

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний аграрний університет
Факультет механізації сільського господарства
Кафедра сільськогосподарських машин

Допущений до захисту:
завідувач кафедри
к.т.н., доцент Пришляк В.М.

(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

« 10 » _____ грудня _____ 2018 р.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
ПЛУГА ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
за спеціальністю 208 Агроінженерія

Виконав: студент групи 61-АІ
Іщук Вадим Олегович

Керівник: к.т.н., доцент
Пришляк Віктор Миколайович

Зміст

Завдання на магістерську роботу.....	.....
Анотація.....	.....
Вступ.....	.....
1. Стан механізації основного обробітку ґрунту.....	.....
1.1. Класифікація та конструкційні особливості плугів.....	.....
1.2. Загальна будова та принцип роботи плуга LemkenVaridiamand.....	.....
1.3. Методи підвищення надійності та довговічності вузлів тертя машин і механізмів.....	.....
2. Технічні характеристики та розрахунок навантажень на підшипник кочення.....	.....
2.1. Об'єкти досліджень.....	.....
2.2. Вимоги до матеріалу підшипника ковзання.....	.....
2.2.1. Визначення максимального питомого навантаження на підшипник від дії ваги плуга Lemken Varidiamand.....	.....
2.2.2. Визначення лінійної швидкості ковзання на підшипнику.....	.....
3. Дослідження якісних характеристик термостійких матеріалів для вузлів тертя.....	.....
3.1. Композиційні матеріали як провідний матеріал у вузлах тертя.....	.....
3.2. Полімерні матриці.....	.....
3.3. Наповнювачі.....	.....
3.4. Термостійкі полімерні композиційні матеріали на основі фенольної матриці та графітів різних модифікацій.....	.....
4. Результати експериментальних досліджень та обґрунтування застосування полімерних композиційних матеріалів.....	.....
4.1. Об'єкти досліджень.....	.....
4.2. Методика приготування композитів.....	.....
4.3. Методи дослідження композитного матеріалу.....	.....
4.4. Результати експериментальних досліджень.....	.....
4.5. Висновки до розділу.....	.....

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	
5.1. Охорона праці при роботі та обслуговуванні знарядь для обробітку грунту.....	
5.2. Застосування сільськогосподарської техніки для гасіння пожеж.....	
5.3. Розрахунок стійкості трактора до перекидання.....	
5.4. Надання першої допомоги постраждалим під час пожежі.....	
6. Техніко-економічна оцінка проектних рішень.....	
Загальні висновки.....	
Список використаної літератури.....	

Анотація

Іщук Вадим Олегович. Підвищення ефективності робочих органів плуга загального призначення.

Магістерська робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія», Вінницький національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Вінниця, 2018.

Магістерська робота включає в себе пояснювальну записку, котра складається із 91 сторінки друкованого тексту, 8 таблиць, 25 рисунків та 9 аркушів графічної частини формату А1.

Метою магістерської роботи є підвищення експлуатаційної надійності і довговічності опорного колеса плуга загального призначення шляхом розробки полімерних композиційних матеріалів із високими значеннями фізико-механічних і теплофізичних властивостей.

Для досягнення зазначеної мети вирішені наступні завдання досліджень:

- проведено аналіз умов експлуатації робочих органів плугів та методи підвищення їх надійності;
- теоретично обґрунтовано закономірності взаємодії елементів опорного колеса при статичних та динамічних навантаженнях;
- проведено аналіз і вибрано полімерну основу та наповнювачі для отримання термостійких матеріалів триботехнічного призначення із підвищеним рівнем фізико-механічних властивостей;
- досліджено вплив природи, концентрації та рівня дисперсності наповнювачів на фізико-механічні, теплофізичні й триботехнічні властивості отриманих полімерних композицій;
- розроблено методику експериментальних випробувань композитного матеріалу;
- розроблено заходи із безпеки праці при обслуговуванні знарядь для обробітку ґрунту;
- наведено техніко-економічну оцінку проектних рішень.

Ключові слова: надійність, довговічність, полімерні композиційні матеріали, трибоспряження, опорне колесо, плуг.

Annotation

Ishchuk Vadym. Improving the efficiency of general-purpose plow workshops.

Master's work on obtaining an educational degree "Master" from the specialty 208 "Agroengineering", Vinnitsa National Agrarian University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Vinnytsia, 2018.

Master's work includes an explanatory note consisting of 91 pages of printed text, 8 tables, 25 drawings and 9 sheets of graphic part of A1 format.

The purpose of the master's work is to increase the operational reliability and durability of the support wheel of the general purpose plow by developing polymer composite materials with high values of physico-mechanical and thermophysical properties.

To achieve this goal solved the following research tasks:

- an analysis of the operating conditions of the workplates of plows and methods for increasing their reliability;
- the theoretical substantiation of the regularities of the interaction of the elements of the bearing wheel with static and dynamic loads;
- analysis was carried out and polymer base and fillers were selected for obtaining heat-resistant materials of tribotechnical purpose with an increased level of physical and mechanical properties;
- the influence of nature, concentration and level of dispersion of fillers on physical, mechanical, thermophysical and tribotechnical properties of obtained polymer compositions was investigated;
- the method of experimental tests of composite material is developed;
- Work safety measures were developed in the case of serviced implements for soil cultivation;
- The technical and economic evaluation of design decisions is given.

Key words: reliability, durability, polymer composite materials, triflection, support wheel, plow.

Вступ

Машини закордонного виробництва вимагають особливої уваги спрямованої на підвищення їх надійності та довговічності у зв'язку із ускладненням конструкцій та систем. Однією із вагомих проблем сільського господарства України є старіння машинно-тракторного парку сільськогосподарських підприємств, що не дає змогу максимально ефективно використовувати нові технології вирощування сільськогосподарських культур. Тому одним із основних напрямів розвитку та підвищення ефективності підприємств є поступове заміщення застарілої техніки на сучасну.

Для вирішення цих складних інженерних завдань необхідне комплексне дослідження умов експлуатації та їх вплив на працездатність машинно-тракторного агрегату. Шляхом проведення спостережень за роботою плугів в рядовій експлуатації з'являється можливість виявлення різних недоліків при конструюванні і використанні техніки, котрі несприятливо впливають на її техніко-економічні показники. Експлуатаційні якості плуга, що визначають його основні техніко-економічні показники при виконанні сільськогосподарських операцій, істотно залежать від умов роботи, конструкції і організації ремонтно-обслуговуючих заходів.

Метою досліджень було визначення доцільності заміни підшипника кочення на підшипник ковзання (втулку із полімерного матеріалу), визначення складу та основних характеристик полімерного матеріалу, яким можливо замінити даний підшипник, та розрахувати строк експлуатації.

Об'єктом дослідження було обрано показники експлуатаційної надійності закордонного плуга Lemken Varidiamand при їх експлуатації в умовах України, оскільки плуги даної марки займають велику частку закордонних машин, і дуже поширені серед господарств.

Предметом дослідження є зношення підшипника в опорному колесі плуга, та ресурс його роботи. Оскільки опорне колесо є невід'ємною, та важливою частиною ґрунтообробної машини, від роботи якого залежить безперервність та продуктивність роботи всього агрегату.

1. Стан механізації основного обробітку ґрунту

1.1. Класифікація та конструкційні особливості плугів

Плуг - це агрегат, котрий у сільському господарстві використовують для основного обробітку ґрунту. Головне завдання плуга - це перевертати захоплений лемешем шар землі.

Традиційні плуги можуть перевертати землю тільки в одному напрямку, що направляється відвалом (полицею) лемеша. У результаті дії плуга утворюються гребені ріллі між борознами, схожі на грядки. Сучасні оборотні плуги мають подвійні леміші: поки один працює на землі, другий перевертає її в повітрі. Доходячи до краю поля, плуг під дією гідравліки перевертається, і при другому зворотному проході нові борозни відвалюються в ту саму сторону, що і в перший раз, що дозволяє уникнути гребенів.

Оборотний плуг не робить ніяких додаткових операцій із пластом. Його використання дозволяє орати «човниковим» методом: кожний наступний прохід впритул до попереднього. Для цього необхідні два комплекти лемішів «дзеркальної» конструкції на одній рамі. При проході один комплект працює, другий «дивиться в небо». Після проходу і розвороту агрегату «дзеркальні» лемеша із допомогою гідравліки міняються місцями. Така схема оранки дозволяє отримати однорідну зорану поверхню із гребенями, орієнтованими в одну сторону (гладка оранка). Крім того, економиться час і паливо на переїздах між загонами.

При оранці звичайним плугом половина загону має гребені праворуч від борозни, половина - гребені ліворуч.

При цьому в центрі загороди утворюється або подвійний гребінь (при оранці «у звалювання», коли агрегат починає рух із середини загону і ходить по спіралі, що розширюється), або подвійна борозна (при оранці «врозвал», коли агрегат починає рух із краю загону і ходить по спіралі, що звужується).

Мета оранки полягає в перемішуванні шарів ґрунту, збагаченні її киснем, позбавленні від бур'янів та деяких бактерій. Закопані бур'яни розкладаються в землі і слугують компостом. Широке поширення виноградників, плодкових насаджень і лісопосадок вимагало створення спеціального плантажного плуга, котрий орав би землю на більшу, ніж звичайний плуг, глибину (до 100 см), що сприяє створенню сприятливіших умов для розвитку коренів рослин. Плантажний плуг може мати подвійні лемеша на різній глибині, ґрунтозаглибник та інші робочі органи, що глибоко розпушують ґрунт. Конструкція плуга дозволяє також поліпшити водний режим ґрунту та зменшити вилуговування поживних речовин із його верхніх шарів.

Виконують оранку на глибину 20...35 см після попередньої культури плугом із оборотом ґрунтового шару і подальшим його розпушуванням. Ґрунт, схильну до вітрової ерозії, рихлять без обороту пласта на глибину 25...40 см.

Тракторні плуги класифікують за такими ознаками:

- 1) за призначенням;
- 2) за формою основних робочих органів;
- 3) за родом тяги;
- 4) за способом оранки (утворення борозен);
- 5) по глибині оранки;
- 6) за кількістю робочих органів (корпусів);
- 7) за способом з'єднання із трактором.

Залежно від призначення плуги діляться на:

- плуги для луцення ґрунту - луцильники;
- плуги для основної оранки;
- плуги спеціального призначення (лугові, болотні, чагарникові, лісові, плантажні, садові, виноградні, рисові, покривочні, викопуючі, плуги-палодільники, дренажні, плуги-канавокопачі).

За формою робочих органів розрізняють плуги:

- лемішні плуги із корпусами: цільнополицевими, пластинчастими, із вирізні лемешем, із передплужниками, із лаповими ґрунтопоглиблювачами;

- дискові плуги.

За родом тяги плуги ділять на:

- кінні;
- тракторні причіпні і навісні;
- плуги канатної тяги.

За способом оранки плуги поділяються на:

- борозни, що працюють взвал і врозвал (з утворенням звальних гребенів і роз'ємних борозен);
- оборотні і балансирні, для гладкої оранки із відвалювання пластів тільки в одну сторону.

Залежно від глибини оранки:

- для дрібного обробітку ґрунту на глибину 4 - 14 см (лушення);
- для оранки на нормальну глибину 20 - 27 см;
- для глибокої оранки (плантажної), 30 см.

За способом з'єднання із трактором розрізняють плуги:

- причіпні,
- напівнавісних (підвісні)
- навісні (з механічним або гідравлічним підйомником).

Загальна конструкція плугу. Загальна конструкція органів плуга зображена на рисунку 1.1. Робочі органи плуга це - корпус 2, передплужник 1 і плоский ніж (на рис. не показаний). Допоміжні органи - рама із причіпним або навісним пристроєм, опорна колесо 7, механізм заглиблення і виглиблення корпусів.

Відвал, леміш і польову дошку щільно кріплять до стійки болтами із потайними головками. Стійки корпусів є литі, штамповані або зварювально-штамповані деталі, в нижніх частинах яких розташоване сидло (башмак), за формою відповідне прикріплюється до нього поверхнях лемеша і відвала.

Рама служить для кріплення всіх робочих органів плуга, а також для застосування тягового зусилля. У плуга рама плоска, зварена із пустотілих балок: головною 4, поздовжньої 10 і поперечної прямокутного профілю 14.

Рис. 1.1. Загальна будова плуга:

1 - передплужник, 2 - корпус, 3 - причеплення для борін, 4 - головна балка, 5 - кронштейн дискового ножа, 6 - гвинт регулювання глибини оранки, 7 - опорна колесо; 8 - розкіс; 9 - для приєднання трубопроводів провушина, 10 - поздовжня балка, 11 - підкоси навіски, 12 - кронштейни приєднувальних пальців, 13 - приєднувальні пальці, 14 - поперечна балка.

До головної балки приварені косинці для кріплення стійок корпусів і кронштейнів передплужника. Винос передплужника щодо корпусу регулюють переміщенням хомута по кронштейну, а глибину його ходу - переміщенням стійки по висоті. Дисковий ніж закріплений на кронштейні 5. Рама плуга під час роботи спирається на колесо 7, положення якого по висоті можна змінювати гвинтовим механізмом 6. Так регулюють глибину оранки.

Передплужник встановлюють попереду кожного корпусу плуга так, щоб він знімав 8...12 см верхнього шару ґрунту. Знятий пласт шириною, рівній $\frac{2}{3}$ ширини захоплення корпусу плуга, укладається передплужником на дно борозни позаду корпусу. Передплужник складається із лемеша, полиці і стійки.

Ножі служать для відрізання пласта в вертикальній площині із метою отримання гладкої стінки і чистого дна останньої борозни. Застосовують ножі трьох типів: дискові, Черенкова і плоскі із опорною лижою.

Дисковий ніж (рис. 1.2, а) встановлюють на тракторних плугів загального призначення і деяких спеціальних, призначених для оранки зв'язкових ґрунтів, що не містять великих включень. Він представляє собою сталевий диск товщиною 4-6 мм і діаметром 390-420 мм, що вільно обертається на підшипниках кочення. Для кращої стійкості ходу лезо диска заточують із двох сторін.

Чересловий ніж (рис. 1.2, б) використовують на плугах спеціального призначення: плантажні, ярусні, лісові та ін. Він розрізає пласти і дрібні

коріння, а великі коріння і деревні залишки вивертає на поверхню. Товщина леза - не більше 0,5 мм, кут заточки 10...15°. Ніж простий по конструкції і досить міцний, проте гірше дискового перерізає рослини та поживні залишки, частіше забивається, крім того, має більший опір при русі машини.

Плоский ніж із опорної лижою (рис. 1.2, в) встановлюють на кущово-болотних плугів.

Рис. 1.2. Різновиди ножів плугу:

а - корпус плуга із дисковим ножем, б - корпус плуга із черенковим ножем, в - корпус болотного плуга із плоским ножем і опорної лижою;

1 - диск; 2 - вилка; 3 - корончата гайка; 4 - вісь; 5 - накладка; 6 - лезо живцевого ножа; 7 - спинка; 8 - держак; 9 - плоский ніж; 10 - лижа; 11 - опорна пластина.

Корпус - основний робочий орган плуга. В його склад (рис. 1.3) входять: стійка 1 із черевиком 2, на якій закріплені леміш 4, полиця 5 і дошка польова 3. Робочими частинами корпусу плуга є леміш і відвал, а службовими - дошка польова і стійка.

Рис. 1.3. Конструкція корпусу плуга.

Леміш підрізає пласт ґрунту і направляє на відвал. Він сприймає великий тиск пласта і швидко зношується: втрачає первинну форму і затуплюється, це може привести до порушення технологічного процесу оранки. Крім того, у міру затуплення лемеша зростають тяговий опір плуга і витрата палива.

Існують різні форми і конструкції лемішів. Трапецеїдальних леміш (рис. 1.4, а) використовують для оранки легких за гранулометричним складом ґрунтів. Він найбільш простий у виготовленні в порівнянні із іншими, але швидко зношується.

Рис. 1.4. Конструкції лемішів плугів:

а - трапецієподібний; б – долотоподібний; в - зубчастий; г - із висувним долотом; 1 - носок, 2 - лезо, 3 - п'ятка, 4 - магазин, 5 - долото, 6 - зуб.

Долотоподібні леміш (рис. 1.4, б) слугує для оранки середніх і важких за гранулометричним складом ґрунтів. Він має витягнутий носок у вигляді долота, котрий забезпечує стійку роботу всього корпусу і зменшує знос ріжучої частини.

Зубчастий леміш (рис. 1.4, в) використовують при оранці пересохлих ґрунтів. У нього вирізана половина леза, завдяки чому він однією частиною підрізає пласт, а інший - відриває. Оскільки в другому випадку потрібно менше зусилля, то тяговий опір при роботі агрегату знижується. Леміш із висувним долотом (рис. 1.4, г) із власне лемешем висувного долота, виготовленого із сталевий штаби. Його рекомендується використовувати при роботі на середніх і щільних ґрунтах, засмічених камінням.

Відвал відрізає пласт від стінки борозни, деформує його, зрушує в сторону і обертає верхнім шаром вниз. За формою робочої поверхні розрізняють полиці циліндричні, культурні, напівгвинтові та гвинтові.

Циліндричний полиця використовують на передплужниках. Його робоча поверхня являє собою частину циліндра. Така полицева поверхня не годиться для основних корпусів через недостатнє кришення і обороту ними пласта ґрунту. Культурна полиця найчастіше встановлюють на плугів загального призначення. Він добре поєднується із передплужником. Напівгвинтові і гвинтові полиці кріплять на спеціальних плугів. Для додання полицям достатньої міцності їх виготовляють дво- і тришаровими. Тверді зовнішні поверхні забезпечують достатню зносостійкість, а м'який внутрішній шар надає міцність - стійкість від згинального моменту і ударів ґрунту.

Дошка польова забезпечує стійкий хід корпусу, розвантажує стійку від бічних зусиль, попереджає осипання стінки борозни. Польовий дошкою корпус спирається на стінку борозни, тому вона відчуває великі зусилля і сильно стирається, особливо у заднього корпусу. Її кріплять до стійки із тильного боку під кутом 2...3° до стінки борозни. Іноді у заднього корпусу встановлюють

подовжену польову дошку або до кінця дошки кріплять змінну п'ятку.

Конструкція та принцип дії оборотних плугів. Оборотні різновиди плугів були сконструйовані для використання на великих за своєю площею землях. Використання даного виду навісного обладнання дозволяє підвищити рентабельність підприємства і покращує стан ґрунту, оскільки в ній зберігається необхідну кількість вологи і корисних мікроелементів.

Оборотний плуг (рис. 1.5, а) призначений для гладкої оранки ґрунтів із питомим опором 0,09МПа на глибину 22 см.

Рис. 1.5. Загальна конструкція оборотного плуга:

1, 3, 5 - лівообертові корпуси, 2, 22 - рами, 4 - накладка, 6, 28 - навішування, 7, 27 - гідроциліндри, 8 - кулак, 9 - болт, 10 - кутознімач, 11 - ніж, 12, 15, 16 - правообертові корпуси, 13, 24 - пір'я полиці, 14, 19 - опорні колеса, 17 - стійка, 18 - трактор, 20 - гвинтовий механізм, 21 - поперечний брус, 23 - шарнір, 25 - симетричний корпус, 26 - поворотний брус.

Конструкція (рис. 1.5, а): плуг забезпечений симетричною рамою 2, повертається щодо поздовжньої горизонтальної осі на кут 180° під впливом механізму повороту. На рамі встановлені парами правообертові 12, 15, 16 і лівообертові 1, 3, 5 корпуси, забезпечені вертикальними ножами 11, кутознімачами 10 і пір'ям 13.

Корпус гідроциліндра 7 закріплений шарнірно на кронштейні навішування 6, а його шток кінематично пов'язаний із ланками механізму повороту.

На рис. 1.5 літерою «а» зазначений оборотний плуга літерою «б» - поворотний. Оборотним плугом поле орють човниковим способом без розбивки на загони. В кінці поля раму плуга повертають на кут 180° . При оранці на схилах плуг рухається впоперек схилу, а пласти відвалюють вниз по схилу. Ширина захоплення плуга становить 120 см.

Поворотний плуг також призначений для гладкої оранки ґрунтів. Конструкція (рис. 1.5, б): плуг забезпечений полицевими симетричними

корпусами 25 жорстко закріпленими на поворотному брусі 26.

Корпус складається із стійки, лемішів, циліндричного полиці, із двох сторін якого закріплені пір'я 24. Права та ліва сторона полиці мають однаковий профіль і служать для відрізання ґрунтового пласта ромбічної форми. Поворотний брус 26 з'єднаний із рамою 22 шарнірно і фіксується в робочому положенні гідроциліндром 27. Рама спирається на поперечний брус 21, що має ліве і праве колеса 19 із механізмами вертикального переміщення 20.

Принцип роботи: гідроциліндром 27 брус 26 повертають на шарнірі 23 і встановлюють його в положення I або II. У першому випадку корпусу обертають відрізані пласти вліво, у другому - вправо. При роботі в лівосторонньому режимі обороту пласта ліві колеса трактора і плуга рухаються по дну борозни, а праві колеса - по необробленому полю. У правосторонньому режимі положення коліс змінюється на протилежне. Оранку проводять човниковим способом. Глибину оранки до 27 см регулюють обертанням гвинта механізму 20.

Технологічний процес обробітку ґрунту лемішно-полицевим плугом. Технологічний процес обробітку ґрунту лемішно-полицевим плугом (рис. 1.6) відбувається за рахунок основних робочих органів (леміш, полиця), та допоміжних: (польова дошка, стояк). Леміш підрізує пласт ґрунту на заданій глибині знизу і разом із полицею відділяє його збоку (від стінки борозни).

Рис. 1.6. Технологічний процес обробітку ґрунту.

Переміщуючись по робочій поверхні, пласт кришиться, перевертається та відкидається в бік зораного поля. Ступінь подрібнення визначається формою грудини полиці, а ступінь перевертання - формою крила полиці. У кінцевому підсумку якість полиці, механічного складу ґрунту, його вологості та задернілості. Пласт, зруйнований на структурні агрегати розміром 1...3 мм та повернутий на 180°, відповідає уявленню про ідеальний обробіток ґрунту. Полиця перевертає та кришить пласт. Дошка польова запобігає зміщенню плуга

вбік. Зминаючи стінку борозни, дошка збуджує реакцію, що зрівноважує бічний тиск пласта, викликаний несиметричністю корпуса плуга.

Таким чином, технологічний процес оранки лемішно-полицевими плугами включає чотири технологічні операції: різання, перевертання, розпушення та відкидання пласта.

Руйнування лужної підшви методом глибокого розпушування. Плуги для глибокої обробки ґрунту призначені для руйнування плужної підшви 1 (рис. 1.6, а), котра перешкоджає проникненню коренів рослин в нижні шари ґрунту, а також утруднює надходження ґрунтової води в орний горизонт (рис. 1.6, б). Розпушуванням підорного горизонту потужність кореневого шару збільшують, покращують повітряний, водний і тепловий режим ґрунту, активізують біологічні процеси, сприяють накопиченню вологи, запобігають вітрову і водну ерозію ґрунту.

Глибоке розпушування проводять плугами загального призначення, забезпеченими безполицевими корпусами і розпушувальними стійками, Чизельні плугами (рис. 1.6, в) і плугами із спеціальними розпушувачами.

Рис. 1.6. Схема виникнення та руйнування плужної підшви:

1 - плужна підшва, 2 - нижній шар, 3 - корпус плуга, 4 - орний шар, 5 - розпушений шар, 6 - розпушувач.

На рис. 1.6 відповідними літерами зазначено: а - утворення плужної підшви при роботі лемішного плуга, б - пересування води і поведінка коренів рослин до руйнування плужної підшви, в - руйнування плужної підшви при глибокій обробці ґрунту чизельні плугом, г - пересування води і поведінка коренів рослин після руйнування плужної підшви, д - профіль дна борозни після розпушування ґрунту чизельним плугом.

Чизельний плуг - глибокорозпушувач призначений для рихлення ґрунту полицевим і безполицевим способом із поглибленням орного горизонту, безполицевого обробітку ґрунту замість зяблевої і весняної оранки, глибокого розпушування ґрунту на схилах і орних полях.

Конструкція (рис. 1.7): плуг складається із трикутної рами 4, робочих органів - розпушувачів 1, опорних коліс 2, регулятора глибини обробки 5, навішування 3 і підставки. На рамі плуга встановлюють дев'ять або одинадцять розпушувачів. Складові частини розпушувача: стійка 6, обтічник 7, долото шириною 60 мм або стрілчаста лапа 9.

Рис. 1.7. Загальна будова чизельного плуга

1 - розпушувачі, 2 - опорні колеса, 3 - навішування, 4 - рама, 5 - регулятор глибини, 6 - стійка, 7 - обтічник, 8 - долото, 9 - стрілчаста лапа.

Принцип роботи чизельного плугу: при русі машино-тракторного агрегату по полю долотоподібні розпушувачі розпушують ущільнену підшову, що утворилася після оранки лемішними плугами на глибину до 45 см, що забезпечує хорошу аерацію і інфільтрацію дощових і талих вод. Чизельний плуг, обладнаний стрілчастими лапами, розпушує важкі ґрунту на глибину до 30 см і одночасно підрізає кореневища бур'янів.

Для розпушування ґрунту на глибину 0,8...1 м застосовують меліоративні глибокорозпушувачами, робочі органи яких обладнані вібруючими наконечниками (ножами). Глибоке розпушування покращує аерацію сухих ґрунтів, виключає застійне перезволоження і зневоднення глибокозалягаючих шарів підорного горизонту.

Конструкція та принцип дії плугів спеціального призначення. Окрім плугів загального призначення, існують плуги спеціального призначення. До плугів спеціального призначення відносяться: садові, плантажні, лісові, болотні, кущово-болотні.

Садові плуги служать для обробки ґрунту в міжряддях садів. Влаштовані вони так само, як і причіпні плуги загального призначення, із тією відмінністю, що на їх рамі є сектор із отворами, в яких закріплюється тяга причепа під кутом до напрямку руху. Це дозволяє зміщувати плуг в сторону від осі трактора і обробляти ґрунт під кронами дерев.

Наявність на рамі плуга спеціального сектора дозволяє виносити плуг вправо або вліво від повздовжньої осі трактора до 2,7 м і розпушувати ґрунт у стовбурів дерев.

Плантажні плуги (рис. 1.8) призначені для оранки ґрунтів в декоративному садівництві під сади, багаторічні насадження і розплідники. У лісовому господарстві такі плуги застосовують для глибокої оранки ґрунтів під полезахисні лісонасадження і лісові культури.

Плантажний плуг призначений для оранки ґрунту під лісові і плодові культури при закладці садів, створення захисних смуг і при залісенні гірських схилів. Складові частини плуга: корпус, передплужник, опорна колесо, рама із віссю підвіски, живцевий ніж, дисковий ніж, навішування борін. Корпус плуга складається із лемеша, відвала із накладкою, що закриває його нижню частину, долота, польовий дошки, розширювача.

Рис. 1.8. Загальна будова плантажного плуга:

1 - гвинтовий механізм опорного колеса, 2 - підвіска, 3 - навісна система трактора, 4 - стійка передплужника, 5 - полиця передплужника, 6 - леміш передплужника, 7 - дошка польова передплужника, 8 - рама плуга, 9 - опорне колесо, 10 - основний корпус, 11 - розпір.

Між відвалом, рамою і польовий дошкою поставлені розпірки. Передплужник являє собою невеликий корпус із шириною захвату 27 см. Він складається із стійки, до якої прикріплений болтами із потайними головками леміш і відвал. Стійка передплужника має отвори для регулювання його на потрібну глибину. Глибину оранки встановлюють гвинтом опорного колеса.

Спеціальні лісові плуги (рис. 1.9) підрозділяються на плуги: для підготовки ґрунту окремими смугами під подальшу посадку або посів лісових культур в дно борозни на площах із легкими дренованих ґрунтами; виникаючий пласт або мікропідвищення у вигляді гряд на площах із тимчасово перезволоженими ґрунтами, що не вимагають осушувальної меліорації;

нарізаючі потужні пласти і ті що прокладають осушувальні канали на площах постійного надмірного зволоження; виконуючі «нульову» обробку ґрунту шляхом його розпушування і перемішування.

Плуг комбінований лісовий служить для часткової підготовки ґрунту на вирубках із числом пнів до 600 шт. на 1 га на площах із легкими дренажними піщаними, супіщаними і легкосуглинковими ґрунтами.

Рис. 1.9. Загальна будова лісового плуга:

1 - рама; 2 - навісний пристрій; 3 - корпус плуга; 4 - опорна п'ята; 5 - леміш; 6 - чересловий ніж.

Плуг застосовується:

- для нарізки борозен глибиною 10...15 см і шириною 70 см двополицевим корпусом під подальшу посадку сіянців в дно борозни;
- для борозни із одночасним розпушуванням дна борозни і рядково-лунковим посівом хвойних насіння або посадки сіянців;
- пластів шириною 50 см і товщиною 25 см однополицевим корпусом під подальшу посадку сіянців або посів насіння в пласт на тимчасово перезволожених ґрунтах.

Плуг складається із рами 1, одно- або двополицевого корпусу 3, навісного пристрою 2 і живцевого 6 або дискового ножа. Полиці корпусу гвинтові. На плуг можна встановлювати однополицевий корпус, а при необхідності - розпушувальні лапу і висівають прикріплені підрізні пристосування. Леміш 5 трикутного типу в передній частині має накладку, в яку впирається живцевий ніж 6. У нижній частині борозни обрізів відвалів ножі, підрізання бічні стінки борозни. Опорна п'ята 4 розташована за двополицевим корпусом і шарнірно приєднана до кронштейну в нижній частині стійки корпусу. Вона служить для регулювання глибини обробки.

Живцевий ніж 6 встановлюють в комбінації із однополицевим корпусом, він служить для розрізування пласта в вертикальній площині. Дисковий ніж

служить не тільки для розрізання пласта, але і для виглиблення плуга при зустрічі із перешкодами (пнями, корінням і т.п.). Його встановлюють перед двополицевим корпусом. Попереду ножа встановлений захисний лобовик, котрий відхиляє плуг в сторону при зустрічі із пнями і іншими великими перешкодами.

Плуг лісовий шнековий (рис. 1.10) служить для обробки ґрунту із утворенням дренажної канави і двох мікропідвищень по її сторонах під посадку лісових культур на вирубках із тимчасово перезволожений мінеральними і оторфованими ґрунтами по розширених смугах шириною 4...4,5 м.

Рис. 1.10. Загальна будова лісового шнекового плуга.

Складові частини плуга: рама із навісним пристроєм, робочий орган, механізм приводу в обертання шнекових барабанів із запобіжними муфтами. Робочі органи: двополицевий плужний корпус 4 із укороченими відвалами, живцевих ніж 2 і два шнекових барабана 1. Механізм приводу служить для передачі крутного моменту від ВВП трактора до шнековим барабанів і складається із двох карданних валів приводу шнеків 5, кінцевого редуктора і ланцюгової передачі.

Плуг працює наступним чином. При русі трактора живцевих ніж 2, розташований попереду корпусу, розрізає ґрунтовий пласт вертикально на глибину ходу корпусу. Леміш плугового корпусу підрізає його горизонтально. Відрізані пласти на полиці, котрі частково обертають і зрушують їх в сторони. Шнекові барабани одночасно із розпушуванням зміщують ґрунт на краю оброблюваної смуги, утворюючи із дренажної шару мікропідвищення висотою 30...35 і шириною 60...80 см.

Шарнірне з'єднання шнекових барабанів із корпусом дозволяє плугу копіювати мікрорельєф місцевості і долати 1 перешкоди висотою до 25 см. При зустрічі із непереборною перешкодою спрацьовують запобіжні муфти, запобігаючи поломку шнекових барабанів.

Болотні і кущово-болотні плуги застосовуються в лісовому господарстві садово-парковому будівництві для основної підготовки ґрунтів

Ступінь застосування плугів:

- для обробки ґрунту на осушених болотах і площах застосовують болотні і кущово-болотні плуги;
- для обробки малородючих солонцевих і підзолистих ґрунтів - ярусний плуг;
- для обробки схилів - плуг-розпушувач;
- для гладкою оранки - оборотний плуг;
- для нарізки борозен на ярусно-балкових і гірських схилах крутизною до 20° лісові плуги для схилі.

Плуг болотний навісний служить для оранки окультурених болотяних, торф'яних ґрунтів, а також первинної обробки болотною та луговий не покритій чагарником цілини і заболочених земель.

Складові частини плуга: рама із навісним пристроєм, плужні корпусу, дискові ножі, опорна колесо і механізм регулювання глибини. Рама зварна складається із поздовжніх і поперечних балок, до яких приварені кронштейни для кріплення навісного пристрою. У поздовжніх балках рами є отвори для корпусів, дискових ножів і механізму регулювання глибини. Корпус має зварену стійку, до якої кріпляться леміш із приварним долотом, полиця і польова дошка.

Полицево-лемішні мають поверхню напівгвинтові форми що, забезпечує гарне кришення і оборот пласта. Цьому сприяє і подовжувач на крилі полиці. Для жорсткості конструкції між відвалом і польовою дошкою встановлена розпірка. Це оберігає його від забивання. Ніж змонтований на двох конічних підшипниках, захищених від пилу ковпаком і гумовим ущільнювачем.

Колесо із механізмом регулювання призначене для установки глибини оранки. Колесо складається із плоского обода і двох дисків, приварених до маточини. Маточина змонтована на осі на двох конічних підшипниках.

Плуг кущово-болотний причіпний призначений для обробки осушених торф'яно-болотних, мінеральних ґрунтів і суходільних земель, зарослих

чагарником висотою до 2 м, без попереднього зрізання. Він може бути використаний для оранки лісових площ, розчищених кущорізом.

Леміш із планкою застосовують при оранці чагарнику, із долотом - на оранці ділянок, котрі не заросли чагарником, або після розкорчування. Ножі плуга змінні. Живцевий ніж встановлюють для роботи на мінеральних ґрунтах, що мають коріння або поховану деревину, дисковий - для роботи на торф'яних ґрунтах із дрібними деревними корінням, плоский двосторонній ніж із опорної лижою - для роботи на заболочених землях, порослих чагарником, або похованою деревиною. При затупленні леза із одного боку його повертають на 180° і використовують вдруге. Глибину обробки регулюють гвинтовим механізмом опорного колеса. Широке захоплення корпусу і поєднання із напівгвинтовою полицею, котра має регульоване перо, забезпечує гарний оборот пласта і повніше закладання рослинних і деревних решток.

1.2. Загальна будова та принцип роботи плуга LemkenVaridiamand

Як виробник сільськогосподарської техніки для обробки ґрунту, посіву та захисту рослин LEMKEN забезпечує більш ніж 1000000 робочих місць по всьому світі. Підприємство знаходиться в власності сім'ї LEMKEN вже сьоме покоління. На підприємстві в Альпені, приблизно в 50 км від Дюссельдорфа, LEMKEN виробляє біля 13.000 одиниць техніки за рік, в 2017 році товарообіг склав майже 270 млн. євро. LEMKEN належить в своїй галузі в Європі. Доля на ринку Німеччини оборотних плугів та культиваторів LEMKEN складає більше 40%, що дозволяє LEMKEN бути номером один серед інших постачальників.

За допомогою оборотних плугів LemkenVaridiamand (рис. 1.11) можливе максимальне інтенсивне розпушування ґрунту, що в свою чергу покращує подальше проникнення мінеральних добрив в землю. Таким чином вдасться підвищити врожайність обробленої землі. Одним із переваг техніки даної модифікації є її універсальність. За допомогою оборотного плуга можливо виконувати перевертання ґрунту, його розпушування і глибоку оранку.

Рис. 1.11. Загальний вигляд плуга LemkenVaridiamand.

Особливістю цих оборотних плугів є наявність у них подвійних лемішів. При обробці землі один із лемішів розташовується безпосередньо в ґрунті, тоді як другий в цей час перевертає в землю в повітрі. Тим самим забезпечується максимально якісне розпушування ґрунту. Борозни виходять акуратними, повністю відсутня гребінь між проходами плуга. Істотно прискорюється обробка ґрунту, що дозволяє техніки обробляти великі за своєю площею ділянки із мінімальними затратами.

З'єднуватися із трактором оборотні плуги марки Lemken можуть в трьох точках, що дозволяє істотно підвищити міцність з'єднання навісного обладнання. При цьому, завдяки жорсткому зчепленні забезпечується поліпшення маневреності тракторів, що також сприяє спрощенню обробки землі. Оборотні плуги були сконструйовані для використання на великих за своєю площею землях.

Використання даного виду навісного обладнання дозволяє підвищити рентабельність підприємства і покращує стан ґрунту, оскільки в ній зберігається необхідну кількість вологи і корисних мікроелементів. Навісні моделі плугів також можуть із успіхом застосовуватися при оранці великих за своєю площею земель.

Рис. 1.12. Схема основних складових частин плуга LemkenVaridiamand:

1 - штифт верхньої тяги; 2 - башта; 3 - штифт для приєднання нижньої тяги; 4 - механізм обороту; 5 - робочі органи; 6 - стабілізатор; 7 - рама; 8 - причіпна частина; 9 - опорне колесо; 10 - дисковий ніж; 11 - комплект освітлення; 12 - тримач стійок; 13 - стійки; 14 - стійки передплужника; 15 - важіль кріплення ґрунтоущільнювача; 16 - гідравліка.

Плуг має такі ж характеристики та принцип роботи як і у звичайних

оборотних плугів що були описані у розділі 1.1.

Башта плуга має цілісний і еластичний вал навішування категорії II або III. Приймаючи великі ударні навантаження, вал захищає трактор і вежу. Башта кріпиться до рами за допомогою осі, виготовлені із високоякісної сталі, що пройшла термічну обробку. На осі закріплені два роликових підшипника, доступних для змащення.

Опорна стійка, регульована по висоті, забезпечує легке агрегування із трактором. За допомогою пружинного болта стійка швидко переводиться в робоче або транспортне положення.

Велика відстань між трактором і 1-м корпусом плуга забезпечує високу маневреність без ризику пошкодження колеса трактора об робочі частини плуга (кут розвороту трактора відносно плуга до 90 градусів). При обороті плуга автоматично змінюється напрям руху опорного колеса, що забезпечує відмінну маневреність на розвороті.

Механізм обороту рами служить для переходу плуга із транспортного положення в робоче і назад, а також для повороту рами плуга при оранці правими або лівими корпусами.

Механізм обороту рами складається із корпусу, шлицевого вала із фланцем, упору, двох регульовальних болтів, гідроциліндрів, важелів, фіксатора, хрестовини, котра шарнірно кріпиться до знижувача корпусу. Два телескопічних гідроциліндра забезпечують швидкий і ненаголошений оборот плуга на 180 градусів. Точне регулювання позиції нахилу плуга в борозні здійснюють із допомогою на гою регульовальних болтів окремо для кожної сторони.

З метою захисту від пошкоджень гідравлічної шланги під'єднання до трактора поміщені в брезентовий рукав. Шланги регулювання ширини захвату і підйому опорного колеса знаходяться всередині рами стабілізатора, що ефективно захищає їх від пошкодження і забруднення.

Широкопрофільне опорне колесо (рис. 1.13) зменшує тиск на ґрунт при оранці і гарантує необхідну безпеку при транспортуванні. Глибина обробки

регулюється спереду за допомогою триточкової системи навішування трактора, а ззаду - за допомогою гідравлічно регульованого опорного колеса. Обмежувачем глибини служить забивний штифт.

Упор в конструкції опорного колеса перешкоджає занадто глибоке опускання плуга. Таким чином забезпечується достатній вільний простір між стабілізатором і ґрунтом.

Рис. 1.13. Опорне колесо плуга Lemken Varidiamand.

Завдяки бічному розташуванню опорного колеса, зменшується не тільки навантаження на раму плуга, а й відстань між колесами трактора і колесом плуга. Це сприяє підвищенню маневреності всій зчипки при розвороті. Якщо через фланець основний рами була приєднана пара корпусів, положення опорного колеса дає оранку до самого кордону поля. У п'ятикорпусному виконанні плуга колесо рухається впритул, поруч із борозною останнього корпусу. При монтажі додаткової пари корпусів колесо йде всередині плуга, попереду орної смуги.

Взаємодія оборотного механізму і шарнірної підвіски колеса дозволяє навіть на горбистій і важкопрохідній місцевості швидко і просто розвертати плуг на вузькій смузі (рис. 1.14).

Установка плугових корпусів збоку рами і новітня форма стійок створюють великий вільний простір між корпусами, запобігаючи таким чином забиванню плуга пожнивними залишками навіть при мінімальній ширині захоплення плуга. Корпусні стійки оснащені запобіжними болтами подвійного зрізу. Це забезпечує велику безпеку і робить неможливим скручування стійок.

Рис. 1.14. Схема розвороту плуга Lemken Varidiamand.

Навіть якщо вістря лемеша потрапить під камінь, великий корінь дерева або скельне утворення, то це не проблема, оскільки усі плуги серійно оснащуються запобіжниками, що зрізують. Таким чином, конструкція кріплення корпусів у будь-якому разі захищена від пошкоджень (рис. 1.15). Запобіжний болт, що зрізує, можна швидко замінити і продовжувати роботу.

Рис. 1.15. Робота запобіжної системи плуга LemkenVaridiamand.

Особливо при оранці в умовах кам'янистих і нерівномірних по щільності ґрунтів можна легко відрегулювати зусилля при виході із ґрунту. За допомогою гідравлічного пристрою HydriX можливо індивідуально регулювати тиск у гідравлічній системі: при оранці в легких ґрунтових умовах встановлюється найбільш слабіше зусилля при виході із ґрунту, щоб не витягувати камені на поверхню. В умовах більш важких або твердих ґрунтів тракторист за допомогою приладу управління може збільшити тиск так, щоб корпус плуга навіть в цих умовах міцно утримувався в ґрунті. Завдяки бічним запобіжникам від перевантажень, Вари-Діамант є найбільш продуктивним плугом в умовах крупнокам'янистих ґрунтів. Подвійні пружини, що входять до складу конструкції тяг, забезпечують ще більший кут відхилення, а також більш плавний процес відхилення всіх корпусів плуга. Якщо леміш, вістря лемеша або полиця корпусу потрапляють на камінь боком, тоді блок пружин спрацьовує як накопичувач енергії. Корпус м'яко відхилиться і надійно повернеться в робоче положення.

Рис. 1.16. Будова корпусу плуга.

Смуговий корпус складається із окремих товстих повністю термічно оброблених смуг (рис. 1.15), виготовлених із спеціальної високоякісної сталі, котрі при зносі можна замінювати окремо. Головки закріплюючих болтів глибоко втоплені в посадочні гнізда, що забезпечує тугу посадку смуг навіть

після довгострокового використання. Смугові полиці, також як і звичайні, кріпляться на одну і ту ж корпусну основу. Леміші виготовлені із дрібнозернистої мікролегованої боронасиченої сталі. Розташування із перекриттям запобігає забивання корінням або чужорідними тілами. Висока щільність і міцність матеріалу робочих органів забезпечують захист від зламу і високу зносостійкість. Зони зносу лемішів значно збільшені в порівнянні із традиційними лемішами.

Башмак корпусу виготовлений із високоякісної термічно обробленої сталі і тому відрізняється високою міцністю. Кут атаки корпусів регулюється, що забезпечує завжди хороше входження плуга в ґрунт. Гладкий перехід від леміша до полиці створює плавну форму, що забезпечує мінімальне тягове зусилля плуга. Полиці виготовлені із спеціальної сталі і мають спеціальну форму, що забезпечує мінімальний знос, без болтів в зоні основного зносу. Найбільший знос припадає на груди полиці. Він кріпиться окремо, тому його заміна при зносі не вимагає великих витрат.

За рахунок своєї конструктивної форми і високої міцності матеріалу, змінний наконечник лемеша відрізняється високою зносостійкістю і хорошим входженням плуга в ґрунт. Широкі польові дошки, котрі мають більшу площину, забезпечують хороше ведення плуга по борозні. Для компенсації зносу дошка польова має чотири робочих положення. Істотна частка зони зносу дозволяє досягти оптимального використання ножа польовий дошки. Кріплення ножа знаходиться в зоні найменшого зносу, що забезпечує йому захист від зносу і пошкодження.

Завдяки нахилу ріжучої кромки назад і вгору виключено защемлення каменів і коріння. Спеціальне твердосплавне покриття ріжучої частини наконечника леміші забезпечує високу ступінь зносостійкості і економічності. Покриття наноситься уздовж ріжучої кромки із нижньої сторони вістря лемеша, що забезпечує ефект самозагострення.

Кутознімачі розташовані у верхній частині відвалів плуга і регулюються в різних положеннях. Вони забезпечують роботу без забивання рослинною

масою і її якісне закладення в борозни.

Гладкий дисковий ніж діаметром 500 мм має бічні канавки по лінії радіуса. Таким чином, забезпечується його постійний привід навіть при налипанні великої кількості органічної маси на поле. Установка робочої глибини проводиться за допомогою вертикального повороту стійки дискового ножа, котра регулюється за допомогою гвинта і зубчастого кріплення. Гладкий із боку оранки та підшипниковий вузол, що регулюється, має подвійний захист від забруднення.

Рис. 1.17. Технологічний процес обробітку ґрунту.

Завдяки його спеціальній формі досягається оптимальний ефект рихлення. Регулювання робочої глибини глибокорозпушувача здійснюється без інструментів. Він легко демонтується. Кожна зношується деталь може бути окремо легко замінена. Захисний щиток на стійці глибокорозпушувача оберігає його від зносу.

Технологічний процес обробітку ґрунту лемішно-полицевим плугом (рис. 2,б) відбувається за рахунок основних робочих органів, та допоміжних. Леміш підрізує пласт ґрунту на заданій глибині знизу і разом із полицею відділяє його збоку (від стінки борозни).

Переміщуючись по робочій поверхні, пласт кришиться, перевертається та відкидається в бік зораного поля.

У кінцевому підсумку якість обробки залежить від типу полиці, механічного складу ґрунту, його вологості та задернілості. Пласт, зруйнований на структурні агрегати розміром 1...3 мм та повернутий на 180°, відповідає уявленню про ідеальний обробіток ґрунту. Полиця перевертає та кришить пласт. Дошка польова запобігає зміщенню плуга вбік. Зминаючи стінку борозни, дошка збуджує реакцію, що зрівноважує бічний тиск пласта, викликаний несиметричністю корпусу плуга.

Таким чином, технологічний процес оранки лемішно-полицевими

плугами включає чотири технологічні операції: різання, перевертання, розпушення та відкидання пласта.

1.3. Методи підвищення надійності та довговічності вузлів тертя машин і механізмів

Способи керування зносостійкістю деталей. Умови контактування деталей у вузлах тертя обладнання і чинники, котрі визначають їх зносостійкість і довговічність, схематично можна показати так, як на рис. 1.18. Тіло 1 і контртіло 2 зображують пару тертя, тіло 3 - зовнішнє середовище, або шар мастила. Наведені на рис. 1.18 комплекси параметрів визначають: (σ, H, δ) — механічні властивості елементів пари тертя; R - характеристики шорсткості контактуючих поверхонь деталей; P, ν, f - умови навантаження і вид тертя (ковзання або кочення); τ - реологічні властивості тіла 3 (шару мастила або середовища); Q, E - хімічну і поверхневу взаємодію (енергію активації) тіл 1 і 2 із зовнішнім середовищем 3; T - температуру.

Залежно від наявності певних елементів контактної зони, їхніх властивостей і параметрів взаємодії визначають вид тертя і спрацювання та напрями боротьби із ним.

Наприклад, при контакті тіл 1 і 2 без тіла 3 спостерігається сухе тертя, а за відсутності одного із тіл 1 чи 2 можливе кавітаційно-ерозійне спрацювання.

За наявності інтенсивної хімічної взаємодії тіл 1 і 2 із тілом 3 найчастіше відбувається корозійно-механічне спрацювання.

Рис. 1.18. Умовна схема вузла тертя і діючих параметрів, котрі впливають на його зносостійкість.

Розмаїття явищ і чинників, котрі впливають на процеси тертя і спрацювання, потребують системного підходу до розв'язання проблеми довговічності деталей обладнання: зменшення інтенсивності корозійної

взаємодії поверхонь деталей тертя із технологічними середовищами; зміна умов і параметрів динамічного навантаження зони контакту, котра б забезпечила прояв тільки допустимих видів спрацювання; підвищення опору спрацюванню деталей обладнання.

Для реалізації цих напрямів уживають конструктивних, технологічних та експлуатаційних заходів.

Конструктивна розробка деталей і вузлів обладнання для забезпечення довговічності та зносостійкості потрібно проводити із урахуванням:

- раціональної схеми роботи вузлів, їх конфігурації і розмірів;
- доцільного розрахунку і вибору кінематичних і силових параметрів навантаження елементів контактної взаємодії;
- раціонального вибору матеріалів для виготовлення деталей, котрі взаємодіють із технологічними середовищами;
- вибору ефективних видів мастил і систем змащування вузлів, а також захисту їх від потрапляння технологічних середовищ і абразивних частинок;
- необхідності забезпечення ефективної системи відведення теплоти від поверхонь тертя;
- забезпечення технологічності та ремонтпридатності вузлів обладнання.

А отже - раціональний вибір матеріалів - універсальний спосіб забезпечення довговічності обладнання

Одним із найбільш універсальних методів забезпечення високої надійності та довговічності обладнання та механізмів є використання зносостійких матеріалів для його виготовлення. Вибір матеріалів визначається їх складом, будовою, міцністними, властивостями, рівнем зносостійкості, технологічними та економічними показниками.

Водночас вибір матеріалів для механізмів та машин сільського господарства обмежений здебільшого вуглецевими сталями і чавунами без урахування їхнього опору спрацюванню. Тобто є значні резерви підвищення надійності та довговічності обладнання у разі застосування більш зносостійких матеріалів і захисних покриттів.

Установлено такі загально прийняті вимоги до зносостійких матеріалів пар тертя:

- висока статична і динамічна міцність за підвищених температур; малий коефіцієнт тертя;
- здатність легко притиратися; висока змочуваність мастилом; здатність утворювати на поверхні міцний шар мастила і відновлювати його;
- відсутність зчеплення при сухому терті;
- висока теплопровідність;
- висока зносостійкість.

У сучасному обладнанні як антифрикційні та зносостійкі застосовують металеві сплави, спечені порошкові, полімерні, композиційні матеріали. У загальному машинобудуванні накопичено значний досвід із створення і використання цих матеріалів, котрий досить повно висвітлено у технічній літературі. Підвищення довговічності деталей обладнання термічним і хіміко-термічним обробленням

У процесі спрацювання найважливішу роль відіграє стан і властивості тонкого поверхневого шару деталей, котрий формується при їх завершальному обробленні. Розроблено багато способів зміни стану, структури і властивостей тонкого поверхневого раціональне використання із урахуванням заданими властивостями може значно підвищити надійність і довговічність машин і технологічного обладнання.

Термічне оброблення є одним із найпоширеніших методів зміни властивостей виробів. Для зміни об'ємних властивостей деталей застосовують різні методи об'ємного термічного оброблення, а для зміни поверхневих властивостей - поверхневе загартування. В останньому випадку нагрівання може здійснюватися струмами високої частоти (СВЧ), газовим полум'ям, опроміненням лазером тощо. Полуменеве загартування незамінне для великогабаритних деталей, а також широко використовується для зміцнення зубів великих зубчастих коліс. СВЧ підвищує міцність від утомленості сталей на 40...100 %.

Професор Г.О. Прейс проводив порівняльні випробування спрацювання сталі 45, підданої об'ємному загартуванню і загартуванню СВЧ. При окисному спрацюванні із невеликою швидкістю ковзання, коли лише трохи виявляється атермічне схоплювання поверхневого загартуванню, підвищується майже вдвічі. При окисному спрацюванні із більшою швидкістю загартування СВЧ підвищує зносостійкість на 25...40 %, а при тепловому - воно не переважає. Значно більші можливості властиві хіміко-термічному обробленню деталей.

Методи нанесення термодифузійних покриттів. При дифузійному хіміко-термічному обробленні (ХТО) поєднуються термічний і хімічний вплив на матеріал деталей для підвищення довговічності. На поверхні деталі утворюється шар, що має істотні відмінності від серцевини. По суті, на поверхні маємо новий сплав, що за своїми фізико-хіміко-механічними властивостями може значно відрізнитися від матеріалу основи.

При ХТО поверхневий шар може насичуватися різними методами. Основні із них такі: дифузійне насичення із порошкових сумішей (порошковий метод); дифузійне насичення із розплавів солей або металів, що містять насичувальний елемент (з електролізом і без застосування електролізу); прямоточний і циркуляційний методи дифузійного насичення із газових середовищ; насичення із паст і суспензій (шлікерний спосіб); дифузійне насичення із використанням вакууму.

Дифузійне насичення із порошкових сумішей нині широко застосовують для хромування, алітування та силіціювання.

Рис. 1.19. Класифікація основних видів хіміко-термічного оброблення.

Розрізняють контактний і неконтактний варіанти цього методу. Контактний варіант здійснюють у герметичних або негерметичних контейнерах, а неконтактний - лише в герметичних камерах або контейнерах. Оброблювані вироби поміщають у порошкову суміш, якою заповнюють контейнер, виготовлений із звичайної або жаростійкої сталі. До складу суміші

входять потрібні компоненти для дифузійного насичення поверхні деталі під дією високих температур.

Дифузійне насичення із суспензій і паст (шлікерний метод) є перспективним для зміцнення деталей харчового обладнання. Шлікерний метод порівняно із порошковим має такі переваги: вищі технологічність і економічність; можливість наносити покриття на частину деталі, а також обробляти великогабаритні деталі; можливість легко одержувати багатокомпонентні покриття.

Суспензія містить тверду та рідку фази. Як рідку фазу використовують різні органічні сполуки (канцелярський клей, колоксилін, декстрин, целюлозу, оліфу тощо). Тверда фаза - це порошок насичувального елемента із розміром частинок менш як 40 мкм. На якісно очищені, знежирені поверхні щіткою, зануренням або пульверизатором суспензію, а після сушіння на повітрі відпалюють у вакуумі, в середовищі нейтральних газів чи в повітряній атмосфері.

Значний інтерес для підвищення довговічності деталей обладнання сільського господарства викликають способи нанесення багатокомпонентних покриттів: хромоалітування, титаноалітування, боросиліціювання, борохромування, боротитанування, хромосиліціювання та ін.

При хромоалітуванні (одночасному або послідовному насиченні поверхні деталі хромом і алюмінієм) значно підвищується зносостійкість, корозійна і ерозійна стійкість. Так, зносостійкість хромоалітованої сталі У8 в умовах тертя ковзання без змашування в 1,5...2,0 рази вища, ніж без ХТО. Корозійна стійкість у водяних розчинах NaCl, H₂SO₄, HNO₃, HCl, H₃PO₄, і CH₃COOH збільшується порівняно із незахищеними вуглецевими сталями в 5...10 разів, а ерозійна - в 4 рази.

Бороалітування застосовують для підвищення зносостійкості і жаростійкості, корозійної стійкості металів і сплавів. Корозійна стійкість вуглецевих сталей 20 і 45 у розчинах кухонної солі підвищується в 9...11 разів. Боросиліціювання застосовують переважно для підвищення зносостійкості й

корозійної стійкості деталей.

Борохромування широко застосовують завдяки значним підвищеним фізико-хімічним характеристикам боридних шарів у поєднанні із хромом.

Боротитанування надійно захищає вироби від корозії в агресивних середовищах, інтенсивного абразивного і кавітаційно-ерозійного спрацювання.

Хромосиліціювання сталей підвищує їх зносостійкість, ерозійну і кавітаційну стійкість, опір газовій і електрохімічній корозії. В результаті хромосиліціювання кавітаційна стійкість сірого чавуну підвищується в 4...6 разів.

Застосування хіміко-термічного оброблення. Значна кількість деталей сільськогосподарських машин зазнає інтенсивного спрацювання. В деяких випадках його інтенсивність настільки велика, що деталі не витримують одного сезону. При вдалому виборі дифузійних покриттів тривалість експлуатації обладнання в середньому збільшується в 5...8 разів.

Численні дослідження показали, що дифузійне хромування підвищує корозійну стійкість залізвуглецевих сплавів у дифузійному соку до рівня корозійностійких сталей.

Рекомендується хромувати ножі, а електролізне борування дає змогу втричі підвищити їх довговічність.

При випробуванні у вині на низьковуглецевих сталях найбільш корозійностійкими виявилися дифузійні шари на основі Cr, Cr + Si, Cr + Ti, Cr + Ti + Al. Вони підвищують опір корозії сталі 20 у 20...25 разів. Аналогічні результати одержано і на сталях із середнім вмістом вуглецю.

Хромотитанування підвищує корозійну стійкість сталі 45 в 44 рази, хромосиліціювання - в 31, хромування - в 27, борування, титаноалітування, хромосиліціювання - в 5...8, хромотитаноалітування, хромоалітування, хромотитаносиліціювання і титаноалюмосиліціювання й алітування - в 1,3...1,5 раза. Силіціювання, хромоалітування і титаносиліціювання не захищають сірий чавун від корозії в агресивних середовищах.

Хромування підвищує корозійну стійкість сталі в 10...50 разів,

хромоалітування - в 6...12, алітування - в 5...10, цинкування - в 3...7 разів. Таким чином, найефективнішим для вуглецевих сталей є дифузійне хромове покриття.

Останнім часом під час виробництва деталей почали застосовувати новий спосіб ХТО - іонне азотування, що значно переважає пічне газове азотування. Зносостійкість сталі 38ХМЮА після іонного азотування в 2...3 рази вища, ніж після газового азотування. Зносостійкість азотованих сталей у 1,5..4,0 рази вища, ніж загартованих, цементованих, нітроцементованих і ціанованих.

Підвищена зносостійкість азотованих деталей (порівняно із незміцненими) в середовищах технологічних дизельного палива та мастила дає змогу рекомендувати іонне азотування для збільшення довговічності деталей насосів.

Установлено, що у дифузійному соку захисні втулки мають найменшу зносостійкість. Водночас іонне азотування істотно підвищує їхню довговічність у середовищах технологічних із нейтральною і лужною реакцією. Виробничі випробування показали, що завдяки товщині дифузійного шару 0,15 мм на захисних втулках насосів можна в 2...3 рази підвищити їх довговічність у лужних і в 3...4 рази - в нейтральних середовищах.

У результаті аналізу роботи втулково-роликів ланцюгів встановлено, що тривалість їх експлуатації визначається головним чином зносостійкістю причіпних пальців. Проведені дослідження показали, що середнє спрацювання азотованих пальців із сталі 38Х2МЮА, котрі мають найвищу твердість, у 12 разів менше, ніж незміцнених із сталі Ст3 і в 2,8 раза - цементованих.

Підвищення довговічності деталей напиленням і наплавленням захисних покриттів. Захисні покриття на деталі обладнання можна наносити у газо- і пароподібному стані, із розчинів, у твердому стані, хімічним та фізичним осадженням із парової або газової фази, гарячим зануренням, наплавленням, термічним напиленням, напаяванням, спіканням, хімічними методами, металізацією та іншими способами.

За останні три десятиріччя практика зміцнення та відновлення деталей поповнилася методами газотермічного напилення покриттів. Цьому сприяла

поява в чорній металургії промислового виробництва легованих порошків, що забезпечило широке застосування газотермічних методів у народному господарстві.

Згідно із ГОСТ 28076-89 газотермічне напилення - це процес отримання покриття із нагрітих і прискорених частинок напилюваного матеріалу із застосуванням високотемпературного газового струменя, при співударянні яких із основою забезпечується їх з'єднання за рахунок зварювання, адгезії та механічного зчеплення. При газотермічному напиленні частинки напилюваного матеріалу у високотемпературній зоні нагріваються до розплавлення або високопластичного стану. Газовим або плазмовим потоком їм надається висока швидкість польоту, напилювальних пальників котра забезпечує енергію співудару, достатню для утворення міцного фізико-хімічного зв'язку напилюваного матеріалу із деталлю.

Методи ГТНП мають багато переваг перед іншими способами нанесення покриттів: високу продуктивність процесу напилення; незначну температуру нагрівання поверхні деталі; універсальність у використанні матеріалів покриттів; тонкостінних, і напилювати покриття на поверхні не тільки металів, а й пластмас, кераміки, графіту, деревини та інших матеріалів; відносну простоту технології самого процесу напилення.

Серед матеріалів ГТНП найпоширенішими є методи електродугової металізації, газополуменевого та детонаційного напилення.

Газополуменеві покриття. При газополуменовому напиленні температура киснево-ацетиленового полум'я не перевищує 3200°C , а швидкість польоту частинок порошку становить кілька десятків метрів за секунду. Це зумовлює високу пористість і основою невелику міцність зчеплення із газополуменевих покриттів. Для формування захисних покриттів використовують матеріали, температура плавлення яких нижча від температури полум'я. Так, при напиленні порошком на відстані 60...70 мм від сопла напилювального пристрою температура полум'я не перевищує 2000°C , на відстані 100 мм - 1900°C , 150 мм - 1400°C .

Залежно від призначення та матеріалу деталей, умов їх експлуатації при відновленні розмірів і зміцненні деталей використовують такі способи газополуменевого нанесення порошкових покриттів: газопорошкове наплавлення (напилення із одночасним оплавленням), напилення із наступним оплавленням, напилення без оплавлення «холодне» напилення.

Плазмові покриття. Плазмове напилення - це подальший розвиток металізації напиленням. Воно дає можливість у напиленні, а робочі поверхні деталей - із мінімальною шорсткістю після механічного оброблення.

Характерними ознаками плазми є її квазінейтральність, тобто концентрації позитивних і негативних складових у плазмі приблизно однакові, внаслідок чого просторовий заряд практично дорівнює нулю. Високий ступінь іонізації забезпечує високу температуру дугового розряду (близько 6000°C). Для підвищення температури дугу стискають у плазмотронах (наприклад, температура аргонної плазми становить 20...25 тис.°C).

Плазмове наплавлення має переваги порівняно із широко відомим наплавленням під шаром флюсу. Якщо при одношаровому наплавленні під шаром флюсу частка основного матеріалу в наплавленому становить 60 %, то при плазмовому наплавленні - не перевищує 5 %.

Для нанесення плазмою зносостійких покриттів при виготовленні та ремонті деталей можна використовувати багато матеріалів із різними властивостями і широким діапазоном використовувати матеріали поділяють на такі, що безпосередньо мають властивість утворювати надійні захисні покриття для цього практично будь-які матеріали. Напилюванні, і такі, яким ці властивості надаються штучно. Їх можна використовувати у вигляді порошку, дроту, прутків або «керамічного шнура».

Детонаційні покриття. Перше повідомлення фірми «Лінд» про використання детонації в газах для нанесення захисних покриттів з'явилося у 1956 р. Нині цей процес використовують для нанесення зносостійких покриттів на поверхні багатьох виробів.

Для напилення найчастіше застосовують карбід вольфраму на

кобальтовій основі, а також покриття із оксиду алюмінію і керметів складнішого вмісту та інші порошкові сплави.

Детонацією - називають вибух, котрий поширюється із постійною і максимально можливою для певної вибухової речовини і умов швидкістю, що значно перевищує швидкість звуку в цьому середовищі. На відміну від згасальних вибухових є сильна стаціонарна незгасальна ударна хвиля. Залежно від природи вибухової речовини швидкість детонаційної хвилі становить $10^3 \dots 10^5$ м/с. Тому і порошок, котрий розганяється детонаційною хвилею, матиме значно більшу швидкість, ніж при використанні газополуменевого і плазмового струменя.

При детонаційному напиленні висока кінетична енергія частинок порошку дає змогу формувати покриття із матеріалів, температура плавлення яких вища за максимальну температуру вибуху киснево-ацетиленової суміші. Завдяки високій швидкості переміщення частинки порошку сильніше сплющуються і механічно зчіплюються із нерівностями і порами поверхні деталі, ніж за інших умов напилення.

Електродугові покриття. Втрата роботоздатності обладнанням харчової промисловості спричинюється переважно інтенсивним корозійним руйнуванням і корозійно-механічним спрацюванням під дією хімічно-активних технологічних середовищ. Більшість машин і апаратів, котрі потребують захисту від корозії, фарбують або цинкують різними способами. Недостатня довговічність фарбових покриттів, їх дефіцитність, висока вартість для найефективніших покриттів, значні витрати при їх відновленні й ремонтах ставлять під сумнів можливість підвищення довговічності сталевих конструкцій і виробів тільки за рахунок збільшення об'ємів фарбування. Відносно цинкування, то його можливості обмежені дефіцитністю цинку, недостатньою для деяких експлуатаційних умов корозійною стійкістю і санітарно-гігієнічними вимогами.

За таких умов перспективним способом підвищення довговічності сталевих виробів і економії сталі потрібно вважати розвиток алюмініювання із

використанням електродугової металізації.

Полімерні та металополімерні покриття. Серед різноманітних покриттів, котрі можна застосовувати для підвищення довговічності обладнання, поширеними є покриття різними полімерами.

До полімерних покриттів, котрі контактують із агресивними середовищами, ставляться відповідні вимоги. Зокрема, вони повинні мати добру адгезію до поверхні деталі й антиадгезійні властивості щодо продуктів зносу, незначну інертними до технологічних, механічно-міцними, теплостійкими, і допоміжних середовищ, технологічними та економічними. Жоден із відомих полімерів не може повністю. Матеріали із достатньою хімічною стійкістю, як правило, мають недостатню адгезію до металу. Полімерні покриття із задовільною адгезією до поверхні легко руйнуються внаслідок хімічної та механічної дії агресивних середовищ.

2. Технічні характеристики та розрахунок навантажень на підшипник кочення

2.1. Об'єкти досліджень

В базовій комплектації плуга Lemken Varidiamand 160 вузол опорного колеса складається із наступних основних елементів: колесо, рама, вузол кріплення колеса (див. рис. 2.1).

Рис. 2.1. Схематичне зображення вузла опорного колеса плуга Lemken Varidiamand 160:

1 - підшипник, що досліджується.

Одним із найбільш ненадійних елементів даного вузла є підшипники, на які опирається вісь опорного колеса плуга Lemken Varidiamand 160. В базовій комплектації плуга Lemken Varidiamand 160 в якості підшипника використовується підшипник кочення шариковий 6307Z. На рисунку 2.2 зображено схему даного підшипника.

Рис. 2.2. Схематичне зображення підшипнику кочення шарикового 6307Z.

Цей підшипник є підшипником закритого типу в якому робочі тіла ізольовані ущільненням. Це роблять для попередження попадання абразиву при роботі даного вузла.

Причому використання плугів Lemken Varidiamand 160 пов'язано із дією великої кількості частинок джерелом яких є земля. Основні параметри даного підшипника показані в таблиці 2.1.

Геометричні параметри підшипника кочення шарикового 6307Z

d , мм	D , мм	B , мм	d_1 , мм	Вага, кг
35,0	80,0	21,0	49,5	0,44

Довговічність роботи цього підшипника складає до 10000 годин. Для його заміни необхідно зупиняти плуг та проводити повну розборку вузла опорного колеса. Ці операції можна виконувати тільки у спеціально обладнаних приміщеннях. Тому роботу плуга необхідно зупиняти більш ніж на одну добу, що є неприпустимим в період обробки землі для того щоб не порушати агротехнічні вимоги до вирощування рослин.

Тому актуальною задачею є підвищення надійності та довговічності вузла опорного колеса плуга Lemken Varidiamand 160. Це можна зробити за рахунок заміни підшипнику кочення шарикового 6307Z на підшипник ковзання, що зроблений із міцного та зносостійкого матеріалу.

В якості таких матеріалів використовують полімери та полімерні композиційні матеріали на їх основі [20, 41, 46]. Вони значно перевищують по зносостійкості метали із яких виготовляються підшипники кочення. Відомо, що підшипник опорного колеса працює при досить високому рівні навантажень та швидкостей ковзання. Для підбору вимог до матеріалу необхідно визначити ці характеристики.

2.2. Вимоги до матеріалу підшипника ковзання**2.2.1. Визначення максимального питомого навантаження на підшипник від дії ваги плуга Lemken Varidiamand 160.**

Відповідно до конструкції плуга Lemken Varidiamand 160 сила, котра діє на підшипнику кочення шарикового 6307Z спричинена вагою плуга. Тому необхідно розрахувати яке навантаження сприяє 1 підшипник.

Максимальне значення ваги плуга складає $G = 2910$ кг.

Навантаження ($N_{нк}$) на опорне колесо плуга Lemken Varidiamand 160 розраховується за формулою

$$(2.1)$$

де n - кількість коліс.

Навантаження ($N_{зк}$) на кожен підшипник опорного колеса дорівнює:

$$(2.2)$$

де n_1 - кількість підшипників на опорному колесі.

Питоме навантаження на матеріал із якого буду виготовлений підшипник опорного колеса складає:

$$(2.3)$$

де S - площа підшипника на яку опирається вісь колеса.

2.2.2. Визначення лінійної швидкості ковзання на підшипнику.

Для визначення максимальної лінійної швидкості ковзання на підшипнику необхідно знати максимальну його швидкість при транспортуванні. Звичайно ей плуг транспортується при швидкості 30 км/год. Відповідно до цього необхідно розрахувати кількість обертів за хвилину (n_n):

$$n_n = \frac{V}{l_n} = \frac{30}{376,8 \cdot 10^{-5}} = 7961 \text{ об / год.}, \quad (2.4)$$

де V - максимальна лінійна швидкість руху трактору, км/год;

l_n - довжина окружності переднього колеса, км.

Довжина окружності опорного колеса розраховується за формулою

$$l_n = 2\pi \cdot r_n = 2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 10^{-5} = 376,8 \cdot 10^{-5} \text{ км}, \quad (2.5)$$

де r_n - радіус опорного колеса (для плуга Lemken Varidiamand 160 дорівнює 600мм).

Кількість обертів за годину для опорного колеса та підшипника співпадають. Внаслідок того, що вони знаходяться на одному валу. Розраховуємо лінійну швидкість (V_n) на підшипнику ковзання опірного колеса:

$$V_n = n_n \cdot l_{nod} = 7961 \cdot 150 \cdot 10^{-6} = 1,19 \text{ км/год} = 0,33 \text{ м/с.} \quad (2.6)$$

де l_{nod} - довжина окружності підшипника, км.

Довжина окружності підшипника розраховується за формулою

$$l_{nod} = \pi \cdot D = 3,14 \cdot 600 \cdot 10^{-6} = 150 \cdot 10^{-6} \text{ км,} \quad (2.7)$$

де D - внутрішній діаметр підшипника, км.

Відповідно до розрахунку максимальна лінійна швидкість ковзання на опорному підшипнику дорівнює 0,33 м/с. Тобто дослідження триботехнічних властивостей необхідно проводити при швидкостях не нижчих ніж 0,33 м/с.

3. Дослідження якісних характеристик термостійких матеріалів для вузлів тертя

3.1. Композиційні матеріали як провідний матеріал у вузлах тертя

У більшості випадків в якості матеріалів для вузлів тертя машин і механізмів використовуються композиційні матеріали. Які є неоднорідними суцільними матеріалами, що складаються із двох або більше компонентів, серед яких можна виділити армуючі елементи, що забезпечують необхідні механічні характеристики і матрицю, що забезпечує спільну роботу цих елементів. Механічна визначається співвідношенням армуючих елементів і матриці, а також міцністю зв'язку між ними. Ефективність і працездатність матеріалу залежать від правильного вибору вихідних компонентів і технології їх суміщення, покликаної забезпечити міцний зв'язок між компонентами при збереженні їх початкових характеристик. У котрий не тільки відображає вихідні характеристики його компонентів, але і, якими ізольовані компоненти не володіють. Зокрема, наявність границі розділу між армуючими елементами і матрицею істотно підвищує міцність матеріалу, і в композитах, на відміну від металів, підвищення статичної міцності призводить не до зниження, а, як правило, до підвищення характеристик в'язкості руйнування.

Складовими елементами композиційних матеріалів можуть бути чорні і кольорові метали і сплави на їх основі, полімери, керамічні і багато інших матеріалів.

Окрім класичних композиційних матеріалів, існують також і полікомпонентні, котрі у свою чергу підрозділяються на типи:

- поліматричні (матеріали, до складу котрих входять декілька видів матриць);
- гібридні (матеріали, котрі включають декілька наповнювачів).

Як відомо [38], головним завданням матриці є забезпечення непорушності матеріалу і стійкості до дії зовнішніх чинників, а наповнювачі

відповідають за механічні властивості усього матеріалу в цілому.

До найбільш перспективних матеріалів для вузлів тертя машин і механізмів відносяться матеріали на основі полімерів. До їх основних переваг потрібно віднести відносно невисоку густину, невисоку собівартість виготовлення деталей із них, високу стійкість до дії агресивних середовищ, можливість роботи у вузлах тертя без змащування чи в змащування. До недоліків матеріалів потрібно віднести їх невисоку тепло- і термостійкість та міцність. Однак відомий [5, 29] ряд жорсткозчепних полімерів, котрі по своїх теплофізичних та фізико-механічних властивостях значно перевищують більшість полімерів. Так їх теплостійкість наближається до 300°C, а термостійкість до 350°C. Тому використання таких полімерів в якості зв'язуючої матриці дозволяє отримувати матеріали які здатні працювати у вузлах тертя при високому рівні навантажень, швидкостей ковзання і температур.

Основні вимоги, котрі висувають до теплостійких полімерів у вузлах тертя, у деяких випадках є взаємовиключні. Тому сформувані єдині вимоги до всіх полімерів дуже складно. Однак на теперішній час вимоги можливо розділити на економічні, технологічні, експлуатаційні і гігієнічні [28].

З економічної точки зору полімери, котрі застосовуються для виготовлення деталей, а також змащувальні матеріали повинні бути дешеві.

Технологія виготовлення деталей із полімерів повинна бути досить простою. Зміна змащувального матеріалу при експлуатації вузлів тертя повинна проводитись як можливо рідко чи не проводитись зовсім.

Технологічні вимоги такі: добра оброблюваність полімерів, створення шорсткостей на поверхні тертя близьких до експлуатаційних, тобто забезпечення невеликого по часу періоду притирки, простота технологічних процесів при виробництві деталей, розробка систем ефективного контролю за якістю продукції.

У процесі експлуатації полімери, що працюють в парі тертя, повинні мати стабільне значення коефіцієнту тертя, добру прироблюваність, невеликий по

часу період приробки, виключення задиру, високу корозійну стійкість і зносостійкість. Високі значення механічних та теплофізичних властивостей полімерів, необхідні для роботи при навантаженні та стабільній роботі у визначеному тепловому режимі.

З точки зору екологічної безпеки, полімери в парі тертя у процесі експлуатації не повинні створювати речовин, котрі забруднюють навколишнє середовище. При роботі вони не повинні розкладатися і утворювати токсичні речовини і неприємні запахи.

Таким чином, підбір полімерів для вузлів тертя має певні труднощі. Очевидно, що найбільш важливими властивостями, котрі повинні мати матеріали вузлів тертя, - це довговічність вузла при необхідних значеннях коефіцієнту тертя. Успішний вибір полімерів неможливий без аналізу конструкційних та кінематичних і умов його роботи. Тому доцільно розглядати питання про підбір полімерів стосовно до вузлів визначеного функціонального призначення.

3.2. Полімерні матриці

У вузлах тертя в якості антифрикційного матеріалу можуть використовуватися як термопластичні так і терморективні полімери.

Основними перевагами матеріалів на основі термопластів є високі антифрикційні властивості, низька вартість, можливість переробки у виробі такими високопродуктивними методами, як литтям під тиском, екструзією. Композиційні матеріали на основі термопластів можуть перероблюватися у плівки і покриття у вузлах тертя, у яких виключена можливість локального перегріву. Композиційні матеріали на терморективному зв'язуючому мають непогані антифрикційні властивості та вищі, ніж у термопластів, показники міцності та термостійкості. Але суттєвим недоліком є складність переробки їх у виріб.

Теплостійкі полімерні матеріали, котрі використовуються у вузлах тертя,

можливо розділити на наступні групи:

- лінійні полімери із простими групами шарнірних атомів (-O-, -S-, -SO₂-, -CH₂- чи інші) між ароматичними кільцями. До цієї ж групи відноситься також політетрафторетилен та співполімери етилену із тетрафторетиленом;

- лінійні полімери, котрі крім простіших групами шарнірних атомів мають інші складні групи атомів (амідні чи складноєфірні) між ароматичними кільцями;

- ароматичні полімери, основна ланка яких складається із гетероциклічних груп (гетероциклів);

- поліциклічні чи плоскі леснічні полімери;

- вуглець-вуглицеві композити(C-C).

До найбільш розповсюджених термостійких полімерів що випускається промисловістю відносяться фторопласти, поліарілати, поліфеніленоксиди, поліфеніленсульфіди, полісульфони, ароматичні поліаміди, поліаміди, поліефиркетони і фенольні полімери [39].

Фторопласти це група фтормістких полімерів із унікальним набором властивостей [5]. Найбільше поширення із них отримали: політетрафторетилен (PTFE, фторопласт-4, Teflon, Algoflon F), політрихлорфторетилен (CTFE, Фторопласт- 3, Dyflon, Neoflon), поливинилиденфторид (PVDF, Solef, Фторопласт- 2), сополімер тетрафторетилену із етиленом (ETFE, Фторопласт-40, Hostaflon ET). Тепло- і термостійкість цих полімерів доходять відповідно до 200 і 380°C. Деталі із фторопластів знайшли широке застосування у вузлах тертя машин і механізмів, працюючих із мастилом і без в широкому інтервалі навантажень і швидкостей ковзання. Завдяки високій хімічній стійкості деталі із фторопластів працюють у вузлах машин і механізмів, що контактують із агресивними середовищами.

До недоліків фторопластів потрібно віднести їх високий рівень собівартості, невисокий рівень технологічності при переробці у виробі і невисокий рівень фізико-механічних властивостей.

Поліарілати - складні ароматичні поліефіри. Сумісність високих фізико-

механічних та теплофізичних властивостей сприяє використанню поліарілатів у вузлах тертя [39]. При цьому вони витримують ударні навантаження і вібрації мають низький, можуть працювати довгий час при високих температурах, у вакуумі, при великих градієнтах швидкостей між поверхнями тертя.

Температурна межа експлуатації поліарілатів досягає 300°C. Хімічна стійкість дозволяє використовувати поліакрилати у вузлах тертя, котрі працюють в активних середовищах.

Для покращення триботехнічних властивостей його наповнюють графітом, нітридом бору, дисульфідом молібдену, фторопластом, волокнами різної природи.

До основних недоліків поліарілатів потрібно віднести неможливість переробки у виріб високопродуктивними методами внаслідок наявності жорстко-ланцюгових макромолекул, та близькості температури плавлення до температури деструкції.

Поліфеніленоксид - це термопластичний полімер, котрий є міцним та еластичним конструкційним матеріалом. Деталі із цього полімеру можуть експлуатуватися при температурах до 210°C. Він стійкий до дії кислот, лугів, спиртів та води. Термічна при до 400°C але він зберігає свої властивості до 200°C [39]. Використовується в якості композиційного конструктивного та антифрикційного матеріалу в композиції із скляним волокном, полістиролом, фторопластом.

З основних недоліків потрібно відмітити невисокі значення ударної в'язкості і модуля пружності, що обмежує використання цього матеріалу при високих навантаженнях.

Полісульфони - це термопласти із високою теплостійкістю і фізико-механічними властивостями. Ароматичні полісульфони можуть використовуватись у вузлах тертя при температурах до 250°C, при яких не помічається значне зменшення фізико-механічних властивостей [39]. Завдяки введенню твердих змащувальних матеріалів (графіту, MoS₂, ПТФЕ) можливо використання у вузлах тертя машин і апаратів. Ці полімери знайшли

застосування в електротехніці для виготовлення рухомих частин котушок та реле завдяки своїм високим діелектричним властивостям. До недоліків потрібно відмітити високу гігроскопічність композитів на основі полісульфонів.

Поліфеніленсульфід - це теплостійкий полімер, котрий не розкладається в інертному середовищі і на повітрі до 427°C [39]. Температура тривалої експлуатації поліп-феніленсульфіда досягає 260°C . Цей полімер має високу стійкість у розчинниках та агресивних середовищах в органічних розчинниках. Використовується в якості конструкційного та антифрикційного матеріалу у вузлах тертя, котрі працюють при високих температурах у агресивних середовищах.

З недоліків потрібно відмітити невисокі значення питомої ударної в'язкості, порівняно невеликі теплофізичні властивості.

Ароматичні поліаміди - це група лінійних гетероланцюгових полімерів, молекули яких складаються із ароматичних фрагментів різної будови, сполучених амідними зв'язками. Найбільше поширення із ароматичних поліамідів отримали полімета- і поліпарафеніленізофталаміди і сополімери на їх основі (Фенілон, Kevlar, Nomex). Термостійкість ароматичних поліамідів досягає 360°C , а теплостійкість - 300°C [22]. Деталі із ароматичних поліамідів можуть працювати у вузлах тертя машин і механізмів, не втрачаючи своїх фізико-механічних властивостей до 280°C . При цьому після механічної міцності, твердості, при терті перевершують більшість пластмас. До недоліків ароматичних поліамідів потрібно віднести їх високу собівартість і неможливість переробки у виріб високопродуктивними методами (литво під тиском, екструзія).

Поліаміди - це полімери, що містять в основному ланцюзі макромолекули циклічну імідну групу [55]. Залежно від хімічної будови радикала, що примикає до неї, поліаміди бувають аліфатичні і ароматичними. До найбільш поширених поліамідів потрібно віднести наступні марки: Torlon, LARC, Pyralin, АПИ, Kinel, Skybond. Термостійкість деяких поліамідів доходить до 450°C . із

поліамідів виготовляють деталі конструкційного і триботехнічного призначення, котрі можуть працювати при 220°C. із недоліків поліамідів варто відмітити їх невисокий рівень технологічності при переробці у виріб. Цей недолік характерний, більшою мірою, для поліамідів із високим рівнем термо- і теплостійкості.

Полиефіркетони - це ароматичні полімери, молекулярні ланцюги яких побудовані із феніленових циклів, карбонільних груп атомів кисню [60]. До найбільш поширених віднести наступні марки: Victrex, Vetrepek. По термостійкості ці полімери досягають 500°C, теплостійкість їх доходить до 200°C.

Фенольні полімери - це реактопласти із високим рівнем термостійкості [39]. Такі відомі такі фенопласти, котрі можуть короткочасно витримувати температури до 1000°C, утворюючи при цьому термозахистний матеріал - кокс. У початковому виді фенольні полімери практично основі застосування не використовуються, проте композити на їх у промисловості. Фенопласти використовуються як покриття корпусів ракет і інших літальних апаратів, що забезпечують їх абляційний захист при входженні в щільні шари атмосфери.

У хімічній, металургійній та ін. галузях промисловості фенольні композити використовуються для виготовлення деталей для конструкційних вузлів машин і механізмів, працюючих при високому рівні температур.

За своїми фізико-механічними і теплофізичними властивостями фенопласти знаходяться на одному рівні із найкращими термостійкими полімерами, а за ціною є значно дешевше їх. Тому перспективним є застосування фенольних полімерів в якості основи для створення полімерних композиційних матеріалів для виготовлення деталей машин і механізмів на заміну їх дорожчих аналогів.

3.3. Наповнювачі

Для покращення експлуатаційних властивостей теплостійких полімерів, котрі використовуються у вузлах тертя, їх наповнюють дрібнодисперсними порошками, волокнами і модифікаторами різної природи [32].

Наповнені полімерні системи можуть бути отримані наступним чином:

- наповнювачі змішують із розплавом полімеру і виріб формується при заданих технологічних режимах;

- наповнювачі просочують розчином чи суспензією полімеру, видаляють розчинник, і виріб формується при заданих тисках та температурах частіше всього методами гарячого пресування.

У якості наповнювачів для антифрикційних матеріалів використовуються дрібнодисперсні метали та синтетичні наповнювачі, котрі сприяють підвищенню теплопровідності матеріалу, що призводить до зменшення температури на поверхні тертя та коефіцієнту тертя.

Широке застосування отримали такі наповнювачі як графіт, нітрид бору, диоксид молібдену, окисли металів, слюда, тальк, фосфати, сульфідиди, хлориди, бромідиди йодидиди та оксидиди металів. Відомі композиції, де у якості наповнювача використовується полімерний матеріал. Для створення антифрикційних матеріалів частіше всього використовуються наповнювачі, котрі мають ламілярну чи шарову структуру.

Умовно їх можливо розділити на дві групи. До першої групи відносяться матеріали, котрі хімічно не взаємодіють із поверхнею контртіла. Змащувальна властивість їх обумовлена особливою структурою та адгезією до металевіи поверхні контртіла. В цю тверді змащувальні матеріали, як графіт, дисульфід молібдену, нітрид бору, окисли другої групи входять металів, фталоціанін міді, слюда, тальк і т.д. До наповнювачі, котрі здатні створювати міцні хімічні зв'язки із металевим контртілом. До таких змащувальних матеріалів відносяться такі матеріали, як фосфати, сульфідиди, селенідиди, бромідиди, йодидиди і оксидиди металів.

Використання дисульфиду молібдену, як антифрикційної домішки обмежено тим, що при нормальних умовах він має підвищений коефіцієнт тертя, завдяки адсорбованим молекулам води на коефіцієнт тертя композицій поверхні тертя. У вакуумі і при великій температурі, наповнених дисульфідом молібдену зменшується і набуває невеликих сталих значень. Ця властивість забезпечує використання композицій із дисульфідом молібдену у вузлах тертя, котрі працюють в космосі.

Використання йодистих твердих змащувальних матеріалів (BiJ_2 , PbJ_2 , CdJ_2) у композиційних матеріалах на полімерній основі дозволяє значно зменшити коефіцієнт тертя та підвищити зносостійкість пари тертя. Хімічно активний наповнювач, модифікує поверхню тертя і забезпечує роботу вузла тертя без захоплювання контактуючих поверхонь.

Основним недоліком матеріалів, котрі наповняють шаруватими наповнювачами є невисокі значення фізико-механічних властивостей отриманих полімерних композиційних матеріалів.

3.4. Термостійкі полімерні композиційні матеріали на основі фенольної матриці та графітів різних модифікацій

Розвиток вітчизняної промисловості ускладнений без використання сучасних термостійких матеріалів конструкційного призначення. Деталі із них мають бути конкурентними за ціною, технологічними у виготовленні, забезпечувати надійну і довговічну роботу машин і механізмів в агресивних і абразивних середовищах, при високому рівні швидкостей і температур, дії статичних і динамічних навантажень. із метою зменшення імпортозалежності і активізації українського виробника вони повинні виготовлятися із матеріалів, отриманих на основі вітчизняної сировини і в промислових умовах України.

Для створення виробів конструкційного призначення привабливими є фенопласти [39] завдяки їх відносно невисокій ціні і високому рівню фізико-механічних і теплофізичних властивостей. Вони знайшли широке застосування в

різних галузях промисловості в якості матеріалів для виготовлення корпусних деталей, тіл обертання, підшипників ковзання і кочення, напрямних та інших. [24]. Виходячи із вищесказаного можна зробити висновок, що використання фенопластів в якості полімерної основи для створення полімерних композиційних матеріалів для виготовлення деталей вузлів тертя є актуальною задачею.

Фенольні полімери бувають резольного та новолачного типів. Новолачні смоли отримують при надлишку фенолу (зазвичай 7:6) у присутності кислоти, а резольні - при надлишку формальдегіду (6:7) у лужному середовищі. Новолачні смоли зберігають плавкість і розчинність в етиловому спирті і в інших розчинниках при нагріванні. Їх можна перевести в резолі дією формальдегіду або уротропіну (гексаметилентетраамина). Безпосередньо після отримання бакеліт знаходиться в стадії А, (в якій він зберігає плавкість і розчинність в спирті. При нагріванні бакеліту в стадії А до температури 110-140°C він проходить через проміжну стадію В (резитол), коли смола розчиняється лише частково, і переходить в неплавку і нерозчинну стадію із (резит).

Більш технологічними при отриманні виробів триботехнічного призначення є фенольні полімери новолачного типу. Прес-порошки із яких, на відміну від резольних, можна використовувати у якості сировини для створення ПКМ та виробів із них впродовж декількох місяців без втрати їх рівня властивостей.

4. Результати експериментальних досліджень та обґрунтування застосування полімерних композиційних матеріалів

4.1. Об'єкти досліджень

В якості полімерної матриці було вибрано новолачне фенольне зв'язуюче, у вигляді прес-порошку марки СФП - 011Л (ТУ 2257-111-05015227-2006), яке являє собою суміш твердої феноло-формальдегідної смоли і уротропіну, отриману в процесі їх одночасного механічного подрібнення.

За зовнішнім виглядом - це дрібнодисперсний порошок від білого до темно-коричневого кольору. Основні його характеристики приведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Характеристики прес-порошку СФП - 011Л

№	Найменування показника	Значення
1	2	3
1	Масова частка уротропіну, %	6 - 10
2	Рухливість розплаву, мм	40 - 90
3	Залишок на ситі із сіткою № 0,1 К,%, не більше	2,0

В якості наповнювачів були обрані графіти різних модифікацій наступних марок: графіт ГЛ-1(ГОСТ 5279-74) та С-1(ТУ У26.8-05394618-018-2003) виробництва ВАТ "Маріупольський графітовий комбінат" та марки GRMC-2 виробництва "Glorious resources CO., Limited".

Дані наповнювачі являють собою дрібнодисперсні порошки темно-сірого, близького до металевому кольору. Основні їх характеристики приведені у таблиці 4.2.

Характеристики графітів марок ГЛ-1, С-1 та GRMC-2

Найменування показника	Марка графіту		
	ГЛ-1	С-1	GRMC - 2
Зольність, %, не більше	13	0,5	13
Вагова доля вологи, %, не більше	1,0	0,5	1,0
Масова доля залишку, %, не більше, на ситі с сіткою, №:			
016	40	не нормується	-
100	-	не нормується	20

4.2. Методика приготування композитів

Для проведення досліджень зразки отримували за наступною схемою: змішування полімеру із графітом; брикетування; гаряче пресування.

В даній роботі використовували форми від плит преса та боковим для прямого пресування із комбінованим нагріванням омичним нагрівачем. Її схематичне зображення приведено на рисунку 4.1.

Рис. 4.1. Схематичне зображення прес-форми із комбінованим нагріванням від плит преса та боковим омичним нагрівачем:

1 - нагрівальні плити преса; 2 - пуансон верхній та нижній; 3 - матриця; 4 - термопара; 5 - брикет, що переробляється.

Суміщення полімеру із графітом відбувалося за допомогою операції змішування на лабораторній мішалці лопатевого типу. Отримані полімерні композиції брикетували суцільного препрегу до отримання із щільністю не менше $0,7 \text{ г/см}^3$. Виготовлення зразків здійснювалося методом гарячого пресування у прес-формах із підігрівом при температурі 353 К і

питомому тиску 25 МПа.

4.3. Методи дослідження композитного матеріалу

Мікрофотографії отримували за допомогою оптичного мікроскопу “МБР-1Е”, котрий оснащено цифровою камерою SCOPETEK DEM-130.

Щільність ρ композитів визначали відповідно до ISO 1183-1 (method A. Immersion Method), використовуючи аналітичні ваги “ВЛР-200”. Напруження при стисканні при та визначали модуль пружності E відповідно до ISO 604 на універсальній розривній машині “Heckert FP 100/1”. Твердість композитів H визначали відповідно до методу вдавлення шарика за ISO 1183-1 на машині “2013 ТШСП”.

Коефіцієнт тертя та інтенсивність лінійного зношування при фрикційній взаємодії розроблених полімерних композиційних матеріалів при режимі тертя без із сталлю визначали на машині “2070 СМТ-1” змащування по схемі диск-колодочка. Сталевий зразок виготовляли із сталі 45 із шорсткістю поверхні $Ra = 0,32$ мкм та твердістю 45-50 HRC.

4.4. Результати експериментальних досліджень

Відповідно до попередніх досліджень [21] вміст дисперсних наповнювачів у ПКМ конструкційного та триботехнічного призначення не перевищує 30%. Тому для подальших досліджень були вибрані саме такі концентрації компонентів у ПКМ.

Вихідний фенольний прес-порошок та наповнювачі є дрібнодисперсними матеріалами, котрі суміщаються один із одним за допомогою операції змішування. Вибір правильної методики та обладнання для проведення цієї операції є досить важливим тому, що розподілення дисперсного наповнювача якість отриманого виробу залежить від рівномірності в об’ємі полімеру. Для змішування складових полімерної композиції використовували швидкохідну

механічну мішалку із складною формою лопатей, котра дозволяє інтенсивно та якісно проводити процес суміщення її вихідних компонентів. Безпосередньо процес переміщування проводили у дві стадії. На першій стадії суміщення компонентів в сталому режимі роботи мішалки. На другій стадій впродовж 2 хвилин при режимі короткочасного її “ввімкнення-вимкнення”.

Рівномірність розподілення наповнювачів у полімерній матриці визначали за поверхонь допомогою мікрофотографій отриманих ПКМ, проводячи їх математичну оцінку за допомогою знаходження коефіцієнтів неоднорідності.

Коефіцієнт неоднорідності (V_c) ПКМ визначали за формулою:

(4.1)

де c_i - концентрація одного із компонентів;

N - концентрація того ж компонента при ідеальному розподілі;

n - кількість дослідів.

Вважається [32] що коефіцієнт неоднорідності двокомпонентних систем із високим рівнем рівномірності розподілення наповнювача у полімерній матриці лежить в інтервалі від 0 до 4, причому чим менші він має значення тим суміш більш однорідна.

Результати оцінки рівномірності розподілення наповнювача у полімерній матриці за допомогою коефіцієнту неоднорідності приведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Значення коефіцієнтів неоднорідності розроблених ПКМ

ПКМ	Концентрація наповнювача, ваг%	Коефіцієнт неоднорідності
Фенольна смола + графіт (ГЛ-1)	5	3,79
	10	3,78
	15	3,75
	20	3,99
	25	3,90

	30	3,86
Фенольна смола + графіт (ГС-1)	5	2,86
	10	2,98
	15	2,95
	20	3,20
	25	3,31
	30	3,28
Фенольна смола + графіт (GRMC-2)	5	3,10
	10	3,23
	15	3,67
	20	3,64
	25	3,78
	30	3,92

З отриманих результатів видно, що для всіх ПКМ, що досліджувалися, коефіцієнти неоднорідності не перевищували значення 3,99, що відповідає досить високому рівню наповнювачів рівномірності розподілення у полімерній матриці. Тобто методика та обладнання, що були використані для суміщення вихідних компонентів ПКМ дозволяють отримати досить однорідний якісний матеріал.

Для встановлення оптимального вмісту наповнювачів в об'ємі полімеру були проведені дослідження тертя та зношування розроблених ПКМ при їх фрикційній взаємодії із сталлю (рис. 4.2).

а)

б)

в)

Рисунок 4.2. Концентраційні залежності (а) коефіцієнту тертя, (б) температури на поверхні тертя та (в) інтенсивності лінійного зношування ПКМ на основі фенольного зв'язуючого та графіту ГЛ-1.

З результатів досліджень видно, що введення графіту призводить до покращення антифрикційних властивостей розроблених ПКМ. Так коефіцієнт тертя, температура на поверхні тертя та інтенсивність лінійного зношування у

розроблених ПКМ у 1,2-2 рази кращі ніж у вихідного полімеру.

Слід відмітити, що отримані концентраційні залежності мають екстремальний характер, котрий спостерігається в області значень концентрацій 10% ваг. Коефіцієнт тертя та інтенсивність лінійного зношування ПКМ із такою наповнювача складають концентрацією відповідно 0,27 та 6×10^{-9} м/м. Температура на поверхні тертя цього композиту не перевищувала 112°C , що є допустимим для полімерної матриці на основі фенольного зв'язуючого [25].

Покращення показників триботехнічних властивостей розроблених ПКМ при терті по сталі пояснюється створенням антифрикційної плівки на сталій поверхні, котра сприяє покращенню умов тертя матеріалів, що досліджуються.

Відповідно до проведених досліджень можна зробити висновок, що оптимальним вмістом графіту у розроблених ПКМ є 10% ваг. Композити із таким вмістом наповнювача мають фрикційній взаємодії найкращий рівень триботехнічних властивостей при із сталлю і деталі із них можуть використовуватися у антифрикційних вузлах машин і механізмів.

Для встановлення впливу марки графіту на рівень триботехнічних властивостей композиту із оптимальним вмістом наповнювача (10% ваг.) були проведені дослідження їх тертя та зношування при фрикційній взаємодії із сталлю (див. рис. 4.2).

Як можна побачити із результатів досліджень найкращий рівень триботехнічних властивостей мають композити із графітом марок GRMC та С-1. Так значення їх коефіцієнту тертя та інтенсивності лінійного зношування на 5-15% кращі ніж у змащувальною властивістю композиту із графітом ГЛ-1. Це пов'язано із кращою цих графітів, котра обумовлена їх меншими розмірами частинок, особливостями структури та морфології.

На деталі що працюють у вузлах тертя машин і механізмів діють стискаючі, розтягуючі, згинаючі та інші види навантажень, котрі можуть призводити до їх незворотної деформації та руйнування. Тому являє

зацікавленість дослідити фізико-механічні властивості розроблених ПКМ із оптимальним вмістом графіту марок GRMC та С-1. Результати цих досліджень представлені в таблиці 4.4.

Відповідно до результатів досліджень розроблені ПКМ мають досить високий рівень фізико-механічних властивостей. Так їх твердість та напруження при межі текучості при стисканні досягають 228 та 155 МПа.

Таблиця 4.4.

**Показники фізико-механічних властивостей композиту 90%
фенольне зв'язуюче + 10% графіт**

Показник властивостей	Марка графіту	
	GRMC	ГС-1
Густина ρ , кг/м ³	1315	1310
Твердість НВ, МПа	228	228
Напруження при межі текучості при стисканні σ_y , МПа	150	155
Модуль пружності E , МПа	2900	3050

Значення цих параметрів знаходяться на рівні та перевищують аналогічні для крупнотонажних полімерних композитів триботехнічного призначення. Модуль пружності розроблених композитів наближається до 3050 МПа, що дозволяє отримати матеріал, деталі із якого будуть зберігати свою форму у допустимих межах навіть при суттєвих навантаженнях. потрібно відмітити, що поряд із такими високими значеннями міцнісних характеристик густина розроблених ПКМ складає 1315 кг/м³. Що дозволяє рекомендувати до застосування такі матеріали у вузлах тертя машин і механізмів.

4.5. Висновки до розділу

В результаті проведення досліджень розроблено термостійкі ПКМ на основі фенольного зв'язуючого і графіту. Встановили вплив концентрації та марки наповнювача на триботехнічні властивості розроблених ПКМ. Відповідно до проведених досліджень, визначили ПКМ із оптимальним

вмістом

вихідних компонентів і провели дослідження його фізико-механічні характеристик. Надали рекомендації щодо використання розроблених ПКМ в якості матеріалу для виготовлення підшипника ковзання опорного колеса плуга Lemken Varidiamand 160.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Охорона праці при роботі та обслуговуванні знарядь для обробітку ґрунту

Перед початком роботи на трактор в суху вітряну погоду необхідно вдягнути індивідуальні засоби захисту органів дихання, та захисні окуляри для захисту органів зору; сполучати машину із трактором потрібно обережно і уважно, подавати трактор до машини заднім ходом потрібно на уповільненій передачі, плавно, без ривків.

При навішуванні плуга знаходження персоналу в зоні між плугом і трактором категорично заборонене. При піднятті і опусканні плуга за допомогою дистанційних кнопок управління, також забороняється знаходитися в зоні між трактором і плугом.

Перед навішуванням плуга ручку регулювання гідравліки встановити в положення повільної дії, щоб уникнути раптового падіння плуга. А перед проведенням орних робіт ретельно перевірити плуг і трактор на справність, кріплення робочих органів та механізму наче плювання. Забороняється виїзд тракторного агрегату, якщо гідросистема не утримує плуг в піднятому стані.

Щоб рушити ,перед початком руху необхідно подати попереджуючий сигнал, а рушати із місця із навісною машиною необхідно плавно та без ривків.

При роботі із навісним знаряддям необхідно дотримуватись певних правил охорони праці.

При переїздах плуг необхідно піднімати в транспортне положення, поверхні корпусів плугів, передплужників, лап і інших робочих органів дозволяється очищати від налиплого ґрунту і навислих рослинних решток тільки на поворотних смугах (очищати робочі поверхні знаряддя від налиплого ґрунту дозволяється лише спеціальними чистиками, а від бур'янів і рослинних решток - спеціальними гачками).

При установці машин (знарядь) на заданий режим роботи, знаряддя необхідно ставити на спеціальні опори, щоб уникнути випадкового падіння.

При роботі із знаряддям категорично забороняється:

- працювати із несправним плугом;
- повертати агрегат при опущеному навісному знарядді;
- робити кругову оранку;
- знаходитися біля агрегату під час повороту;
- повертати агрегат при ослаблених ланцюгах навішування;
- регулювати плуг і підтягувати болти на ходу або в транспортному стані;
- очищати плуг на ходу або в транспортному стані;
- ремонтувати плуг у полі при працюючому тракторі або в транспортному положенні.

При ремонті та технічному обслуговуванні плуга перед початком технічних чи ремонтних робіт необхідно вдягнути спец. одяг, головний убір, захисні рукавиці та окуляри (одяг повинен бути ретельно заправлений)

При проведенні ремонтних робіт забороняється лягати під плуг.

При заміні лемішів, дошок або долот плуга, його необхідно ставити на спеціальні опори, щоб уникнути випадкового падіння знаряддя. При заточуванні лемішів та інших робочих органів користуватися рукавицями і захисними окулярами.

Заміну лемішів можна робити тільки тоді, коли під польові дошки переднього і заднього корпусів підкладені надійні колодки.

До монтажу і демонтажу опорного колеса допускається тільки навчений персонал. Монтаж і демонтаж проводиться тільки із відповідними монтажними інструментами. Якщо використовується електроінструмент то при роботі із ними необхідно виконувати усі правила безпечного користування;

Після закінчення проведення ремонтних робіт, необхідно відключити весь робочий інструмент від мережі, прибрати приладдя, та за необхідності постановки агрегату на зберігання - змастити робочі органи спеціальною змазкою.

5.2. Застосування сільськогосподарської техніки для гасіння пожеж

Найбільшу пожежну небезпеку, у сільському господарстві мають хлібні культури в період їх дозрівання і до кінця збирання врожаю. Пожежі дозрілих хлібних масивів створюють загрозу скошеним хлібам, укладеним у валки або копиці, а також сільськогосподарській техніці, що використовується на збиранні врожаю, на сільськогосподарські будівлі: токи, сушарки, кошари і т.п. Пожежі на хлібних масивах розвиваються дуже швидко, на швидкість поширення пожежі особливо впливає швидкість вітру. В результаті в посушливу погоду швидкість поширення полум'я по високих хлібах і травах може досягати до 500-600 м/хв.

При виявленні пожежі на хлібному масиві кожен громадянин або працівник сільського господарства негайно повинні повідомити про пожежу в пожежну охорону по телефону 101 або повідомити нарочних.

Для забезпечення безпеки і створення можливості боротьби із пожежами хлібні масиви розділяють на ділянки площею до 50 га прокошуваннями шириною 10-12 м, по прокошуванню роблять проорювання шириною 5-6 м. В період збирання врожаю посилюють чергування на полях. При невеликих пожежах хлібного масиву, що починаються, або степових пожежах і слабкому вітрові сили і засобу пожежі із переходом на фланги, щоб звузити кромки горіння або направити вогонь на захисну смугу.

Основи організації гасіння закладаються в «план забезпечення пожежної безпеки» в період прибирання, в якому передбачається:

- а) порядок залучення транспорту, засобів гасіння, ПММ, живлення, вода, зв'язок, сповіщення, медичне забезпечення;
- б) узгоджується із організаціями, що притягаються для гасіння.

Перед тим як ліквідувати вогонь необхідно розвідкою встановити: напрям вогню, загрозу будовою, людям, сільгосптехніці, межі і розміри пожежі, наявність перешкод на шляху вогню, та виробити стратегію за якою буде утилізуватися пожежа.

Підготовка до гасіння пожежі:

- перед прибиранням культур на місці зосереджують трактори із плугами для опашки а також пожежну техніку пристосовану для гасіння пожежі;
- масиви розбивають на ділянки $S = 50$ Га, і прокошуються шириною 10-12 метрів, а уздовж прокошування робиться проорювання шириною 6 м;
- чергування на полях цілодобове;
- наявність засобів зв'язку.

Прийоми гасіння :

- оранка навколо пожежі тракторами із плугами (рис. 5.1);
- зволоження водою, хімікатами на шляхах поширення ;
- захльостування мітлами, гілками;
- облаштування прокошувачів попереду фронту пожежі.

Рис. 5.1. Метод опашки зони вогню тракторами при наявності загороджувальної смуги.

Якщо пожежа сталася на великій площі і при сильному вітрові (>7 м/сек) то виконуються такі дії:

- створюються загороджувальні смуги із використанням природних перешкод (дороги, яри, річки);
- пуск зустрічного вогню від опорної лінії (20 м) - до 10 км від фронту пожежі.
- при достатній кількості сил і засобів одночасно їх вводять в тили із просуванням по флангах із напрямом вогню за захисну смугу.

Техніка безпеки при гасінні пожежі на полі :

- не допускати людей на фронт пожежі при значній швидкості пожежі;
- розташовувати людей на відпочинок у безпечних місцях (на висоті - видимість);
- не допускати самовільного переходу людей із однієї ділянки на іншу;
- зв'язок між групами (постійний);

- забезпечення харчуванням і медичним обслуговуванням.

Щоб не допустити пожеж на хлібних масивах і в місцях його зберігання або переробки необхідно: Керівникам, посадовцям сільськогосподарських підприємств (організацій) і селянсько-фермерських господарств (підприємці), а також громадянам в період прибирання, зберігання і переробки урожаю зобов'язані дотримуватися вимог пожежної безпеки. До початку збирання врожаю усі задіяні в ній особи повинні пройти протипожежний інструктаж, а прибиральні агрегати і автомобілі мають бути засобами оснащені первинними пожежогасінні, обладнані справними іскрогасниками і мати відрегульовані системи живлення, запалення і мастила.

Перед дозріванням колосових хлібні поля в місцях їх прилягання до лісових і торф'яних масивів, степової смуги, автомобільних і залізних доріг мають бути обкошені і не оборані смугою шириною менше 4 м. Прибирання зернових повинне розпочинатися із розбиття хлібних масивів на ділянки площею не більше 50 га. Між ділянками повинні робитися прокошування шириною не менше 8 м. Скошений хліб із прокошувань негайно забирається. Посередині прокошувань робиться проорювання шириною не менше 4 м. У безпосередній близькості масивів від прибираних хлібних площею більше 25 га необхідно мати наготові трактор із плугом для опашки зони горіння на випадок пожежі. Не дозволяється спалювання стерні, пожнивних решток і розведення вогнищ на полях.

5.3. Розрахунок стійкості трактора до перекидання

Стійкістю називають здатність трактора зберігати напрям руху і протистояти дії зовнішніх сил, прагнучих викликати занесення або перекидання. Розрізняють подовжню і поперечну стійкість машин і агрегатів.

Розрахуємо стійкість для трактора що агрегатується із плугом Lemken Varidiant 160, а саме для JOHN DEERE 8370R.

Критерієм подовжньої стійкості служать граничні значення кутів підйому

α_n і ухилу α_y .

Кут підйому, при якому виникає вірогідність перекидання (рис. 5.2).

Рис. 5.2. Схема сил, що діють на колісний трактор, що стоїть на граничному підйомі:

a - подовжня координата центру тяжіння машини, (1,16 м); h_y - висота розташування центру тяжіння машини над поверхнею дороги, (0,67 м); y' і y'' - нормальна реакція дороги на колеса, розташовані в нижній і верхній частинах ухилу; G - сила тяжіння трактора; $P_{гал}$ - гальмівна сила.

Кут підйому при якому виникає вірогідність перекидання розраховується за формулою:

$$\operatorname{tg}\alpha_n = a / h_y. \quad (5.1)$$

Якщо прорахувати зворотну функцію даного значення, то отримаємо значення кута підйому при якому виникає вірогідність перевертання. Для трактора JOHN DEERE 8370R він дорівнює $38,12^\circ$.

Граничний кут ухилу колісних машин, град:

$$\operatorname{tg}\alpha_y = \frac{L - a}{h_y}. \quad (5.2)$$

де L - подовжня база машини, $L = 5,38$ м.

Отже, граничний кут ухилу буде дорівнювати $60,46^\circ$.

Граничні кути підйому для колісних тракторів $35...40^\circ$, а ухилу - близько 60° . Приблизно у цих же межах знаходяться дані кути для вантажних автомобілів, працюючих них номінальною вантажопідйомністю при рівномірному розподілі вантажу по платформі; без вантажу $\alpha_n = \alpha_y = 60^\circ$.

Для гусеничних тракторів із напівжорсткою підвіскою ці кути $35...40^\circ$, а із балансірною підвіскою дещо менше. Для самохідних шасі загального призначення без навісних машин $\alpha_n = 20...25^\circ$, $\alpha_y > 60^\circ$.

Для транспортних агрегатів найбільш небезпечне поперечне перекидання.

Поперечну стійкість визначають статичним кутом β_0 ухилу, при якому машина стоїть, не перевертаючись і не сповзаючи. Отже:

$$\operatorname{tg} \beta_0 = \frac{0,5 \cdot B}{h_y}. \quad (5.3)$$

де B - ширина колії транспортного засобу, $B = 3,05$ м.

Для трактора JOHN DEERE 8370R $\beta_0 = 45,57^\circ$.

Для гусеничних тракторів:

$$\operatorname{tg} \beta_0 = \frac{0,5 \cdot (B + b)}{h_y}, \quad (5.4)$$

де b - ширина гусениці.

Для тракторів із чотирма колесами $\beta_0 = 40 \dots 50^\circ$. Приблизно такими ж значеннями статичного кута ухилу характеризують поперечну стійкість гусеничних тракторів. Для тракторів триколісного типу $\beta_0 = 30 \dots 35^\circ$.

Статичний кут поперечного ухилу, при якому можливе сповзання машини, визначають із рівняння:

$$\operatorname{tg} \beta_3 = \varphi_{3ч}, \quad (5.5)$$

де $\varphi_{3ч}$ - коефіцієнт зчеплення із дорогою у бічному напрямі, залежить від механічних властивостей дороги і конструкції рушія; у розрахунках $\varphi_{3ч}$ приймають рівним середньому значенню коефіцієнту зчеплення φ . А отже визначивши данні із таблиці маємо, що значення статичного кута поперечного ухилу дорівнює $33,02^\circ$.

На бічну стійкість впливають динамічні явища, що виникають від нерівностей дороги, котрі інтенсивно проявляються при збільшенні швидкості руху.

Кут β_0 , що визначає динамічну бічну стійкість машин, завжди менше статичного кута поперечного ухилу:

$$\beta_0 = (0,4 \dots 0,6) \cdot \beta_3. \quad (5.6)$$

$$\beta_0 = (0,4 \dots 0,6) \cdot 33,02 = 16,51^\circ.$$

Перекидання транспортного засобу можливе не лише при роботі на схилах, але і на горизонтальній ділянці шляху від дії відцентрових сил на

повороті. Критична швидкість, м/с, при якій можливе перекидання при повороті:

де g - прискорення вільного падіння ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$);

R - радіус повороту, (прийнятий для розрахунку 3 м).

5.4. Надання першої допомоги постраждалим під час пожежі

Надання першої долікарської допомоги постраждалим при пожежі

У початковій стадії розвитку пожежі небезпеку для людини створюють високі температури, зниження концентрації кисню, поява диму та токсичних речовин.

В продуктах неповного горіння можуть містити такі речовини і гази як сажа, оксид вуглецю, оксиди азоту, альдегіди та ін. В суміші із киснем повітря вони здатні утворювати вибухонебезпечні суміші.

Димові гази, особливо діоксид і оксид вуглецю можуть викликати смерть людини по закінченні декількох хвилин. Їх дія посилюється при підвищенні температури.

При невеликому опіку із почервонінням шкіри уражену ділянку потрібно підставити під струмінь холодної води і потримати 15-20 хвилин. Місце опіку обробляйте лікувальними аерозолями кілька разів в день, не накладаючи пов'язки.

Якщо постраждали від пожежі отримали сильні опіки із утворенням пухирів, на уражену ділянку потрібно накласти стерильну пов'язку та викликати лікаря. Потерпілий повинен пити якомога частіше.

При ураженні великих ділянок шкіри потрібно негайно викликати “швидку допомогу”. До її приїзду охолодіть місце опіку змоченою у воді тканиною, укутайте потерпілого стерильною тканиною, дайте йому знеболювальне. Постраждалий від пожежі не повинен самотійно переміщатися.

При сильних опіках неприпустимо:

- обробляти шкіру спиртом або одеколоном;
- проколювати пухирі;
- змащувати рану жиром, зеленкою, кремами і т. п.;
- доторкатися до рани руками, зривати частини одягу, що прилипли до місць опіку.

Перша допомога при отруєнні чадним газом і димом:

Винести потерпілого на свіже повітря, викликати “швидку допомогу”, відновити прохідність дихальних шляхів;

Покласти постраждалого так, щоб ноги були підняті. Розтерти йому тіло і груди, тепло укрийте і дайте понюхати ватку із нашатирним спиртом. При блювоті поверніть голову потерпілого на бік.

Якщо потерпілий не дихає, проведіть штучну вентиляцію легень (вдих в рот або ніс робіть через змочену марлеву серветку або носову хустку). При пасивному видиху потерпілого відхиліть свою голову в бік, щоб не вдихати видихається їм газ.

6. Техніко-економічна оцінка проектних рішень

З метою удосконалення організації технічного сервісу сільськогосподарської техніки в у ТОВ «Агротайм», були розроблені заходи із реконструкції майстерні. При проведенні реконструкції в майстерні було організовано дільницю технічного обслуговування №1, №2, діагностичних робіт, усунення незначних поломок, а також удосконалення ремонтних робіт із відновлення працездатного стану плугів Lemken.

Згідно відомості ремонтно-технологічного обладнання дільниці (на придбання нового обладнання необхідно додатково витратити 150000,00 грн., на придбання полімерних втулок для заміни підшипників кочення у кількості необхідній для обробки всього машино-тракторного парку необхідно. Таким чином основними техніко-економічними показниками проекту будуть являтися, рівень рентабельності та термін окупності капітальних вкладень.

Вихідними даними для розрахунку економічної ефективності є показники, наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1.

Вихідні данні для розрахунку техніко-економічних показників проекту

Показники	Позначення показників	Значення показників	
		Базовий варіант	Проектний варіант
1	2	3	4
Обсяг ремонтних робіт, ум.рем.	Q	38	42
Ціна 1 умовного ремонту, грн.	$C_{1 \text{ ум.рем}}$	22100,00	21300,00
Кількість основних робітників, осіб	K_{np}	3	4
Середньомісячна заробітна плата робітника, грн.	$ЗП_{cp}$	5000,00	5000,00
Балансова вартість обладнання, грн.	$B_{обл}$	320000,00	320000,00
Вартість придбаного обладнання, грн.	$B_{пр}$	-	220000,00
Балансова вартість будівель, грн.	$B_{буд}$	45000,00	45000,00

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3	4
Витрати на організацію ділянки, грн.	$B_{орг}$	-	230000,00
Витрати на ремонти, котрі виконуються за кооперацію, грн.	BK	250000,00	-
Річні витрати електроенергії, кВт/рік.	$Q_{ел}$	28700,00	33400
Ціна 1 кВт/год електроенергії, грн.	$Ц_{ел}$	1,99	1,99

Для проведення економічної оцінки проекту необхідно визначити наступні показники:

- вартість проведених ремонтів становить:

$$B = B_{np} + B_{рек} = 220000 + 210000 = 430000,00 \text{ грн.} \quad (6.1)$$

$$B^{\delta}_{np} = 38 \cdot 22100 = 809400,00 \text{ грн.}$$

$$B^{np}_{np} = 42 \cdot 21300 = 928200,00 \text{ грн.}$$

- експлуатаційні витрати всього становлять:

$$T_o = \frac{B}{\Delta\Pi} = \frac{430000}{196800,56} = 2,18 \text{ років.} \quad (6.2)$$

де $ЗП$ - заробітна плата із нарахуванням, грн.;

$B_{рем}$ - витрати на поточний ремонт (ПР) та технічне обслуговування (ТО), грн.

Заробітна плата із нарахуванням визначається:

$$ЗП = 1,22 \cdot ЗП_{cp} \cdot K_{np} \cdot 12, \quad (6.3)$$

де 1,22 - коефіцієнт, котрий враховує нарахування на заробітну платню;

$ЗП_{cp}$ - середньомісячна заробітна плата робітника, грн.;

K_{np} - кількість основних робітників, осіб;

12 - кількість місяців.

$$ЗП^{\delta} = 1,22 \cdot 5000 \cdot 3 \cdot 12 = 219600,00 \text{ грн.}$$

$$ЗП^{np} = 1,22 \cdot 5000 \cdot 4 \cdot 12 = 292800,00 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на амортизацію будівлі та обладнання визначаються:

$$A = A_{обл} + A_{б}, \quad (6.4)$$

де $A_{обл}$ - витрати на амортизацію обладнання, грн.;

Витрати на амортизацію обладнання визначаються:

$$A_{обл}^{\delta} = \frac{B_{обл} \cdot \lambda_{обл}}{100} = \frac{320000,00 \cdot 21,93}{100} = 70176,00 \text{ грн.} \quad (6.5)$$

$$A_{обл}^{np} = \frac{(B_{обл} + B_{np}) \cdot \lambda_{обл}}{100} = \frac{(320000,00 + 220000,00) \cdot 21,93}{100} = 118422,00 \text{ грн.} \quad (6.6)$$

де $B_{обл}$ - балансова вартість обладнання, грн.;

$\lambda_{обл}$ - норма амортизації обладнання, $\lambda_{обл} = 21,93\%$.

Витрати на амортизацію будівлі визначаються:

$$A_{б\gamma\delta}^{\delta} = \frac{B_{б\gamma\delta} \cdot \lambda_{б\gamma\delta}}{100} = \frac{45000,00 \cdot 7,76}{100} = 3492 \text{ грн.} \quad (6.7)$$

$$A_{б\gamma\delta}^{np} = \frac{(B_{б\gamma\delta} + B_{орз}) \cdot \lambda_{б\gamma\delta}}{100} = \frac{(45000,00 + 230000) \cdot 7,76}{100} = 21340 \text{ грн.} \quad (6.8)$$

де $B_{б\gamma\delta}$ - балансова вартість обладнання, грн.;

$B_{орз}$ - вартість придбаного обладнання, грн.;

$\lambda_{б\gamma\delta}$ - норма амортизації обладнання, $\lambda_{обл} = 7,76\%$.

Тоді загальні витрати на амортизацію становлять:

$$A^{\delta} = 70176 + 3492 = 73668 \text{ грн.}$$

$$A^{np} = 118422 + 21340 = 139762 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію визначаються:

$$B_{ел} = Q_{ел} \cdot C_{ел}, \quad (6.9)$$

$$B_{ел}^{\delta} = 28700,00 \cdot 1,99 = 57113 \text{ грн.}$$

$$B_{ел}^{np} = 33400,00 \cdot 1,99 = 66466 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування визначаються:

$$B_{рем} = \frac{A \cdot 30}{100}, \quad (6.10)$$

$$B_{рем}^{\delta} = \frac{73668 \cdot 30}{100} = 22100,40 \text{ грн.}$$

$$B_{рем}^{np} = \frac{139762 \cdot 30}{100} = 41928,60 \text{ грн.}$$

Інші витрати складають 3% від загальної суми експлуатаційних витрат:

$$IB = \frac{(3П + A + B_{ел} + B_{рем}) \cdot 3}{100}, \quad (6.11)$$

$$IB^{\delta} = \frac{(219600 + 73668 + 57113 + 22100,40) \cdot 3}{100} = 11175,04 \text{ грн.}$$

$$IB^{np} = \frac{(292800 + 139762 + 66466 + 41928,60) \cdot 3}{100} = 16228,70 \text{ грн.}$$

Тоді експлуатаційні витрати всього становлять:

$$EB^{\delta} = 219600 + 73668 + 57113 + 22100,40 + 11175,04 = 383656,44 \text{ грн.}$$

$$EB^{np} = 292800 + 139762 + 66466 + 41928,60 + 16228,70 = 557185,30 \text{ грн.}$$

Повна собівартість проведених ремонтів становить:

$$PC^{\delta} = (EB + B_k) \cdot 1,02, \quad (6.12)$$

$$PC^{np} = EB \cdot 1,02, \quad (6.13)$$

де B_k - витрати на роботи виконанні за кооперацію (на замовлення на інших ремонтних підприємствах), за даними господарства, грн.

$$PC^{\delta} = (383656,44 + 250000) \cdot 1,02 = 646329,57 \text{ грн.}$$

$$PC^{np} = 557185,30 \cdot 1,02 = 568329,01 \text{ грн.}$$

Загальний прибуток становить:

$$П = B_{np} - PC, \quad (6.14)$$

$$П^{\delta} = 809400 - 646329,57 = 163070,43 \text{ грн.}$$

$$П^{np} = 928200 - 568329,01 = 359870,99 \text{ грн.}$$

Приріст прибутку становить:

$$\Delta П = П^{np} - П^{\delta} = 359870,99 - 163070,43 = 196800,56 \text{ грн.} \quad (6.15)$$

Рівень рентабельності становить:

$$P = \frac{П \cdot 100}{PC}, \quad (6.16)$$

$$P^{\delta} = \frac{163070,43 \cdot 100}{646329,57} = 25,23 \text{ \%}.$$

$$P^{np} = \frac{359870,99 \cdot 100}{568329,01} = 63,32 \text{ \%}.$$

Обсяг додаткових капітальних вкладень становить:

$$B = B_{np} + B_{рек} = 220000 + 210000 = 430000,00 \text{ грн.} \quad (6.17)$$

- Термін окупності додаткових капітальних вкладень становить:

$$T_o = \frac{B}{\Delta\Pi} = \frac{430000}{196800,56} = 2,18 \text{ років.} \quad (6.18)$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 6.2.

Таблиця 6.2.

Економічна ефективність роботи

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант	Проектний варіант в % до базового
Вид робіт	Технічний сервіс		
Обсяг робіт, ум.рем.	38	42	101,5 %
Ціна 1 ум.рем., грн.	22100	21300	96,4 %
Вартість проведених ремонтів, грн.	809400	928200	114,68 %
Кількість основних робітників, осіб.	3	4	133 %
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн.	-	430000	
Експлуатаційні витрати, грн.	383656,44	557185,30	174,99 %
- зарплата із нарахуваннями грн.	219600	292800	133 %
- амортизаційні нарахування, грн.	73668	139762	189,72 %
- вартість електроенергії, грн.	57113	66466	116,38 %
- витрати на ПР та ТО, грн.	22100,40	41928,60	189,72 %
- інші витрати, грн.	1175,04	16228,70	117,64 %
Повна собівартість продукції, грн.	646329,57	568329,01	87,93 %
Загальний прибуток, грн.	163670,43	359870,99	220,68 %
Рівень рентабельності, %	25,23	63,32	38,09 %
Приріст прибутку, грн	-	196800,56	-
Термін окупності додаткових вкладень, років	-	2,18	-

Таким чином результати техніко-економічної оцінки проектних рішень показують, що в результаті проведених робіт приріст прибутку становитиме 196800,56 гривень, рівень рентабельності збільшиться на 38,09%, а термін окупності капітальних вкладень становить 2,18 років.

Загальні висновки

1. Розглянуті класифікація та конструкційні особливості плугів різних конструкцій та принцип їх роботи. Описана будова та принцип роботи плуга Lemken Varidiamand. Також розглянуті методи підвищення надійності та довговічності вузлів тертя машин та механізмів.

2. Проаналізовано основні параметри та фізичні характеристики підшипника кочення у вузлі опорного колеса. Розраховані параметри питомого навантаження на матеріал, та лінійна швидкість підшипника.

3. Проведені дослідження основних видів полімерних матеріалів, що застосовують у вузлах машин та механізмів. Описані різновиди полімерних матеріалів, освітлені переваги та недоліки кожного із них. На основі досліджень обрано композиційний матеріал для застосування у вузлі опорного колеса.

4. Розраховані за результатами досліджень композиційні матеріали, котрі найдоцільніше використовувати при виготовленні підшипника кочення. Встановлено вплив концентрації та марки наповнювача на триботехнічні властивості розроблених ПКМ. Відповідно до проведених досліджень, визначено ПКМ із оптимальним вмістом вихідних компонентів і проведено дослідження його фізико-механічних характеристик. Надано рекомендації щодо використання розроблених ПКМ в якості матеріалу для виготовлення підшипника кочення опорного колеса плуга Lemken Varidiamand.

5. Надано рекомендації для забезпечення охорони праці при проведенні технічного обслуговування та роботи плуга. Визначені основні небезпеки пожеж в умовах господарств. Розраховані показники стійкості та динамічної рівноваги трактора із яким він агрегатується.

6. Розроблено терmostійкі ПКМ на основі фенольного зв'язуючого і графіту. Визначено вплив концентрації та марки наповнювача на триботехнічні властивості розроблених ПКМ. Відповідно до проведених досліджень, визначено ПКМ із оптимальним вмістом вихідних компонентів і проведено дослідження його фізико-механічних характеристик. Надано рекомендації щодо

використання розроблених ПКМ в якості матеріалу для виготовлення підшипника кочення опорного колеса плуга Lemken Varidiamand 160.

7. Аналізуючи проведені розрахунки техніко-економічної оцінки роботи, можна зробити висновок, що заходи із удосконалення конструкції плуга та переоснащення майстерні із ремонту є доцільними, оскільки із розширенням номенклатури ремонтних робіт власними силами знизалась собівартість ремонтів, збільшилась їх кількість, рентабельність майстерні підвищилась на 38%, а термін окупності складає 2,18 років, що є гарним показником.

Список використаної літератури

1. Аулін В.В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах: монографія / В.В. Аулін. – Кіровоград: Вид. Лисенко В.Ф., 2014. – 370 с.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1991. – 283 с.
3. Белоцерковский, М.А. Технологические особенности и области использования гиперзвуковой металлизации / М.А. Белоцерковский, А.С. Прядко, А.Е. Черепко // Инновации в машиностроении: Сборник научн. трудов. (Минск, 30-31 октября 2008 г.) / Редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. Минск' ОИМ НАН Беларуси. 2008 - С. 479-484.
4. Богданов, В.В. Методы исследования технологических свойств пластмасс [Текст] / В.В. Богданов - Л.: Из-во Ленинградского ун-та, 1978. - 176 с.
5. Бюллер, К. У. Тепло - и термостойкие полимеры [Текст] / К. У. Бюллер. - М.: Химия, 1984. - 1056 с.
6. Василенко І.Ф. Дослідження властивостей композиційних покриттів, нанесених контактним наварюванням порошкових дротів / І.Ф.Василенко // Збірник наукових праць КНТУ «Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». – 2014.– Вип. 27.– С. 60-67.
7. Ветошкін А.Г. Нормативне і технічне забезпечення безпеки життєдіяльності. Навчально-практичний посібник: В 2-х ч. Ч.2. Інженерно-технічне забезпечення безпеки життєдіяльності/ А.Г. Ветошкін. - М.: Інфраінженерія, 2017. - 652 с.
8. Волков П.М., Баловнев Г.Г., Корешков В.И. и др. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин на прочность и надежность. – М.: Металлургия, 1977. – 310 с.
9. Гальперин А.С. Ресурс агрегатів і потреба в капітальному ремонті тракторів // Трактори й сільськогосподарські машини.- 1973,- № 11.-С. 2-4.

10. Гальперин А.С., Ушанов В.А. Імітаційна модель керування технічним станом машин // Механізація й електрифікація соціалістичного сільського господарства. - 1976.- №8. - С. 38-41.
11. Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и безызносность): учебник / Д.Н.Гаркунов. – М. : МСХА, 2001. – 616 с.
12. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Конструирование, изготовление, эксплуатация машин / Д.Н. Гаркунов. – М. : Машиностроение, 2002. – 632 с.
13. Гологан В.Ф., Аждер В.В. Повышение долговечности деталей машин износостойкими покрытиями.- Кишинев: Штиинца, 1979. – 112 с.
14. ДБН В.1.1.7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. - К.: Держбуд України, 2003 - 47 с.
15. Дорожкин Н.Н. Упрочнение и восстановление деталей машин металлическими порошками. – Мн.: Наука и техника, 1975. – 152 с.
16. Дорожкин Н.Н. Износостойкие порошковые покрытия. – Трение и износ, 1960, т. 1, № 4. – 705-719 с.
17. Дорожкин Н.Н., Ярошевич В.К., Верещагин В.А. и др. Методы получения износостойких покрытий из металлических порошков с наполнителями. – Мн.: ИНДМАШ АН БССР, 1979. – 58 с.
18. Закалов О.В. Триботехніка і підвищення надійності машин [Текст]: О.В. Закалов. – Тернопіль: ТДТУ, 2000. – 354 с.
19. Закалов О.В. Основи тертя і зношування в машинах: Навчальний посібник / О.В. Закалов, І.О. Закалов. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 322 с.
20. Илькун В.И. Конструкционные материалы для деталей машин. Книга 1: справочно-методическое издание в 2-х книгах / В.И. Илькун, Г.А. Ульева, М.Р. Каленов. - Караганда : АО “Карагандинская полиграфия”, 2009. - 512 с.
21. Кабат О.С. Конструкционные фенопласты с высоким уровнем термической стабильности [Текст] / О.С. Кабат, О.В. Черваков, Ю. М. Кобельчук [и др.] // Технологические системы. - 2017. - Т. 2 (79) - С. 33-39.

22. Кабат, О. С. Термостойкие композиты на основе фенилона С2 с высоким уровнем технологичности при переработке в изделия [Текст] / О. С. Кабат // Вопросы химии и химической технологии. - 2016. - Т. 3 (107). - С. 60-64.
23. Кіндрачук М. В. Трибологія: підручник / Кіндрачук М. В., Лабунець В. Ф., Пашечко М. І., Корбут Є. В. // МОН. – Київ: НАУ-друк, 2009. – 392 с.
24. Кноп, А. Фенольные смолы и материалы на их основе [Текст] / А. Кноп. - М.: Высшая школа, 1998. – 147 с.
25. Кноп, А. Фенольные смолы и материалы на их основе [Текст] / А. Кноп, В. Шейб. - М.: Химия, 1983. - 280с.
26. Ковальченко М.С. Определение вида напряженного состояния пористого тела при горячей прокатке. – Порошковая металлургия, № 5, 1978. – 23-29 с.
27. Ковальченко М.С. Теоретические основы горячей обработки пористых материалов давлением. – К.: Наукова думка, 1980. – 240 с.
28. Композиционные материалы в машиностроении [Текст] / [Ю.Л. Пилиповский, Т.В. Грудина]. - К.: Техника, 1990.- 141 с.
29. Коршак В.В. Термостійкі полімери / В.В. Коршак. - М: Наука, 1969. - 381 с.
30. Крагельский И.В., Лобычин М.Н., Камбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
31. Кудряшов Л.Н. Нанесение порошковой шихты при наплавке рабочих органов сельскохозяйственных машин. – Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1972, № 8. – 27-31 с.
32. Курта, С.А. Наповнювачі - синтез, властивості та використання [Текст] / С.А. Курта. - Івано-Франківськ: Вид-во “Прикарпатського національного ун-ту ім. В. Стефаника”, 2012. - 296 с.
33. Лельчук Л.М. Прогнозування безвідмовності агрегату по параметрах безвідмовності його елементів//Праці ГОСНИТИ.-М., 1979.- Т.58. - С. 78 - 88.
34. Ликов А.В. Теорія теплопровідності. – М.: Вища школа, 1967. – 600 с.
35. Лисенко В. Ф. Матеріалознавство: навч. посіб. : навч.-метод. комплекс для студентів ден. і заоч. форм навчання / Кіровоград. нац. техн. ун-т, каф. матеріалознавства та ливар. вир-ва ; [уклад.: Галико А. В. та ін.]. - Кіровоград : Лисенко В. Ф. [вид.], 2015. - 167 с.

36. Малишкин С.В. Обґрунтування раціонального використання залишкового ресурсу машин // Механізація і електрифікація сільського господарства. - 1991. - № 6. - С. 43 - 44.
37. Малышев В.А. и др. Усовершенствованный метод определения прочности связи слоев в биметалле. – Заводская лаборатория. 1973, № 2. – 210-211 с.
38. Михайлин Ю.А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике [Текст] / Ю.А. Михайлин. - СПб: Научные основы и технологии, 2013. - 720 с.
39. 8. Михайлин Ю.А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы [Текст] /Ю.А. Михайлин. - СПб.: Профессия, 2006. - 627 р.
40. Николаенко Н.В. Износостойкость новых наплавочных материалов применительно к работе сельскохозяйственных машин: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – К., 1972. – 18 с.
41. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология / под ред. А. А. Берлина. - Спб. : Профессия, 2008. - 560 с.
42. Севернев М.М., Каплун Г.П., Короткевич В.А. и др. Износ деталей сельскохозяйственных машин. – Л.: Колос, 1972. – 288 с.
43. Семенов М.М., Кондратов И.Я., Семенов Р.А. Нанесение токопроводящих порошковых композиций на металлические изделия методом электрической роликовой сварки-накатки. – Порошковая металлургия, 1975, № 7. – 108-111 с.
44. Сидоренко Ю.А., Завадко М.М., Ярошевич В.К. Исследование остаточных напряжений в деталях сельскохозяйственных машин при наплавке под флюсом. – В кн.: Ураджай, 1977. – 150-155 с.
45. Соловых Е.К. Тенденции развития технологий поверхностного упрочнения в машиностроении. / Е.К.Соловых. – Кировоград: КОД, 2012. – 91с.
46. Справочник по конструкционным материалам / под ред. Б. Н. Арзамасова, Т.В. Соловьевой. - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 640 с.
47. Термическая обработка в машиностроении. Справочник. Под ред. Лахтина Ю.М. и Рахштадта А.Г. – М.: Машиностроение, 1980. 783 с.

48. Трение и износ материалов на основе полимеров [Текст] / В.А. Белый, А.И. Свириденко, М.И. Петроковец, В.Г. Савкин. - Минск.: Наука и техника, 1976. - 432 с.
49. Ушанов В. А. Кількісна оцінка технічного стану машини як системи старіючих елементів // Вісник Крас ГАУ. - Крансоярск., 1999. - №4 С. 62 - 64.
50. Харламов Ю.А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин / Ю.А.Харламов, И.А.Будагьянц. – Луганск: СУНУ ім. Володимира Даля, 2003. – т.1. – 495 с.
51. Харламов Ю.А., Будагьянц Н.А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин. Учебное пособие в 2 т. Том 2. – Луганск: изд-во Восточно-укр. национ. ун-та им.В.Даля, 2003. – 480 с.
52. Чабанний В.Я. Ремонт автомобілів, книга 1: Навчальний посібник / Упор. В.Я. Чабанний. - Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. - 391 с.
53. Чабанний В.Я. Ремонт автомобілів, книга 2: Навчальний посібник / Упор. В.Я. Чабанний. - Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2007. - 348 с.
54. Ющенко К.А. Інженерія поверхні / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж. – К.: НВП Видавництво «Наукова думка України», 2007. – 557 с.
55. Advanced polyimide materials: Syntheses, physical properties and applications [Text] / Der-Jang Liaw, Kung-Li Wang, Ying-Chi Huang, [et al.] // Progress in Polymer Science. - 2012. - Vol. 37. - P. 907-974.
56. Drobny, J.G. Technology of fluoropolymers [Text] / J.G. Drobny. - Boca Raton.: CRC Press LLC, 2001.
57. Goetrel G.G., De Macrhi W.S. Powder Metallurgy Inten., 1971, 3, № 2, p. 80.
58. Jones W.D. The metal Industry, 1, 1940, p. 69; and 3, 1980, p. 225.
59. Kotsehy J., Sposob wytwarzania kształtek o przekroju kolowym z proszkow metali lub ich stopow. Пат. ПНР, № 92501.
60. Hazbulatova, Z.S. Aromatic polyketones (review) [Text] / Z.S. Hazbulatova, L.A. Asuev, M.A. Nasurova // Plastics. - 2010. - № 2. - P. 32-38.

61. Lenel F.V. Resistence sintering under pressure. – *Guornal of Metals*, 1955, 1, p. 158-167.
62. Preston L.G. et James L.R. Objet de metal en poudre possedant une surface resistant a l'usure. Francaise patent № 2 327 009 (B 22F 7/00).
63. Brinel I.A. Undersökning rölande järns och stals samt en del andra kroppars förmåga ätt motstå nötring. *Jernkontorets Amaler*, häft, 9.
64. Beyer H., Burun U. Legierungspulver bzw. Puldergemisch für verschleibfeste Spritzschichten. Deutsches Patent, № 2433814.