого – 20-23, наплавленого – 32-42 га.

Леміш норвезької фірми «Kverneland», складається з двох частин: лезо (основи) з вираженим носком і накладного оборотного долота. Габаритні розміри представлені на рис. 1.4.

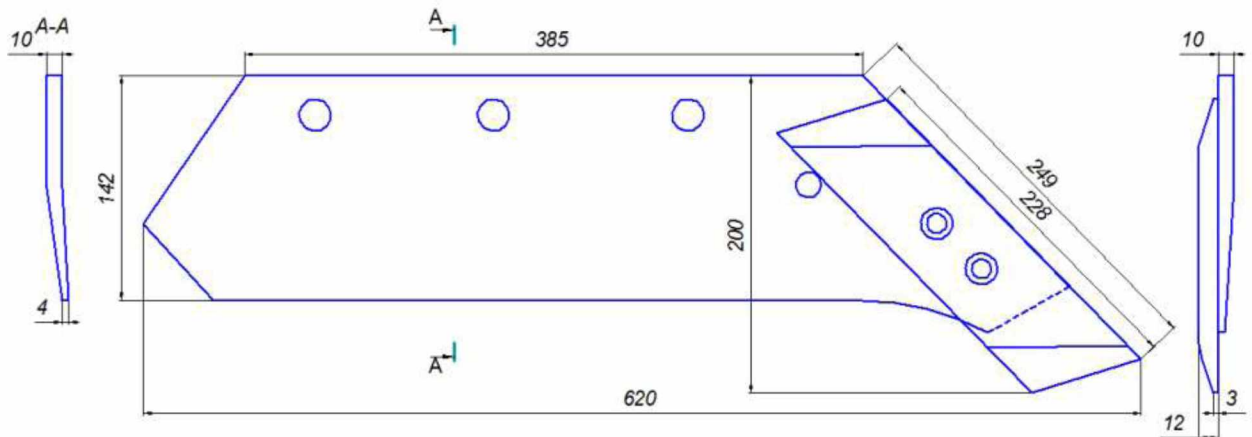


Рисунок 1.4 – Леміш норвезької фірми «Kverneland»

Представлений тип лемеша має змінний кут різання по довжині і ширині леза: кут нахилу леза (кут кришення або різання) в носовій частині відносно горизонтальної поверхні поля перевищує кут нахилу в середній частині лемеша і значно перевищує кут нахилу на п'ятці лемеша. Змінний кут різання, отриманий шляхом створення евольвентного профілю в перетині лемеша [11] дозволяє поліпшити якість роботи робочого органу при оранці, тобто отримати хорошу заглибленість носової частини і домогтися зниження питомого (по відношенню до глибини обробки) тягового опору за рахунок низького кута кришення (різання) в зоні леза і п'ятки, і інших поліпшених параметрів профілю лемеша (кривизни, змінного перерізу та ін.). Кут різання (кут кришення) на носку – 20° плавно змінюється по довжині леза і на п'ятці наближається до 2-3. Кут бороздного обрізу лемеша (розтвору) – 134° . Товщина основи лемеша – 10 мм. Товщина леза в межах – 3,5-4,5 мм. Оборотно накладне долото має товщину 12 мм. Кріпиться леміш двома болтами. При досягненні граничного зносу долото знімають з лемеша,

перевертають на 180° і встановлюють на колишнє місце, тим самим відновлюючи працездатність лемеша. За час експлуатації одного лемеша змінюється 1-2 оборотних долота. Ресурс лемеша варіюється в межах 60-130 га, ресурс долота - 22-25 га.

Леміш польської фірми «Unia» складається з трьох частин: трапецієподібного леза, з'єднаного за допомогою зварного шва з приставним необоротним долотом (ці дві частини утворюють основу лемеша) і третьої частини-накладного оборотного долота, що кріпиться на приставному долоті за допомогою двох болтів. Габаритні розміри представлені на рис. 1.5.

Конструкція лемеша фірми «Unia» порівнянна з конструкцією двох лемешів наведених відомих фірм: лезо лемеша і приставне (додаткове приварене) долото, конструктивно до виробів фірми «Lemken», при цьому леміш має значний змінний кут різання по довжині і ширині, близький до конструкції лемеші фірми «Kverneland». Кут обріза не відрізняється від кута бороздного обріза розглянутих лемешів з накладним долотом і становить 134° .

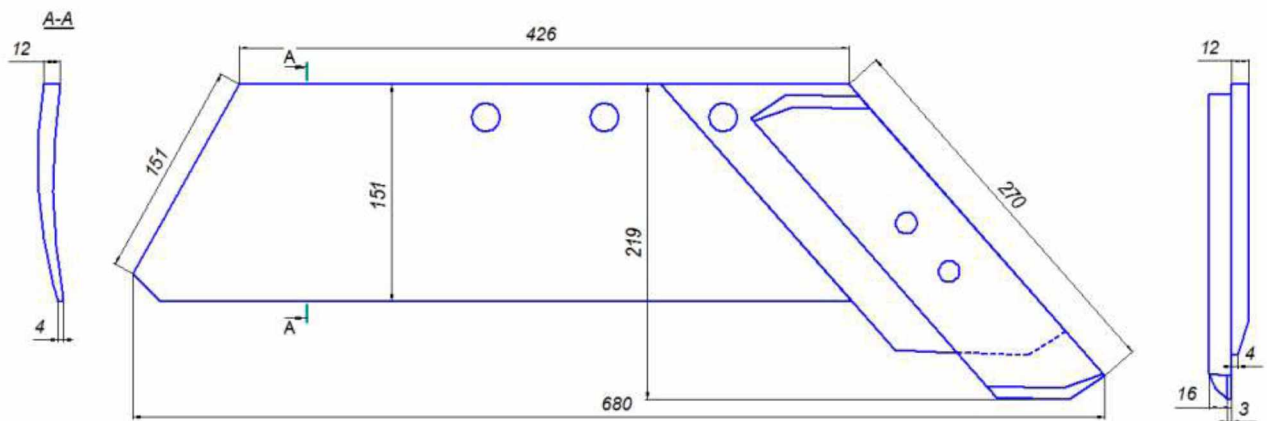


Рисунок 1.5 – Леміш польської фірми «Unia»

Товщина лемеша в районі спинки і приставного привареного долота становить 12 мм. Товщина леза лемеша в межах – 3,5-4,5 мм. Накладне долото має товщину 12-16 мм., також на відміну від приставного воно перевертається на 180° і можна далі продовжувати роботу. Задній кут різання

по довжині лемеша різний і варіюються від 20° на носку до 6° на п'ятці, задній кут різання приставного, приварного долота становить 26° . Кут різання (кут кришення) накладного оборотного долота в установленому робочому положенні на лемеші становить 45° . За час експлуатації одного лемеша з приставним, приварним долотом змінюється 1-2 оборотних долота. Ресурс лемеша варіюється в межах 65-140 га, ресурс долота в залежності від товщини - 24-28 га.

Леміш зі змінним долотом відомого французького виробника фірми «Kuhn»: складається з трапецієподібної основи і накладного долота. Долота випускаються двох видів: Z-подібне долото, товщиною 12 мм і пряме долото товщиною 16 мм. З числа розглянутих фірм максимальну товщину листа накладного долота мають фірми «Kuhn» - 16 мм і «Unia» - 16 мм. На рис. 1.6 представлені габаритні розміри лемеша з Z-образним долотом.

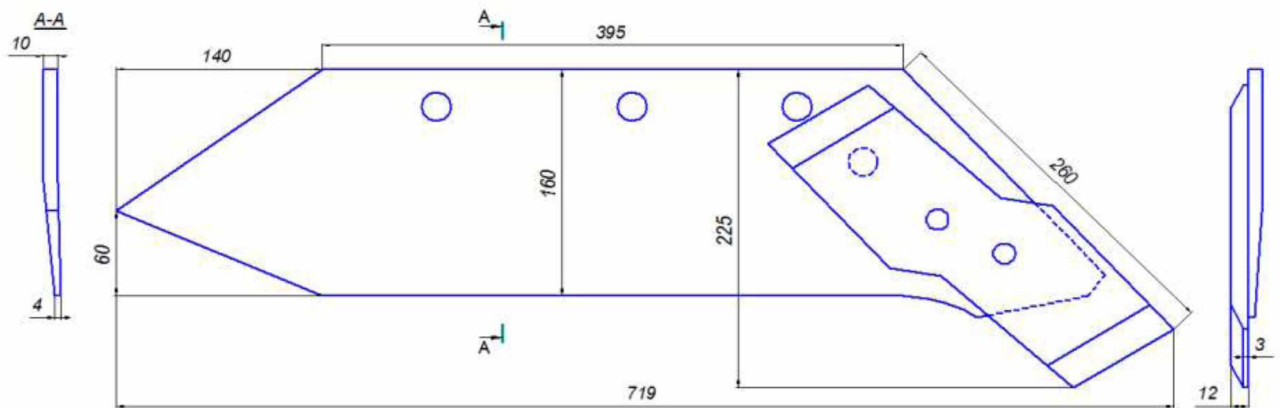


Рисунок 1.6 - Леміш французької фірми «Kuhn»

Ресурс лемешу варіюється в межах – 80-160 га. Ресурс долота варіюється в межах: Z-подібне долото 21-23 га, пряме долото 24-28 га.

Австрійський леміш фірми «Vogel & Noot», складається з двох частин: леза (основа) лемеша, аналогічно леміш «Kverneland», з вираженим носком і

накладного оборотного долота, що кріпиться до леза лемешу двома болтами. Габаритні розміри представлені на рис. 1.7.

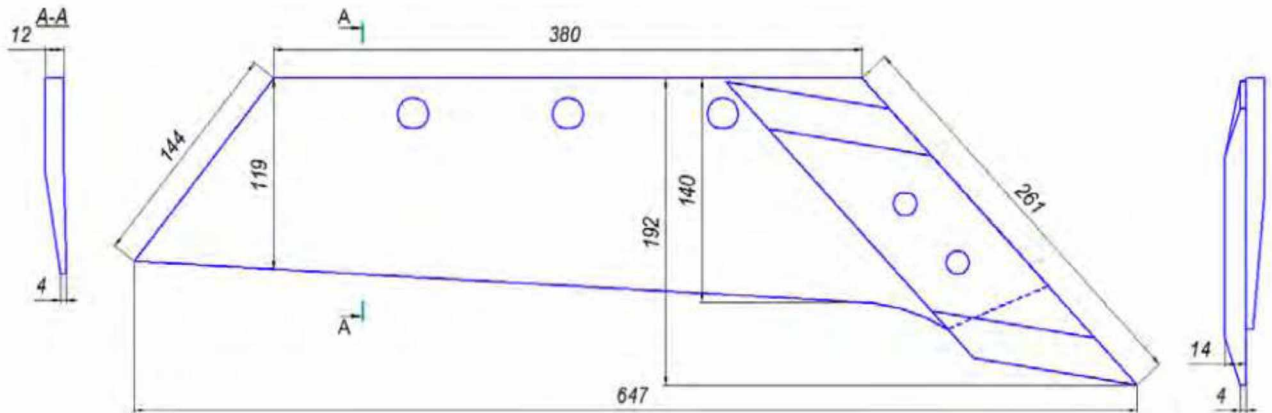


Рисунок 1.7 - Леміш фірми «Vogel & Noot»

Леміш має трапецієподібну форму з евольвентним профілем в перерізі і однаковим кутом різання по довжині леза від носка до п'ятки 20° . Кут різання (кут кришення) накладного долота в установленому робочому положенні на лемеші – 42° . На відміну від лемешу фірми «Kverneland» профіль лемеша «Vogel & Noot» має менш виражену кривизну по центру лемеша (близьку до плоскої форми) і, однаковий кут різання в перетинах лемеша [11]. Кут бороздного обріза (розтвору) – 134° . Товщина основи лемеша – 12 мм. Товщина леза в межах – 3,5-4,5 мм. Оборотно накладне долото має товщину 14 мм. Долото лемеша «Vogel & Noot» має більш гостру заточку в порівнянні з розглянутими виробниками. Так само як і у всіх оборотних накладних долота, після граничного зносу, долото перевертається на 180° і леміш відповідно продовжує перебувати в працездатному стані. За час експлуатації одного лемеша змінюється 2-3 оборотних долота. Ресурс лемеша варіюється в межах – 70-130 га, ресурс долота – 15-18 га.

Аналіз наведених конструкцій лемешів показує, що провідні виробники ґрунтообробної техніки випускають лемеші, що складаються переважно з двох деталей: основи (лезвої частини) і долота (приставного або накладного). При цьому лезова частина (основа) лемеша має евольвентний профіль зі

змінним кутом різання: на п'ятці задній кут різання (кут зазору) має значення від 2 до 7° в середині леза – 9-13° на носовій частині – 18-29°. Долото також має не плоску форму. Слід відзначити, що пряме копіювання конструктивних параметрів лемешів провідних зарубіжних виробників на вітчизняному корпусі плуга практично неможливо.

1.3. Фактори, що впливають на знос деталей ґрунтообробних машин

Механічний склад і стан ґрунту впливають не тільки на інтенсивність зносу, але і на його характер. Особливо це видно на прикладі зносу лемешів. На важких суглинистих і глинистих ґрунтах лезо і польовий обріз лемеша затуплюються і приймають овальну форму, часто з вираженою «потиличною фаскою». На піщаних і супіщаних ґрунтах, наприклад, лемеші зношуються досить інтенсивно як по товщині, так і по ширині. Лезо при цьому зберігає свою гостроту, при цьому, на лицьовій – стороні носової частини лемешів утворюється глибока канавка. З огляду на знос носка лемеш, на цих ґрунтах, швидко (через 3-8 га) втрачає свою початкову форму.

Встановлено що великий вплив на величину і характер зносу робочих органів має значення вологості ґрунту. Наприклад, на суглинному чорноземі вологістю 10% знос відбувається приблизно в 6 разів швидше, ніж при вологості 26% [12].

Деякі дослідники вважають, що при оранці сухого ґрунту у лемешів найбільш інтенсивно зношується лезо з тильного боку, кромка його при цьому зберігає гостроту [12]. Інші зазначають, що при оранці супіщано-підзолистих ґрунтів вологістю 2,8-4% лемеші не заточуються, а, навпаки, втрачають свою ріжучу здатність. Після нетривалої роботи на таких ґрунтах їх необхідно відтягувати. Зовсім інший характер зносу спостерігається на цих

же ґрунтах при вологості 9,4-12,2%. Ріжуча здатність лемешів в цьому випадку зберігається протягом усього періоду роботи.

Зазвичай тяговий опір робочого органу плуга визначається в умовах, коли лезо лемеша має номінальні (початкові) геометричні розміри. Насправді, такий стан леза зберігається незначний час і становить дуже малу частку загального терміну експлуатації. В основному леміш працює в затупленому стані, причому ступінь затуплення залежить як від геометричних форм лемешів, так і від фізико-хімічних властивостей і стану ґрунту.

Розглянемо деякі особливості переміщення леза в ґрунті. Лезо лемешів, при зустрічі з твердими частинками ґрунту сприймає дуже великий тиск. Під дією цього тиску відбувається зминання кромки і її закруглення. Збільшення радіусу заокруглення триває до тих пір, поки цей процес не стабілізується. Процес стабілізації настає при певному напрацюванні і залежить від складу і властивостей ґрунту при експлуатації. На більшості типах ґрунтів до цього часу (стабілізації профілю леза) леміш в цілому і його лезова частина стають непрацездатні. Якщо уявити, що затуплене лезо в перетині представляє дугу кола, яка при своєму переміщенні стикається з якою-небудь часткою ґрунту в точці В (рис. 1.8), то можливість ковзання цієї частки на поверхні леза визначається умовою:

$$\delta < 90 - \varphi, \quad (1.1)$$

де δ - кут, утворений площиною симетрії леза і площиною, дотичною до нього в даній точці;

φ - кут тертя ґрунту по сталі.

Таким чином, зона зминання залежить від товщини леза і величини тертя ґрунту по сталі. Для одного і того ж леза в ґрунтах, що володіють більшою величиною тертя, будуть створюватися великі зони зминання. З іншого боку, при переміщенні такого леза відбувається зминання ґрунту, руйнування зв'язків між її частками і відносне переміщення їх, тобто опір ґрунту характеризується силами внутрішнього тертя.

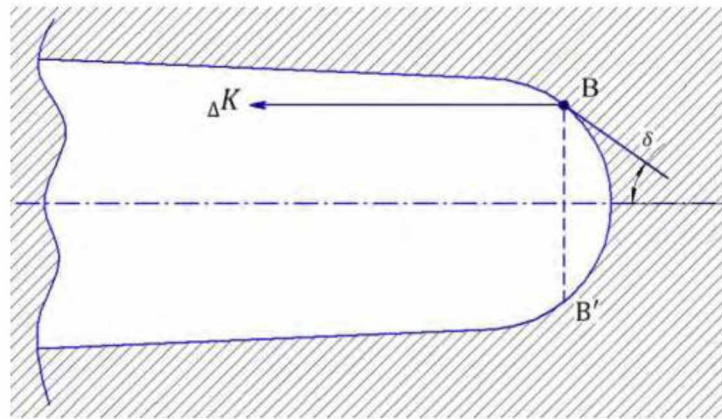


Рисунок 1.8 - Форма і параметри ріжучого леза

Процеси, тертя ґрунту по сталі і внутрішнього тертя в ґрунтовій зоні, прилеглий до леза в значній мірі, впливають на опір (в тому числі тяговий) леза впровадження в ґрунт і на працездатність деталей.

Специфічні умови роботи ґрунтообробних робочих органів сільгосптехніки (знакозмінні навантаження, удари, абразивний знос, корозія) викликають швидке затуплення ріжучих кромки, зміна форми і зменшення розмірів, що призводить до скорочення їх терміну служби, збільшення часу і трудомісткості обслуговування ґрунтообробних агрегатів і зниження економічної ефективності агрозаходів, тому їх поверхню часто піддають зміцненням різними способами.

На даний момент відомо велике різноманіття різних способів зміцнення лемешів плугів сільськогосподарських машин, з використанням високозносних сталей.

Існуючі способи зміцнення лемешів можна розділити по напрямкам:

- термічна обробка;
- наплавочні способи нанесення твердих сплавів;
- застосування різних видів біметалевих з'єднань;

Термічна обробка різних видів сталей є ефективним способом підвищення міцності деталей. При її використанні, зносостійкість як правило, підвищується але недостатньо. Тому, при обов'язковому застосуванні термічної обробки часто використовують додаткові методи зміцнення.

При виборі методу зміцнення робочих органів необхідно враховувати різні критерії [15]:

- умови експлуатації деталей (питомий тиск, ударні навантаження і їх рівень і ін.);
- матеріал деталі і його властивості;
- геометричні розміри і конфігурацію робочої поверхні деталі;
- величина і характер зносу деталей;
- можливість виключення механічної обробки зміцнюючих поверхонь;
- характеристики способів, технічно можливих до застосування (продуктивність, можливість отримання шарів з заданими експлуатаційними властивостями, простота технології, можливість механізації і автоматизації виробництва, економічний фактор та інше);
- можливість певної зміни конструкції деталі, внаслідок застосовуваного методу зміцнення (товщини леза, сторони заточки, зміни форми та інше).

Методи напилення як зміцнюючі покриття робочих органів ґрунтообробних машин не знайшли широкого застосування через низьку міцність зчеплення покриття з основою (не більше 3-7 МПа). Метод напилення з опалюванням, близький за своєю сутністю до методу наплавлення, іноді використовується для зміцнення і відновлення робочих органів ґрунтообробних машин, але, собівартість нанесення оплавлених покриттів дуже висока.

На даний момент найбільше застосування у виробництві (і відновленні) робочих органів ґрунтообробних машин знайшли наплавочні методи зміцнення.

Як зміцнюючі способи для робочих органів ґрунтообробних машин, і лемешів зокрема, найбільше поширення отримала індукційна (струмами високої частоти) наплавка твердих сплавів. Це економічний і продуктивний метод, піддається механізації. Однак, він має суттєві недоліки і обмеження, особливо по товщині шарів і хімічному складу наплавлювальних матеріалів.

За кордоном зміцнення деталей ґрунтообробних машин переважно здійснюються плазмовим дуговим наплавленням, наплавленням порошковим дротом, в середовищі вуглекислого газу, заморожуванням і іншими методами. Іноді застосовується напайку металокерамічних пластин на леза лемешів і інших деталей, а також кріплення і нанесення мінералокерамічних (Al_2O_3 і ін.) матеріалів.

З вище викладеного можна зробити висновок, що для підвищення зносостійкості деталей ґрунтообробних машин і лемешів плугів найбільш ефективні наплавочні дугові способи нанесення твердих сплавів [16, 17].

Вибір наплавлювальних матеріалів, визначення та обґрунтування геометричних характеристик зміцнюючого шару і зміцнюючої поверхні, економічні показники технологічного процесу є областями дослідження.

Висновки і завдання досліджень

На підставі аналізу стану питання визначені наступні напрямки і завдання досліджень:

- провести аналіз працездатності, навантаженості і зносостійкості серійних лемешів плугів;
- теоретично вивчити умови рівноваги плуга в поздовжньо-вертикальній площині і встановити вплив різних конструктивних факторів лемешів (кутів різання і заднього кута різання, вильоту і параметрів, долота, кутів загострення і товщини і ін.) на їх заглиблюючу здатність;
- провести експериментальні дослідження експлуатаційних характеристик різних варіантів лемешів з евольвентним профілем.
- оцінити зносостійкість різних типів лемешів плугів; вивчити закономірності зміни профілю лемеша;
- оцінити економічну ефективність застосування лемешів в сільськогосподарських підприємствах.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Обґрунтування вибору технологічних способів зміцнення (напавлення) лемешів

Вибір технології зміцнення лемешів є важливим завданням, що істотно впливає на характеристики їх довговічності [16]. У розділі 1 було відзначено, що найбільш ефективні як по експлуатаційно-технологічним так і економічними критеріями це наплавочні методи зміцнення.

Аналізувалися наступні методи зміцнення:

- індукційна наплавка;
- плазмова дугова наплавка;
- точкова електродугове напавлення;
- приварювання пластин з твердих сплавів металокераміки;

Інші методи (напилення, спеціальної термообробки, електроконтактного плакування і ін.) не розглядалися внаслідок функціонально-технологічних обмежень, високу вартість і низьку ефективність.

Індукційна наплавка – високопродуктивний процес, ефективний в умовах серійного виробництва. У промисловості застосовуються два варіанти індукційного напавлення: з використанням рідкого присадочного металу, який виплавляється окремо і заливається на розігріту індуктором поверхню деталі і твердого присадочного матеріалу (порошкової шихти, стружки, і т.д.), розплавляється індуктором безпосередньо на напавлюваній поверхні.

Перевагою індукційного напавлення є:

- висока продуктивність;
- можливість напавлення тонких шарів;
- мала глибина пропавлення основного металу.

Недоліком індукційного наплавлення:

- необхідність наплавлення тільки тих матеріалів, які мають температуру плавлення нижче температури плавлення основного металу;
- низький коефіцієнт корисної дії процесу;
- обмеження по товщині наплавлення через розтікання;
- перегрів основного металу.

Точкове електродугове наплавлення в середовищі захисних газів, в основному вуглекислого газу (CO_2), застосовується для отримання зносостійких поверхонь шляхом нанесення точок порошковим дротом. Мета – створення при роботі лемешу пилоподібного леза для більшої гостроти. Основними перевагами є:

- простота;
- можливість наплавляти шар металу невеликої товщини.

Основним недоліком є:

- велике розбризування металу;
- підвищений знос через викришування фрагментів леза.

Приварка (напайка) металокерамічних пластин з твердих сплавів, перевагами якої є висока зносостійкість припаяних твердосплавних пластин.

Недоліками даної технології є:

- низька стійкість ріжучих пластин з твердих сплавів до впливу ударних навантажень (крихкість), тобто не можуть ефективно працювати на кам'янистих ґрунтах;
- складність і висока трудомісткість (в тому числі собівартість) процесу припайки твердосплавних пластин;
- висока вартість твердосплавних пластин.

За оцінкою результатів експлуатаційних випробувань і аналітичного аналізу прийшли до висновку що наплавочні методи зміцнення мають стабільніші характеристики і краще в плані собівартості.

У процесі роботи був обраний спосіб підвищення ресурсу лезових частин лемешів плугів плазмовим дуговим наплавленням [17] твердих

сплавів в середовищі стисненого повітря. На підставі проведених досліджень цей метод на даний момент є найбільш ефективним для зміцнення лезових частин лемешів і доліт. Також важливе значення мають режими термообробки і підбір співвідношень «несучого» і «ріжучого» (наплавленого) шарів по товщині.

Плазмова наплавка на відміну від індукційного наплавлення та інших методів нанесення зміцнюючого шару, має більш стабільні характеристики і високу зносостійкість [18]. Перевага плазмового наплавлення перед іншими методами пояснюється наступними металургійними особливостями процесу:

- при плазмовому наплавленні відбувається більш рівномірне нанесення покриттів за фізико-механічними критеріям;
- при плазмовому наплавленні залишається найкраща структура основного металу на відміну від індукційної через відсутність прогріву основного металу;
- при плазмовому наплавленні знижується ймовірність викришування і переточування нанесеного покриття, тому що проплавлення основи лемешу відбувається на велику глибину з більшою товщиною зміцнюючого шару (в порівнянні з індукційним наплавленням і ін. методами);

Також плазмова дугова наплавка в середовищі стисненого повітря має додаткові переваги:

- для роботи на плазмовій установці не потрібні кваліфіковані фахівці;
- менша витрата наплавочного порошку на 16 - 22% при плазмовому наплавленні на відміну від індукційної;
- важливим показником плазмового наплавлення є відсутність стікання сплаву;
- є можливість захисту від випромінювання екраном при плазмовому наплавленні, на відміну від індукційної, при якій має місце вплив струмів високої частоти на організм людини;
- найбільш суттєва експлуатаційно-технологічна перевага плазмового наплавлення – це нанесення шарів високої товщини (до 4-4,5 мм);

- плазмова наплавка забезпечує більш якісне нанесення покриття, через можливість регулювання тепла в широкому діапазоні;

- при плазмовому напавленні можна використовувати наплавочний порошок будь-якого хімічного складу;

З огляду на вище викладене, плазмова дугова наплавка в середовищі стисненого повітря по експлуатаційним і технологічними властивостями має перевагу перед іншими розглянутими видами зносостійких напавлених покриттів.

На рис. 2.1, і 2.2 наведені загальні види технологічного процесу плазмового дугового порошкового напавлення в середовищі стисненого повітря лемешів плугів і накладних доліт.



Рисунок 2.1 – Технологічний процес нанесення зносостійкого твердосплавного покриття плазмовим напавленням в середовищі стисненого повітря на лезо лемеша



Рисунок 2.2 – Технологічний процес нанесення зносостійкого твёрдосплавного покриття плазмовим наплавленням в середовищі стисненого повітря на лезо долота

2.2. Методика оцінки зносостійкості

Матеріали лемеша (основи) і його долота вибираються виходячи з критеріїв максимальних (максимально можливих для даних реальних економічних експлуатаційних технологічних умов) значень міцності і зносостійкості.

Виходячи з переважної міцності критеріїв, в якості матеріалу основи лемеша долота за базовий варіант обрана серійна сталь 30ХГСА, термооброблена на твердість 44-49 од. НРС. При цьому показники межі міцності у цій сталі знаходяться в межах 1530-1610 МПа, що на 50-60% вище в порівнянні з показниками сталей Л53 і 65Г [18], з яких виготовляються

серійні вітчизняні лемеші. Величина відносного подовження у сталі 30ХГСА становить 7-7,5%, що, виходячи з даними це в достатній мірі захищає від крихкого зламу.

Також в якості матеріалу основи лемешів плугів і доліт можуть використовуватися інші, як правило, більш міцні і зносостійкі сталі: серійна 50ХФА; імпортна європейська типу 30Mn5 [19] та інші. Але на даний час сталь 30ХГСА для виробництва лемешів і доліт найбільш доступна. Хоча з точки зору міцності і зносостійкості існують, як наведено вище, більш кращі варіанти (по міцності - на 10...20%, по зносостійкості - на 15...45%) [19].

Матеріал твердосплавного покриття вибирається виходячи з характеристик технологічності і зносостійкості. Під технологічністю твердого сплаву розуміється можливість нанесення шару певної товщини (для леза і долота лемеша плуга, як правило до 3,5 мм без явних тріщин, з достатніми (в експлуатаційних умовах) показниками адгезії і когезії і т.п.

Метою лабораторних випробувань і досліджень матеріалів є попередня оцінка їх основних експлуатаційно-ресурсних характеристик (зокрема порівняльних коефіцієнтів відносної зносостійкості) для подальшого вибору в якості матеріалу основи і матеріалу зміцнюючого шару.

Досліджувалися не тільки самі матеріали, а й режими їх термообробки, наплавлення, що впливають на властивості матеріалів.

Оцінка твердості проводилась на універсальному твердомірі (Брінелля, Роквела) HBRVU187,5. Заміри проводились в одиницях твердості HRC (Роквелл). Для контролю використовувалися виміри за шкалою HV (Віккерс). потім, значення HV переводилися по «таблиці переведення значень твердості» в значення HRC (по Роквеллу).

Лабораторні випробування матеріалів на абразивну зносостійкість проводились на спеціалізованому приладі (машині тертя) МІМ-01 (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд приладу ІМ-01

Випробування матеріалів на абразивну зносостійкість в умовах ударної дії на абразивні частинки здійснювалося за принциповою схемою, наведеною на рис. 2.4.

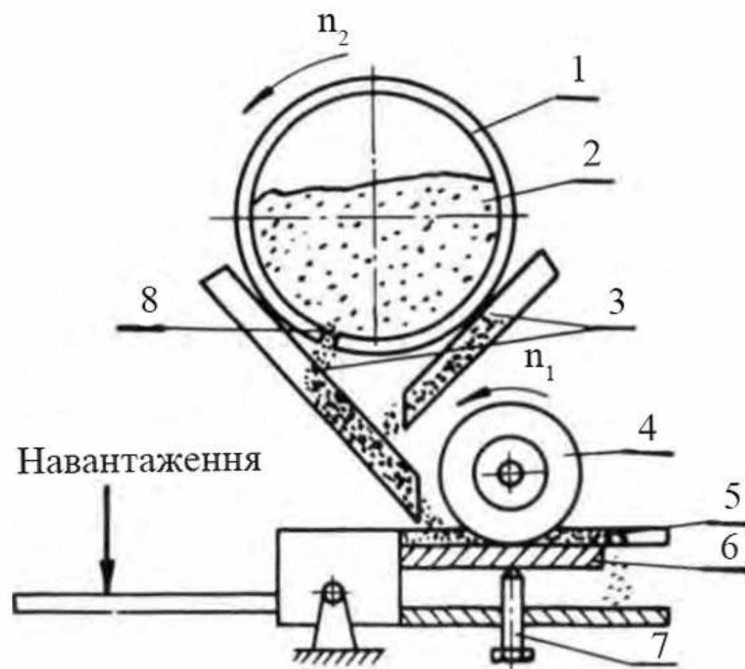


Рисунок 2.4 – Принципова схема пристрою для випробувань на зносостійкість

З бункеру з постійною швидкістю барабана 1 абразивний матеріал 2, подається під обертовий ролик 4 в проріз навантаженого тримача 5 зразка 6, закріпленого в тримачі болтом 7. Абразивні частинки застряють між поверхнею ролика 4 і поверхнею зразка 6, протягуються і викликаючи тим самим знос. Подача абразиву в зону зношування визначається діаметром випускного отвору 8 в барабані-бункері.

Порядок роботи на машині ІМ-01 зводиться до почергового зношування кожного випробуваного зразка з оцінкою втрати маси. Для цього виходячи з об'єктивного аналізу таблиці параметрів зразків встановлюють схему випробувань (еластичний ролик - «жорстка пластина» або «жорсткий ролик-пластина») і нормативний час випробування (різний для різних груп матеріалів) таким чином, щоб отримувана величина зносу за одне випробування була не менше 10 мг.

Зношування зразків здійснюється при терті обертового ролика з еластичного полімерного матеріалу об поверхню (зміцнену зону) досліджуваного зразка через прошарок абразивних частинок. При проведенні дослідження застосовувалися ролики з еластомеру на основі каучуку СКН з модулем контактної пружності 7,6 МПа. Як абразивний матеріал використовувалися гострокутні частинки електрокорунду фракції 0,04-0,1 мм. Значення радіусів мікровиступів частинок склали для корунду 8 мкм.

Середній контактний тиск при використанні вантажів від 100 до 500 г в зоні тертя знаходилося в межах 0,20-0,55 МПа, а витрата абразивного матеріалу становила 7,0 г/хв. При зношуванні зразків тривалість одного циклу становила 30 хв, що при швидкості обертання ролика 115 хв^{-1} і його діаметрі 50 мм становило шлях тертя 540 м.

Величину зносу визначали по зменшенню ваги зразка шляхом його зважування на електронних вагах LA 230S німецької фірми Sartorius. Точність зважування - 0,1 мг.

В якості базового зразка використовувалися прошліфовані зразки зі сталі 45 з твердістю HRC 38-43.

Для випробувань були обрані зразки 40×60 мм з різних досліджуваних сталей і твердих сплавів (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 - Зразки, що випробовувалися на машині тертя ІМ-01, на абразивну зносостійкість

Для лабораторних випробувань на зносостійкість був обраний ряд матеріалів, використовуваних при виготовленні і зміцненні деталей:

1. Сталі, з яких виготовляються вітчизняні серійні робочі органи ґрунтообробних машин (сталь 45; сталь 65Г) [20];
2. Перспективна сталь - 30ХГСА;
3. Серійні тверді сплави ПР-ФБХ-6-2; ПГ-С27 товщиною шару до 2,5 мм, наплавлені в тому числі за різними технологіями;
4. Різні суміші твердого сплаву на залізній основі ПР-ФБХ-6-2 з литим (зерновим) карбідом вольфраму (WC).

2.3. Програма і методика проведення ресурсних випробувань лемешів плугів

Об'єктами випробувань є:

- серійні лемеші П - 702.
- лемеші:

1) трапецієподібний прямий 2) трапецієподібний з зміненою геометрією леза і змінними регульованими по вильоту накладними долотами:

- пряме долото;
- похиле долото:

При підготовці деталей до випробувань вони маркуються з тильної боку.

Програма випробувань плужних лемешів включає:

1. Технічну експертизу.
2. Порівняльні ресурсні випробування лемешів.
3. Оцінку зносостійкості і працездатності леза лемеша.
4. Оцінку міцності лемеші.
5. Експлуатаційно-технологічну оцінку.
6. Економічну оцінку.

Перед початком і після закінчення випробувань проводиться технічна експертиза випробовуваних деталей.

При цьому контролюються наступні параметри (рис. 2.6, 2.7):

- вага лемеша, (G) кг;
- товщина лемеша (h) мм;
- ширина лемеша по кріпильних отворів (a_1, a_2, a_3) мм;
- загальна довжина лемеша ($l_{об}$) мм;
- довжина польового обрізу ($l_{но}$) мм;
- довжина долота по краях і середині (l_1, l_2, l_{cp}) мм;
- ширина потиличної фаски на основі лемеша по кріпильним отворам перпендикулярно спинці (b_1, b_2, b_3) мм;

- ширина потиличної фаски на долоті ($b_{\partial 1}, b_{\partial 2}, b_{\partial ep}$);
- кут нахилу потиличної фаски до дна борозни на остові лемеша по кріпильним отворах (k_1, k_2, k_3) мм;
- кут нахилу потиличної фаски до дна борозни на долоті ($k_{\partial 1}, k_{\partial 2}, k_{\partial ep}$) мм;
- кут загострення леза лемеша по кріпильних отворів (d_1, d_2, d_3).
- кут загострення леза долота).

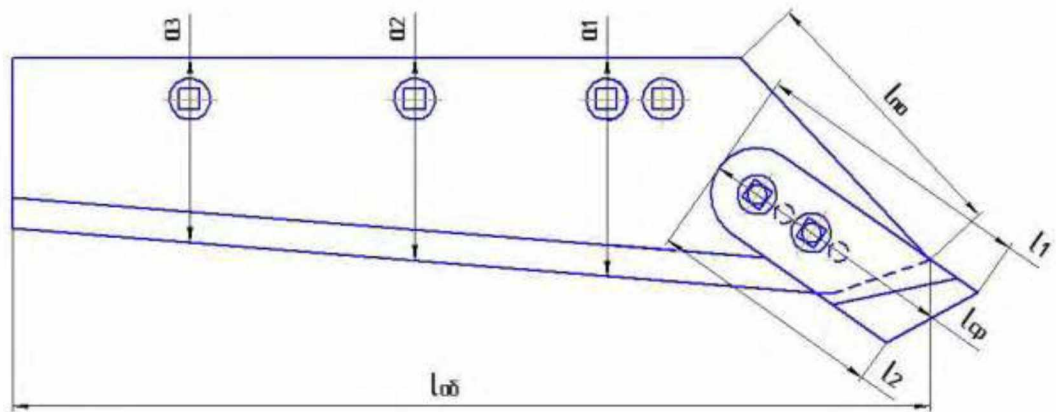


Рисунок 2.6 – Евольвентний леміш з прямим долотом; геометричні розміри

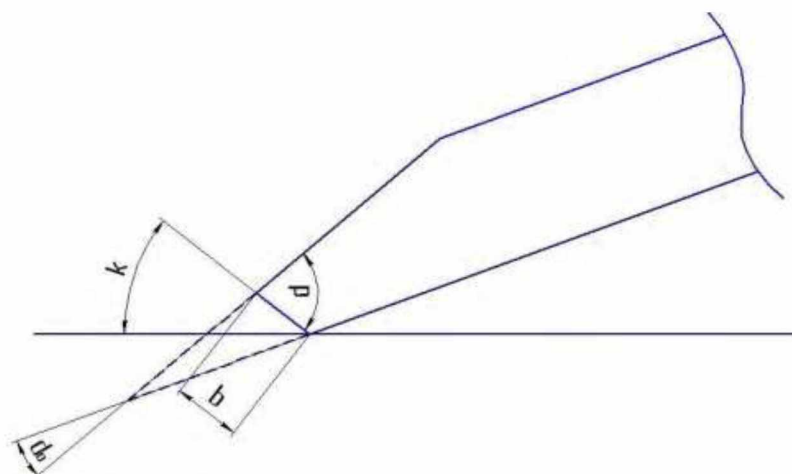


Рисунок 2.7 – Параметри леза лемешу і долота

Висновки

Критеріями граничного стану є:

- порушення стійкості плуга по глибині (виглибленням);
- досягнення граничного стану по ширині лемеша (ширина в зоні будь-якого кріпильного отвору менше 80 мм);
- поломки і деформації, що виключають подальшу експлуатацію лемешів.

Заміри проводять після напрацювання 4-5 га/леміш або через кожні 3...4 робочі зміни.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Особливості експлуатаційних характеристик евольвентних лемешів з похилим долотом

Досліджувався варіант конструкції евольвентного лемеша, що має поряд з прямим, паралельно встановленими до борозни обрізу долота лемеша (рис. 3.1) ще і можливість установки долота з нахилом до борозни обрізу лемеша (рис. 3.2).



Рисунок 3.1 – Леміш з прямим паралельно встановленими до борозни обрізу долотом

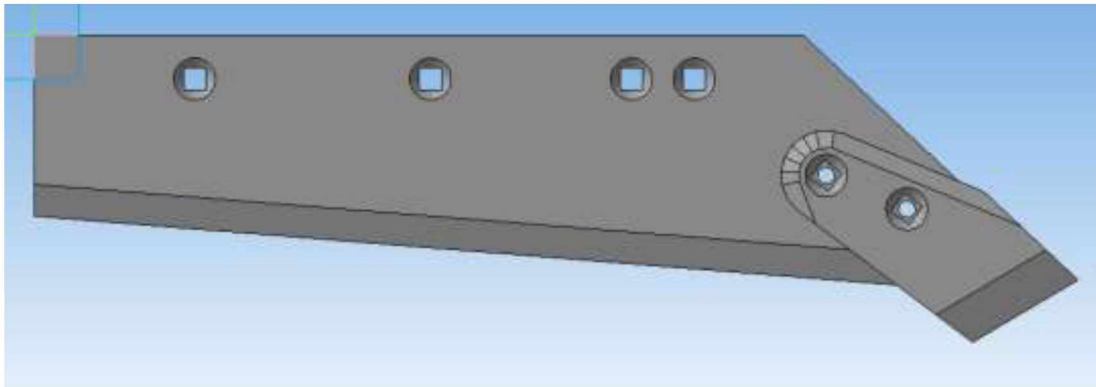


Рисунок 3.2 – Леміш з нахиленим долотом до борозни обрізу

І ті й інші долота можуть встановлюватися на одні і ті ж лемеші з евольвентним профілем, що мають для похилого косоустановленого долота додаткові отвори на носовій частині лемешу. Прямі та косоустановлені (похилі) долота мають деякі конструктивні відмінності (рис. 3.3).

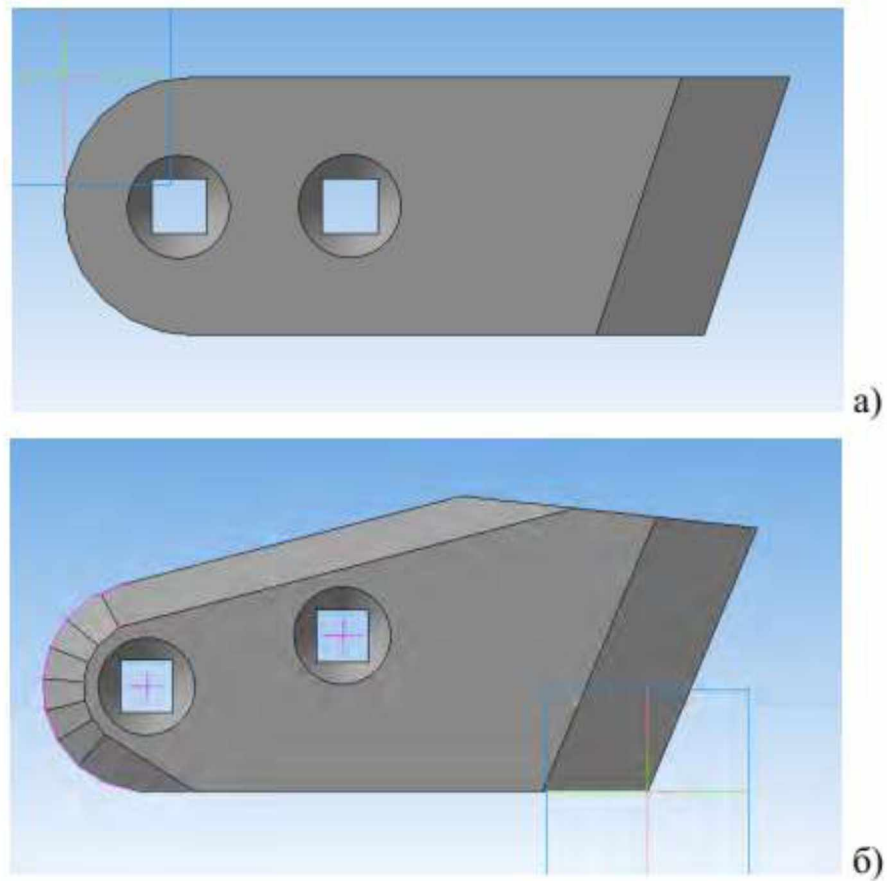


Рисунок 3.3 - Вид долота: а) пряме; б) похиле (косоустановлене)

Основою для запропонованих лемешів з похилим косоустановленим до борозни обрізу лемешів долотом є установка долота в напрямку близькому (паралельному) на лезо (основу) лемеша ґрунтового потоку (рис. 3.4) [21].

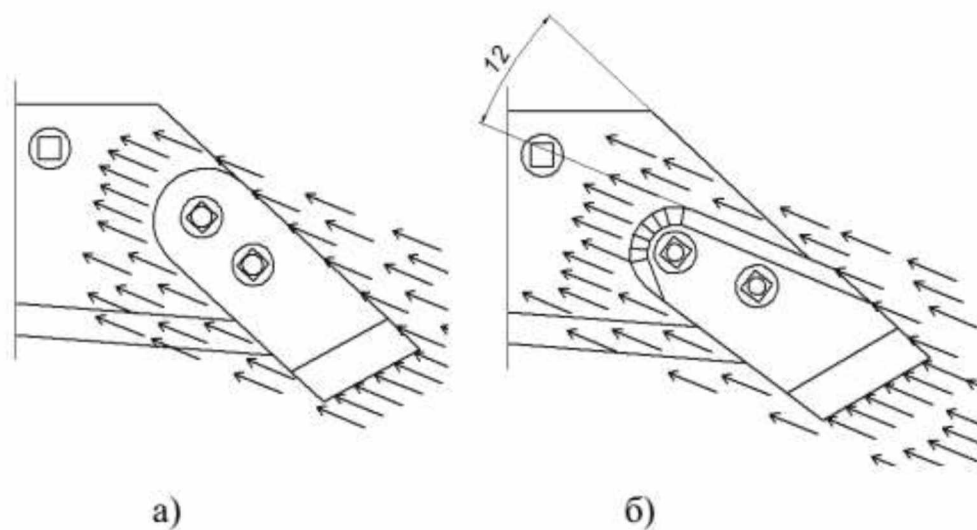


Рисунок 3.4 - Схема напрямку руху ґрунтових частинок в носовій частині лемеша: а) з прямим долотом, б) з похилим долотом

Обґрунтований кут установки похилих доліт щодо борозного обріза лемеша становить 10 - 15°. Значення кута отримано по лініях «променевого» зносу, наявних у процесі експлуатації на носовій частині лемеша.

При цьому зменшується накопичування ґрунту в зоні долота, його налипання. Крім того косоустановлене долото здійснює первинний «підрив» не тільки з боку ґрунтового шару, а й з боку ущільненої стінки борозни, зменшуючи силу тертя борозного обрізу лемеша долота з боку стінки борозни.

3.2. Результати тягових енергетичних і агротехнічних випробувань

На підставі досліджень були уточнені (обрані, обґрунтовані) конструктивно-технологічні параметри лемешів з евольвентним профілем і накладним висувним долотом.

Результати випробувань показали, що лемеші як з прямим так і з похилим висувним накладним долотом в новому не зношеному стані мають перевагу в заглибленій здатності (до 15-25%) і за питомим (по відношенню до глибини обробки) тяговим опором (до 7-9%) (рис. 3.5 і 3.6).

При дослідженнях ґрунт був середньо суглинистий. Твердість ґрунту на глибині 20 см – 2,9 ... 3,8 МПа.

Види лемешів, що досліджувалися:

- 1 - серійний;
- 2 - досліджуваний евольвентний трапецієподібний леміш без накладного долота;
- 3 - досліджуваний евольвентний трапецієподібний леміш з прямим накладним долотом з вильотом 30 мм;
- 4 - досліджуваний евольвентний трапецієподібний леміш з прямим накладним долотом з вильотом 45 мм;

5 - досліджуваний евольвентний трапецієподібний леміш з прямим накладним долотом з вильотом 60 мм;

6 - досліджуваний евольвентний трапецієподібний леміш з косоустановленим накладним долотом з вильотом 32 мм;

7 - досліджуваний евольвентний трапецієподібний леміш з косоустановленим накладним долотом з вильотом 47 мм;

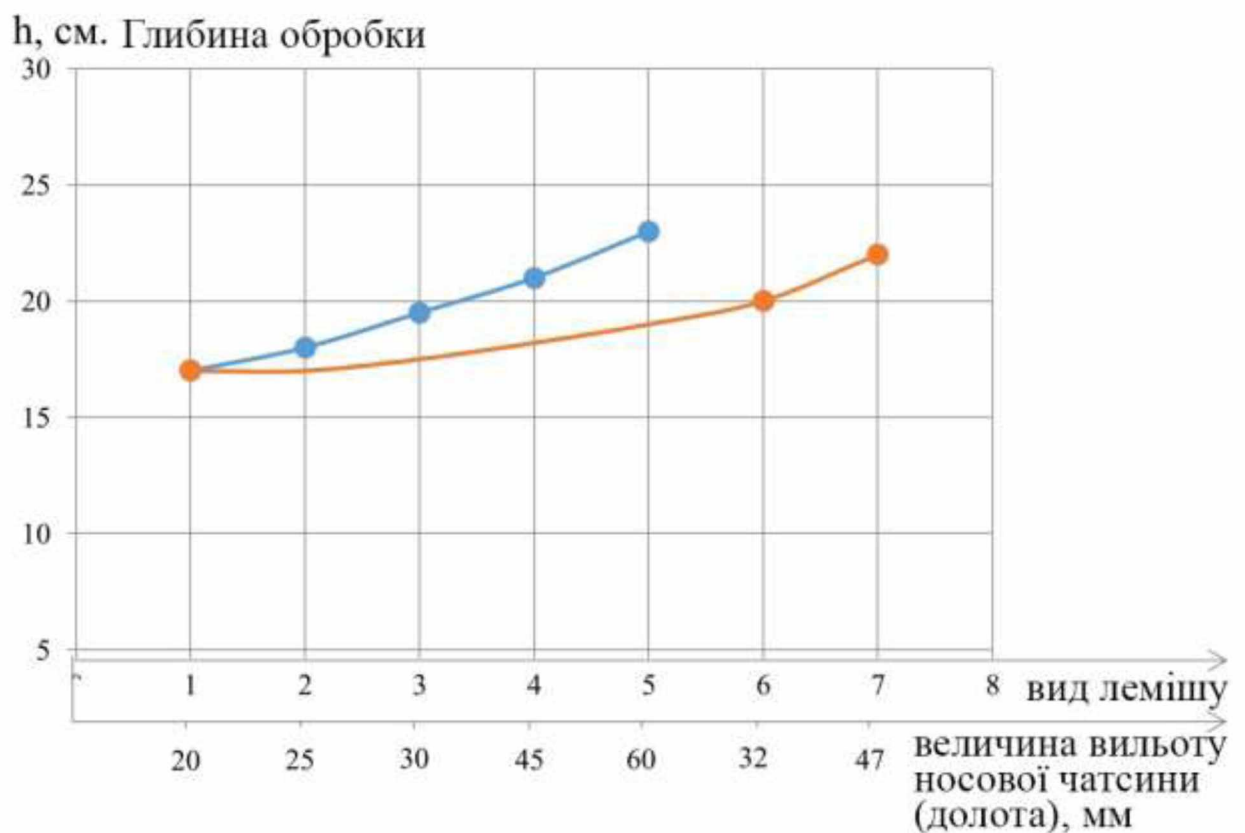


Рисунок 3.5 - Залежність середньої глибини обробки (заглибленої здатності) від виду нових незношених лемешів

Гуд, (Н/см). Питоме тягове навантаження

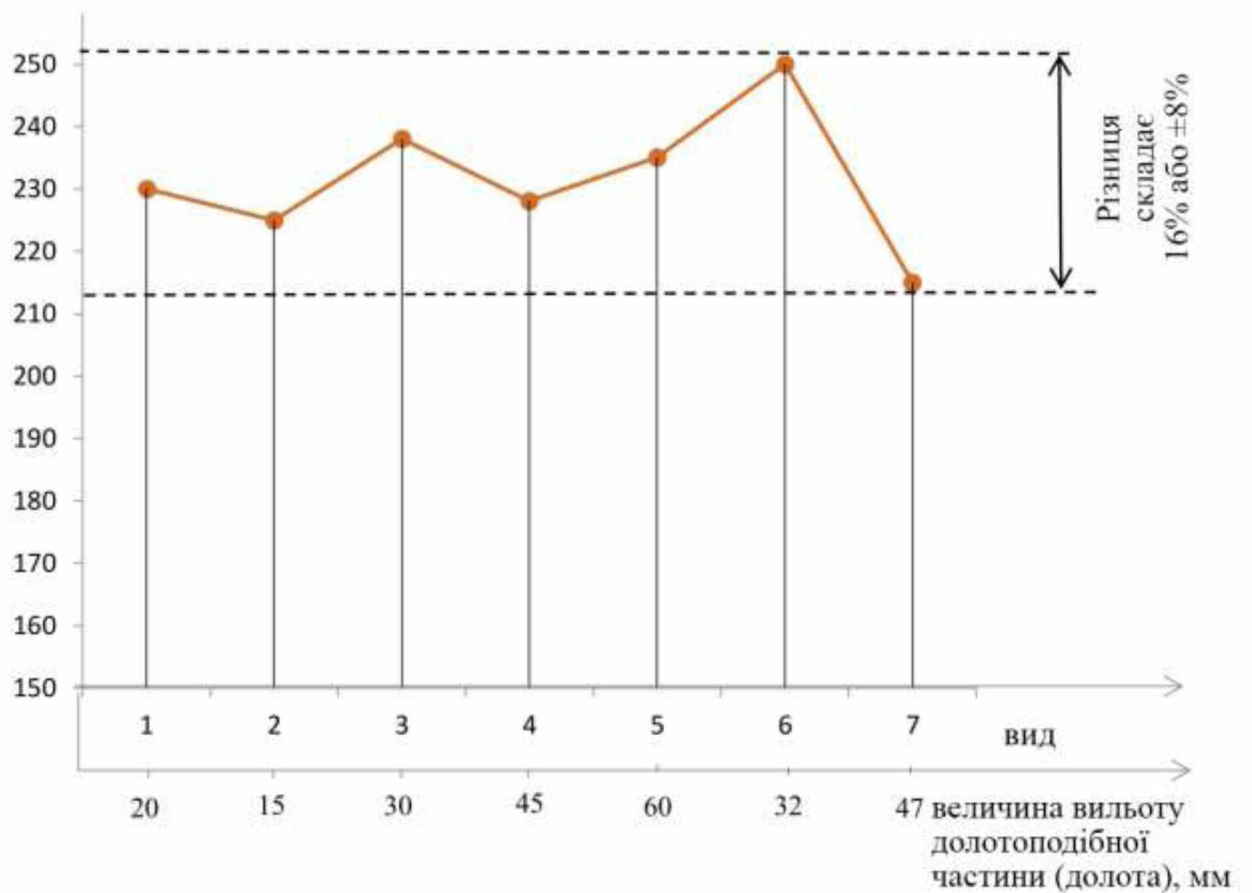


Рисунок 3.6 - Залежність питомого (що припадає на 1 см глибини обробки) тягового навантаження в розрахунку на 1 корпус плуга від виду використовуваних нових (незношених) лемешів

На рисунку 3.7 наведені дані по тяговим навантаженням, які діють на плуг з досліджуваними евольвентними лемешами при різній величині вильоту долота

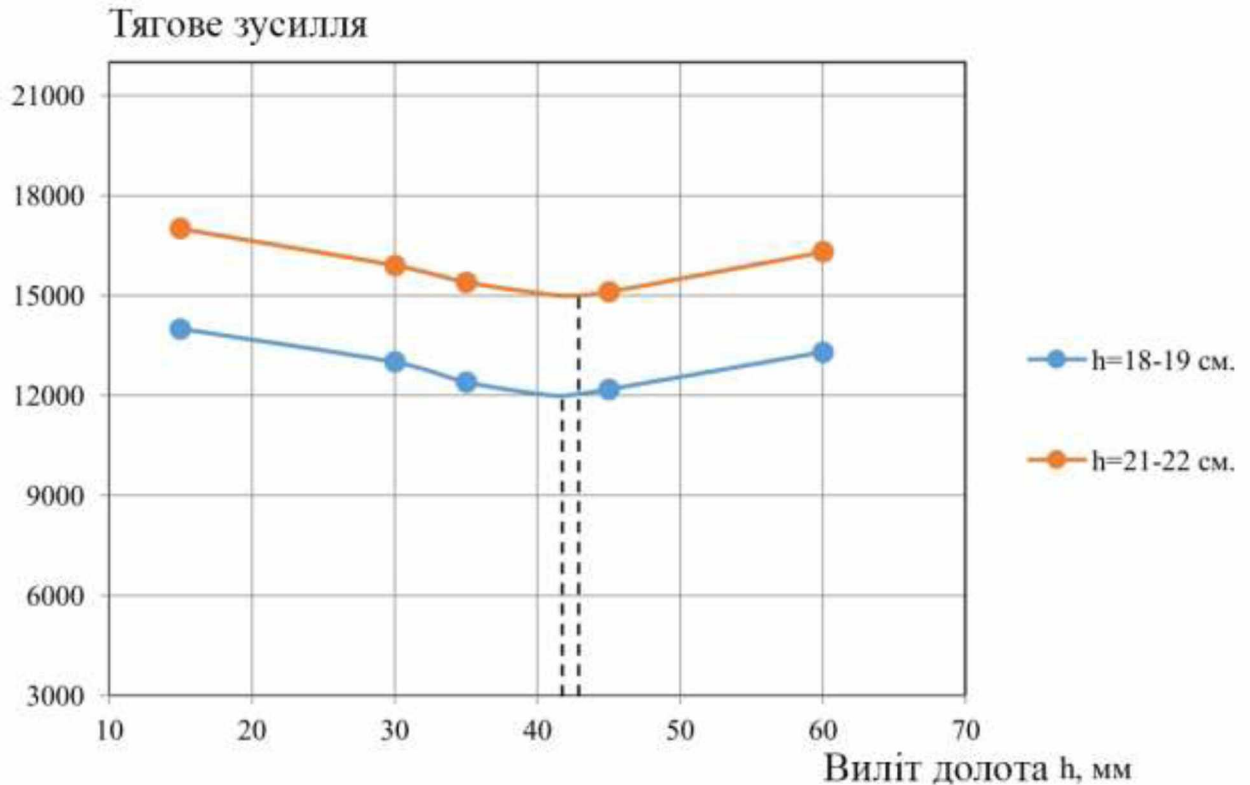


Рисунок 3.7 - Зміна величин тягових навантажень трикорпусного плуга з досліджуваними евольвентними лемешами при різних значеннях величини вильоту долота і глибини обробки h , ґрунт середньо суглинистий механічного складу твердістю на глибині обробки 20 см 3,3 - 4,0 Мпа; швидкість оранки $v = 2,5$ м/с

Аналіз графіків значень тягових навантажень (рис 3.7) показує, що мінімальні (нижче на 12-16%) значення тягового опору плуга спостерігаються при вильоті накладного долота леза лемеша в межах 35-45 мм. Причому значення мінімуму кривих кілька зсувається в бік більшої величини вильоту долота при збільшенні глибини обробки і, відповідно твердості ґрунту.

3.3. Результати випробувань зразків на зносостійкість

Результати випробувань зразків на зносостійкість наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Інтенсивність зношування зразків матеріалів деталей ґрунтообробних машин на приладі ІМ-01 при навантаженні на ролик 100 г; абразив-електрокорунд, грануляцією 40-80 мкм; цикл випробувань - 30 хв.

Найменування матеріалу	Спосіб зміцнення	Твердість матеріалу, HRC	Середнє значення величини вагового зносу, г	Коефіцієнт відносної зносостійкості
Сталь 45	термобробка	38-43	0,0475	1,0
Сталь 65Г	термобробка	38-41	0,0440	1,08
Сталь 30ХГСА	термобробка	44-48	0,0450	1,055
Сплав ПГ - С27	плазмова наплавка в середовищі стисненого повітря	50-54	0,0129	3,69
Сплав ПР- ФБХ-6-2	плазмова наплавка в середовищі стисненого повітря	53-59	0,0116	4,08
Сплав ПР- ФБХ-6-2	індукційна наплавка	52-57	0,0124	3,84
Сплав ПР- ФБХ-6-2 (73%) + WC (25%) + A1 (2%)	плазмова наплавка в середовищі стисненого повітря	54-60	0,0108	4,39
Сплав ПР- ФБХ-6-2 (68%) + WC (30%) + A1 (2%)	плазмова наплавка в середовищі стисненого повітря	55-62	0,0105	4,53
Сплав ПР- ФБХ-6-2 (63%) + WC (35%) + A1 (2%)	плазмова наплавка в середовищі стисненого повітря	55-63	0,0103	4,59

Аналіз результатів випробувань матеріалів показує, що за рахунок матеріалознавчого фактора, існуючих матеріалів (матеріал основи деталі - сталь; матеріал зміцнюючого шару - твердий сплав) можливо підвищення протизносних характеристик матеріалів деталей, в тому числі лемешів плугів до 3,5-4,5 раз.

На підставі результатів проведених стендових випробувань в якості матеріалу зміцнюючого шару леза і долота лемеші обрані порошкова суміш ПР-ФБХ-6-2 (68%) + WC (30%) + Al (2%). Коефіцієнт відносної зносостійкості даного виду сплаву становив в межах (при різних питомих тисках) 3,6-4,5.

Як матеріал основи лемешів долота, як уже зазначалося, переважно по міцнісних параметрам, обрана сталь 30ХГСА. Вона також досить зносостійка - перевершує показники зносостійкості сталі Л53 (аналог - сталь 45), який використовується для виготовлення серійних лемешів і порівняна по зносостійкості з відомою високовуглецевою сталлю 65Г. При цьому по міцності вона перевершує сталі Л53 і 65Г в 1,5-1,7 рази.

Слід зазначити, що «перенесення» результатів лабораторних випробувань на реальні умови зношування можливе лише з певним наближенням (на практиці, що досягає різниці в порівнюваних результатах в 30-35%). Це визначається як умовами лабораторних випробувань, так і реальним відмінністю у властивостях ґрунтів.

Таким чином, попередньо обґрунтований вибір матеріалів основи і зміцнюючого шару запропонованих лемешів і доліт плугів. Необхідна перевірка властивостей обраних матеріалів в експлуатаційних умовах.

На рис. 3.8 приведений вид досліджуваного долота після напрацювання понад 70 га на корпус плуга.



Рисунок 3.8 - Вид досліджуваного наплавленого долота евольвентного лемеша плуга після напрацювання на корпус більш 70 га; ґрунти глинистого механічного складу, твердістю 2,2-2,7 МПа

При умовах експлуатації лемешів значно важчих: супіщані і суглинні високі (місцями більше 5,0 МПа) твердості, наявність кам'янистих включень, гальки, граничний ресурс по зносу лемешів склав в даних умовах - 3,5-3,9 га (див. рис 3.9.) на плужний корпус, що більш ніж в 7-8 разів менше в порівнянні з ресурсом тих же серійних лемешів на глинистих ґрунтах.

Ресурс досліджуваних наплавлених лемешів і накладних доліт, виготовлених зі сталі 30ХГСА перевершує серійні не менше ніж в 3,2 рази з однією заміною долота.

Темп зношування як досліджуваних так і серійних лемешів на даних видах ґрунтів був істотно (до 12-15 разів) вище в порівнянні з аналогічним темпом зношування лемешів на глинистих ґрунтах.



Рисунок 3.9 - Загальний вигляд не працездатного серійного лемеша, виготовленого зі сталі Л53 з індукційним наплавленням після напрацювання 3,5 га на корпус у важких ґрунтових умовах

У зоні леза лемеша швидкість зношування досліджуваного лемеша становила 1,1-1,4 мм/га, у серійного 2,3-2,8 мм/га (перевага до 2 разів), в зоні носка у досліджуваного 4,4-4,7 мм/га; у серійного 16-18 мм/га (перевага в 3,6-3,9 разів).

Тут також серійні лемеші досягли граничного стану внаслідок швидкого зношування (заокруглення) носової частини. При цьому серійний наплавлений леміш вибраковують при наявності істотного запасу на знос по ширині леза.

Але головною особливістю випробувань на таких важких ґрунтах (висока твердість, галька, кам'яністі включення) була практично масова (до 70...80%) вибракування серійних лемешів через деформації і поломки. У досліджуваних лемешів невеликої деформації (в зоні долота) піддається лише один леміш, при наїзді плуга на валун. Для цих особливо важких умов передбачено або збільшення товщини прокату матеріалу лемеша до 12 мм (замість 10 мм), або приварювання косинки.

З урахуванням гарантованої міцності досліджуваних виробів, виготовлених з високоміцних сталей і масових поломок серійних аналогів (в представлених ґрунтових умовах) загальний ресурс експериментальних лемешів і доліт лемешів перевищує ресурс серійних виробів не менше ніж в 4 рази.

На рисунку 3.10 представлені зношені досліджувані лемеші і долота після зношування в важких ґрунтових умовах.



а)



б)

Рисунок 3.10 - Загальний вигляд досліджуваних зношених евольвентних лемешів (а) і доліт (б), виготовлених зі сталі 30ХГСА з плазмовим наплавленням після напрацювання 7,5 га на корпус у важких ґрунтових умовах

Швидкість зношування досліджуваних лемешів в зоні першого кріпильного отвору становила 0,42-0,47 мм/га, у серійних - 1,35-1,45 мм/га (перевага до 3-х раз); швидкість зношування долота досліджуваного лемешу 2,8-2,9 мм/га; у серійного лемеша в зоні носка - 7,2-7,5 мм/га.

За ресурсом досліджувані лемеші мають перевагу перед серійними в 3,5-5,5 раз.

Висновки

1. На підставі результатів лабораторних випробувань на зносостійкість і їх експлуатаційної перевірки в якості зміцнюючого наплавочного покриття обрана суміш залізовуглецевого сплаву марки ПГФБХ-6-2 з добавкою (до 30-35%) литого карбиду вольфраму (WC).

2. Результати досліджень показують, що після напрацювання в 6-10 га, (що відповідає 30-45- процентному граничному ресурсу серійного лемеша), досліджувальні лемеші мають кращі характеристики в порівнянні з серійними: по заглиблювальній здатності - на 20-35%; за питомим тяговим опором - на 18-25%.

3. Леміш з евольвентним профілем накладним долотом, зі зміцненням як леза лемеша так і долота, що виготовлений з високоміцних сталей (типу 30 ХГСА) в різних ґрунтових умовах має ресурс в 3,5-5,5 разів вище серійного аналога за рахунок використання комплексу нових конструктивних і матеріалознавчих рішень.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведені дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю.

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні

заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газо-димових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газо-димових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Проведений аналіз дозволяє розробити рекомендації по забезпеченню екологічної стійкості підприємства, а також план ліквідації аварійних ситуацій і витоків нафтопродуктів, в який включають об'єкти і території, що підлягають особливому захисту від забруднень (водозабори, житлові масиви, зони відпочинку).

Повинна бути встановлена (обґрунтована) категорія екологічної небезпеки об'єкту. Для цього встановлюють структуру викидів і скидань забруднюючих речовин при експлуатації технологічного устаткування. На підставі екологічного аналізу джерел викидів роблять розрахунок «пріоритетного» викиду шкідливих речовин.

Екологічні порушення (злочини) караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають встановлення

чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням навколишнього середовища.

До екологічних злочинів відносять: забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту); порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричиняють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдати істотної шкоди здоров'ю людини.

Шкідливий вплив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що може бути небезпечним для здоров'я людей, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи та будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва, експлуатації і ліквідації побудованих споруд тощо.

За скоєні екологічні злочини порушники несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання: порушення; порушення, що завдали значних збитків; порушення, що спричинили смерть людей (тяжкі наслідки).

Залежно від величини заподіяних збитків це можуть бути штрафи, заборона обіймати певні посади на встановлений термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

4.2. Охорона праці

Охорона праці включає техніку безпеки, що запобігає травматизму, і виробничій санітарії, перешкоджає виникненню захворювань із-за дії шкідливих чинників. Впровадження раціонального комплексу заходів, направлених на поліпшення умов праці, може забезпечити приріст її продуктивності на 15...20%. Структура комплексу заходів наступна.

1. Аналіз стану охорони праці або безпеки технологічного процесу на підприємстві.

2. Розробка організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних заходів щодо поліпшення стану охорони праці.

3. Розробка вимог (інструкцій) з охорони праці при роботі на технологічному (модернізованому) обладнанні або при використанні запропонованого пристосування.

4. Аналіз і оцінка пожежної безпеки підприємства, організація пожежної профілактики (визначення категорії виробництва по пожежній небезпеці, ступені вогнестійкості будівельних конструкцій, обґрунтування первинних засобів і витрати води для гасіння пожежі).

Аналіз стану охорони праці. Його проводять так, щоб можна було визначити передумови для розробки заходів щодо зниження травматизму і поліпшення умов праці.

При аналізі стану охорони праці при організації і технології ремонтно-обслуговуючих робіт враховують наступне:

- дотримання законодавства про режим праці і відпочинку працюючих;
- відповідність організації забезпечення охорони праці вимогам нормативних документів;
- планування заходів щодо охорони праці, виділення і використання грошових і матеріальних коштів на їх виконання;

- відповідність будівлі ремонтно-обслуговуючого підприємства (приміщення виробничої ділянки) вимогам санітарних і будівельних норм і правил;
- можливість появи шкідливих і небезпечних виробничих чинників, основні причини виробничих травм;
- дотримання вимог безпеки при використанні обладнання, вантажопідійомних машин і судин, що працюють під тиском;
- динаміку травматизму і захворюваності;
- санітарно-побутові умови працівників;
- пожежну безпеку (характеристика технологічних процесів пожежній небезпеці, наявність і готовність первинних і технічних засобів пожежогасіння, дотримання вимог пожежної безпеки, наявність і стан грозозахисних пристроїв і т. п.).

Розробка заходів щодо поліпшення стану охорони праці. Заходи щодо поліпшення стану охорони праці або безпеки технологічних процесів розробляють на основі аналізу. Вони повинні бути конкретними.

Заходами передбачають:

- поліпшення діяльності адміністрації (наймача) з дотримання трудового законодавства і виконання вимог нормативної документації з охорони праці;
- вдосконалення системи навчання працівників охорони праці відповідно до нормативних документів;
- поліпшення контролю і нагляду за дотриманням вимог охорони праці;
- застосування засобів наочної агітації з безпеки праці, поліпшення планування з охорони праці;
- заміну небезпечних технологічних процесів безпечними;
- розробку пристроїв, що забезпечують безпечну експлуатацію технологічного обладнання і систем, забезпечення електробезпеки;
- створення нормального повітряного середовища за рахунок вентиляції і опалювання;

- забезпечення гігієнічних вимог до природного і штучного освітлення;
- зниження рівнів шуму і вібрацій на робочих місцях;
- забезпечення пожежної безпеки;
- створення необхідних санітарно-побутових умов для працівників підприємства.

Для розробки вимог безпеки (інструкції) з охорони праці при експлуатації існуючого, проєктованого або модернізованого устаткування (приспосовування) необхідно спочатку охарактеризувати можливі небезпечні і шкідливі виробничі чинники, які можуть виникнути під час роботи, небезпечні зони, а потім описати методи їх ліквідації. Необхідно також обґрунтувати вимоги до персоналу, який експлуатуватиме обладнання.

Для забезпечення безпечної експлуатації і обслуговування проєктованого устаткування передбачають захисні засоби, блокуючі і гальмівні пристрої, засоби сигналізації, захист від враження електричним струмом і ін. Робоче місце оператора організують з урахуванням вимог ергономіки.

Крім того, при необхідності обґрунтовують санітарно-гігієнічні умови праці на проєктованому обладнанні, передбачають заходи і засоби пожежної безпеки, розробляють інструкцію з техніки безпеки.

Визначення кількості шкідливих виділень у виробничих приміщеннях. Деякі технологічні процеси, що виконуються на ремонтно-обслуговуючих підприємствах, характеризуються виділенням різних забруднень. Тому при проєктуванні підприємств в приміщеннях передбачають природну, механічну або змішану вентиляцію. Вентиляційні системи повинні забезпечувати відносну вологість повітря, концентрацію в нім газів, шкідливих виділень в межах, що не перевищують допустимі норми. Якщо виділення забруднень відбувається на окремому технологічному обладнанні (на столі для зварювальних робіт, в наплавлювальній установці, гальванічній ванні і т.д.), влаштовують місцеву вентиляцію у вигляді парасольок, відкосів і т.п. При

розсіяному виділенні забруднень в приміщенні передбачають загальнообмінну вентиляцію.

Розрахунок вентиляційних систем проводять виходячи з інтенсивності забруднення повітря. Кількість виділень, що забруднюють повітря в приміщенні, визначають по кожному джерелу. У виробничих приміщеннях до основних забруднень відносяться: відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згорання; гази і аерозолі, що утворюються в процесі зварки, наплавлення, паяння; випаровування миючих розчинів, розчинників емалей і лаків, охолоджуючих рідин, електроліту та ін.

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробок

Для оцінки економічної ефективності застосування в сільському господарстві розроблених зміцнених лемешів для вітчизняних плугів необхідно розрахувати економічний ефект від їх використання в господарських умовах.

Для цього необхідно порівняти ресурсні, експлуатаційні та цінові показники досліджуваних лемешів в порівнянні з серійними аналогами і, відповідно, розрахувати величину річного економічного ефекту в розрахунку на один плуг або один леміш (корпус плуга). У сучасних ринкових умовах річний економічний ефект від використання зміцненої нової деталі в сфері сільськогосподарського виробництва (тобто у споживача) повинен визначатися залежністю [29]:

$$E_p = \frac{C_1 + B_1}{T_1} - \frac{C_2 + B_2}{T_2} - (C_2 - C_1) \frac{\alpha}{100} + E_{кв}, \quad (4.1)$$

Де C_1 , C_2 і T_1 , T_2 - ціни і терміни служби відповідно серійної і нової (зміцненої) деталі;

B_1, B_2 - витрати споживача за термін служби, пов'язані з використанням комплексу серійних і зміцнених деталей в розрахунку на одну деталь (витрати на розбирально-складальні роботи при заміні деталей, транспортні витрати, витрати на ремонт, заточку, відновлення деталей та ін.);

α - процентна ставка в розрахунку на термін ($T_1 - T_2$), що враховує оборотність вкладених додаткових коштів;

E_{ky} - додатковий економічний ефект, що виявляється в ряді випадків від підвищення якості технологічної операції в сільському господарстві при застосуванні робочих органів з зміцненням і поліпшеною конструкцією (наприклад, при збільшенні глибини обробітку ґрунту, поліпшення кришення і ін.) і, відповідно, збільшення врожайності [29].

В даному випадку значення E_{ky} прорахувати досить важко, хоча досліджувані лемеші мають на 10-20% кращі агротехнічні характеристики (глибину обробки, подрібнення ґрунту і т.п.) У розрахунку річного економічного ефекту E_{ky} враховувати не будемо, при цьому слід вважати отримане значення економічного ефекту мінімальним (мінімально можливим).

Ціна зміцненої деталі складається із собівартості і планового прибутку. У свою чергу прибуток, становить для підприємств, 20 ... 25% від собівартості виготовлення.

Собівартість виготовлення зміцненого лемеша складається з собівартості його виготовлення, яка наближена (або більше на 15-20%) до собівартості виготовлення серійної деталі і собівартості операції зміцнення.

Технічні та економічні дані процесу плазмового наплавлення в середовищі стисненого повітря лемеша плуга, необхідні для підрахунку собівартості операції з нанесення зміцнюючого шару наведені в таблиці 4.1.

Як видно з таблиці з витратами на наплавку лез лемеші плуга загальна вартість зміцнення лемеша плуга за запропонованою технологією складе приблизно 372 грн.

З огляду на, що в розрахунку безпосередньо не враховується покращена якість сільськогосподарської агротехнічної операції, ториманої, як правило, робочими органами, і відповідно, підвищення врожайності, ефективності або продуктивності можна досить обґрунтовано прийняти, що величина річного економічного ефекту, розрахована за даною залежністю, є мінімальною.

Таблиця 4.1 - Техніко-економічні дані нанесення зміцнюючого шару плазмово-дуговим способом в середовищі стисненого повітря

Найменування показника	Значення показника	
	Лемеш	Долото
Витрати: аргона стисненого повітря, л/хв охолоджувальної води, л/хв електроенергії, кВт·год		2,1 - 2,8 25 - 35 3,0 - 4,0 10 - 17
Продуктивність процесу, кг/год		4,0 - 9,0
Швидкість наплавлення (при ширині шару 18.. 25 мм) см/с		0,3 - 0,6
Вартість однієї установки плазмового наплавлення, тис. грн		300

Наведемо калькуляцію кошторисної вартості витрат на наплавку леза лемеша плуга (таблиця 4.2).

При розрахунку витрат споживача, пов'язаних з використанням лемешів за термін їх служби, і відповідно, з витратами на їх заміну (іноді ремонт, заточку, необхідне транспортування і т.д.) використовуємо дані, викладені в довідковій літературі. Для лемешів витрати споживача, як

правило, пов'язані лише з заміною зношеного робочого органу на новий. При цьому, враховуються витрати на разбираально-складальні роботи (іноді мийні роботи), заміну кріпильних болтів (в більшості випадків), пов'язані із заміною деталей транспортні витрати. Всі витрати визначаються в розрахунку на один (замінний) леміш.

Таблиця 4.2 - Калькуляція кошторисної вартості витрат на наплавку леза лемеша плуга і доліт, грн./шт.

Статті витрат	Плазмове наплавлення лемеша плуга, грн	Плазмове наплавлення долота, грн
Основна заробітна плата	15	3
Додаткова заробітна плата (10% від основної заробітної плати)	1,5	0,3
Відрахування в соціальні фонди	5,0	0,9
Накладні витрати	15	3
Втрати на матеріали	1,5	0,3
Витрати на наплавлювальний порошок	240	48
Витрати на електроенергію	10,5	2
Втрати на амортизацію	20	3
Інші витрати	3	0,6
Всього	311,5	61,1

Для прикладу наведемо розрахунок річного економічного ефекту від використання в плузі ПЛН-3 (5) запропонованих лемешів з плазмовим наплавленням носка і леза замість серійних зміцнених СВЧ деталей.

Вихідні дані: $C_1 = 680$ грн. ; $C_2 = 1018$ грн. + 2 замінних долота по 199 грн. = 1416 грн.

У витрати включимо витрати на одну заміну лемеша плуга після закінчення терміну служби: $B_1 = 0$ грн .; $B_2 = 50$ грн.

$T_1 = 0,6$ рік; $T_2 = 2$ роки; $\alpha = 11\% (2 - 0,6) = 15,4\%$.

$$E_p = \frac{680+0}{0,6} - \frac{1416+50}{2} - (1416-680) \frac{15,4}{100} = 287 \text{ грн.}$$

Як видно з таблиці 4.2 величини річних ефектів від застосування запропонованих лемешів підвищеного ресурсу, зміцнених плазмовим наплавленням і накладними долотом, мають значну величину і складають в розрахунку на робочий орган більше 42% від ціни серійного.

Висновок

Річний економічний ефект від підвищення ресурсних показників досліджуваних лемешів, без урахування підвищення якості їх роботи, зниження простоїв при їх заміні та інших факторів, що впливають на показники врожайності, перевищує 40% від значення ціни серійного аналога.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що серійні у вітчизняні лемеші плугів мають низькі показники технічного рівня за якістю технологічного процесу (особливо по заглиблювальній здатності, стійкості ходу по глибині), питомими енергетичними параметрами, міцності і ресурсу.

2. На підставі результатів лабораторних випробувань на зносостійкість і їх експлуатаційної перевірки в якості зміцнюючого наплавочного покриття обрана суміш залізовуглецевого сплаву марки ПГФБХ-6-2 з добавкою (до 30-35%) литого карбиду вольфраму (WC).

3. Результати досліджень показують, що після напрацювання в 6-10 га, (що відповідає 30-45-процентному граничному ресурсу серійного лемеша), досліджувані лемеші мають кращі характеристики в порівнянні з серійними: по заглиблювальній здатності - на 20-35%; за питомим тяговим опором - на 18-25%.

4. Леміш з евольвентним профілем накладним долотом, зі зміцненням як леза лемеша так і долота, що виготовлений з високоміцних сталей (типу 30 ХГСА) в різних ґрунтових умовах має ресурс в 3,5-5,5 разів вище серійного аналога за рахунок використання комплексу нових конструктивних і матеріалознавчих рішень.

5. Річний економічний ефект від підвищення ресурсних показників досліджуваних лемешів, без урахування підвищення якості їх роботи, зниження простоїв при їх заміні та інших факторів, що впливають на показники врожайності, перевищує 40% від значення ціни серійного аналога.