

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОСІВНИХ
АГРЕГАТІВ ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ
КОНСТРУКТИВНИМИ ПЛАСТИКАМИ**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-2-20 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Ворона Олександр Сергійович

Керівник: _____ Деркач Олексій Дмитрович

Рецензент: _____

Дніпро – 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ЕМТП _____

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ _____

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Вороні Олександр Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** «Підвищення ефективності використання посівних агрегатів шляхом модернізації конструктивними пластиками»

керівник роботи Деркач Олексій Дмитрович, к.т.н., доцент _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ДДАЕУ від

« 17 » 11 2021 року № _____

2. **Строк подання студентом роботи** 06.12.2021 р. _____

3. **Вихідні дані до роботи.** Навчальний посібник «Дипломне проектування з машиновикористання в рослинництві», типові норми на виконання механізованих робіт у рослинництві; навчальна, довідкова література з машиновикористання в рослинництві та застосування конструкційних пластиків в конструкції с.-г. техніки.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** 1. Ефективність використання посівних агрегатів . 2. Теоретичне обґрунтування підвищення довговічності трибоспряджень посівних агрегатів. 3. Методики досліджень. 4. Експеримента-

льна частина 5. Охорона праці та захист в надзвичайних ситуаціях 5. Економічне обґрунтування роботи. Загальні висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1.Титульний лист. 2. Мета, завдання. 3. Теоретичне обґрунтування підвищення довговічності трибоспрямих посівних агрегатів. 4.Методики досліджень 5. Дослідження трибологічних властивостей. 6.Вплив технології виготовлення на усадку підшипників. 7. Вплив технології виготовлення на усадку підшипників 8.Вплив природи контртіла на трибологічні властивості. 9. Економічне обґрунтування. 10.Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Деркач О.Д., зав. каф. ЕМТП		
2	Деркач О.Д., зав. каф. ЕМТП		
3	Деркач О.Д., зав. каф. ЕМТП		
4	Кравець В.В., доц. каф. ЕМТП		
5	Вініченко І.І, зав. каф. економіки		
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 10.06.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 30.07.2021 р.	
2	Теоретичний	до 10.09.2021 р.	
3	Розрахунковий	до 29.10.2021 р.	
4	Охорона праці	до 01.12.2021 р.	
5	Економічний	до 04.12.2021 р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.12.2021 р.	

Студент
(підпис)

Ворона О.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи
(підпис)

Деркач О.Д.
(прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота присвячена вирішенню питання підвищення ефективності використання посівних агрегатів шляхом модернізації конструктивними пластиками.

Робота складається з пояснювальної записки формату А4, виконаної на 57 сторінках, додатків та супроводжувальних презентаційних слайдів, виконаних в програмі Power Point.

Автор диплому має наукову публікацію в Збірнику матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту», Кропивницький: ЦНТУ, 18-19 листопада 2021 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОСІВНИХ АГРЕГАТІВ	8
1.1. Агротехнічні вимоги до сівби.....	8
1.2. Класифікація сівалок.....	9
1.3. Проблеми підвищення ефективності посівних агрегатів.....	10
1.4. Методи підвищення ефективності посівних агрегатів.....	17
1.5. Підвищення надійності машин застосуванням ПКМ.....	20
2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ ПОСІВНИХ АГРЕГАТІВ	22
2.1. Особливості використання підшипникових вузлів в сільськогосподарській техніці	22
2.2. Розрахунок установочних деформацій в підшипнику.....	24
2.3. Теоретичний аналіз температурного поля полімерного підшипнику ковзання	27
Висновки по розділу.....	30
3. МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	31
3.1. Програма досліджень.....	31
3.2. Дослідження міцнісних властивостей	32

3.3.	Дослідження	трибологічних	властивостей	
			33
	Висновок по розділу.....			35
4.	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....			36
4.1.	Дослідження впливу технологічних факторів на усадку підшипників.....			36
4.2.	Дослідження	трибологічних	властивостей.....	40
4.3.	Результати польових експериментів.....			43
	Висновки по розділу.....			44
5.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....			45
5.1.	Загальні положення.....			45
5.2.	Вимоги безпеки	перед	початком виконання роботи.....	46
5.3.	Вимоги безпеки	під час виконання	робіт.....	46
5.4.	Вимоги безпеки	в аварійних	ситуаціях.....	47
5.5.	Вимоги безпеки	після закінчення	роботи.....	47
6.	ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ			49
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....			55
	БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....			56

ВСТУП

Використання полімерних композитних матеріалів (ПКМ) у машинобудуванні, у тому числі сільськогосподарському, сьогодні займає чинне місце і є одним із основних показників технічної досконалості машини або механізму. Зазвичай це стосується й посівної техніки, яка сьогодні, задля забезпечення якомога точнішого виконання агропромислових завдань, постійно ускладнюється, як конструктивно, так і технологічно.

Знос робочих поверхонь трибоспрямих деталей – одна з основних причин зниження ресурсу систем і агрегатів сільськогосподарської техніки. Підвищення надійності і зниження експлуатаційних витрат транспортних машин є нагальною проблемою, загальною для всіх областей техніки. Для ефективного її вирішення необхідно мати достатню інформацію про показники надійності і знати закономірності зміни параметрів деталей при їх терті та зношенні.

Більшість методів керування зношуванням робочих поверхонь деталей та їх спряжень суттєво впливають на протікання в поверхневих шарах матеріалу фізико-хімічних процесів

Саме тому фізико-механічні характеристики є основними для вибору того чи іншого полімерно-композитного матеріалу для конкретних механізмів чи спряжень. Вони забезпечують працездатність матеріалів у відповідності з режимами експлуатації: навантаження (статичні та динамічні), деформація (пружна та пластична) та інші.

У собівартості сільгосппродукції витрати на паливо можуть доходити до 40% від загального обсягу, що є серйозною статтею витрат як дрібних, так великих господарств. З цієї причини питання економії палива завжди залишається актуальним, причому його важливість зростає разом із цінами на ПММ.

Застосування конструктивних пластиків, може зменшити витрату палива та підвищити ефективність використання техніки, у тому числі й посівної, шляхом усунення операцій ТО, а отже і зменшення простоїв посівних агрегатів.

РОЗДІЛ 1. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОСІВНИХ АГРЕГАТИВ

1.1. Агротехнічні вимоги для сівби

У комплексі робіт із вирощування сільськогосподарських культур посів претендує на одне із провідних місць. Якісна сівба має забезпечувати: оптимальну зону живлення кожної рослини, рівномірні сходи через однакову глибину посіву та контакту посадженого насіння з капілярним шаром ґрунту, економію насіння, зниження витрат на технічне обслуговування, передумови для збирання врожаю із мінімальними втратами. У той самий час перед посівом найбільш відповідальним є процес підготовки ґрунту, який значною мірою визначає кінцевий результат. Як свідчать результати досліджень та досвіду фермерів, якісна обробка поверхні ґрунту відіграє важливу роль серед комплексних агротехнічних заходів, спрямованих на досягнення стійких зернових

культур. Створення сприятливих умов для роботи посівної техніки, сприяє економії палива та довговічності сільгосптехніки. Адже верхній посівний шар ґрунту може забезпечити, щоб із рослинних залишків лише дрібно-кускові, вирівняні, ущільнені та акуратно зібрані, стійкі під хід сошників правильно закривали насіння на певній глибині. Ґрунт для висіву готують так, щоб насіння було злегка ущільнене, посаджене на капілярний шар водоносного горизонту і покрите пухким шаром ґрунту. До сівби всіх культур застосовуються, в принципі, однакові або схожі агротехнічні вимоги.

Так, сівба починається, коли температура ґрунту на глибині посіву насіння не нижче 10°C. Допускається відхилення середньої глибини сівби від установки на $\pm 0,01$ м; норми посіву насіння становлять трохи більше $\pm 3\%$ від виявленого насіння, норми застосування мінеральних добрив - $\pm 10\%$. Відхилення від заданого у рядку інтервалу не перевищує $\pm 30\%$. Ряди повинні бути прямими та згорнутими; відхилення ширини стикових рядів має бути не більше $\pm 0,05$ м, усередині плантатора – не більше $\pm 0,01$ м.

Сільськогосподарські технічні вимоги до сівби сільськогосподарських культур в принципі є універсальними. Посів насіння зерна має бути постійним. Допустиме відхилення від зазначеної посівної норми становить трохи більше $\pm 3\%$, а гранульованих добрив - трохи більше $\pm 10\%$. В окремих посівних пристосуваннях нерівномірність посіву не повинна перевищувати $\pm 13\%$, $\pm 2\%$ трав та $\pm 4\%$ бобових. Насіння потрібно закривати на певну глибину. Допустиме відхилення від середньої глибини становить не більше ± 1 см для 80% насіння. Посіви повинні бути перебудовані і не мати дефектів, вони повинні бути прямими, а також дотримуватись встановлених перехресть. Допустиме відхилення розміру суміжних рядів для пари плантаторів становить ± 1 см, а на сусідніх проходах агрегату - $\pm 2,5$ см. Засіяне поле (ділянка) повинне мати вирівняну поверхню.

1.2. Класифікація сівалок

Сівалки мають певний спосіб класифікації за різними ознаками. Так, вони класифікуються за способом висіву, призначенням і способом агрегування з енергетичним засобом – трактором.

За способом посіву сівалки діляться на рядні, вузькорядні, квадратно-рядні, пунктирно-рядні та розсіяно-рядні. Рядові та вузькорядні сівалки поміщають насіння у ґрунт паралельними рядами на глибину 4...8 см. Відстань між рядами 15 см, а між узкорядним 6,5...8,5 см. Квадратно-рядні сівалки висівають насіння у ряди групами (гніздами). Якщо гнізда розташовані на однаковій відстані один від одного і на одній лінії з гніздами сусідніх рядів, посів називається квадратним.

Пунктирні сівалки здійснюють однозерновий посів. У результаті отримуємо посів з однаковою відстанню між насіннями у рядку. Так сіють соняшник, кукурудзу, буряк.

Сівалки розкидного типу розподіляють насіння на полі методом розкидання. За призначенням техніку для посіву поділяють на такі групи: зернотукові, зернотукотрав'яні, зернотукольніяні, бурякові, кукурудзяні, овочеві, лісові та інші. За способом агрегування з трактором техніку для сівби розрізняють причіпні та навісні. Щодо агротехнічних вимог, зернова посівна техніка має відповідати та гарантувати встановлену норму висіву насіння, рівномірне розташування насіння та добрив для площі та в рядах.

Невідповідність норми висіву насіння від заданої не має перевищувати $\pm 3\%$, а невідповідність дози внесення припосівних добрив від заданої $\pm 10\%$. Усереднене значення нерівномірності висіву окремими секціями не повинне перевищувати 3 % для зернових культур, 4 для бобових і 10 для добрив. Сошники сівалки повинні укладати насіння на ущільнене дно борозни і загортати їх вологим ґрунтом. Невідповідність від встановленої глибини загортання насіння та ширини міжрядь дозволяється ± 1 см (для вітчизняних) або до 15% (для зарубіжних виробників).

1.3. Проблеми підвищення ефективності посівних агрегатів

Для підвищення якості посіву, зниження енергоємності технологічних процесів сівби, застосовують допоміжні механізми та електронні системи. Вони забезпечують підвищення точності роботи виконавчих органів та розширенні функціональності контролюючих блоків.

Найпростіші і найрозповсюдженіші сівалки вітчизняного виробництва – це сівалки типу СЗ-3,6 (5,4) виробництва ПАТ ELVORTI. Це популярні сівалки, які в деяких господарствах так і залишаються основними. Основними перевагами цієї сівалки є простота конструкції та експлуатації, а також доступність обслуговування.

Проте в сучасних економічних умовах цих параметрів недостатньо для задоволення потреб вимог фермера. Особливо це стосується фермерів, які ознайомилися з роботою зарубіжних сівалок – конкурентів ELVORTI. Тому, після такої спроби можна виявити ще й такі «плюси», як надійність, довговічність, отримання зручних і однорідних сходів і т.д.

Сучасні уявлення сучасних фермерів про посів кардинально змінилися: процес посіву, який раніше аграрії сприймали лише як стандартизований розподіл насіння на полі, сьогодні вже не такий простий процес. Сільгоспвиробники стали звертати увагу на конструктивні особливості сівалок, що покращують якість укладання насіння, їх розподіл по глибині та в рядку. Зазвичай це невеликі розробки та покращення дизайну, і у кожного виробника свої. Однак ці технічні «дрібниці» варті уваги.

Щодо використання допоміжних електронних систем, думки фермерів розходяться. Однак, для ефективної роботи електроніки, сама конструкція сівалки має бути вищого технічного рівня. Цього досягти можна, використовуючи в конструкції сівалок нові матеріали неметалевої природи – пластики. До таких відносяться, зокрема, конструктивні пластики, з високими фізико-механічними та трибологічними характеристиками.

Наприклад, для покращення якості сівби у конструкції своїх сівалок завод ПАТ ELVORTI також став використовувати низку конкретних технічних рі-

шень (рис.1.1). Зокрема, був засосований розподільник змійникового типу. Щоправда, тут треба сказати, що сьогодні зернові машини та машини для внесення добрив все більше включають деталі з полімерних матеріалів – це збільшує термін служби механізму, оскільки полімерні вироби менш схильні до корозії, більш еластичні у порівнянні з металами та сплавами. Дроселі на машинах для внесення добрив, зерна та дрібного зерна мають три положення для регулювання подачі кількості насіння на катушки, що розширює функції при експлуатації. Конструктивною особливістю дозатора зернових є спіральна форма для дозування зернових та бобових культур та спіральний змішувач для дрібних посівних культур. Таким чином, сівалка стала більш універсальною, з ширшим діапазоном доз і норм внесення, а її надійність зростає.



Рис. 1.1. Загальний вигляд посівного агрегату у транспортному положенні

Катушки приводяться в рух за допомогою опорних коліс через безступінчасту трансмісію, основу якої складають варіатори. Вони забезпечують оперативно регулювати норму висіву в діапазоні норм висіву: на посівній – від 0,7 до 400 кг/га; на добрива – від 25 до 200 кг/га.

Насіння подається до сошника за принципом сили тяжіння. У сівалці також використовуються бункери підвищеної місткості збільшення продуктивності. Наприклад, місткість зернового бункера сівалки ASTRA 6

(ширина захвату – 6 м) становить 1245 л, а бункера для добрив – 600 л, що при нормі висіву 200 кг/га пшениці та 100 кг/га мінеральних добрив, дозволяє засівати 6 га з одним завантаженням [2].

У сівалках серії ASTRA використовуються сошники зі зміщеними дисками, які дозволяють здійснювати посів за наявності пожнивних залишків на поверхні поля. Сівалки можуть комплектуватися дводисковими сошниками з одним або двома рядами. Термін служби сошників збільшено на 100% за рахунок використання сучасних технологій обробки боровмісних марок сталей.

Спеціальна конструкція сошника/ролика дозволяє регулювати його на бажану глибину з інтервалом 1,0 см. Це у великій мірі вирішує запити аграріїв щодо коректності і точності глибини сівби.

Сівалка оснащена електронною системою управління висівами Helios виробництва НВФ «Монада».

Він відстежує та реєструє просування та коливання насіння за допомогою сошника в кожному бункері та передає інформацію на монітор, встановлений у кабіні трактора, що дозволяє механізатору стежити за посівною площею. Датчики контролю висіву можуть бути встановлені на кожен агрегат як опцію. Для збільшення довговічності конструкції сівалки було встановлено лінію порошкового фарбування Ideal-line (Данія). За заявою датської компанії, ця технологія фарбування дозволяє створювати якісні лакофарбові роботи із гарантованим терміном служби до восьми років.

Сівалки механічного висіву Challenger випускаються в широкому асортименті - від двометрових односекційних агрегатів до 12-метрових трисекційних агрегатів. Усі механічні сівалки виробляються на заводі Beloit у Канзасі, США, де щорічно виготовляється близько 20 000 машин.

Сівалки оснащені спеціальними шестилопатевими висівними апаратами із зміцненого полімеру. Норма висіву регулюється за секціями за допомогою важеля. У сівалці використовується подвійна рама – окремо для бункерів та сошників, що збільшує довговічність її конструкції та агрегату в цілому, оскільки навантаження сошників переноситься на окрему раму.



Рис.1.2. Загальний вигляд посівного агрегату для просапних культур в роботі

Сошник сівалки дводисковий, встановленим на паралелограмній підвісці. Дані сошники без додаткового переобладнання можуть виконувати посів як за традиційними технологіями, так і у системах нульової обробки ґрунту. Диски кріпляться болтами з різноспрямованим різьбленням, таким чином, під час роботи сошники постійно «підтягуються» і завжди працюють бездоганно. Однак справжні переваги механічних сівалок приховані у дрібницях, ігнорувати які не можна.

Так, на дводискових сошниках встановлені спеціальні «заспокійливі» пластини («пильники»), що дозволяють агрегату працювати на високих швидкостях, забезпечуючи відмінне загортання насіння. Крім того, так звані ці пильники запобігають налипанню ґрунту до висівних дисків, що дозволяє працювати у вологих умовах. Ще одна особливість конструкції – форма посівної трубки – вона виконана у вигляді шаблі.

Це рішення дозволяє краще розподіляти насіння у борозні. Вдосконалення торкнулись також прикочувальних коліс агрегату: вони мають не жорстке кріплення, як більшість сівалок такого типу, а шарнірне. Таким чином, щоразу при зміні траєкторії сошника прикочувальне колесо, точно прямує за ним і ретельно ущільнює ґрунт над кожною зерниною. На перший погляд це не проблема, коли нам під час прямолінійного висіву потрібно обсівати якусь переш-

коду на шляху сівалки. Однак в Україні багато полів, розташованих на схилах, і при сівбі на них сівалка, як би оператор цього не уникав, трохи опускається, через що прикочувальні колеса перестають виконувати свою функцію - рухаються не над, а поруч із лінією закладання насіння.

Встановлено, що всі механічні сівалки Challenger шириною захвату до 6 м є навісними. Але якщо є трактор, великої потужності (від 360 до 420 к.с.), але не підходить для зчіпки, можна знайти простий вихід із цієї ситуації: спеціальний візок для сівалки. Таким чином, остання переходить від навісної до причіпної.

Бункери трисекційної сівалки розміщені у шаховому порядку, що покращує її використання на схилах та горбистих полях та зменшує транспортну ширину.

Опційно сівалка може бути укомплектована бункером для посіву дрібних насінневих культур, внесення сухих мінеральних добрив та системою внесення рідких мінеральних добрив з одночасним посівом.

Якби аграрії витрачали у процентному співвідношенні стільки коштів на обслуговування сівалок, як і на комбайни, то прибутковість підприємства можна було б збільшити на 10...15%.

Добре з точки зору точності сівби і надійності зарекомендували себе сівалки виробництва Amazone (рис.1.3). Призначені для енергоощадних технологій, вони можуть працювати за мінімального та нульового обробітку ґрунту. А після певних перелаштувань – і за традиційних.



Рис.1.3. Загальний вигляд сівалки Amazone

Механічні сівалки Cataya Modern від Amazone доступні у чотирьох версіях: Cataya, D9, AD та D9 6000 TC Combi, які можуть сіяти широкий спектр культур з міжряддям 12,5 або 16,6 см.

Cataya - механічний посівний агрегат, що складається з вертикального культиватора і сівалки, призначена для посіву як за традиційної (після оранки), так і мінімальної технології обробки ґрунту, що мульчує (після роботи дискатором). Ширина захвату – 3 м, об'єм бункера – 830 літрів. Опційно бункер сівалки оснащується додатковим розширювачем у вигляді насадок об'ємом до 400 літрів.

Модель D9 - це навісна сівалка, призначена для посіву в підготовлений ґрунт за традиційною технологією у поєднанні з ґрунтообробним агрегатом. Таким чином ці сівалки можуть бути оснащені сошниками WS або дисковими сошниками - RoTeC Control. Сошники RoTeC Control створюють борозну в ґрунті, в яку поміщається насіння: з одного боку диском, що висіває, а з іншого - борозноущільнювачем. Встановлені з боку бороноущільнювача еластичні полімерні диски забезпечують глибину загортання насіння та запобігають прилипанню ґрунту до висівного диска.



Рис.1.4. Загальний вигляд сівалки D9 6000 TC Combi

D9 6000 TC Combi Для малих та середніх господарств виробник пропонує недорогу серію сівалок із шириною захвату 2,5 та 3 м з високою точністю дозування та посіву. Об'єм бункера сівалки із шириною захвату 3 м становить 450 л, за допомогою додаткових пристроїв його можна розширити до 850 л. Для середніх та великих господарств Amazone пропонує сівалки D9 Super із шириною захоплення 3 - 3,5 - 4 і 6 м та за допомогою спеціальної зчіпки можуть бути встановлені з шириною захоплення 9 та 12 м. На цих сівалках використовується посилена конструкція. Таким чином, при ширині захвату сівалки D9 Super 3 м місткість бункера може бути збільшена з 600 до 1000 літрів. Норма посіву регулюється за допомогою редуктора Vario з безступінчастим регулюванням і плавним режимом роботи. Мінімальна норма висіву 1,5 кг/га, максимальна 400 кг/га. Безступінчастий редуктор Vario не вимагає обслуговування і простий в експлуатації. Сівалки AD - це обладнання, призначене для роботи в поєднанні з культиватором, роторним культиватором або гумово-клиновим котком. Робоча ширина сівалок 2,5; 3; 3,5 та 4 м. Система дозування оптимізована за рахунок використання спеціального корпусу, що дозує катушки великого діаметру (80 мм) та заслінки, що дозволяє висівати від 1,5 до 400 кг/га без зміни катушок .

Регулювання норми висіву здійснюється безступінчатим редуктором. Металеve приводне колесо великого діаметру гарантує надійне дозування насіння навіть у важких умовах роботи. Сівалки D9 6000 TC Combi - причіпні, призначені для посіву насіння зернових, бобових та злакових культур з одночасним внесенням мінеральних добрив по зораному чи задискованому фонах.. Завдяки низьким тяговим зусиллям сівалка підходить для агрегування з тракторами малої потужності. Об'єм бункера – 2800 літрів, робоча ширина – 6 м. Сівалка забезпечує якісний посів на швидкості 15 км/год. У транспортному положенні його ширина становить 2,75 м, що дозволяє йому безпечно пересуватися дорогами загального користування при транспортуванні. Опціонально сівалки Amazone можна комбінувати з Green Drill 200 для підсівання проміжних культур та трав.

1.4 Методи підвищення ефективності посівних агрегатів

Підвищення довговічності трібоспряжень елементів сільськогосподарської техніки, у тому числі й посівної, здійснюється за рахунок конструкторських, технологічних та експлуатаційних методів модернізації.

Конструкторський метод підвищення довговічності посівних агрегатів (ПА) полягає у створенні нових конструкцій вузлів із застосуванням довговічних матеріалів та поєднання їх у спряженнях. Цей метод доцільно використовувати під час проектування або вдосконалення конструкцій загортаючого механізму посівних машин.

Технологічний метод підвищення ефективності ПА включає в себе виготовлення деталей із заданою точністю, використання технологій, які дозволяють корегувати фізико-механічні властивості, зміцнення поверхневих шарів методом термічної та механічної обробки, нанесення поверхневих зносостійких шарів матеріалів, у тому числі й композиційних. Даний метод дозволяє підвищувати довговічність вузлів без внесення змін у конструкцію посівних комплексів.

Експлуатаційний метод підвищення ефективності ПА – це забезпечення виконання вимог планових ТО та консерваційних робіт, забезпечення відповідних до регламенту умов експлуатації.

Великий вплив на довговічність посівних комплексів мають умови їх експлуатації, дотримання періодичності ТО та якість запчастин.

З метою підвищення довговічності механізму загортання насіння посівних комплексів, необхідно розглядати декілька напрямків одночасно, які створюють комплекс заходів із залученням сучасних технологічних методів підвищення зносостійкості та внесення оптимізацій у систему ТО, які направлені на зменшення затрат коштів та часу без втрати якості обслуговування.

Всі ці методи направлені на подолання такого явища як тертя. Тертя – це складний фізико-механічний процес, який залежить від тиску на поверхні деталі, властивостей матеріалу, з якого виготовлені прецизійні елементи, наявності змащуючого середовища.

В залежності від стану поверхонь тертя та наявності змащуючого середовища розрізняють наступні види тертя:

- сухе, коли між поверхнями тіл відсутнє мастило;
- граничне, яке характеризується розділенням деталей між собою тонким шаром (менше 0,1 мкм), який не володіє властивостями рідини;
- рідинне, коли поверхні повністю розділені рідким мастилом.

Сухе тертя зумовлює найбільшу швидкість зношування в наслідок створення умов для підвищення температури, концентрації тиску P на окремих ділянках, що інтенсифікує процес зношування.

Рідинне тертя найбільш бажаний вид тертя з точки зору запобігання зношуванню. Шар мастила усуває безпосередній контакт двох поверхонь, завдяки чому не тільки значно зменшуються сили тертя, а й утворюються умови для різкого зменшення зношування поверхонь.

Тобто основним завданням всіх методів підвищення довговічності ОЕ є забезпечення оптимальних трибологічних умов та запобігання наслідків взаємодії вузлів з навколишнім середовищем

В сільськогосподарському машинобудуванні набули широкого розповсюдження композитні матеріали різної природи походження. Природа походження композитних матеріалів може бути металева (сплави, порошкові покриття та ін.) та неметалева (термопласти, реактопласти, керамічні матеріали та ін.). Дослідженнями та розробкою конструкційних пластиків у сільськогосподарському машинобудуванні із подальшим впровадженням у виробництво займалися: В.В. Аулін, Б.А. Ляшенко, С.К. Абрамов, Н.Т. Арламова, О.І. Буря, О.Д. Деркач, Д.О. Макаренко, Ю.Ф. Климчук, Л.М. Крейдлін, М. Murgas та ін. Перевагами від використання у трибосистемах сільськогосподарської техніки КМ є те, що ці матеріали мають стійкість до корозії, меншу вагу у порівнянні з металевими деталями, здатні використовуватись у рециклінгу, що дуже важливо з точки зору екологічності виробництва. Також до переваг можна віднести те, що для виготовлення деталей з композитів немає необхідності у важкій промисловості, так як технології сьогодення дозволяють створювати продукцію на потужностях малих підприємств.

Також під час використання деталей, виготовлених з ПКМ у парі з металевими деталями спостерігається явище переносу шару матеріалу на металеву деталь та, як наслідок, зменшення зносу металевих деталей та покращення трибологічних властивостей.

Було встановлено, що використання ПКМ у сільськогосподарському машинобудуванні є дієвий спосіб підвищення довговічності рухомих з'єднань деталей, що дає змогу стверджувати, що використання ПКМ у конструкціях ОЕ є доцільним способом підвищення довговічності.

Вирішити задачу підвищення довговічності механізму загортання насіння посівних комплексів можна шляхом впровадження ПКМ у підшипниковий вузол.

Сьогодні використання ПКМ у сільськогосподарському машинобудуванні є одним із основних напрямків розвитку. Так як з кожним роком ці матеріали стають більш доступними та якісними та завдяки цьому набувають все більшого поширення у промисловості.

1.5 Підвищення надійності машин застосуванням ПКМ

Перспективним напрямом збільшення ресурсу трибоспряжень сільськогосподарської техніки є використання ПКМ у конструкційних цілях, сучасних матеріалів, у тому числі аліфатичних та ароматичних поліамідів, матеріалів на основі фторопластів, фенілену, поліфенілхлориду, основних матеріалів поліарилатів та ін. У статті [5] наведені наукові основи розробки матеріалів триботехнічного призначення на основі політетрафторетилену. Запропоновано технології створення композитів політетрафторетилену та формування властивостей ПКМ методами технологічного пресування. У цій роботі також відображені заходи щодо поліпшення властивостей антифрикційних матеріалів та збільшення ресурсу рухомих з'єднань. В роботі [6] подано поглиблені дослідження властивостей різних ПКМ на основі фенілену С-2 або С-1 для збірок з використанням різних технологій. Основною перешкодою для широкого впровадження цих матеріалів у виробництво сільськогосподарської продукції та техніки є енергоємний ресурс та технологія перетворення вихідного матеріалу на готову продукцію.

Внаслідок внесення змін до відповідного ПКМ стало неефективним або навіть неможливим. Зокрема, вирішено проблему підвищення надійності елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів вітчизняного та зарубіжного виробництва, що обертаються. Одним з ефективних рішень підвищення довговічності рухомих шарнірних елементів посівних комплексів є створення трибоспряжень, що не потребують обслуговування або мають значно більшу періодичність технічного обслуговування, тобто використання композитних пластиків у конструкційних цілях.

Тому, метою роботи є розробка ефективних технічних рішень з використанням конструкційних пластиків, які забезпечать підвищення довговічності посівних машин.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- навести аналіз недоліків конструкційних та технологічних рішень посівних машин;
- навести методику розрахунку величини зазорів у метало-полімерних спряженнях;
- провести лабораторні дослідження полімерних композитів, які плануються використовувати у якості конструкційних пластиків у посівних машинах;
- навести заходи з охорони праці та економічну ефективність при експлуатації модернізованих посівних машин.

РОЗДІЛ 2 . ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ ПОСІВНИХ АГРЕГАТІВ

2.1. Особливості використання підшипникових вузлів в сільськогосподарській техніці

Сучасні вимоги змушують фермерів зберігати продуктивність на високому рівні, знижуючи витрати та негативний вплив на довкілля. Проте такі несприятливі умови праці сільському господарстві, як бруд, пил, вода, солома, каміння, згубно діють на підшипникові вузли. Проникнення сміття або втрата мастила через пошкоджені ущільнення, як і проблеми з кріпленням, призводять до передчасного виходу підшипника з ладу. Ці передчасні відмови знижують

продуктивність і прибутковість сільського господарства, оскільки доводиться витратити час та гроші на заміну мастильних матеріалів, обслуговування та заміну підшипників. Для виробників сільськогосподарської техніки передчасний вихід із ладу збільшує гарантійні витрати та може значно погіршити стосунки з клієнтами.

Сільськогосподарські машини щодня зазнають важких навантажень, особливо під час збирання врожаю чи підготовки землі до сівби. А для забезпечення ефективної роботи комбайнів, тракторів та іншої техніки на них необхідно встановлювати якісні комплектуючі.

Підшипник для сільгосптехніки потрібно вибирати ретельно, оцінивши конструкцію та призначення агрегату, умови, в яких він працюватиме, потім ці фактори потрібно порівняти з технічними можливостями деталі.

Спочатку сільськогосподарські машини вже оснащені підшипниками, але необхідно розуміти, що вони мають свій ресурс. Важко визначити точний період, протягом якого деталь виходить з ладу, багато залежить від марки, якості підшипника та його правильного функціонування.

Рекомендується регулярна діагностика запчастин для запобігання поломкам та простоюванням обладнання. Основними тривожними факторами є різні шуми та гудіння під час роботи обладнання, можливі удари та сильна вібрація. Поява цих «симптомів», швидше за все, свідчить про вихід із ладу підшипника та необхідність його заміни.

Сівалки на рівні з тракторами проходять серйозні випробування. При цьому техніка завжди добре працює у брудних або сирих умовах. Тому підшипники сівалки повинні бути не тільки герметичними, а й мати максимальний захист від корозії.

Техніка, в конструкції якої є приводні системи, шнеки, шківни, потребує підшипникових вузлів. Для високої продуктивності обладнання рекомендується встановлювати механізми зі стопорними кільцями та сталевим корпусом. Потрійне ущільнення – правильний вибір для складних умов експлуатації та високих навантажень.

Коли приходить час замінити підшипник у сівалці вам знадобляться запчастини, які технічно підходять для пристроїв із незалежною підвіскою. Такі механізми забезпечують якісне обертання робочих елементів устаткування, захищаючи їх від грудок землі, бруду тощо.

У випадку контакту пристрою з харчовими продуктами або роботи в умовах вологості, пилу або бактеріальної атмосфери, підшипниковий вузол повинен бути виготовлений з нержавіючої сталі або термопласту.

Звичайно, при покупці підшипника слід звертати увагу на клас точності, а також якість виготовлення, але, як не дивно, є важливіші моменти:

Підшипник повинен бути обладнаний зовнішніми ущільненнями, що надійно запобігають попаданню всередину бруду, пилу, піску, ґрунту і т. д.

Щоб уникнути ударів та вібрації, що сильно впливають на роботу підшипників, потрібно обирати модель з поліамідним сепаратором.

Ще один важливий критерій – герметичність, необхідна для захисту деталей від бруду та вологи.

Зниження негативного впливу на навколишнє середовище завдяки конструкції, що не потребує заміни мастила, в використанні підшипникових вузлів для сільськогосподарської техніки може значно скоротити потребу в мастилі, що дозволить заощадити до 200 кг мастила за термін служби машини. Надійні п'ятикромкові ущільнення допомагають утримувати мастило, захищаючи врожай, ґрунт та ґрунтові води від забруднення. Ферми можуть зменшити свій вплив на навколишнє середовище, а виробники сільськогосподарської техніки можуть продемонструвати свою прихильність до розробки рішень з меншим впливом на навколишнє середовище.

2.2. Розрахунок установочних деформацій в підшипнику

Підшипники виходять з ладу внаслідок поломки чи пошкодження робочих поверхонь підшипникових деталей. Перевантаження підшипників може

спричинити тріщини в кільцях та тілах кочення. Сепаратори руйнуються внаслідок високого тиску тіл кочення під впливом відцентрових сил. У більшості випадків підшипники виходять з ладу через абразивне зношування, пластичну деформацію і виснажливе фарбування робочих поверхонь. Абразивне зношування виникає при експлуатації погано захищеного підшипника в середовищі, забрудненим абразивним пилом.

Пластичні деформації виникають при перевищенні межі плинності матеріалу на поверхні контакту тіла кочення з кільцем (переважно при динамічних та високих статичних навантаженнях без обертання).

Втомне викришування робочих поверхонь відбувається в результаті циклічного контактного навантаження і є основною причиною виходу підшипників кочення з ладу. Як правило, викришування починається на доріжках кочення кільця, що найчастіше використовуються: на внутрішньому кільці для більшості підшипників і на зовнішньому кільці для сферичних підшипників. Циклічність перевантаження нерухомого внутрішнього кільця приблизно вдвічі більша, ніж у обертового. В результаті обертання зовнішнього кільця є менш сприятливим.

Зважаючи на вищесказане, підшипники кочення з частотою обертання $n > 1$ об/хв покладаються на термін служби (ресурс) від умови розточування сколів. Підшипники кочення, що не обертаються і обертаються з частотою $n < 1$ об/хв (наприклад, упорні підшипники поворотних кранів, вантажні гаки, домкрати і т. д.) Призначені для витримування статичного навантаження з умовою запобігання залишковій деформації.

Розрахунок терміну служби підшипників кочення проводиться з номінального терміну служби (розрахункового ресурсу) L підшипника. При розрахунку враховується еквівалентне динамічне навантаження F для підшипника та його динамічна вантажопідйомність C .

Наведемо приклад розрахунку підшипників за методикою, розробленою проф. Ауліним В.В. [7].

Еквівалентна динамічна навантаження F для радіальних і радіально-упорних роликів підшипників являє собою таку умовну постійну радіальну навантаження, яка при впливі на підшипник з внутрішнім кільцем, що обертається, і нерухомим зовнішнім кільцем забезпечує таку ж довговічність, як цей підшипник в умовах фактичного навантаження. Для упорних і упорно-радіальних підшипників кочення під еквівалентним динамічним навантаженням розуміють таке умовне постійне центральне осьове навантаження, яке при дії на підшипник з обертовим посадковим кільцем на валу і нерухомим у корпусі підшипника забезпечує ту ж довговічність, яку даний підшипник має при дійсних умовах навантаження й обертання.

При посадках з натягом змінюється внутрішній діаметр вкладиша, запресованого у втулку і виникають так звані установочні деформації. При складанні підшипникового вузла необхідно заздалегідь розрахувати компенсацію Δ_y установочних деформацій, оскільки вони змінюють зазор між полімерним вкладишем і валом. Установчу деформацію Δ_y визначають при відомому натягу Δ_n .

Приймаємо для термопластів з $\nu = 0,5$ уточнена деформація Δ_y дорівнює:

$$\Delta_y = \sqrt{3} \frac{\sigma_T}{E} \cdot \frac{R_T^2}{R_1} \quad (2.1)$$

де σ_T - границя текучості ; E - модуль пружності; R_T - радіус поверхні розподілу пружної та пластичної зони матеріалу підшипника; R_1 - внутрішній радіус втулок.

Для області реальних полімерів при $0,3 \leq \nu \leq 0,5$ рекомендуємо для розрахунку компенсацій за рахунок установчих деформацій наступний вираз:

$$\Delta_y = \Delta_n \cdot \frac{2 \cdot (1 - \nu) \cdot k_0}{(1 - 2 \cdot \nu) + k_0^2} \quad (2.2)$$

де $k_0 = D_0 / D$; D_0 - внутрішній діаметр підшипника; D - зовнішній діаметр підшипника.

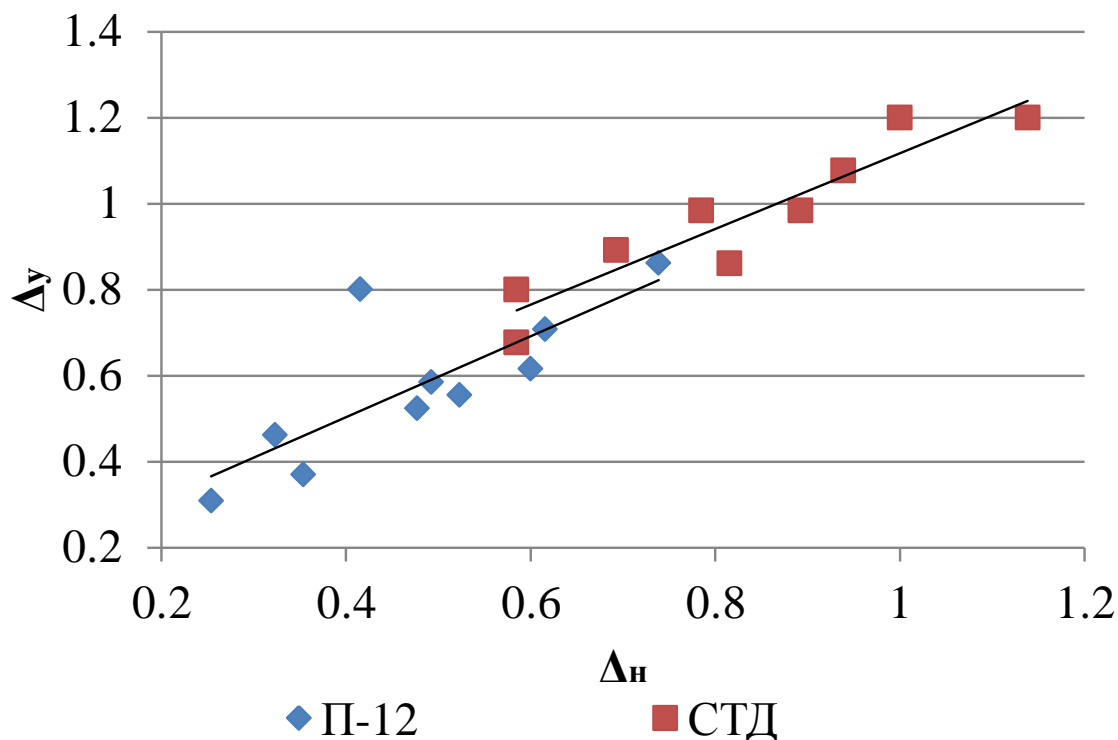


Рис. 2.1 – Орієнтовна залежність установочних деформацій від натягу

Можна бачити, що відповідні експериментальні точки і теоретичні лінії залежності установочої деформації Δ_y від натягу Δ_n (рис. 2.1) свідчать, що формула (2.2) з великою точністю описує установочну деформацію підшипника. Розбіжність теоретичних і експериментальних даних для полімерно-композитних матеріалів знаходиться в межах 1,5...6,0 %.

У зв'язку з цим, для підшипникових вузлів можливо рекомендувати розрахунок максимальної $\Delta_{y\max}$ і мінімальної $\Delta_{y\min}$ геометричної компенсації за рахунок установочних деформацій за формулами:

$$\Delta_{y\max} = \Delta_{n\max} \frac{2 \cdot (1 - \nu) \cdot k_0}{(1 - 2 \cdot \nu) + k_0^2} \quad (2.3)$$

$$\Delta_{y\min} = \Delta_{n\min} \frac{2 \cdot (1 - \nu) \cdot k_0}{(1 - 2 \cdot \nu) + k_0^2} \quad (2.4)$$

Де значення $\Delta_{n\max}$ та $\Delta_{n\min}$ знаходяться за нижченаведеними формула-

ми:

$$\Delta_{H\max} = D \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\sigma_T}{E} \cdot (1+\nu) \cdot [(1-\nu) - (1-2 \cdot \nu) \ln k_0]; \quad (2.5)$$

$$\Delta_{H\min} = D \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\sigma_T}{E} \cdot (1+\nu) \cdot \left[(1-\nu) \left[\left(1 + \frac{1-2 \cdot \nu}{2-\nu} \cdot \ln \frac{1}{k_0} \right) \cdot \left(\frac{3}{1-2 \cdot \nu} \right) \right]^{-1} + \frac{1-2 \cdot \nu}{2-\nu} \ln \frac{1}{k_0} \right] \quad (2.6)$$

де $\Delta_{H\max}$ - найбільший допустимий натяг; $\Delta_{H\min}$ - найменший допустимий натяг.

Запропонована методика дозволить точніше проводити розрахунки для модернізованих трибоспряжень. Це дозволить підвищити ефективність використання посівних машин.

2.3. Теоретичний аналіз температурного поля полімерного підшипника ковзання

2.3.1 Визначення робочої температури в зоні ковзання

Температура в зоні тертя полімерно-комполитних підшипників є одним із обмежувальних факторів їх експлуатації. ПКМ, як правило, мають недостатню теплопровідність. А тому, вони при терті, накопичують тепло, внаслідок чого може відбутися руйнування підшипника ковзання. Тому розуміння явищ теплопровідності в полімерному підшипнику, що обертається на валу або в корпусі є важливим завданням при проектуванні таких трибоспряжень. Рішення задачі пов'язане з необхідністю за початковими параметрами (розміри підшипника, пружні постійні, коефіцієнти тертя та ін.) при заданому зовнішньому навантаженні і частоті обертання валу визначити температуру в області контакту "валу – вкладиш" або "вкладиш - корпус" для порівняння її з допустимою. Дослідження температурного поля в полімерній втулці дозволяє розрахувати зміну її зовнішнього і внутрішнього діаметру, тобто передбачити температурні компенсації при оптимальних значеннях зазору і натягу в з'єднаннях "вал – вкладиш" або "вкладиш – корпус".

Якщо ми маємо полімерний вкладиш з внутрішнім радіусом R_1 і зовнішнім R_2 , а зовнішній радіус металевої втулки R_3 , довжина підшипника l , в підшипник встановлений металевий вал довжиною L причому $L > l$ (рис. 2.2-2.3), то можемо застосувати таку методику розрахунку.

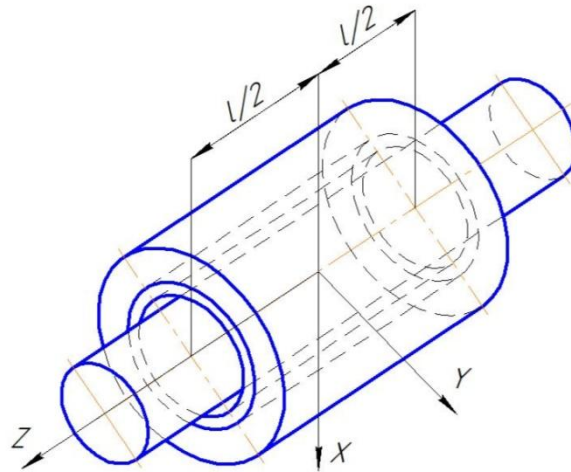


Рис. 2.2 - Схема для розрахунку температури в зоні треття

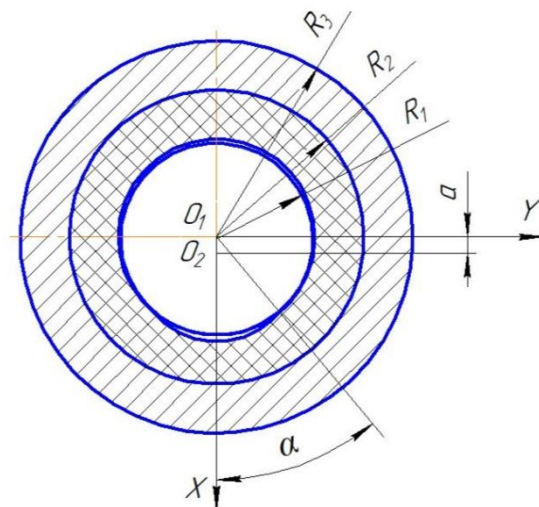


Рис. 2.3. Схема контакту "вал-вкладиш"

Під дією статичного навантаження P відбувається впровадження валу з утворенням кута α контакту (рис. 2.3).

Розподіл контактної напруження можна представити у вигляді:

$$\sigma_{rr} = (P \cdot (R_1 \cdot l) \cdot (\alpha \cos \alpha \sin \alpha))^{-1} \cdot F(\varphi), \quad (2.7)$$

де:

$$F(\varphi) = \begin{cases} \cos \varphi - \cos \alpha, & \text{при } (\varphi) \leq \alpha; \\ 0, & \text{при } (\varphi) \geq \alpha. \end{cases}$$

Нагрівання підшипника відбувається за рахунок процесу тертя в зоні контакту при обертанні навколо валу. Розподіл теплоти q на поверхні контакту у вигляді теплового потоку в одиницю часу з одиниці площі контакту дорівнює:

$$q = \Omega \nu \sigma_{rr} f_{mp} \quad (2.8)$$

де: $\Omega = (1787.8)^{-1}$ МДж/г; ν - швидкість ковзання валу в підшипнику; f_{mp} - коефіцієнт тертя (з експерименту); σ_{rr} - контактне напруження.

Частина теплоти, що утворюється безпосередньо в околі тертя, передається в зовнішнє середовище через підшипник, інша частина - через вал. Тепловий потік, що надходить у зовнішнє середовище через підшипник і вал визначається за виразом:

$$q_n = \beta_n \cdot \Gamma \cdot F(\varphi); \quad q_g = (1 - \beta_n) \cdot \Gamma \cdot F_1(\varphi). \quad (2.9)$$

де $\Gamma = (\Omega \cdot \nu \cdot f_{mp} \cdot P) / (R_1 \cdot l(\alpha - \cos \alpha \sin \alpha))$; β_n - коефіцієнт розділення теплоти його значення визначається залежно від k_0 при різних відношенні поверхонь тепловіддачі підшипника F_n та F_g знаходять по [1-5].

Для визначення температури в довільній точці підшипника необхідно розв'язати рівняння теплопровідності. При цьому можна прийняти, що тепловий потік в осьовому напрямі підшипника відсутній внаслідок малої площі його торцевих поверхонь. Вважаємо, що розподіл температури не залежить від Z . Через те, що товщина металевої втулки (корпус) і полімерного підшипника одного порядку, то в першому наближенні температура корпусу в кожній точці постійна і співпадає з температурою зовнішньою поверхнею підшипника:

$$t^{(1)} = \beta_{II} \cdot q_{II} \cdot R_1 \cdot \left(\frac{1}{\lambda^{(1)}} \ln \frac{R_2}{r} + \frac{1}{\eta \cdot R_3} \right) \quad (2.10)$$

На підставі формул для розрахунку радіальних і кутових зміщень, деформацій, нормального і дотичного напружень, а також вирази для розрахунку температури в зоні тертя (2.1-2.10) проведено розрахунок за допомогою приклад-

них програм на ПК. За таких умов раціональна температура в рухомому спряженні підшипникового вузла складе 56-70°C.

Висновок по розділу. В даному розділі проведений аналіз особливостей використання підшипникових вузлів в сільськогосподарській техніці та описані критерії вибору підшипника. Наведена методика розрахунку деформацій підшипнику. Проведено розрахунок за для визначення робочої температури в зоні ковзання. Проведено розрахунок за допомогою прикладних програм на ПК. За таких умов раціональна температура в рухомому спряженні підшипникового вузла складе 56-70°C, що є допустимим значенням для оптимальної експлуатації в сільськогосподарській техніці.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма досліджень

Для розв'язання задач, викладених у вступі, проводили дослідження у такому порядку: виявили трибоспряження с.-г. техніки з недостатньою надійністю, обґрунтували теоретичне застосування полімерно-композитних обертових елементів, дослідили вплив різних наповнювачів у складі композитів на їх фізико-механічні властивості, обґрунтували технологічні заходи, за яких досягаються оптимальні характеристики деталей полімерно-композитної групи.

Виявлення трибоспряжень обертових елементів посівних машин, які є причиною зниження надійності полягало в аналізі літературних джерел (технічна література, патенти, авторські свідоцтва, підручники, монографії, наукові статті провідних вчених) та дослідженні виробничих ситуацій при експлуатації посівної та ґрунтообробної техніки.

Дослідження закономірностей зношення серійних і розроблених обертових елементів робочих органів здійснювали на основі обробки статистичних даних, накопичених у процесі експлуатації посівних комплексів.

Програма теоретичного обґрунтування застосування обертових елементів трибоспряжень, виготовлених з полімерно-композитних матеріалів, передбачала використання теорії Герца про контакт двох циліндричних тіл (система «вал-втулка»), планування активного експерименту (для охопту якнайширшого діапазону експлуатаційних умов обертових елементів у робочих органах комбайнів), використання програмних пакетів для 3D-моделювання та 3D-друку.

Стабільне функціонування обертових елементів у трибоспряженнях с.-г. техніки обумовлюється їх високими трибологічними, фізико-механічними та міцнісними властивостями. Таким чином, програма досліджень щодо обґрунтування оптимальних складів полімерних композитів, за яких забезпечуватимуться оптимальні характеристики створених обертових елементів, включала дослідження їх трибологічних, фізико-механічних та міцнісних властивостей. Розробка і оптимізація екологобезпечних і ресурсощадних технологій полягала у дослідженні впливу рециклінгу конструкційних пластиків з додаванням відпрацьованих поліетиленів на вказані властивості деталей.

Для перевірки отриманих результатів та раціонального використання обертових елементів трибоспряжень, проводили польові випробовування посівної та ґрунтообробної техніки, які мали різні технічні характеристики (посівні комплекси Turbosem 19-48 (60), Horcsh Maestro SW 36.5, John Deere 1890 (95), укомплектованих створеними обертовими елементами трибоспряжень.

3.2. Дослідження міцнісних властивостей

Дослідження границі міцності при стиску

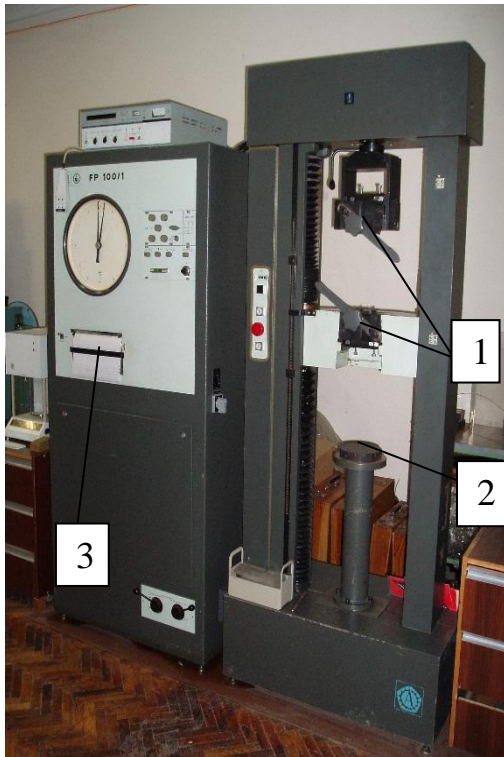


Рис. 3.1. Випробувальна машина FP-100/1: 1 – приладдя для випробовування на розтяг; 2 – те ж для випробовувань на стискання; 3 – бланк реєстрації результатів.

Визначення напруження, що руйнує, і відносних деформацій при стиску проводили відповідно до ДСТ 4651-78 на машині FP-100/1. Зразок $\varnothing 10 \pm 0,5$ мм і висотою $15 \pm 0,5$ мм установлювався на опорних площинах випробувальної машини таким чином, щоб подовжня вісь зразка збіглася з напрямком дії навантаження. Зразок і опорні площини приводилися в зіткнення, швидкість зближення площин складала 0,45 мм/хв. Руйнівне напруження при стиску і гарниця текучості при стиску обчислювалися за формулою:

$$\sigma = \frac{P}{F}, \quad (3.1)$$

де P - навантаження, Н;

F - мінімальна площа поперечного перерізу зразка, мм².

Модуль пружності

Для визначення модуля пружності при стиску (ДСТ 9550-81) за показниками діаграми визначали значення навантаження, що відповідають величинам відносної деформації 0,1 і 0,3 %. Розрахунок проводився відповідно до співвідношення:

$$E = \frac{(F_2 - F_1) \cdot h_0}{A_0 \cdot (\Delta h_2 - \Delta h_1)}, \quad (3.2)$$

де F_1 - навантаження, що відповідає відносній деформації 0,1 %, Н;

F_2 - навантаження, що відповідає відносній деформації 0,3 %, Н;

h_0 - початкова висота зразка, мм;

A_o - площа поперечного перерізу зразка, мм^2 ;

Δh_1 - зміна висоти, яка відповідає навантаженню F_1 ;

Δh_2 - зміна висоти, яка відповідає навантаженню F_2 .

3.3. Дослідження трибологічних властивостей

Суть методу полягала у визначенні величини зносу при терті поверхонь полімерно-композитного зразка та металевого контртіла й обчисленні лінійного зносу і коефіцієнту тертя. Випробування проводили на машинах тертя 2070 СМТ-1 та СМЦ-2 за схемою «пальчик-диск» (рис.3.2) з наступними параметрами: кінематика руху - тертя-ковзання при обертальному русі в режимі тертя без та зі змащенням (вода, мастило); швидкість тертя – 1-3 м/с; тиск на пари тертя – 1-25 МПа; шлях тертя складав - 3000 м.

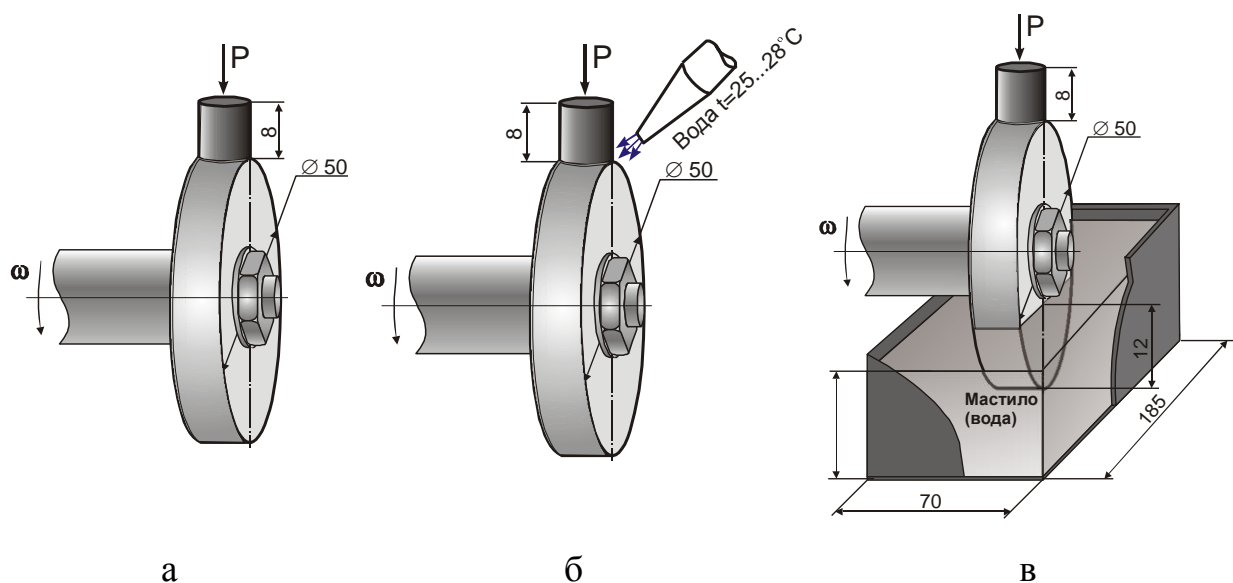


Рис. 3.2. Схеми реалізації процесу тертя: а – без змащення; б – змащення проточною водою; в – змащення мастилом (водою) з піддону.

У ході випробувань реєструвалися момент тертя, частота обертання, навантаження, число циклів наробітку, маса зразка, температура середовища. Те-

температура середовища контролювалася термопарою, закарбованою в поверхню зразка. Маса зразків визначалася з похибкою не більш $\pm 0,0002$ г.

Контртіла виготовлялися зі сталі 45 (ДСТ 1050-74) із твердістю після термообробки 45...50 HRC₃ і шорсткістю поверхні Ra = 0,08. Лінійний знос обчислювався за формулою:

$$\Delta h = \frac{m_2 - m_1}{S \cdot \rho}, \quad (3.3)$$

де m_1 - маса зразка до випробувань, кг;

m_2 - маса зразка після випробувань, кг;

ρ - щільність матеріалу зразка, кг/м³;

S - площа поверхні, що зношується, м².

Коефіцієнт тертя обчислювався за формулою:

$$f = \frac{M}{F \cdot r}, \quad (3.4)$$

де M - момент тертя, Н·м;

F - сила притиснення зразка, Н;

r - радіус контртіла, м.

Висновки по розділу. В даному розділі наведена програма досліджень. Програма включала дослідження їх трибологічних, фізико-механічних та міцнісних властивостей. Розробка і оптимізація екологічнобезпечних і ресурсоощадних технологій полягала у дослідженні впливу рециклінгу конструкційних пластиків з додаванням відпрацьованих поліетиленів на вказані властивості деталей. Проведено дослідження границі міцності при стиску на Випробувальній машині FP-100/1. Проведено дослідження трибологічних властивостей, випробування проводили на машинах тертя 2070 СМТ-1 та СМЦ-2

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1. Дослідження впливу технологічних факторів на усадку підшипників

Виходячи з теоретичної частини, наведеної в розділі 2, провели експериментальні дослідження. В яких досліджували величину усадки деталей в залежності від технології виготовлення (переробки). Передбачали, що її величина буде різною, в залежності від геометричних розмірів деталей. Володіючи інформацією про величину усадки підшипників, можна усувати механічну обробку виробів чи скоротити її до мінімуму. Вирішення цього завдання дозволить не тільки забезпечити розміри деталей, що задаються, але і правильно скорегувати робочий цикл їхнього виготовлення.

Для досліджень були підготовлені зразки – втулки, які виготовлялися на ливарній машині ПЛ-32 методом лиття під тиском (9 - 9,5 МПа), за температури

розплаву полімеру 260°C. Перші виміри проводилися через 30 хвилин після виготовлення деталі, а далі - через кожні 24 години аж до припинення процесу усадки. У процесі проведення дослідів, здійснювали три витримки виробів під тиском: 10, 15 і 20 секунд. Вибір цих значень має суцільно практичний характер, тому що при витримці під тиском менш 10 с, виготовлена деталь не мала необхідного комплексу фізико-механічних властивостей (наприклад, низька ударна в'язкість) і не придатна до експлуатації. Це пов'язано з недостатнім ущільненням матеріалу в процесі лиття виробу. Нами виявлено, що при збільшенні витримки понад 20 с істотно зменшується продуктивність устаткування і, крім того, при досягненні визначеного значення усадка зберігається постійною.

Практично у всіх площинах у перші 24 години процес усадки протікав рівномірно (криві рівнобіжні), незалежно від часу витримки деталі під тиском (рис.4.1 а, б, рис.4.2 а, б). Виміри через 48 і 72 години показали, що розміри залишаються стабільними чи змінюються на 0,01-0,03 мм. Це говорить про припинення процесу усадки. Мікрометраж досліджуваних деталей дозволив одержати графічні залежності протікання процесу усадки від часу t_b і таблицю значень остаточної усадки в різних площинах.

Розглянемо, як здійснюється усадка деталі по її висоті (рис.4.4). Як видно з графіка найменшу усадку мають деталі, при t_b 10 і 15с, найбільша при t_b 20 с. Хоча максимальний розкид остаточної розмірів склав всього 0,04 мм. У даному випадку усадка по висоті виробу коливається від 0,64 (при t_b 10 і 15 с) до 0,7% (при t_b 20 с).

Незначне зростання діаметрів, пов'язане з тим, що композити на ос-

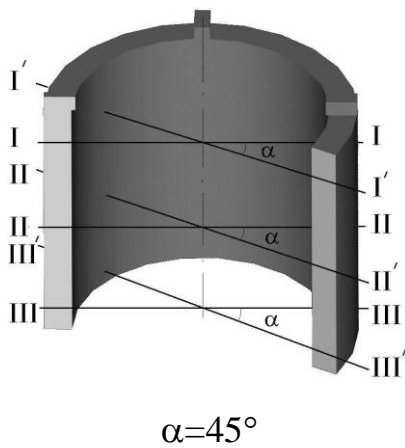
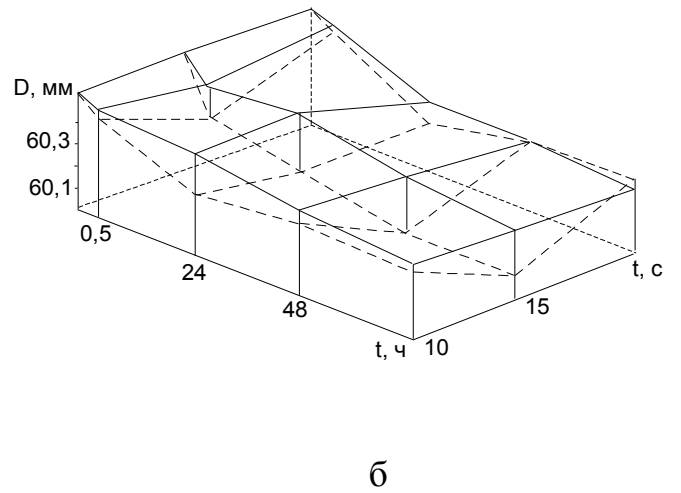
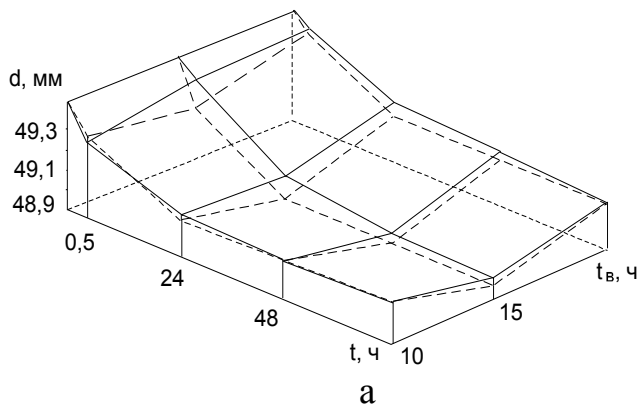


Рис.4.1. Вплив тривалості t_b під тиском на усадку деталей по внутрішньому d (а) і зовнішньому D (б) діаметрам у площинах I - I (---) і I' - I' (—)(в).

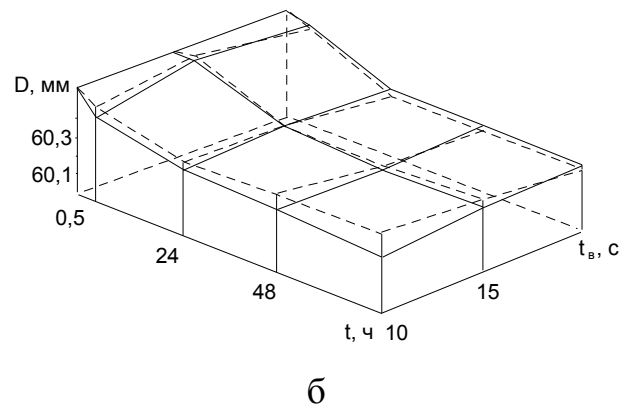
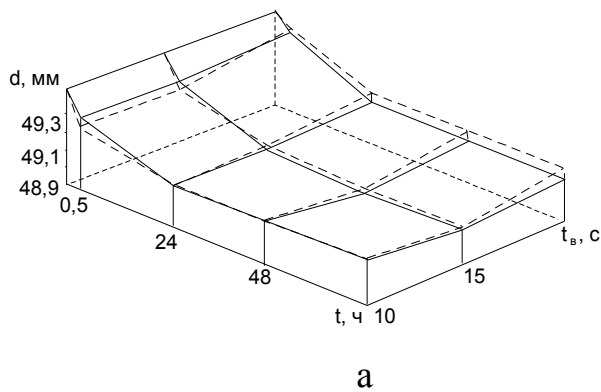


Рис.4.2. Вплив часу витримки t_b під тиском на усадку деталей по внутрішньому d (а) і зовнішньому D (б) діаметрах у площинах II - II (---) і II' - II' (—).

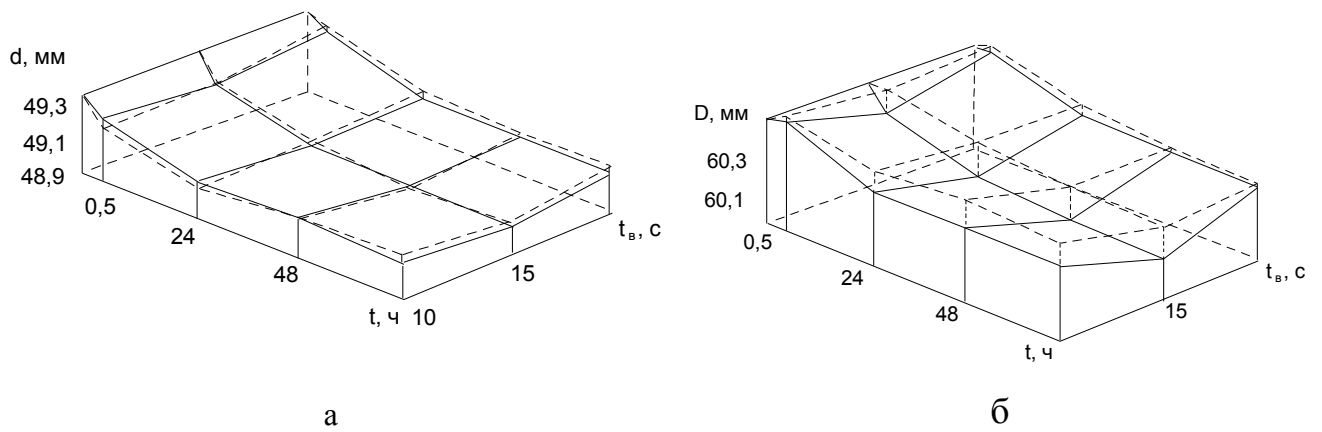


Рис.4.3. Вплив часу витримки t_v під тиском на усадку деталей по внутрішньому d (а) і зовнішньому D (б) діаметрам у площинах III - III (- - -) і III' - III' (—).

нові поліамідів відносяться до гігроскопічних матеріалів і при великому поглинанні вологи деталі з них в певній мірі деформуються. Вага виготовлених деталей коливався від 67,1 до 67,4 р. Протягом трьох діб їхня вага збільшилася в середньому на 0,097 г чи на 0,13%.

Таблиця 4.1 Величина усадки для втулок з вуглепластика з діаметрами: зовнішнім $D=60,5$ і внутрішнім $d=49,35$ мм

Площина I - I				
Час витримки під тиском t_v , з	Зовнішній діаметр	Усадка, %	Внутрішній діаметр	Усадка, %
10	По литниках	0,55	По літниках	0,35
15		0,83		0,68

20		0,51		0,35
10	Між литниками	0,55	Між літниками	0,29
15		0,71		0,36
20		0,51		0,41
Площина II - II				
10	По литниках	0,18	По літниках	0,49
15		0,29		0,59
20		0,35		0,55
10	Між литниками	0,31	Між літниками	0,49
15		0,31		0,57
20		0,31		0,44
Площина III – III				
10	По литниках	0,07	По літниках	0,36
15		0,23		0,44
20		0,11		0,36
10	Між литниками	0,21	Між літниками	0,26
15		0,46		0,42
20		0,16		0,32

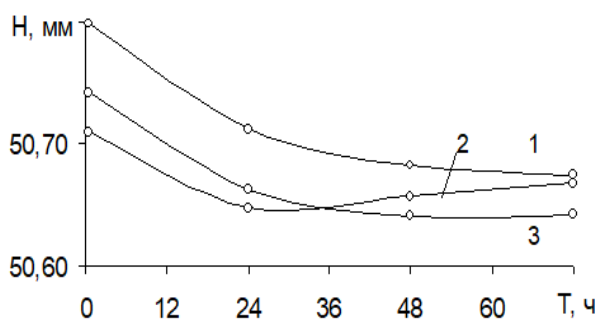


Рис.4.4. Усадку по висоті H виробів отриманих при витримці під тиском 10

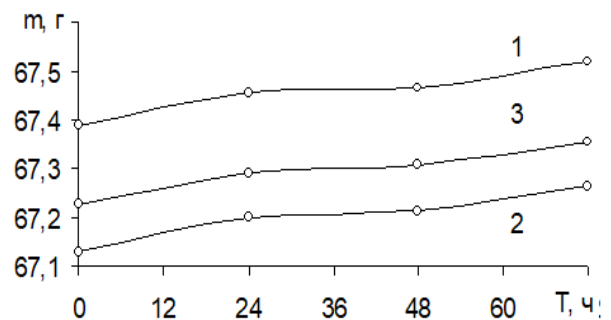


Рис.4.5. Зміна в процесі усадки маси (m) виробів. Позначення ті ж, що і на

(1), 15 (2) і 20с (3).

рис.4.4.

Вплив масштабного фактора на усадку можна охарактеризувати наступними висновками.

1. Мінімальні значення усадки Δ (0,4 - 0,5%) спостерігалися при співвідношеннях $D/\delta = 11$ та $d/\delta = 6$, а отже і при $D/d (d) = 1,23$.

2. По зовнішньому діаметру D усадка Δ приблизно у 2 рази менша, ніж по внутрішньому d , незалежно від співвідношення діаметрів і товщини стінок D/δ і d/δ .

3. Для визначення значень остаточної усадки Δ експозицію експериментальних деталей необхідно робити через 72 години, бо надалі досліджуваний показник не змінювався.

4.2. Дослідження трибологічних властивостей

Для визначення раціонального застосування деталей, виготовлених з ПКМ, порівнювались триботехнічні характеристики чистого поліаміду марки ПА-6, який серійно випускається, та вуглепластиків на його основі – УПА-6-30 і УПА-6-40. В процесі досліджень, режими роботи експериментальних зразків встановлювали, виходячи з реальних умов роботи типових деталей тертя, що досліджувались. Так як характер роботи вуглепластиків обумовлюється фактором PV , то в процесі випробувань змінювали цей показник шляхом варіації тиску P на зразок, при цьому швидкість залишалася сталою. Таким чином тиск на зразки змінювали в межах $P = 0,3 \dots 1,0$ МПа, швидкість ковзання $V=1$ м/с (рис.4.6).

Лабораторними дослідженнями встановлено, що із збільшенням тиску P значення зносу I та температури T в зоні тертя у зразка із чистого поліаміду стабільно збільшується у порівнянні із полімерно-композитними зразками. Із залежностей видно, що із збільшенням тиску від 0,4 до 1,0 МПа, знос зразка із чистого ПА-6 зріс у 4 рази, в той час як у ПКМ на його основі він залишається

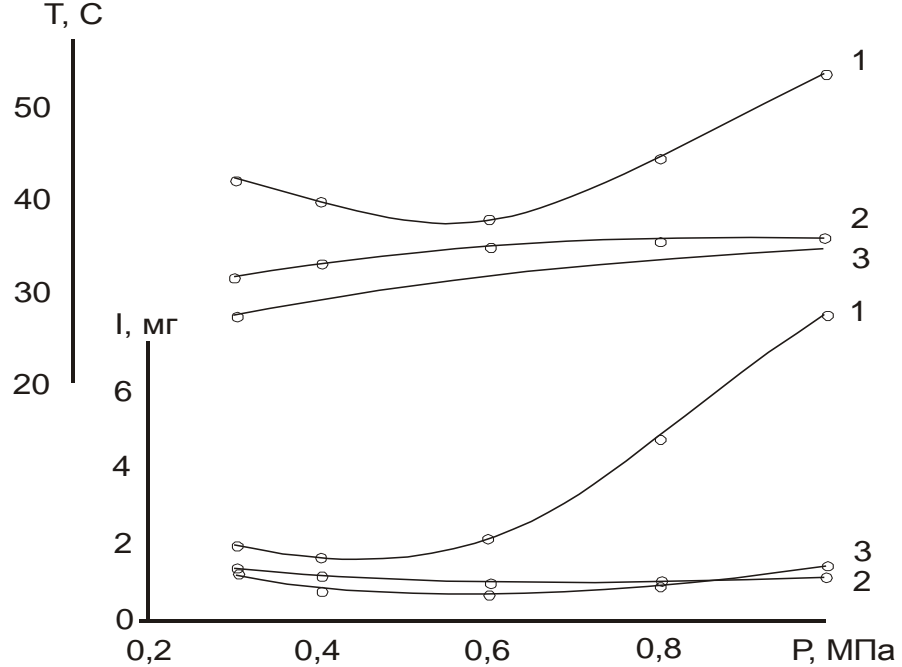


Рис. 4.6. Вплив тиску P на температуру в зоні контакту T і знос I зразків з: 1 - поліаміду-6; 2 - УПА-6-

практично незмінним, температура у чистого ПА-6 зросла у 1,2 рази, а у вуглепластиків знову залишилася практично незмінною. Враховуючи те, що трибологічні властивості двох марок вуглепластиків при даних режимах експлуатації є близькими, то було прийнято рішення проводити подальші дослідження на вуглепластику УПА-6-30, так як у ньому міститься на 10 відсотків менше дорогих вуглецевих волокон.

Вплив природи контртіла на трибологічні властивості показав, що процес тертя одного й того ПКМ по різних контртілах протікає по-різному теж.

З огляду на це, вивчали особливості зміни трибологічних властивостей вуглепластиків при роботі в парі з найбільш розповсюдженими кольоровими металами, а саме: міддю, латунню й алюмінієм. Випробування матеріалу про-

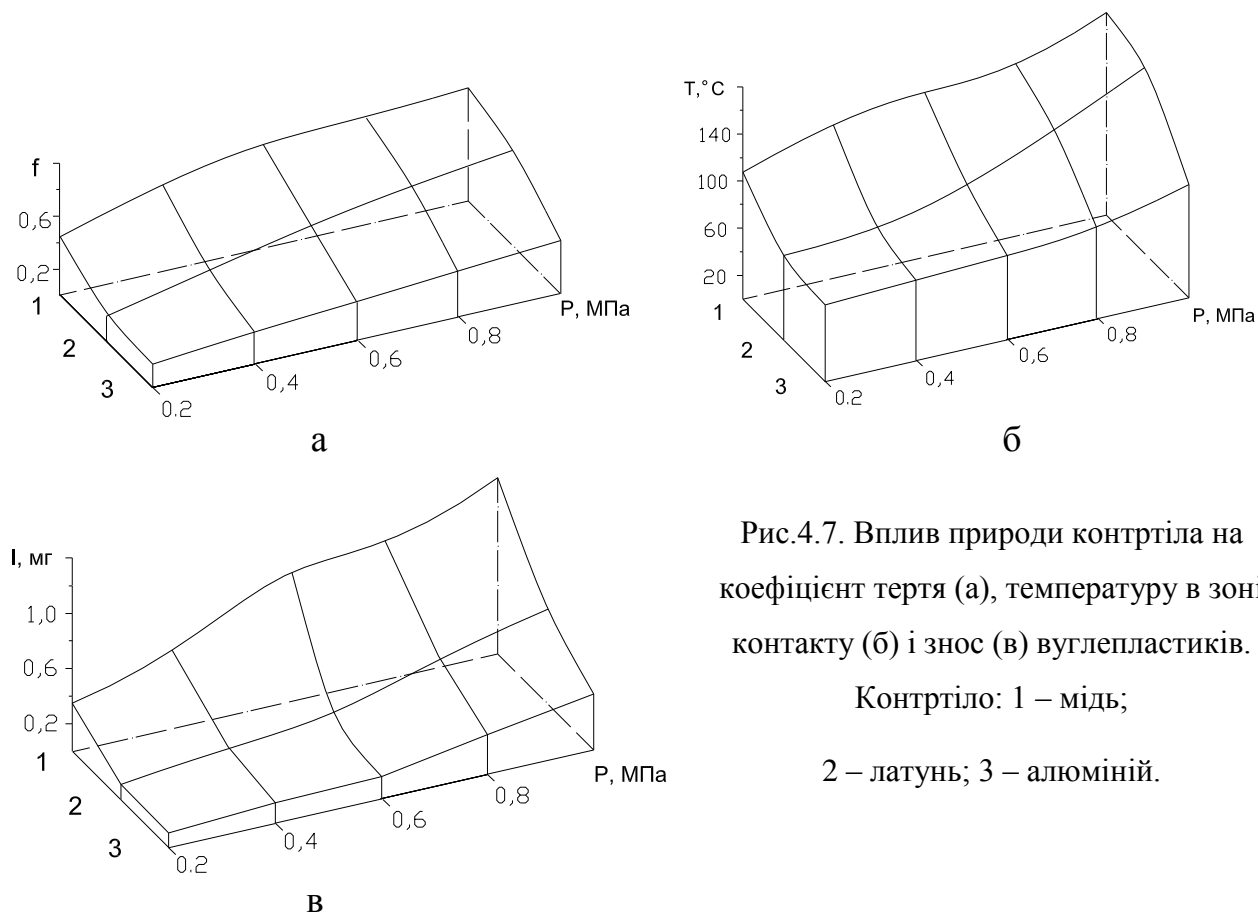


Рис.4.7. Вплив природи контртіла на коефіцієнт тертя (а), температуру в зоні контакту (б) і знос (в) вуглепластиків.

Контртіло: 1 – мідь;
2 – латунь; 3 – алюміній.

водилися при швидкості ковзання 1 м/с на дисковій машині тертя за методикою.

У вказаному вище діапазоні навантажень максимальні значення зносу, коефіцієнта тертя і температури в зоні контакту мають місце при роботі ПКМ з мідним контртілом. Робота цієї пари трибоспряження, характеризувалася постійними шумовими ефектами (писк, скрегіт, неплавність руху контртіла, вібрації). При значеннях тиску $0 \leq P \leq 0,6$ МПа спостерігалися навіть поодинокі випадки схоплювання матеріалу з контртілом, однак надалі катастрофічного зносу і руйнування полімеру не відбулося, хоча при $P = 1,0$ МПа температура в зоні контакту досягала 443 К. Тертя ПКМ по контртілу, виготовленого з латуні

(2) здійснювалося більш спокійно, і лише при досягненні тиску 0,8 МПа при стабільному підйомі коефіцієнта тертя f , відзначений більш різкий ріст температури T і зносу I .

У процесі притирання зразків з алюмінієвим контртілом утворювалася тонка алюмінієва стружка. Це сталося тому, що алюміній досить м'який метал.

4.3. Результати польових експериментів

Польові випробування проводилися на посівному агрегаті у складі трактора CASE IH MX 310 і сівалки Turbosem II 19-60. Сівалка була укомплектована експериментальними деталями – підшипники ковзання прикотних коліс.

У процесі випробувань експериментальних сошників було здійснено одне регулювання трібоспряжень (після 866 га напрацювання), мастило або інші методи обслуговування та контролю стану сошників не проводилися. Задану функцію посіву насіння сошники виконали точно відповідно до агровимог.

При візуальному огляді втулок розкритих експериментальних сошників встановлено, що видимого зносу композитних виробів немає, деталі перебувають у номінальному розмірному ряді (штангенциркуль ШЦ-1-125, № 994993, точність 0,1 мм).

В результаті впровадження розробленого продукту в посівному комплексі Агро-Союз Turbosem II 19-60 при виконанні зазначеного обсягу робіт доведено скорочення трудомісткості технічного обслуговування у розмірі 85,1 чол.-годину, при додатковому напрацюванні комплексу 388 га (за рахунок ліквідації залишків новинок на технічне обслуговування комплексу). У технологічний регламент технічного обслуговування необхідно внести зміни щодо зменшення точок мастила.

Незважаючи на неповне дотримання умов випробувань (зокрема, обов'язкової наявності нових сошників, незначне недотримання технічного та технологічного регламентів операторами), можна зробити висновок про те, що використання пропонованих деталей у посівних комплексах Агро-Союз Turbosem II

19-60 є доцільним та ефективним. Ідея істотного зниження трудовитрат на технічне обслуговування комплексу та підвищення добової (сезонної) продуктивності агрегату при збереженні всіх агротехнічних вимог і регламентів доведено.

Економічний ефект визначається не тільки підвищенням сезонного напруження комплексу та зниженням трудовитрат на технічне обслуговування, а й за рахунок скорочення строків посіву, появи дружних сходів, отримано стійкий приріст врожаю озимої пшениці від 0,3 до 0,6 т/га. Експериментальні деталі виготовляються з неканцерогенних складових, є екологічно безпечними для навколишнього середовища і виключають застосування будь-яких природних або синтетичних матеріалів, що змащують.

Висновки по розділу. Мінімальні значення усадки Δ (0,4 - 0,5%) спостерігалися при співвідношеннях $D/\delta = 11$ та $d/\delta = 6$, а отже і при $D/d (d) = 1,23$.

Для польових випробувань доцільно використовувати ПКМ марки УПА-6-30, який має оптимальні трибологічні властивості.

Доведено скорочення трудомісткості технічного обслуговування посівного комплексу Turbosem II 19-60, укомплектованого експериментальними деталями у розмірі 85,1 люд.-годину

5. ОХОРОНА ТА БЕЗПЕКА ПРАЦІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Загальні положення

Дані вимоги поширюються на працівників, які задіяні на локальному внесення мінеральних добрив модернізованим агрегатом CASE MX 310 + Turbosem II 19-60.

Сівалка Turbosem II 19-60 є модернізованою машиною і може винувати, крім основної операції сівба просапних культур.

До основних частин модернізованої сівалки відноситься рама, робочі органи, ріжучі диски, бункери для насіння та мінеральних добрив, причіпний механізм.

До самостійної роботи на даному агрегаті допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли вступний інструктаж з питань охорони праці, інструктаж з охорони праці на робочому місці та мають допуск до самостійної роботи.

Працівники, які виконують роботи повинні мати посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії.

На працівників, що працюють на локальному внесенні мінеральних добрив можуть діяти наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- 1) підвищений рівень вібрації;
- 2) підвищений рівень шуму на робочому місці;
- 3) рухомі машини та механізми;
- 4) негативні дія пилу мінеральних добрив та ґрунтового пилу;
- 5) гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхні робочих органів;
- 6) вихлопні гази трактора.

Робітник зобов'язаний виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку, правила особистої гігієни, правила пожежної безпеки.

Робітник зобов'язаний працювати в спецодязі та використовувати засоби індивідуального захисту.

Забороняється працювати на агрегаті з несправними елементами захисту.

При виявлених порушеннях вимог безпеки при виконанні робіт та при несправності трактора або сівалки, засобів індивідуального захисту працівник повинен доповісти своєму безпосередньому керівнику і до усунення несправності до роботи не приступати.

При отриманні травми негайно повідомити про це безпосередньому керівнику або керівнику підрозділу, або попрохати про це іншого працівника.

За невиконання вимог цієї інструкції та інструкції працівники несуть відповідальність згідно з чинним законодавством України.

5.2. Вимоги безпеки перед початком виконання роботи

Перевірити справність та надіти спецодяг, спецвзуття, засоби індивідуального захисту.

Отримати завдання на виконання робіт на конкретному полі. Пройти цільовий інструктаж по цій інструкції у керівника робіт і підтвердити проходження інструктажу розписом в „Журналі інструктажів з охорони праці на робочому місці”.

Провести щозмінне технічне обслуговування агрегату.

Перевірити комплектність агрегату: трактора і посівної машини.

Перед початком розконсервації агрегату, пересвідчитись, що поблизу немає сторонніх осіб, а роботі не заважають сторонні предмети.

Механізатор зобов'язаний постійно слідкувати за технічним станом агрегату під час проведення технічного обслуговування в полі.

5.3. Під час виконання робіт

Не дозволяється знаходитись на агрегаті під час його руху, переміщенні по майданчику тощо.

Гідравлічна система агрегату повинна забезпечувати плавний підйом робочих органів їх надійну фіксацію у будь-якому положенні.

При заправці, кришку паливного бака відкривати повільно, стравлюючи надлишковий тиск.

Перед дозаправкою завжди глушити двигун. Після заправки щільно затягувати кришку паливного бака.

Не палити, не залишати гарячих предметів поблизу палива.

5.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У випадку аварії або технічної несправності агрегату, необхідно негайно припинити роботу і доповісти про це безпосередньому керівнику робіт. Не допускати сторонніх осіб в небезпечну зону.

При виникненні пожежі, появи диму, гару та інших ознак загоряння терміново повідомити керівника, чергового та розпочати гасіння осередку загоряння наявними засобами пожежогасіння, у разі необхідності викликати пожежний підрозділ **(101)**.

Якщо стався нещасний випадок, необхідно надати потерпілому першу медичну допомогу, а в разі потреби викликати „екстрену (швидку) медичну допомогу” **(103)**.

У разі потрапляння мінеральних добрив на шкіру чи в обличчя слід негайно промити ці ділянки тіла великою кількістю води з милом.

В усіх випадках виконувати вказівки керівника робіт по усуненню небезпечної ситуації.

5.5. Вимоги безпеки після закінчення роботи

1. Очистити агрегат від залишків технологічного матеріалу у спеціально відведеному місці.

2. Пересвідчитися у відсутності пошкоджень вузлів і агрегатів, підтікань рідин і т.д.

3. Перевести агрегат у транспортне положення.

4. Рухатись до тракторної бригади спеціальним маршрутом.

5. Встановити машину на спеціально призначеному місці.

6. Промити і очистити агрегат.

При постановці на тривале зберігання агрегату, зняти деталі, позначені в технологічній карті та передати їх на зберігання в склад.

РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Основними експлуатаційними показниками роботи посівних агрегатів є: продуктивність, витрати робочого часу, паливо-мастильних матеріалів, питомі експлуатаційні та приведені витрати.

Модернізована сівалка дозволить виконувати якісну сівбу на будь-яких агрофонах даного господарства при раціональному агрегуванні з трактором. При цьому, економічний ефект буде полягати ще й у тому, що ТО не проводиться впродовж всього періоду використання модернізованої с.-г. машини.

Розрахуємо економічну ефективність застосування модернізованого агрегату CASE MX 310 + Turbosem II 19-60 –у порівнянні із традиційним агрегатом у складі CASE MX 310 + Turbosem II 19-60M.

Питомі експлуатаційні витрати агрегату розраховують за рівнянням:

$$C_{\text{итт}} = C_m + C_{\text{м}} + C_{\text{пмм}} + C_{\text{зн}} \quad (6.1)$$

де $C_m, C_{\text{м}}$ - сума витрат на реновацію, капітальний і поточний ремонт, технічне обслуговування, зберігання, заміну шин трактора, приймаємо з таблиці 7.1[8], грн./га;

$C_{\text{пмм}}$ - вартість паливо-мастильних матеріалів, грн./га;

$C_{\text{зн}}$ - оплата праці персоналу, який обслуговує агрегат, грн./га.

$$C_m = \left[\frac{B_m \cdot \alpha_{\text{рм}} \cdot g_{\text{за}}}{100 \cdot G_n^{\text{рік}}} + \frac{\sum C_{\text{м}}^n \cdot g_{\text{за}}}{1000} \right] \cdot K_i, \quad (6.2)$$

де $B_m \cdot \alpha_{\text{рм}}$ - балансова вартість трактора (грн.) та норма відрахувань, %. З табл. 7.1 [8] визначаємо балансову вартість трактора, яку беремо з урахуванням фактичної сьогоднішньої його ціни (1510 000 грн.) та норму відрахувань – 10%;

$\sum C_m^H$ - питомі нормативні витрати на капітальний, поточний ремонт, технічне

обслуговування, зберігання, заміну шин і гусениць, грн./т палива, з урахуванням сучасних цін складе близько 1849 грн. Цю цифру приймаємо за табл. 7.1 [8].

$G_n^{rik}, g_{год}$ - нормативне річне завантаження палива (кг). При сезонному навантаженні 60 нормо-змін по 40 га/зм і гектарній витраті палива 4,6 кг, норма річного завантаження складе 18000 кг;

K_i - коефіцієнт індексації цін, який враховує інфляцію. Так як ціни приймаємо реальні, то K_i приймаємо 1.

Для трактора CASE MX 310 витрати на реновацію, ремонт та технічне обслуговування для даного виду робіт складуть:

$$C_m = \left[\frac{1510000 \cdot 10 \cdot 4,6}{100 \cdot 18000} + \frac{1849 \cdot 4,6}{1000} \right] \cdot 1 = 47,09 \text{ грн/га}$$

Вартість паливо-мастильних матеріалів знайдемо за формулою:

$$C_{п.м.м} = C_k \cdot G_{год} = 31,5 \cdot 4,6 = 144,9 \text{ грн/га} \quad (6.3)$$

де C_k - комплексна ціна дизельного пального, грн. Вартість пального буде однаковою для обох варіантів агрегатів, що порівнюються.

Оплату праці обслуговуючого персоналу розраховуємо за формулою:

$$C_{зп} = \frac{1,49(K_{нк} \cdot m_{мех} \cdot f_{мех} + m_{доп} \cdot f_{доп}) \cdot 1,02 \cdot K_3}{W_{зм}}, \quad (6.4)$$

де 1,49 і 1,02 - коефіцієнти, які беруть до уваги при нарахуванні оплати праці;

$K_{нк}$ - коефіцієнт, який передбачає класність механізаторів. Приймаємо коефіцієнт 1,2 для трактористів-машиністів першого класу;

$m_{мех}$ і $m_{дон}$ - кількість трактористів-машиністів і допоміжних працівників, які обслуговують агрегат;

$f_{мех}$ і $f_{дон}$ - оплата праці за змінну норму (тарифні ставки) виробітку відповідно трактористам-машиністам і допоміжним працівникам, грн./зм. Приймаємо з табл.7.2 [17];

K_3 - коефіцієнт збільшення оплати праці за рахунок інфляції, приймаємо $K_3=10$.

Оплата праці механізаторів:

$$C_{зпс} = \frac{1,49 \cdot (1,2 \cdot 1 \cdot 15,58 + 1 \cdot 10,83) \cdot 1,02 \cdot 10}{32} = 14,02 \text{ грн / га}$$

Експлуатаційні витрати сівалку Turbosem II 19-60 знайдемо за формулою:

$$C_{СГМ} = \left[\frac{B_M \cdot \alpha_p}{100 \cdot n_{зм}^m \cdot W_{зм}} + \frac{\sum C_{ТО}}{W_{зм}} \right] \cdot 1, \text{ грн / га} \quad (6.5)$$

$$C_{СГМ} = \left[\frac{955000 \cdot 12,5}{100 \cdot 60 \cdot 32} + \frac{27,4 + 4,3 + 21}{32} \right] \cdot 1 = 63,82 \text{ грн/га}$$

Розраховуємо загальні експлуатаційні витрати:

$$C_{нит}^c = 13,25 + 63,82 + 102,6 + 14,02 = 193,69 \text{ грн/га}$$

$$C_{нит} = C_m + C_M + C_{нмм} + C_{зп}$$

Величину капітальних вкладень при експлуатації серійного агрегату:

$$K_p = \frac{B_m \cdot \alpha_{pm} \cdot g_{га}}{100 \cdot G_{рік}} + \frac{B_m \cdot n}{n_{зм} \cdot W_{зм}} = \frac{1510000 \cdot 10 \cdot 4,6}{100 \cdot 18000} + \frac{955000 \cdot 1}{60 \cdot 32} = 535,98 \text{ грн/га} \quad (6.5)$$

Приведені витрати:

$$P_g^p = C_n^p + E \cdot K = 64,48 + 0,15 \cdot 535,98 = 144,87 \text{ грн/га}$$

де $E = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Аналогічно проведемо розрахунки для агрегату, що складається з трактора CASE MX 310 і модернізованої сівалки Turbosem II 19-60M.

Експлуатаційні витрати на даному виді робіт складуть для трактора :

$$C_m = \left[\frac{1510000 \cdot 10 \cdot 4,6}{100 \cdot 18000} + \frac{1849 \cdot 4,6}{1000} \right] \cdot 1 = 47,09 \text{ грн/га}$$

$\sum C_m^u$ - питомі нормативні витрати на капітальний, поточний ремонт,

зберігання, заміну шин і гусениць, грн./т палива, без урахування технічного обслуговування сівалки, складе приблизно 1849 грн.

Вартість паливо-мастильних матеріалів знайдемо за формулою:

$$C_{пмм} = C_k \cdot G_{год} = 28,5 \cdot 4,6 = 144,9 \text{ грн/га.}$$

Оплата праці механізаторів:

$$C_{зпс} = \frac{1,49 \cdot (1,2 \cdot 1 \cdot 15,58 + 1 \cdot 10,83) \cdot 1,02 \cdot 10}{38,8} = 11,56 \text{ грн / га.}$$

Експлуатаційні витрати модернізованої сівалки Turbosem II 19-60M знайдемо за формулою:

$$C_{сгм} = \left[\frac{B_M \cdot \alpha_p}{100 \cdot n_{зм}^M \cdot W_{зм}} + \frac{\sum C_{ТО}}{W_{зм}} \right] \cdot 1 = \left[\frac{975000 \cdot 12,5}{100 \cdot 65 \cdot 38,8} + \frac{2,5 + 1,64 + 1,79}{38,8} \right] \cdot 1 \\ = 48,47 \text{ грн/га.}$$

Розраховуємо загальні експлуатаційні витрати:

$$C_{нум}^{проект} = 11,88 + 48,47 + 102,6 + 11,56 = 174,51 \text{ грн/га,}$$

Величину капітальних вкладень при експлуатації агрегату за формулою (6.6):

$$K_p = \frac{B_m \cdot \alpha_{pm} \cdot g_{za}}{100 \cdot G_{pik}} + \frac{B_m \cdot n}{n_{zm} \cdot W_{zm}} = \frac{1510000 \cdot 10 \cdot 4,6}{100 \cdot 18000} + \frac{975000 \cdot 1}{65 \cdot 38,8} = 390,45 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на один га при експлуатації модернізованого МТА:

$$P_6^p = C_n^p + E \cdot K = 64,48 + 0,15 \cdot 390,45 = 123 \text{ грн/га}$$

Отримані результати формуємо у в табл. 6.1.

Таблиця 6.1. – Економічне обґрунтування конструкторської розробки

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Агрегат	-	CASE MX 310 + Turbosem II 19-60	CASE MX 310 + Turbosem II 19-60M
Балансова вартість агрегату	грн.	2 465 000	2 485 000
Нормативне навантаження	нормо- змін	60	65
Змінна продуктивність	га	32	38,8
Витрати пального	кг/га	4,6	4,6
Витрати на реновацію, ремонт та ТО	грн. / га	13,25	11,88
Вартість ПММ	грн. / га	102,06	102,06
Оплата праці	грн. / га	14,02	11,56
Експлуатаційні витрати	грн. / га	193,69	174,51

Величина капітальних вкладень	грн. / га	535,98	390,45
Приведені витрати	грн. / га	144,87	123
Річний економічний ефект від сервісу при навантаженні 2000 га	грн.		246000

Таким чином бачимо, що модернізація сівалки Turbosem II 19-60M дозволить ефективно агрегатувати її з трактором CASE MX 310. При цьому річний економічний ефект може скласти до 246000 грн. при річному завантаженні 65 нормо-змін.

ВИСНОВКИ

У роботі описані агротехнічні вимоги до сівби, проведено класифікацію сівалок. Проведено дослідження проблеми підвищення ефективності посівних агрегатів, з'ясовано що при правильному обслуговуванні та оснащенні посівних машин, рентабельність підприємства можна збільшити на 10 – 15%.

Програма включала дослідження їх трибологічних, фізико-механічних та міцнісних властивостей. Розробка і оптимізація екологобезпечних і ресурсощадних технологій полягала у дослідженні впливу рециклінгу конструкційних пластиків з додаванням відпрацьованих поліетиленів на вказані властивості деталей. Проведено дослідження границі міцності при стиску на випробувальній машині FP-100/1. Проведено дослідження трибологічних властивостей, випробування проводили на машинах тертя 2070 СМТ-1 та СМЦ-2.

Досліджено температурне поле в полімерній втулці, що дозволило передбачати температурні компенсації значень зазору та натягу в з'єднаннях, з'ясовано, що раціональна температура в рухомому поєднанні підшипникового вузла становитиме 56-70°C.

Досліджено величину зносу при терті поверхонь полімерно композитного зразка з металевим контрілом.

Мінімальні значення усадки Δ (0,4 - 0,5%) спостерігалися при співвідношеннях $D/\delta = 11$ та $d/\delta = 6$, а отже і при D/d (d) = 1,23.

Для польових випробувань доцільно використовувати полімерно-композитні матеріали марки УПА-6-30, який має оптимальні трибологічні властивості.

Доведено скорочення трудомісткості технічного обслуговування посівного комплексу Turbosem II 19-60, укомплектованого експериментальними деталями у розмірі 85,1 люд.-годину

Розрахований економічний ефект при експлуатації посівного агрегату CASE MX 310 + Turbosem II 19-60М з модернізованої сівалкою, річний економічний ефект може скласти до 246000 грн. при річному завантаженні 65 нормозмін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Питання технологічності отримання деталей з полімерних композитів для посівної техніки Деркач О.Д.к. т. н., Артемчук В.В., д.т.н., доценти, Муранов Є.С., інженер-дослідник. 2017р. [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<http://dSPACE.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/1581/1/27.pdf>

2. Зернові сівалки: проблеми вибору. Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу 2019 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<https://propozitsiya.com/ua/zernovi-sivalky-problemy-vyboru>

3. Техніка для точного дозування і розподілу мінеральних добрив. Журнал Агроексперт 2020 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://agroexpert.ua/tekhnika-dlia-tochnoho-dozuvannia-i-rozpodilu-mineralnykh-dobryv/>

4. Інноваційні технології в рослинництві. Хоміна В.Я, Климишена Р.І 2021р [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://inlnk.ru/XOpN0>

5. Буря А.И., Дудин В.Ю. Свойства графитопластов на основе полиамида и фенилона наполненного термически расщепленным графитом // Вопросы химии и химической технологии, 2002 р.

6. Полімерні композиційні матеріали на основі ароматичного поліаміду та високодисперсних кремнеземів / ОС Кабат, ВІ Ситар, НМ Євдокименко, ОС Кабат - Полімерний, 2012

7. Надійність сільськогосподарської техніки : підручник / М. І. Черновол, В. Ю. Черкун, В. В. Аулін, Є. К. Солових, С. Г. Гранкін, О. В. Гранкіна. - Кіровоград : КОД, 2010. - 320 с.

8. «Аграрна техніка та обладнання». – 2017. №1 (38). – С. 35 – 36.

9. Деркач О.Д. Підвищення ефективності посівних машинно-тракторних агрегатів впровадженням сучасних матеріалів / О.Д. Деркач, Д.О. Макаренко, О.В. Клименко // Розумна агротехніка для ефективного землеробства: наук.-практ. конф., 20-21 жовтня 2016 р.: тези доп. – Х: ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2016. – С. 25.

10. В.Ю. Ільченко. Практикум з використання машин у рослинництві. [В.Ю. Ільченко, А.С. Кобець, П.М. Кухаренко та ін.]. Навч. посібник. Дніпропетровськ, РВВ ДДАЕУ, 2002 р., 212 с.

11. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

12. Деркач О.Д. До питання створення широкозахватних посівних комплексів з підвищеним ресурсом рухомих з'єднань / О.Д. Деркач, М.М. Науменко, Д.О. Макаренко [та ін.]. – Х: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2015. – №159. – С. 186-193.

13. Деркач О.Д. Підвищення ефективності посівних машинно-тракторних агрегатів впровадженням сучасних матеріалів / О.Д. Деркач, Д.О. Макаренко, О.В. Клименко // Розумна агротехніка для ефективного землеробства: наук.-практ. конф., 20-21 жовтня 2016 р.: тези доп. – Х: ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2016. – С. 25.

