

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**Розробка необслуговуваних рухомих з'єднань
прикочуючого механізму посівних машин**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІ-1-21

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Павлюченко Василь Олександрович

Керівник: _____ Макаренко Дмитро Олександрович

Рецензент: _____

ДНПРОВСЬКИЙ 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)

«_____» _____ 2022 р.

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

Павлюченку Василю Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Розробка необслуговуваних рухомих з'єднань прикочуючого механізму посівних машин

керівник роботи Макаренко Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 18 » жовтня 2022 року № 3008

2. **Строк подання студентом роботи** 30.11.2022

3. **Вихідні дані до роботи** Аналіз конструкцій прокочуючих механізмів посівних машин, їх основні переваги та недоліки. Огляд існуючих шляхів вирішення завдання підвищення довговічності рухомих з'єднань прикочуючих механізмів.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) Проаналізувати існуючі прикочуючі механізми посівних машин їх переваги та недоліки, розглянути особливості вузла кріплення важеля колеса. Розробити програму, навести методику та обладнання для проведення експериментальних досліджень. Розробити ПКМ на основі вторинного поліетилену, наповненого графітом. Проаналізувати вплив режимів роботи (тертя) на величини зносу, визначити фізико-механічні та триботехнічні характеристики матеріалу. Розглянути вимоги безпеки при роботі з композитними матеріалами неметалевого походження. Розрахувати економічну доцільність запропонованого удосконалення.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

Обґрунтування проблеми. Мета і задачі досліджень. (5 аркушів, А4). 2. Програма, методики та обладнання для досліджень (2 аркуші, А4). 3. Результати досліджень (2 аркуші, А4) 4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (1 аркуші, А4).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Макаренко Д.О., доцент		
2	Макаренко Д.О., доцент		
3	Макаренко Д.О., доцент		
4	Деркач О.Д., доцент		
5	Вініченко І.І., професор		
6			
нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 14.09.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 05.10.2022 р.	виконано
2	Програма та методика досліджень	до 14.10.2022 р.	виконано
3	Експериментальний	до 08.11.2022 р.	виконано
4	Охорона праці	до 14.11.2022 р.	виконано
5	Економічний	до 23.11.2022 р.	виконано
6	Демонстраційна частина	до 30.11.202 р.	виконано

Студент

_____ (підпис)

Павлюченко В.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Макаренко Д.О.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Павлюченко В.О. Розробка необслуговуваних рухомих з'єднань прикочуючого механізму машин / Випускна кваліфікаційна робота для здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2022.

В дипломній роботі проаналізовано існуючі прикочуючі механізми посівних машин їх переваги та недоліки. Розроблено програму, наведено методику та обладнання для проведення експериментальних досліджень. Створено ПКМ на основі вторинного поліетилену, наповненого графітом. Проаналізовано вплив режимів роботи (тертя) на величини зносу ПКМ, визначено фізико-механічні та триботехнічні характеристики розробленого матеріалу. Розглянуто вимоги безпеки при роботі з композитними матеріалами неметалевого походження. Обґрунтовано економічну доцільність запропонованого удосконалення.

Ключові слова: прикочуючий механізм, сівалка, полімерно-композитний матеріал, величина зносу, поліетилен, графіт, режими тертя.

Список публікацій:

О.Д. Деркач, Д.О. Макаренко, Є.С. Муранов, В.О. Павлюченко, Д.І. Крутоус Вплив графіту на властивості вторинного поліетилену. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики». Тернопіль 29-30 вересня 2022. С. 135-136

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ПОСІВНИХ МАШИН ТА ПРИКОЧУЮЧИХ МЕХАНІЗМІВ	9
1.1 Короткий огляд посівних машин за способом з'єднання з трактором, компонування, призначення та способом сівби	9
1.2 Аналіз конструкцій прикочуючих механізмів посівних машин	10
1.3 Особливості налаштування та технічного обслуговування прикочуючих механізмів	13
1.4 Обґрунтування теми дипломної роботи.....	15
2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	18
2.1 Програма та завдання досліджень	18
2.2 Виготовлення дослідних зразків для експериментальних досліджень	18
2.3 Методика дослідження характеристик та властивостей експериментальних зразків	22
2.4 Методики визначення величини зносу та триботехнічних характеристик дослідних зразків	23
3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
3.1 Результати досліджень фізико-механічних характеристик випробувальних зразків	27
3.2 Результати величини зносу та досліджень триботехнічних характеристик матеріалу.....	29
3.3 Впровадження розробленого матеріалу в трибоспряження прикочуючого механізму	33
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ..	35
4.1 Основні поняття охорони праці	35
4.2 Вимоги безпеки праці при виконанні робіт	36
4.3 Вимоги до засобів індивідуального захисту під час виконання робіт.....	37

4.4	Небезпечні та шкідливі фактори під виконання службових обов'язків.....	39
4.5	Організаційно-технічні заходи, які направлені на забезпечення захисту працівників	40
4.6	Основні вимоги до роботи з обладнанням для досліджень	41
4.7	Дії під час надзвичайної ситуації	44
5.	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ	46
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	55
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	57
	ДОДАТКИ	61

ВСТУП

Модифікація сільськогосподарської техніки, яка наразі наявна на ринку, дає змогу покращити дотримання агротехнічних вимог. Даний напрямок вдосконалення машин та агрегатів сприяє підвищенню врожайності, за рахунок створення необхідних умов для культурних рослин. Актуальним напрямком модернізації конструкцій с.-г. техніки є впровадження у вузлах тертя полімерно-композитним матеріалів, які мають властивість самозмащування. При використанні матеріалів даного типу підвищується надійність машин та агрегатів.

Для збільшення терміну служби трибоспряжень, необхідно регулярно проводити їх технічне обслуговування. Однак у вузлах тертя в яких використовують ПКМ, даний час звільняється, а в деяких агрегатах це може бути і декілька годин. Для використання полімерного матеріалу, необхідно знати його фізико-механічні характеристики, який в нього знос та при яких режимах роботи, знати його триботехнічні властивості.

Саме тому, мета даної дипломної роботи – розробка та виготовлення матеріалу, який забезпечить роботу необслуговуемого рухомого з'єднання прикочуючого механізму посівних машин.

Для досягнення даної мети необхідно розглянути наступні питання:

1. Виконати аналіз існуючих прикочуючих механізмів їх переваги та недоліки, розглянути особливості вузла кріплення важеля колеса;
2. Розробити програму, привести методику та обладнання для проведення експериментальних досліджень;
3. Розробити ПКМ на основі вторинного поліетилену, наповненого графітом. Проаналізувати вплив режимів роботи (тертя) на величини зносу ПКМ, визначити фізико-механічні та триботехнічні характеристики матеріалу;

4. Розглянути вимоги безпеки при роботі з композитними матеріалами неметалевого походження;

5. Розрахувати економічну доцільність запропонованої модернізації.

Об'єкт дослідження. Вплив графіту у складі поліетилену на зношування, при різних режимах роботи.

Предмет дослідження. Залежності показників величини зносу зразків, виготовлених з ПКМ, від умов роботи трибоспряження.

Методи дослідження. Проведення досліджень фізико-механічних та триботехнічних характеристик ПКМ та визначення значення зносу дослідних зразків, які проходили за стандартною (ГОСТ 11262-80) та власною методикою. Обробку результатів здійснювали на ПК, використовуючи спеціалізовані програми.

Практичне значення роботи полягає у підвищенні якості функціонування прикочуючого механізму, виключені ТО модернізованого трибоспряження та зменшенні трудомісткості робіт ТО сівалки. Крім цього, розроблена технологія модифікації вторинного поліетилену графітом, дозволяє розширити сферу використання вторинних пластиків, і як результат зменшити екологічне навантаження на довкілля.

1. АНАЛІЗ ПОСІВНИХ МАШИН ТА ПРИКОЧУЮЧИХ МЕХАНІЗМІВ

1.1 Короткий огляд посівних машин за способом з'єднання з трактором, компоновання, призначення та способом сівби

Машини для посіву поділяють за наступними категоріями: способом з'єднання з трактором, компонованням - місцем розташування робочих органів, для яких рослин вони призначені та способом посіву.

«Машини для сівби класифіковані за двома типами: спеціальні і універсальні сівалки» [1]. Спеціальні сівалки використовують для посіву насінневого матеріалу від одного до трьох культурних рослин, схожих за геометричними характеристиками та кількістю насіння, яке будуть висівати на задану площу. Прикладами спеціальних сівалок є кукурудзяні, бавовникові, тукові та ін. Велика кількість посівних машин має туковисівний апарат, які дають можливість вносити мінеральні добрива під час сівби. Такий тип сівалок має назву - комбіновані. Універсальні посівні машини використовують для посіву насінневого матеріалу великої кількості культурних рослин (озима та яра пшениця, горох, озимий та ярий ячмінь, соя, гречка тощо). Відповідно до їхнього призначення поділяють за висівом зернових культур, рису, кукурудзи, льону, овочів, буряку та ін. Універсальними сівалками є зернові, бо вони можуть сіяти багато культур.

За способом посіву сівалка може бути: рядкова, пунктирна, вузькорядна, гніздова, розкидна, квадратно-гніздова.

Відповідно до компоновання сівалки бувають: секційні, роздільно-агрегатні та моноблокові. Посівна машина секційного типу розділена на окремі секції для сівби, які закріплені шарнірно з основною рамою або секції з'єднують в ряд. Кожна секція має власний бункер з висівним апаратом і сошниками, та виконує поставлені задачі незалежно від інших секцій. Деякі сівалки даного типу мають перевагу перед іншими, бо їх секції переміщуються по рамі, що дає

можливість регулювати міжряддя. Прикладом секційних сівалок є кукурудзяна та зернова. Роздільно-агрегатні посівні машини складаються з окремих модулів, які розташовані на різних рамах. Більша частина сівалок даного типу є широкозахватними [2, 6]. Їх використовують здебільшого для посіву зернових культур за інтенсивною технологією. У посівних машин типу моноблок робочі органи розташовані на основній рамі, прикладом є зернові сівалки.

За способом з'єднання з трактором сівалки бувають начіпні і причіпні.

1.2 Аналіз конструкцій прикочуючих механізмів посівних машин

Прикочуюче колесо – прикочуючий механізм, який є важливою складовою сівалки. Воно призначене для загортання борозни під час посіву, завдяки чому підвищується контакт насіння та землі. Даний конструктивний елемент підвищує рівномірність сходів рослин.



Рис. 1.1 – Типи прикочуючих колес: а – одинарне; б – з ребром по центру; в – подвійне V-подібне; г – клиновидне; д – з гострою вершиною

Одинарне прикочуюче колесо (рис. 1.1, а) прикочує ґрунт прямо над насінням, ущільнюючи навколо насіння на заданій глибині [3, 7].

Прикочуюче колесо з ребром по центру (рис. 1.1, б) добре ущільнює ґрунт, одночасно створюючи канавку ребром, що знаходиться по центру. Завдяки цій канавці, руйнується кірка на ґрунті і покращує схожість посівного матеріалу [8].

Подвійне V-подібне прикочуюче колесо (рис. 1.1, в) при загортанні насіння забезпечує більше ущільнення ніж в попередніх варіантах, покращуючи дотримання встановленої глибини посіву.

Клиновидне прикочуюче колесо (рис. 1.1, г) щільно прикочує насінневе ложе, але залишає пухкий ґрунт зверху.

Прикочуюче колесо з гострою вершиною (рис. 1.1 д) дає можливість створити борозни необхідної глибини для накопичення вологи, а саме снігу та дощу. Дана конструкція забезпечує зменшення повітряної ерозії.

Також для прикочування насінневого матеріалу використовують котки.

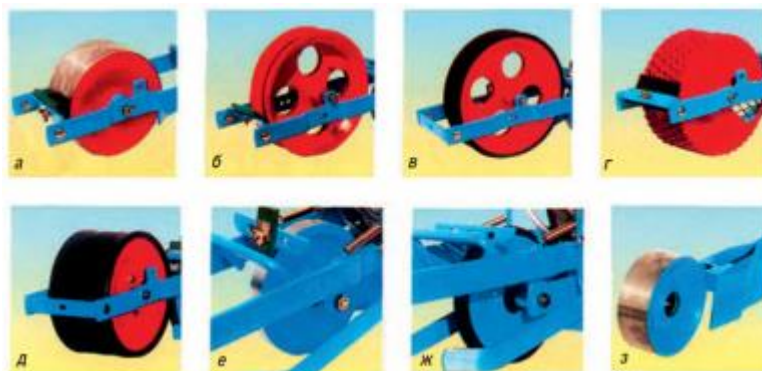


Рис. 1.2 – Прикочуючі котки фірми Monosem: а – широкий циліндричний; б – конусний; в – циліндричний з гумою; г – сітчастий; д – широкий циліндричний з гумою; е – циліндричний вузький; ж – циліндричний вузький з гумою; з – циліндричний середній

Недоліком циліндричних котків є те, що вони зменшують пористість ґрунту.



Рис. 1.3 – Прикочуючі котки фірми Amazone: а – циліндричний великий з гумою; б – V-подібний із широкою гумою; в – V-подібний з вузькою гумою; г – циліндричний середнього розміру з гумою

Недоліком V-подібного котка є негативний вплив бокових сил, через що виникає перенесення ґрунту на певну відстань по сліду сівалки та в напрямку її руху.

Конічний коток має маленьку деформацію в зоні сходу посівного матеріалу і максимальну по краях своєї поверхні, ущільнюючи ґрунт довкола насінини і забезпечуючи її капілярною вологою.



Рис. 1.4 – Прикочуючі котки фірми Kuhn: а – V-подібний з вузьким гумовим покриттям; б – циліндричний з гумовим покриттям; в – V-подібний металевий з ребордами; г – V-подібний металевий вузький

Найбільш оптимальною є конструкція котка спареного типу з конусними напівободами, які добре відповідають агротехнічним вимогам [4]. Основним недоліком даного котка є те, що він металевий, це впливає на виконання роботи в умовах, коли вологість ґрунту вище норми. В таких ситуаціях коток вимагає додаткової ваги для виконання поставлених завдань. Також в нього великі габарити, що не дає можливості використовувати його в сучасних сівалках.



Рис. 1.5 – Прикочуючі котки фірми Gaspardo: а – V-подібний з вузьким гумовим покриттям; б – V-подібний з широким гумовим покриттям; в – V-подібний металевий вузький

Коток з еліптичним профілем впливає на ґрунт таким чином, що найбільша деформація виникає над місцем посіву, створюючи ущільнення.

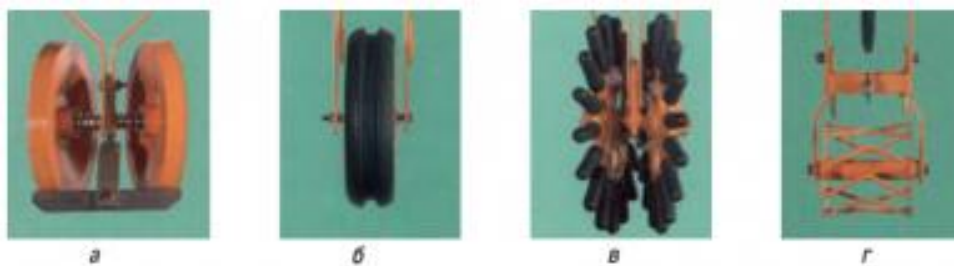


Рис. 1.6 – Прикочуючі котки фірми Franz Kleine: а – V-подібний з ободами циліндричної форми; б – циліндричний з випуклим гумовим покриттям; в – V-подібний з гумовими пальцями; г – пруткового типу металевий
Виробники сівалок мають схожі конструкції прикочуючих коліс та котків.

1.3 Особливості налаштування та технічного обслуговування прикочуючих механізмів

На прикладі Horsch Focus 7 MT розглянемо налаштування прикочуючих дисків та їх технічне обслуговування [5].

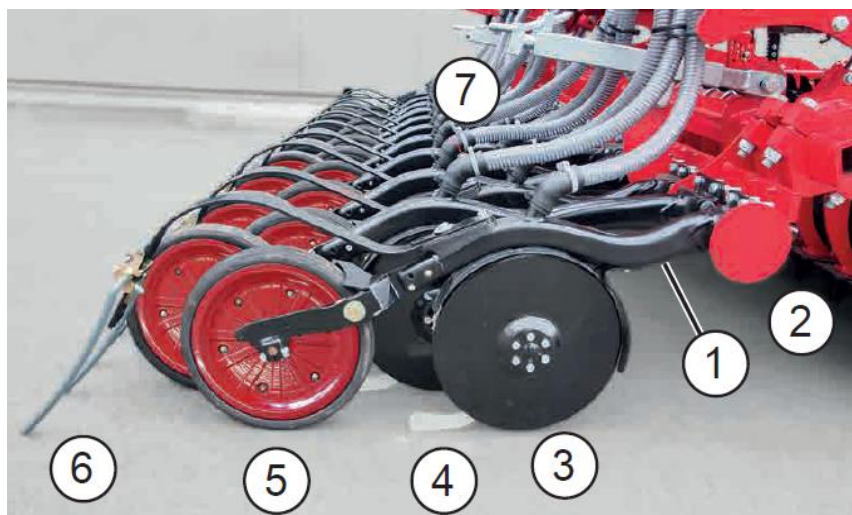


Рис. 1.7 – Будова сівалки Horsch Focus 7 MT: 1 – корпус сошника; 2 – гумовий демпфер корпусу сошника; 3 – диски лемеха; 4 – розрівнювач; 5 – прикочуючі диски; 6 – сітчаста борона; 7 – регулятор тиску сошників

Прикочуючі диски закладають насіння на глибину проходу, покриваючи його подрібненою землею та ущільнюючи. На даній сівалці прикочуючі диски можуть бути встановлені в двох положеннях.

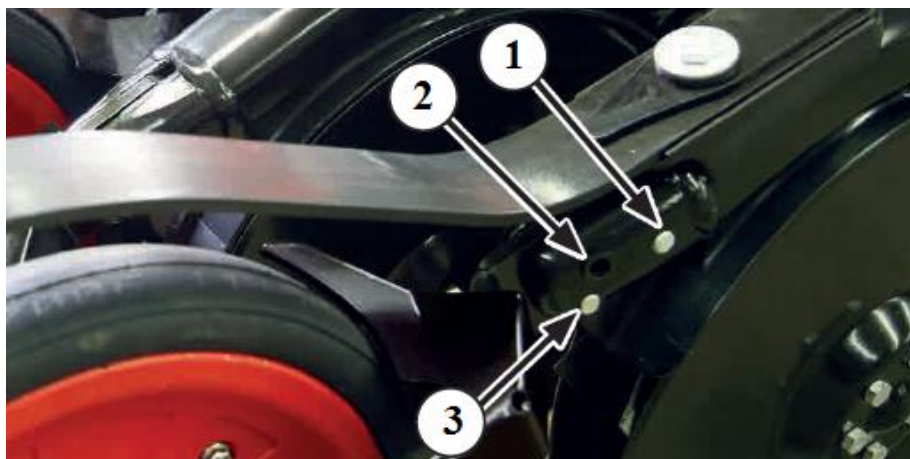


Рис. 1.8 – Елементи регулювання прикочуючих дисків: 1 – передній болт для фіксації; 2 – заглушка; 3 – задній болт для фіксації

Налаштування проводять наступним чином: відкручують передній болт, знімають заглушку, відкручують задній болт, встановлюють прикочуючий диск у необхідне положення і вкручують болт у відповідний отвір, болти мають бути вкручені із моментом в 100 Нм, вставляють заглушку.

Технічне обслуговування має наступні етапи:

6. перевірка стану, легкості прокручування, надійності посадки та елементів кріплення прикочуючих дисків;
7. при необхідності проводиться регулювання скребка на прикочуючих дисках;
8. перевірка дисків лемеха та підшипників на виробіток, чи дозволяє подальшу експлуатацію. Легкість прокручування і попередній натяг;
9. перевірити болти на підшипниках дисків лемеха, чи відповідає момент зтяжки 130 – 150 Нм;
10. перевірити гумовий демпфер, чи відповідає натяг нормативному.

Розглянемо кріплення прокочуючого колеса на прикладі сівалки зернотукової з шириною захвату 3,6 метри.

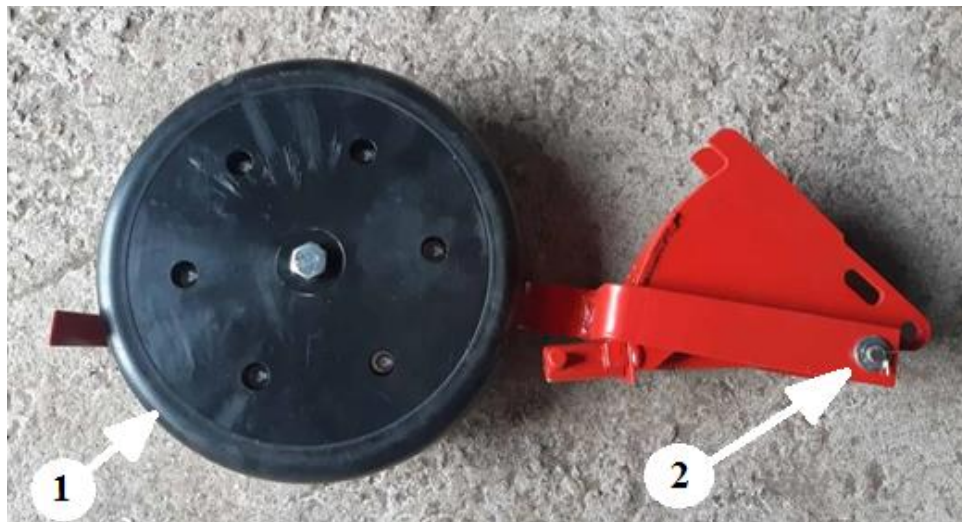


Рис. 1.9 – Прикокуючий механізм СЗ-3,6: 1 – прикокуюче колесо; 2 – елемент кріплення прикокуючого механізму до сівалки

Конструкції в яких не передбачені системи мащення мають більший знос елементів тертя (рис. 1.9). Деталі отримують значний знос в даному механізмі кріплені і подальше відновлення не є доцільним в зв'язку з великими енергозатратами. Найбільш оптимальний варіант – купівля нових деталей.

1.4 Обґрунтування теми дипломної роботи

Для вирішення питання підвищеного зносу елементів трибоспряджень вузла кріплення прикокуючих коліс можна застосувати систему ручного мащення або виготовити деталі з самозмащувальних ПКМ [31].

Якщо розглядати перший варіант вирішення даної проблеми з модернізацією конструкції сівалки та додаванням тавотниці у вузол кріплення, таким чином тертя у вузлі відбувається з мастильним матеріалом, найчастіше консистентним мастилом. За допомогою цього зменшується знос, краще відводиться температура із зони тертя, уповільнюється корозійний процес, додатковий захист від абразиву. Розглянемо даний варіант на прикладі сівалки Kinze 3000 (рис.1.10) [9].

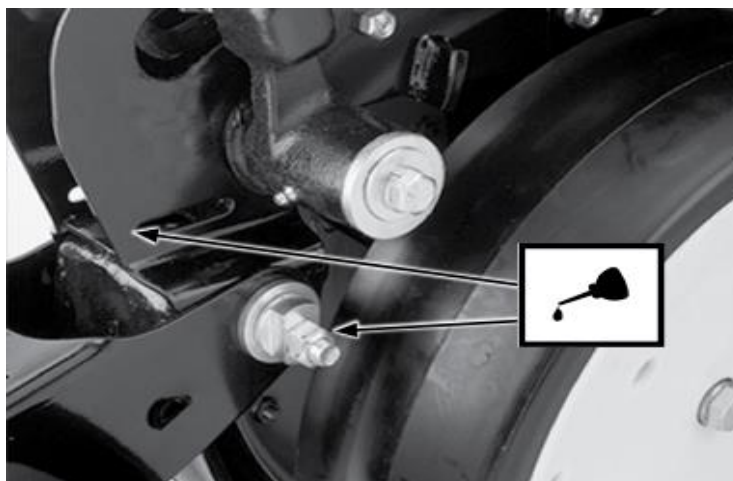


Рис. 1.10 – Тавотниці для ручного змащування вузла кріплення прикочуючих коліс

Недоліком даної системи є вартість на розробку нових конструкцій та технічне обслуговування. Ручне змащування за регламентом має проводитись кожного тижня, але присутній людський фактор і якщо його зробити пізніше або зовсім не зробити, це призведе до більшого зносу елементів тертя.

Другий варіант пропонує використання полімерно-композитних матеріалів, які не потребують мащення, технічного обслуговування та вартість впровадження яких значно нижча ніж в першому варіанті. Також вони мають наступні характеристики: висока міцність при навантаженнях; стійкі до утворення тріщин; високий модуль пружності, який схожий за своїм значенням схожий на модуль пружності конструкційної сталі; високі антифрикційні показники і т.д.

Саме тому, метою дипломною роботи є розробка та впровадження ПКМ для вузла кріплення прикочуючого колеса посівної машини.

Для досягнення мети необхідно виконати такі завдання:

1. виконати аналіз існуючих прикочуюючих механізмів їх переваги та недоліки, розглянути особливості вузла кріплення важеля колеса;
2. розробити програму, привести методику та обладнання для проведення експериментальних досліджень;

3. розробити ПКМ на основі вторинного поліетилену, наповненого графітом; проаналізувати вплив режимів роботи (тертя) на величини зносу ПКМ, визначити фізико-механічні та триботехнічні характеристики матеріалу;
4. розглянути вимоги безпеки при роботі з композитними матеріалами неметалевого походження;
5. розрахувати економічну доцільність запропонованої модернізації.

2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Програма та завдання досліджень

Для досліджень були обрані полімерно-композитні матеріали, які складають з поліетилену та графіту. Необхідно розробити та виготовити два варіанти дослідних зразків, перший має складатись виключно з поліетилену, а другий містити 2% графіту. Основними показниками при виборі та дослідженнях ПКМ є лінійна швидкість ковзання та тиск. Експерименти необхідно провести при різних швидкостях та навантаженнях. Впровадження полімерно-композитних матеріалів, які не потребують додаткового мащення дає можливість не проводити технічне обслуговування даного вузла та зменшити час на підготовку до робіт.

Програма досліджень складається з наступних етапів:

- підготовка матеріалів до виготовлення ПКМ;
- виготовлення дослідних зразків шляхом лиття під тиском;
- підготовка дослідних зразків до випробувань на тертя;
- дослідження виготовлених зразків ПКМ на зношування;
- аналіз та обчислення результатів, підведення висновків.

Завданням експериментальних досліджень є перевірка характеристик ПКМ та їх триботехнічних властивостей, порівнянням зразків з чистого поліетилену та з 2 % графіту.

2.2 Виготовлення дослідних зразків для експериментальних досліджень

Для виготовлення дослідних зразків ПКМ, складовими елементами було обрано поліетилен та графіт. Для досліджень необхідно виготовити два типи ПКМ, перший має складатись з поліетилену, а другий містити 2% графіту.

Поліетилен входить до групи поліолефінів, він не змінює своїх властивостей під дією води, лугів різної концентрації, розчинів солей, органічних та неорганічних кислот (рис. 2.1, а). Графіт – різновид вуглецю, має гарні показники електропровідності та тепла (рис. 2.1, б).



а

б

Рисунок 2.1 – Загальний вигляд: а – поліетилен; б – графіт

Графіт є гігроскопічним, він поглинає вологу з повітря [10, 11, 30], саме тому його необхідно підсушувати у спеціалізованій термошафі (рис. 2.2) при температурі 60 °С протягом 2 годин перед литтям.

Якщо матеріал буде вологим, це призведе до зниження якості деталей з ПКМ, які були отримані литтям під тиском [12]. Вода, яка залишається в матеріалі, під час випаровування створює порожнини, які можуть в подальшому стати причиною руйнування виготовленої деталі.



Рисунок 2.2 – Термошафа СНОЛ 67/350

Виготовлення ПКМ в якому основою є поліетилен та додається 2% графіту відбувалось на екструдері ЕКГ-45 (рис. 2.3, а).



а



б

Рисунок 2.3 – Екструдер ЕКГ-45: а – загальний вигляд; б – процес виготовлення ПКМ

Даний екструдер є одношнековим, в ньому немає дегазації [13]. Шнек має три зони: завантаження, стиснення та дозування. Перша зона переміщує матеріал від бункера до більш нагрітої секції. В другій зоні зменшується виток, що сприяє стисненню матеріалу, який плавиться. В останній зоні продовжується гомогенізація розплаву та відбувається дозування через головку. Після чого

шнек видавлює полімер через отвори фільтри. Ванна з водою забезпечує охолодження полімеру. Для подрібнення стренгів використовують гранулятор.

Дослідні зразки були виготовлені шляхом лиття під тиском [18], для цього використовувалась машина ПЛ-32 (рис. 2.4).

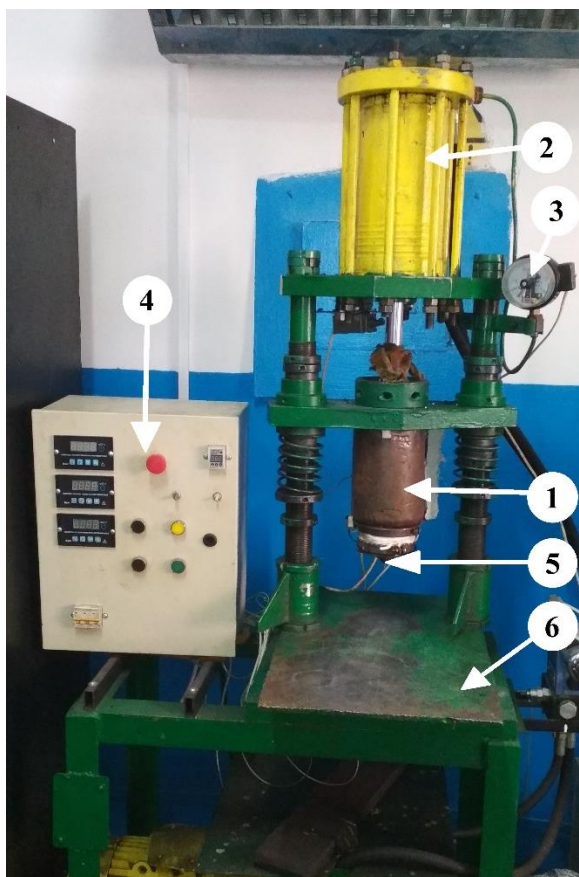


Рисунок 2.4 – Машина ПЛ-32: 1 – камера нагрівання; 2 – гідроциліндр; 3 – манометр; 4 – шафа керування; 5 – сопло (яблуко); 6 – платформа для роботи

Зразки для досліджень були виготовлені за наступною технологією [11]. До нагрівальної камери 1 завантажували по черзі гранули поліетилену та подрібненого полімеру, який був виготовлений. Нагрівальна камера досягла необхідної температури, яка коливалась в діапазоні $\pm 5^\circ \text{C}$, її контроль проводили термопарою. Тиск в гідроциліндрі 2 контролювали встановленим манометром 3, а налаштування здійснювались з шафи керування 4. Лиття композиту в прес-форму відбувалось за допомогою яблука 5. Дослідні зразки мають форму прямокутного паралелепіпеду з наступними геометричними розмірами: довжина – 20 мм та ширина – 10 мм.

2.3 Методика дослідження характеристик та властивостей експериментальних зразків

Для досліджування зразків на розтяг використовували випробувальну машину FP-100/1 (рис. 2.5), відповідно до ГОСТ 11262-80, зразок був виготовлений згідно 4 типорозміру.



Рисунок 2.5 – Машина для випробувань FP-100/1: 1 – лист для реєстрації результатів; 2 – механізм для випробування на розтяг

На кожному дослідному зразку перед початком випробування були зроблені мітки, згідно ГОСТ 11262-80 [14]. Геометричні характеристики, а саме ширина і товщина, визначали посередині та з відступом в 5 мм від кожної мітки. Для встановлення поперечного перерізу F_0 , який був на початку, рахували середнє арифметичне з отриманих замірів. Дослідні зразки були зафіксовані згідно з мітками, що дозволяє розмістити затискачі і зразки в спільній площині.

Для визначення напруження міцності при розтягу використовуємо наступну формулу:

$$\sigma_{\max} = P_{\max} / F_0, \quad (2.1)$$

де P_{\max} – найвище значення під час дослідження, Н;

F_0 – значення площі поперечного перерізу дослідного зразка перед випробуванням, мм^2 .

Напруження під час розриву розраховується за формулою:

$$\sigma_p = P_p / F_0, \quad (2.2)$$

де P_p – значення навантаження дослідного зразка при руйнуванні, Н;

F_0 – значення площі поперечного перерізу дослідного зразка перед випробуванням, мм².

Для визначення відносного видовження під час найбільшого навантаження використовували наступну формулу:

$$\varepsilon_{\max} = (\Delta l_{\max} / l_0) \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

де Δl_{\max} – значення довжини дослідного зразка під час найбільшого навантаження в порівнянні з розрахунковою, мм;

l_0 – величина розрахункової довжини дослідного зразка, мм.

Щоб визначити відносне видовження під час розриву використовували формулу:

$$\varepsilon_p = (\Delta l_p / l_0) \cdot 100\%, \quad (2.4)$$

де Δl_p – значення розрахункової довжини дослідного зразка під час найбільшого навантаження, мм;

l_0 – величина розрахункової довжини дослідного зразка, мм.

2.4 Методики визначення величини зносу та триботехнічних характеристик дослідних зразків

Проведено дослідження на тертя та зношування зразків з ПКМ на основі стандартної методики. Досліди на тертя без мащення, для з'ясування триботехнічних характеристик, були зроблені на машині для тертя 2070 СМТ-1 (рис. 2.6) [15].



А

Б

Рисунок 2.6 – Машина тертя СМТ-1: А – загальний вигляд машини;

Б – механізм керування машиною та реєстрації результатів

Спочатку відбувалось притирання зразків, щоб створити поверхню сферичної форми, що забезпечить краще прилягання. На кожному дослідному зразку зона тертя (рис. 2.7, 1) має радіус 25 мм для щільного контакту з контр-тілом (контакт поверхонь має бути не менше 85 % площі зразку). Для фіксування температури ПКМ використовували даталогер EL-USB-TC [16] з термопарою (рис. 2.8, а). Для термопари був зроблений отвір (рис. 2.7, 2) в зразках, глибина котрого становить 5 мм.



Рисунок 2.7 Зафіксований зразок перед тертям: 1 – зона тертя; 2 – отвір для термопари

Перед кожним випробуванням площа контакту очищалась від жиру та елементів зносу, якщо дослід проводився не перший раз на встановленому зранку, за допомогою спирту.



А

Б

Рисунок 2.8 – Даталогер EL-USB-TC з термопарою: А – загальний вигляд; Б – деталізоване фото даталогера

На машині для тертя досліди проводили за схемою «Диск – колодка» (рис. 2.9).

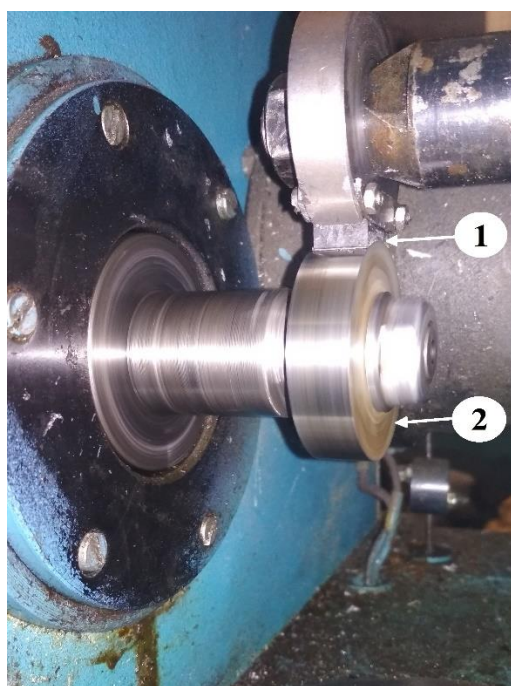


Рисунок 2.9 – Проведення досліду на тертя: 1 – дослідний зразок; 2 – диск

Перед кожним дослідом та після його проведення зразки важили на терезах Metrinco AB224 (рис. 2.10) для отримання результатів величини зносу. Дані терези є електронними аналітичними вагами [17], які мають зовнішнє калібрування та гарну точність при вимірюваннях.



Рисунок 2.10 – Терези Metrinco AB224

Згідно наведеної вище стандартної методики було проведено дослідження триботехнічних властивостей та визначено величину зносу дослідних зразків.

Результати випробувань приведені в третьому розділі дипломної роботи.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Результати досліджень фізико-механічних характеристик випробовуваних зразків

Відповідно до отриманих результатів на розтяг ПКМ при вмісту графіту 2 мас. % до основи з поліетилену, було встановлено, що це призводить до покращення міцнісних характеристик. Також було з'ясовано, що зростає міцнісне напруження та відносне видовження під час розриву порівняно з чистим поліетиленом на 7,7 % і 19,9 %.

Нижче будуть наведені порівняльні графіки характеристик чистого поліетилену та з вмістом графіту 2 мас. %.

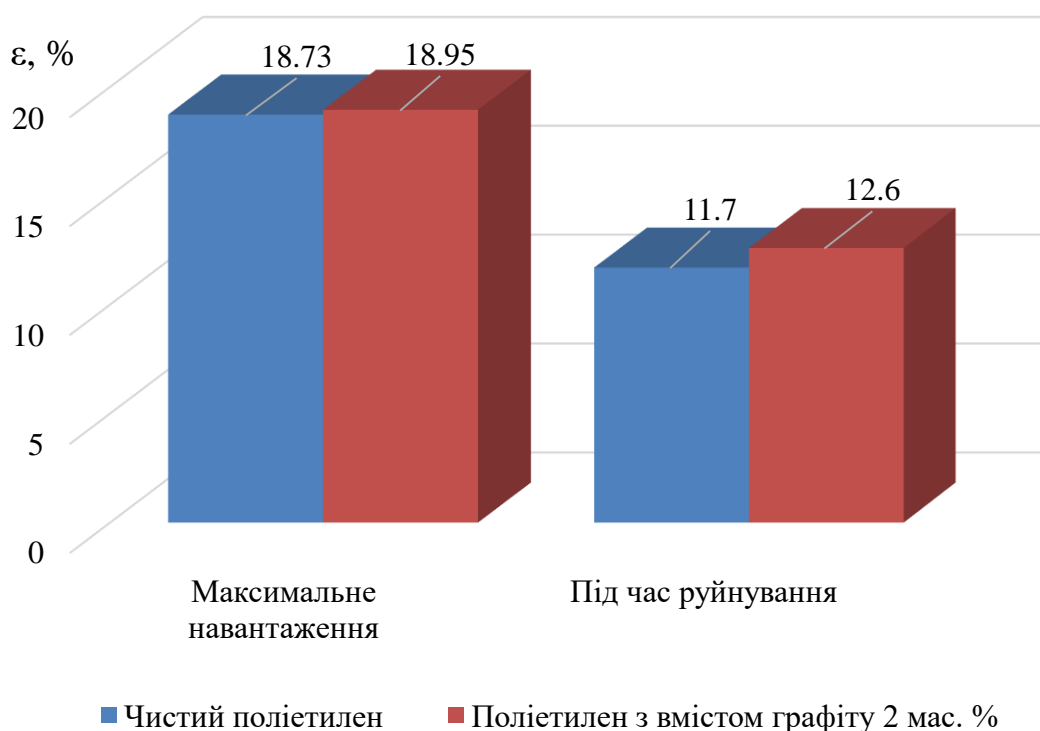


Рисунок 3.1 – Відносне видовження у відсотках

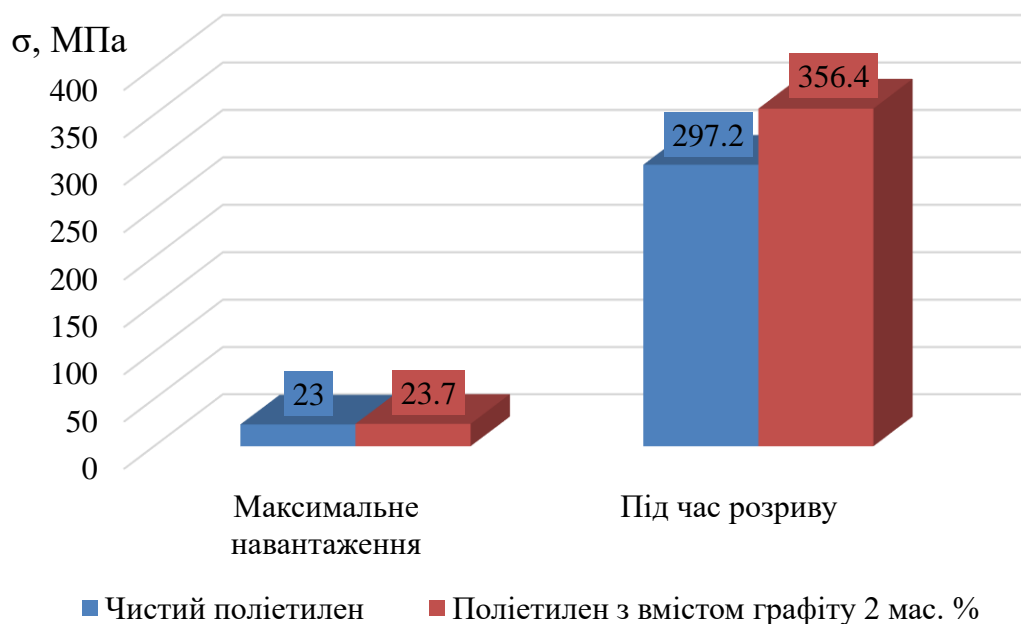


Рисунок 3.2 – Міцнісне напруження, МПа

Проведені експериментальні дослідження матеріалу на мікротвердість за Шором, відповідно до шкали D, методом вдавлювання.

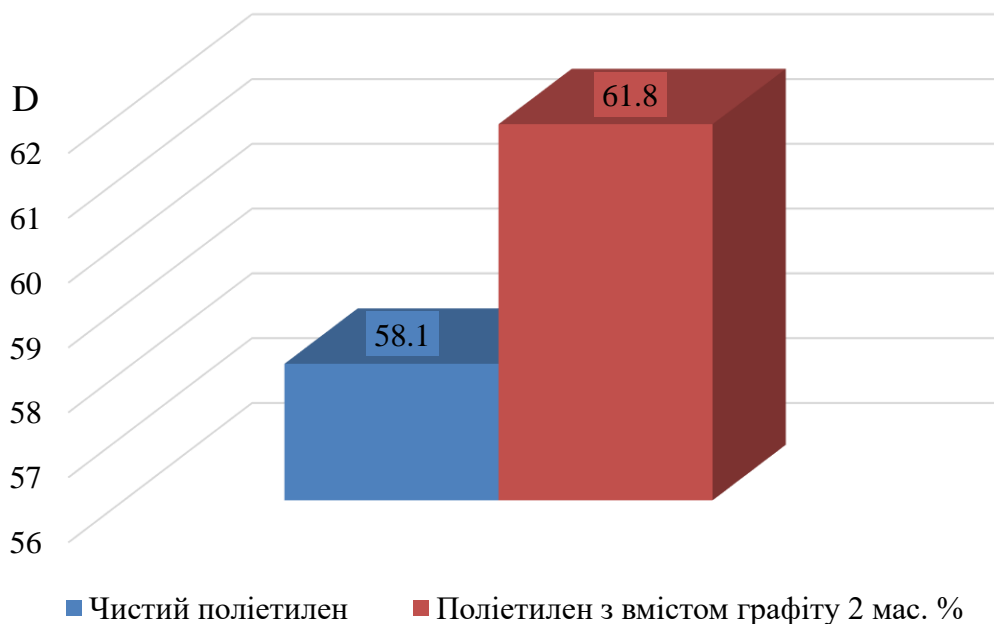


Рисунок 3.3 – Мікротвердість за Шором, шкалою D

Виявлено, що при додаванні графіту до основи ПКМ з поліетилену підвищується показник мікротвердості. Даний ефект може бути створений через високу твердість графіту, який при виготовленні експериментальних зразків був розміщений рівномірно в матриці.

3.2 Результати величини зносу та досліджень триботехнічних характеристик матеріалу

Для дослідження триботехнічних характеристик матеріалу необхідно провести експерименти при різних значеннях навантаження та швидкості, щоб розуміти в яких умовах можуть працювати деталі з чистого поліетилену або наповненого ПКМ, основою якого є поліетилен і додано 2 мас. % графіту. Режими роботи наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Дослідні режими для перевірки зразків

Показник	Значення		
P, МПа	0,5	0,75	1
V, м/с	0,4	0,45	0,5

Було з'ясовано, що при даних режимах тертя, значення показників лінійної швидкості і тиску, мало впливають на знос дослідних зразків (табл. 3.2). Температура в лабораторії під час проведення дослідів змінювалась від 23 °С до 25 °С.

Таблиця 3.2 – Результати проведених досліджень на знос

Значення показників		Величина зносу дослідних зразків, г	
P, МПа	V, м/с	Чистий поліетилен	ПКМ – основа поліетилен з двома відсотками графіту
0,5	0,4	0,0001	0,0001
0,5	0,45	0,0001	0,0001
0,5	0,5	0,0001	0,0001
0,75	0,4	0,0001	0,0001
0,75	0,45	0,0001	0,0001
0,75	0,5	0,0001	0,0001
1	0,4	0,0002	0,0001
1	0,45	0,0002	0,0001
1	0,5	0,0185*	0,0002

Примітка: * – катастрофічний знос дослідного зразка.

Дослідним чином було виявлено, що температура в зоні тертя зі сталлю 45 при визначених режимах (табл. 3.1), не підіймалась вище 69 °С.

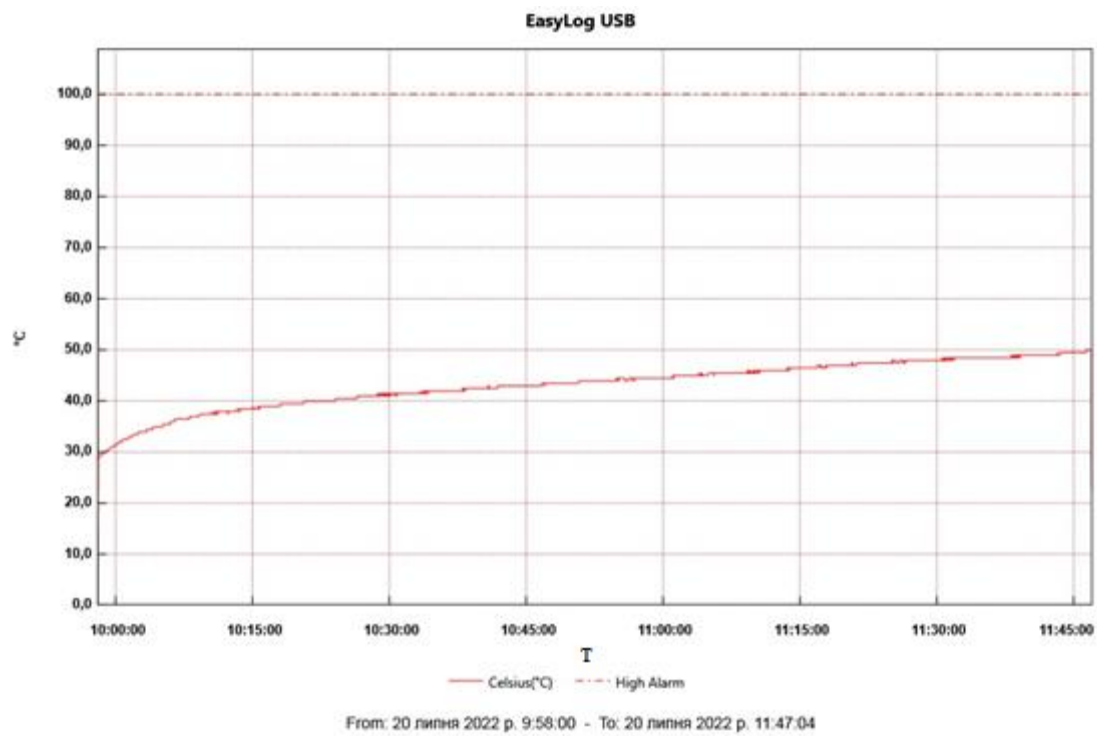


Рисунок 3.4 – Динаміка температури в зоні тертя дослідного зразка з поліетилену при тиску 0,5 МПа та лінійної швидкості 0,45 м/с

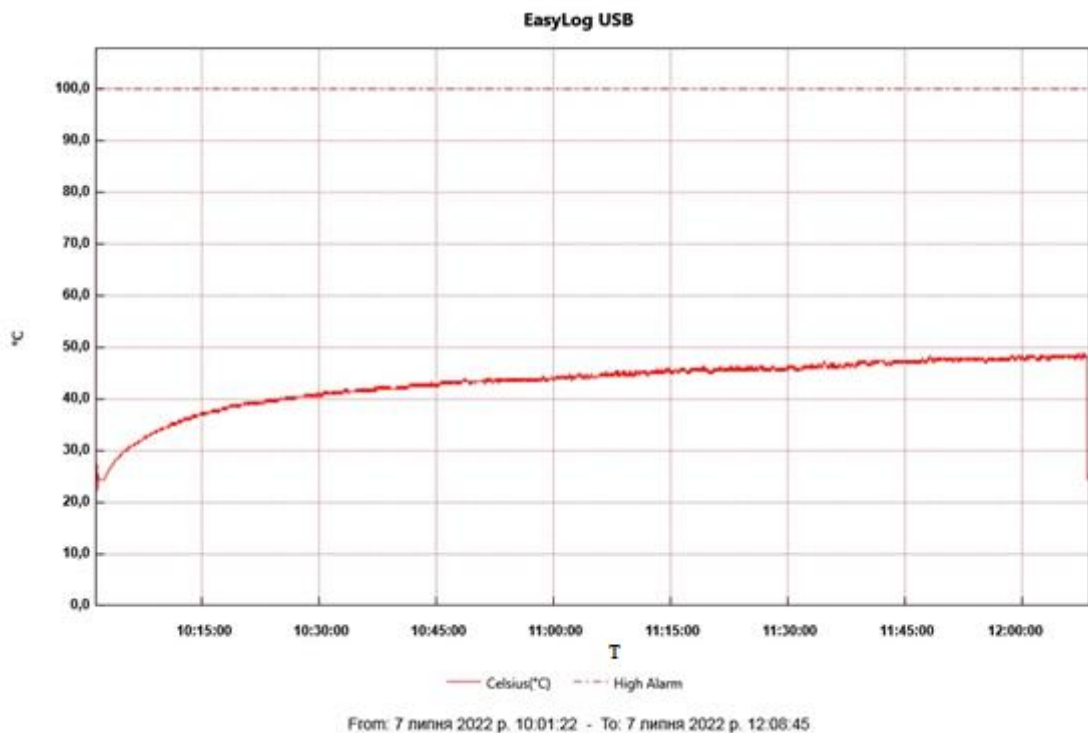


Рисунок 3.5 – Динаміка температури в зоні тертя дослідного зразка ПКМ з поліетилену та графіту мас. 2% при тиску 0,75 МПа та лінійною швидкістю 0,4 м/с

Під час проведення дослідів, було з'ясовано, що результати зносу для майже всіх дослідних зразків (тертя відбувалось протягом 3000 м), не становила більше 0,0002 г, що є 0,015% від загальної маси на початку експерименту.



Рисунок 3.6 – Дослідні зразки після проведення випробувань на тертя:

а – ПКМ з поліетилену та 2 мас. % графіту; б – поліетилену

Дослідний зразок з поліетилену при режимі в якому тиск становив 1 МПа та лінійна швидкість 0,5 м/с, отримав катастрофічний знос. При перевищенні вказаних максимальних параметрів в табл. 1, відбувається збільшення температури в зоні тертя до 72...73 °С і відбувається катастрофічний знос (рис. 3.7).

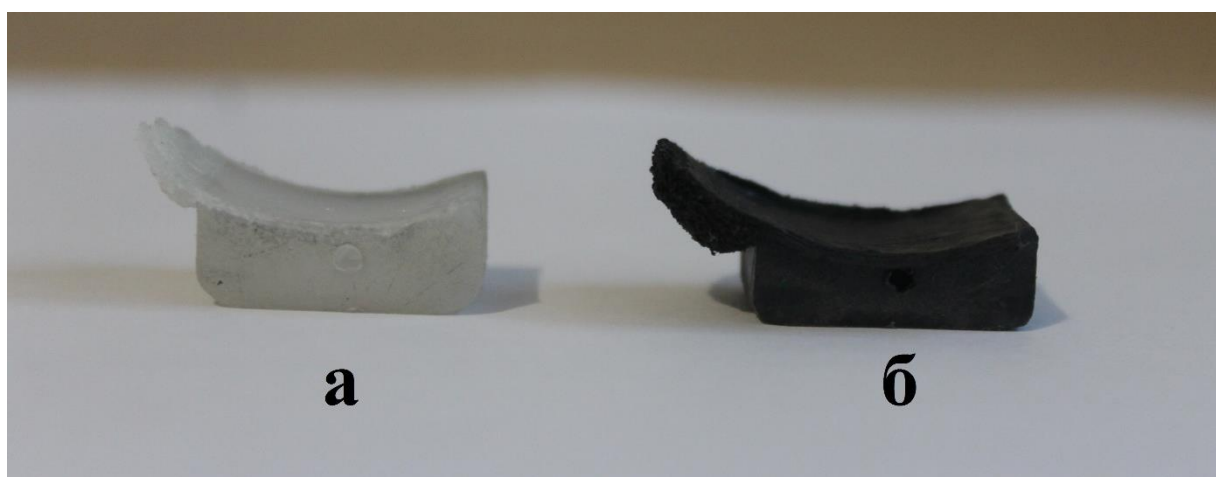


Рисунок 3.7 – Дослідні зразки з катастрофічним зносом:

а – поліетилену; б – ПКМ з поліетилену та 2 мас. % графіту

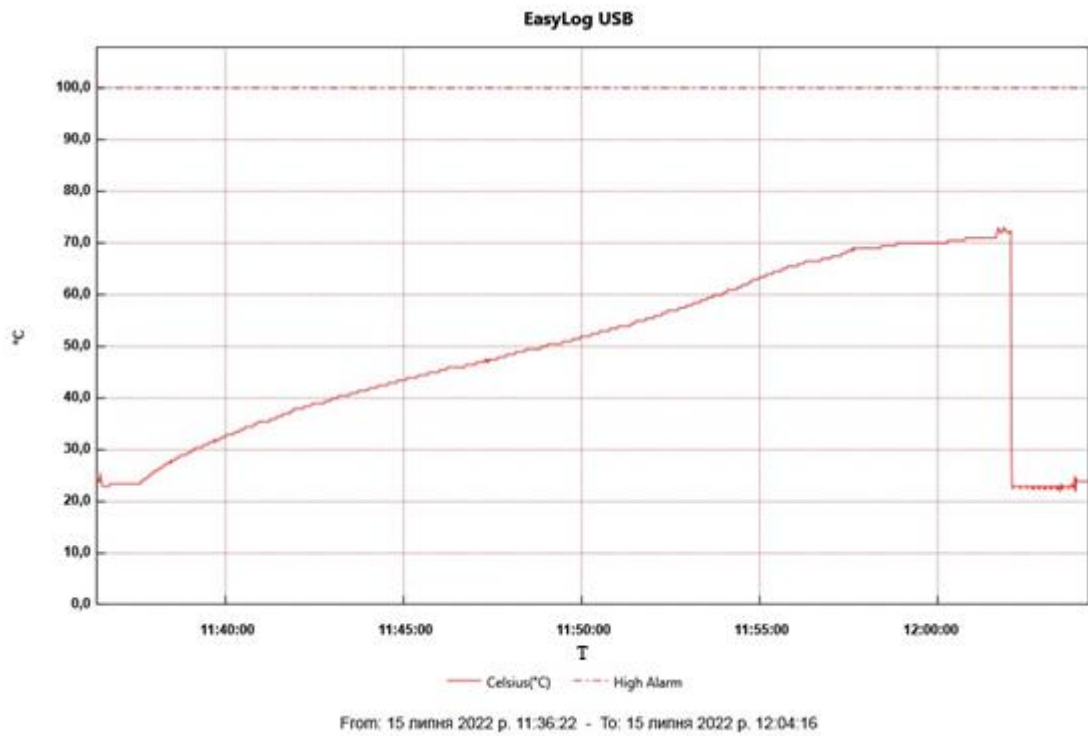


Рисунок 3.8 – Динаміка температури при катастрофічному зносі дослідного зразка з поліетилену при тиску 1 МПа та лінійної швидкості 0,5 м/с

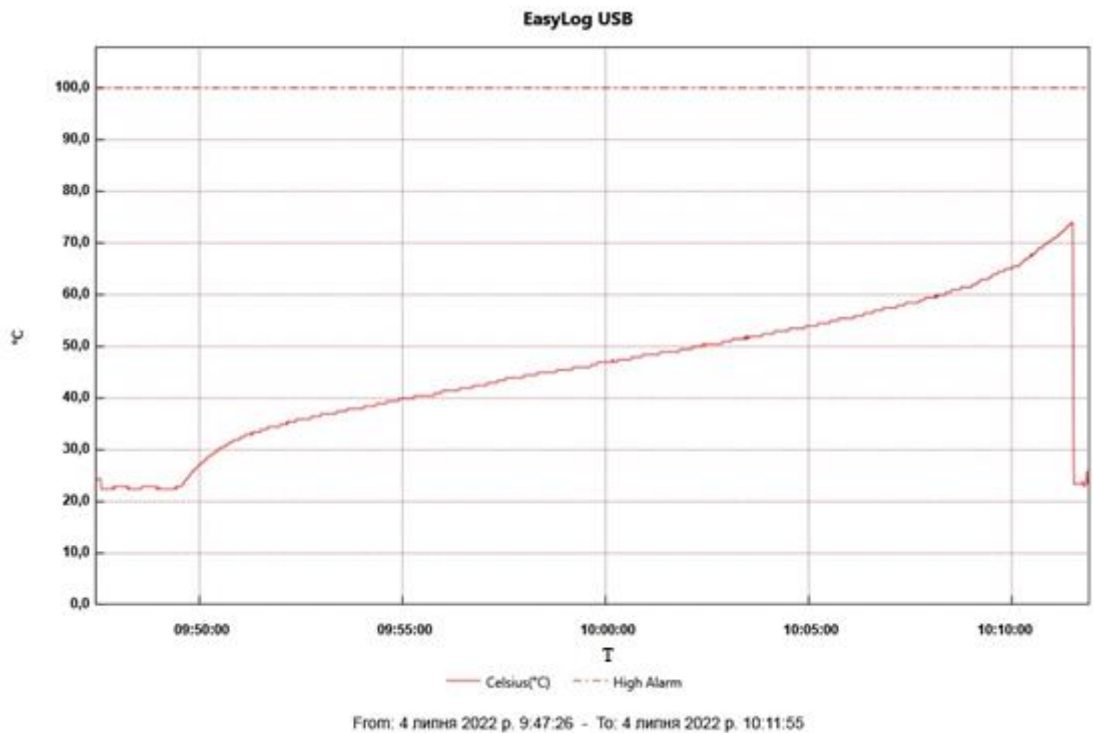
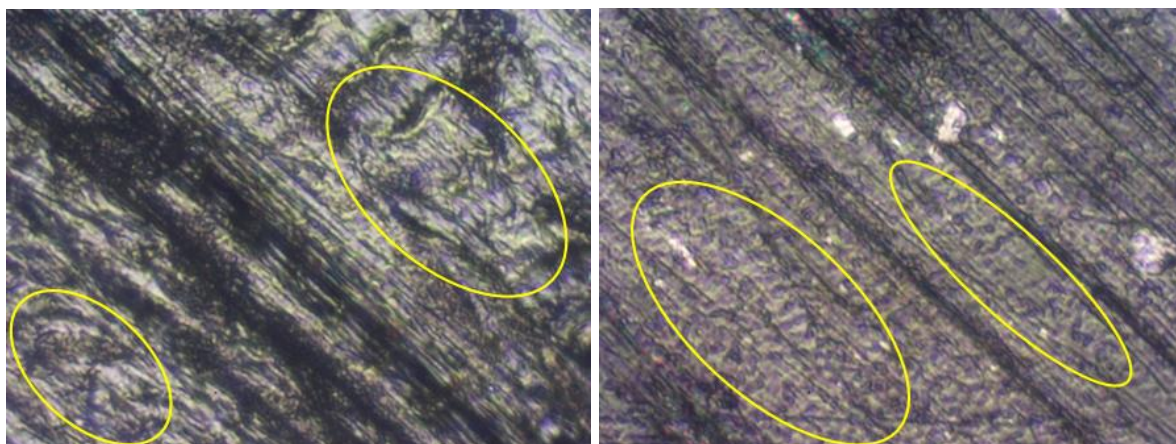


Рисунок 3.9 – Динаміка температури при катастрофічному зносі дослідного зразка ПКМ з поліетилену та графіту мас. 2% при тиску 1 МПа та лінійною швидкістю 0,6 м/с

В зоні тертя дослідних зразків, при досягненні температури 69...70 °С відбувається створення зон накопичення тепла, яке сприяє плавленню поверхні зразків (рис. 3.10).



А

Б

Рисунок 3.10 – Мікрофото зони тертя дослідних зразків ($\times 120$):

а – поліетилену; б – ПКМ з поліетилену та 2 мас. % графіту

Згідно отриманих результатів досліджень, необхідно звертати увагу на діапазон температур в яких працює рухоме з'єднання перед встановленням деталей з поліетилену.

3.3 Впровадження розробленого матеріалу в трибоспряження прикочуючого механізму

В якості машини для впровадження розробленого матеріалу обрано сівалку KINZE 3000, що є машиною для сівби технічних культур із шириною міжрядь 45...70 см. Для виготовлення експериментальних деталей використовували ПКМ, що складається з матриці – вторинного поліетилену, та наповнювача графіт-порошок – 2 мас. %. Загальний вигляд комплекту деталей модернізованого вузла кріплення прикочуючого механізму до посівної секції наведено на рис. 3.11.



Рисунок 3.11 – Комплект деталей розробленого (модернізованого) рухомого з'єднання прокочуючого механізму сівалки KINZE 3000

Результати польових випробувань (200 га напрацювання) підтвердили працездатність запропонованого рішення. Відхилень в роботі механізму прикочування не зафіксовано. Рекомендовано продовжити випробування для визначення ресурсу експериментальних деталей, виготовлених з ПКМ на основі вторинного поліетилену та графіту.

Висновки до роділу. Відповідно до отриманих результатів, ПКМ з поліетилену та 2 мас. % графіту підвищує фізико-механічні властивості матеріалу та характеристики міцності, порівняно з чистим поліетиленом. Головною умовою є дотримання параметрів роботи: максимальний тиск має дорівнювати 1 МПа, а лінійна швидкість не більше 0,5 м/с. Виготовлений полімер підтримує працездатність за умови $PV \leq 0,5 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$. Даний ПКМ має визначені температурні межі і перед встановленням деталей з даного матеріалу у рухоме з'єднання, необхідно знати показники вузла, щоб полімер не отримав катастрофічний знос.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Основні поняття охорони праці

«Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності» [20]. Під виробничою санітарією розуміють проведення певних організаційно-технічних заходів, що попереджають або унеможливають шкідливий вплив на працівників. Головною метою техніки безпеки є забезпечення безпечних умов праці для кожного працівника і виключити вплив негативних явищ, які могли б погіршити їх стан здоров'я. Параметрами умов праці є сукупність факторів, які виникають під час трудової діяльності та мають вплив на стан здоров'я, і на можливості виконувати посадові обов'язки людини. Стан, під час якого об'єкт унеможливає здійснення пожежі або гарантує її локалізації та можливість пожежогасіння, при дотриманні безпечних умов для людей називають пожежною безпекою. Фактори, які можуть призвести до раптового погіршення стану здоров'я або навіть до отримання травм працівниками називають небезпечними.

«При виготовленні дослідних зразків та матеріалів, дослідження властивостей ПКМ є ряд небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів, у зв'язку з цим необхідно дотримуватись правил безпеки під час роботи з полімерно-композитними матеріалами» [20].

«Об'єктом підвищеної небезпеки називають об'єкт, на якому використовують, виготовляють, переробляють, зберігають або транспортують одну або декілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що відповідає або перевищує нормативно визначені діапазони маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону можуть становити загрозу виникнення надзвичайної ситуації техногенного або природного характеру» [21].

4.2 Вимоги безпеки праці при виконанні робіт

Відповідно до вимог безпеки при роботі з полімерно-композитними матеріалами мають бути допущені лише особи, які надали результати медичного огляду у відповідній формі, пройшли навчання згідно посадових обов'язків та пройшли інструктаж у кваліфікованого працівника з охорони праці. Кожне робоче місце, де працюють з ПКМ має налічувати плакати про безпечні умови праці і вони повинні бути розміщені на видному місці, щоб була можливість у працівників ознайомитись з їхнім змістом перед початком роботи.

Кожен етап виробництва, який має в своєму складі процеси з ПКМ та складовими елементами для їх виготовлення чи вдосконалення, повинен проходити в окремому приміщенні згідно правил охорони праці. В даних приміщеннях має бути вмонтована система витяжної вентиляції механічного типу. На стінах приміщень, де відбувається виробництво або дослідження з ПКМ, необхідно викладати плитку висотою два метри від рівня підлоги.

«Робоче місце працівника (оператора), який виконує роботи з полімерно-композитними матеріалами необхідно обладнувати припливно-витяжною вентиляцією місцевого типу відсмоктування для вивітрювання небезпечного пару і газів з місця їх утворення» [20, 23]. Чисте повітря, яке наповнює приміщення, в першу чергу має поступити до працівника і тільки після цього, до місця його роботи та в систему виводу. Повторне направлення повітря після витяжної системи, знову у приміщення заборонено. Вміст насиченості парами та матеріалами в повітрі зони відведеної для виконання робочих обов'язків працівниками, які використовують, має відповідати санітарним нормам.

Відповідно до вимог, при зберіганні синтетичної смоли або других типів полімерного матеріалу, вони мають індивідуальні особливості для кожного з них.

«Зберігання полімерних матеріалів у виробничих приміщеннях дозволяється у відповідній кількості для роботи протягом зміни і при умові, що тара щільно закрита і розташовується під витяжним зонтом» [20, 23].

Категорично заборонено експлуатувати гідравлічний прес та литтєву машину при слабкому фіксуванні нерухомих прес-форм і без захисту рук. Сопло литтєвої установки має забезпечувати щільну посадку до гнізда каналу лиття. При литті під тиском запобіжна щитова має бути закрита.

Робочі розбирально-складальні дії для прес-форм мають здійснюватися на спеціалізованих верстатах або приладах. Щоб виконати вимоги охорони праці, має бути створене вільне місце поряд з гідравлічним пресом або литтєвою машиною має складати від 4 м². Кожного дня має здійснюватися прибирання робочої зони і виробничих приміщень, очищення поверхонь від пилу здійснювати вологим методом.

Для безпечного зберігання ПКМ, елементів наповнення чи розчинників, вони мають бути розташовані в обладнаному приміщенні, яке відокремлене від інших і має вентиляцію. Правилами безпеки, згідно вимог охорони праці заборонено розміщення для зберігання ПКМ біля механізмів опалення, камери сушіння та двигунів. Елементи освітлення та електричні механізми на виробництві мають бути виготовлені у безпечному до вибухів виконанні.

4.3 Вимоги до засобів індивідуального захисту під час виконання робіт

Підприємство має видавати кожному працівнику спецодяг, взуття та додаткові засоби для забезпечення робітника від шкідливого впливу під час виконання посадових обов'язків [24]. Для кожної галузі існують власні особливості вибору засобів особистого захисту під час виконання робіт.

Спеціальний одяг та взуття мають бути виготовлені відповідно до стандартів та перевірені, і рекомендовані до конкретного типу роботи, за класом захисту. Кожного тижня комплект спеціального одягу має замінюватись, а забруднений здаватись до прання, але якщо високий рівень забрудненості або вийшов з ладу ЗІЗ, то негайно. В кожному цеху мають бути додаткові комплекти спеціального одягу.

Люди, котрі працюють з полімерами і мають особистий контакт, для захисту їхнього здоров'я необхідно забезпечити спеціальними рукавичками, основою котрих є текстиль – це можуть бути технічні, гумові або пластикові рукавиці; для тих працівників, котрі виконують свої обов'язки на пресах гарячого типу, їх забезпечують суконними, подвійники з бавовни чи ватяними. Правилами охорони праці передбачено, якщо немає змоги, через особливості виробництва, застосовувати рукавиці для захисту від опіків, радять використовувати рекомендовані гелі та мазі, наприклад, казеїнову або фурацилінову пасту, креми при застосуванні котрих, утворюється захисна плівка на руках та ін.

«Індивідуальні засоби для захисту органів дихання слід використовувати у конкретних ситуаціях при перевищенні ГДК шкідливими речовинами в повітрі робочої зони та в аварійних ситуаціях» [19].

Вимогами охорони праці, під час виконання посадових обов'язків, які пов'язані з великою кількістю виділення газу, зобов'язує працівників мати в наявності протигаз марки «А» (їх використовують від пару рідин органічного походження); для протигазу «БКФ» (загальний), марка «В» (від випаровування різного типу кислот), механізми з вимушеним підведенням повітря або протигазу шлангового типу (для виконання робіт у приміщеннях, де вміст кисню не нижче 18% або всередині певних конструкцій). Якщо сталась ситуація в котрій був витік кислоти з відповідних резервуарів, необхідно проводити прибирання наслідків у протигазі типу «В», руки мають бути захищені рукавичками, тулуб та ноги фартухом і гумові чоботи від враження ніг.

Для захисту очей співробітників, які працюють з полімерно-композитними матеріалами необхідно проводити згідно з особливостями негативного впливу та особливостей процесу виробництва. При роботі в якій наявна механічна обробка, для захисту очей від дрібнодисперсних частинок та пилу, рекомендують використовувати окуляри відкритого типу 03-76, 02-76, 02-У76 або закритого типу ЗП2-80, ЗН4-72, ЗП1-80, ЗП3-80 та ЗН8-72, а герметичні окуляри для захисту використовують від парів чи бризків шкідливих речовин.

Якщо на робочому місці працівника рівень шуму вище за норму та може призвести до виникнення захворювань, радять використовувати спеціальні вкладиші (ТУ 6-16-2402-80), одноразові беруші або заглушки ВЦННІОТ-4 та ін.

4.4 Небезпечні та шкідливі фактори під час виконання службових обов'язків

«Шкідливий виробничий фактор – фактор трудового процесу та виробничої середовища, вплив якого на організм людини та фізичний стан за умови недотримання гігієнічних нормативів може призвести до зниження працездатності та погіршення здоров'я аж до виникнення професійних захворювань» [21]. «Небезпечний виробничий фактор – фактор трудового процесу та виробничої середовища, вплив якого на організм людини та фізичний стан в певних умовах може призвести до виникнення травм або інших типів раптового погіршення стану здоров'я» [21].

«При виконанні робіт з полімерно-композитними матеріалами працівник може передувати під впливом шкідливих та небезпечних факторів» [23]:

1. Наявність у складі повітря в межах робочої зони працівника речовин, які можуть становити загрозу для здоров'я та стану людини, а саме органічні та неорганічні речовини, які швидко випаровуються. Ці речовини можуть бути складовими хімічних реакцій під час етапів переробки ПКМ (прикладом є: формальдегід та випаровування речовин, які містять хлор). Якщо працівник не матиме спеціалізованих і сертифікованих засобів безпеки то під дихання, отримає подразнення дихальної системи організму, а це може викликати кашель або навіть призвести до задишки та ін. Якщо ігнорувати наведені симптоми і продовжити працювати нехтуючи вимогами охорони праці, то тривалий вплив даних речовин може викликати запалення бронхів (бронхіту) або легень (пневмонію).

2. Вимоги до випромінювання тепла, складових елементів машин, що виконують функцію нагріву під час виготовлення чи переробки полімерно-

композитних матеріалів, згідно вимог [25] охорони праці, температура поверхні механізмів, до яких працівник має доступ при виконанні своїх обов'язків, має бути менше +45 °С.

3. Механізми під час своєї роботи створюють певну вібрацію, відповідно джерела, що створює її (литтєва машина ПЛ-32), відповідає третій категорії – вібрація, яка впливає на людину під час виконання її службових обов'язків на машинах стаціонарного типу чи передається на інше місце, де має механізму, що створює вібрації. Якщо вібрація впливає тривалий час на працівник – це може викликати проблеми в роботі нервової системи чи до порушень опорно-рухової системи та бути причиною порушення кістково-суглобної системи людини чи інших.

4. Шум, що створюють механізми на виробництві – це тривалий вплив на слуховий апарат працівника, що може викликати погіршення слуху або призвести навіть до глухоти.

Об'єкти, які створюють найбільшу небезпеку під час роботи з ПКМ наступні:

- обладнання на якому відбуваються підготовчі процеси та виготовлення ПКМ, дослідних зразків чи вже готових деталей є термошафа, екструдер, та литтєва машина;

- обладнання для дослідження зразків ПКМ є машина для тертя СМТ-1.

4.5 Організаційно-технічні заходи, які направлені на забезпечення захисту працівників

Для забезпечення своєчасності інструктажів, навчальних заходів та атестацій з охорони праці існують організаційні заходи.

За складом та метою проведення існують наступні типи інструктажу: спочатку працівник проходить вступний, перед виконанням службових обов'язків – первинний, індивідуально з кожним працівником проводять повторний відповідно до визначеного терміну, якщо відбуваються зміни в

нормативно-правових актах проводять позаплановий, після аварії проводять цільовий.

Під час робіт у лабораторіях університету для студентів, відповідно до вимог з охорони праці, необхідно пройти наступні інструктажі:

- вступний (студента ознайомлюють із загальними правилами до початку робіт);
- первинний (проводять, якщо необхідно виконувати нові роботи);
- повторний (якщо студент працює більше шести місяців в лабораторії);
- позаплановий (якщо від моменту останнього виконання роботи пройшло більше 60 днів).

Для забезпечення захисту очей під час виконання службових обов'язків з ПКМ необхідно розуміти характер небезпеки та особливості виробництва. Щоб захистити очі від решток після виконання обробки механічного типу рекомендовано використовувати відкриті окуляри (наприклад, 03-76) або закритого типу (наприклад, ЗН8-72, ЗП1-80), від шкідливих речовин та їхніх парів герметичні окуляри.

Якщо шум вище за нормативні значення, рекомендують спеціальні вкладиші (ТУ 6-16-2402-80), одноразові беруші, заглушки типу ВЦНИИОТ-4 та ін.

4.6 Основні вимоги до роботи з обладнанням для досліджень

Загальні положення

«До виконання робіт з обладнанням та машинами допускають осіб, що пройшли необхідний медичний огляд і який вже виповнилось повні 18 років» [21, 22-23].

Студент (практикант) має скласти необхідні інструктажі, розуміти теоретичну складову і оволодіти практичним досвідом роботи з обладнанням, на якому буде працювати.

Для робіт з машинами або інструменту електрофікованого типу може бути допущений студент, який отримав теоретичні та практичні навички відповідно до інструктажу. Також для допуску їм необхідно мати відповідну кваліфікацію з електробезпеки, а саме першу.

У працівника (студента) мають бути спеціальні засоби індивідуального захисту: рукавиці, костюм, резинові чоботи, засоби які забезпечують захист дихальної системи, зорової та слуху, використовувати вентиляцію.

Вимоги охорони праці до початку виконання робіт

Щоб знизити кількість негативного впливу на організм шкідливими рідинами рекомендують використовувати вказані нижче особисті засоби захисту:

- щоб захистити очі необхідно одягати спеціалізовані закриті окуляри типу ЗПЗ-84 та ЗПІ-90, респіратор-напівмаску для органів дихання;
- також рекомендовано використовувати додатковий захист – щит.

Вимоги безпеки при виконанні робіт

Під час проведення досліджень на випробувальній машині СМТ-1 необхідно надійно фіксувати диск при досліджуванні зразків на тертя, щоб встановити показники зносу матеріалу, також фізичних властивостей дослідних зразків (відносного видовження, міцнісне напруження та мікротвердість за Шором) при терті.

Дана машина СМТ-1, має наступну будову:

- випробувальна машина;
- пульт управління.

Відповідно до документації, постачальник обладнання гарантує якість, яка відповідає всім технічним вимогам, але при дотриманні користувачем всіх умов зберігання, перевезки, встановлення, робіт на даній машині, які прописані в документах по експлуатації.

Необхідно бути обережним та не порушувати правила безпеки при роботі з даною машиною, особливо біля елементів конструкції, котрі обертаються (диск та вал на якому він кріпиться).

Вимоги при аварійних ситуаціях

Головними причинами створення аварійних ситуацій на виробництві під час робіт із залученням шкідливих для людей рідин та котрі є пожежонебезпечні, вважають наступні:

- недотримання правил безпеки на виробництві;
- порушення норм безпеки в частині неправильного розміщення виробничого обладнання, створення невідповідних умов на робочому місці працівника;
- нехтування вимогами та рекомендаціями щодо безпеки на виробництві під час зберігання, перевезення матеріалів, кінцевої продукції чи відходів;
- систематичне порушення дисципліни під час виконання посадових обов'язків, неуважність та безвідповідальність працівників;
- порушення вимог та рекомендацій, які направлені на збереження здоров'я працівників шляхом застосування засобів індивідуального захисту.

Якщо аварійна ситуація трапилась, необхідно як можна швидше евакуювати потерпілих до безпечної зони, після відключити обладнання в щитовій та сповістити керівництво про інцидент, провести потерпілим працівникам першу допомогу.

Після локалізації та усунення аварійної ситуації, не можна прибирати чи перекладати предмети до приїзду відповідної космії.

Якщо на виробництві трапилась пожежа, необхідно зателефонувати та повідомити за номером телефону «101».

Вимоги безпеки по завершенню робіт

По закінченню досліджень необхідно здійснити виконання дій, котрі наведені нижче:

- звільнити машину від матеріалів;
- вимкнути подачу електроенергії до машини;
- прибрати робочу зону від решток складових компонентів виробництва та бруду;
- перевірити фіксацію складових елементів обладнання;

- проінформувати керівництво про виконання робіт та про виникнення порушень в роботі, за наявності таких;

- помістити засоби індивідуального захисту до спеціальної шафи.

Рекомендації для забезпечення безпечної роботи

Перед запуском спеціалізованого обладнання необхідно переконатись у надійності заземлення.

Вмикання обладнання здійснює виключно лаборант або викладач, який робить дослідження.

Якщо на машині увімкнений електричний привід, заборонено чіпати обертові елементи обладнання.

Заборонено включати та здійснювати досліди, якщо огороження не встановлене, проведення зняття дослідного зразку під час роботи машини, обпираючись частинами тіла на машину при роботі обладнання.

4.7 Дії під час надзвичайної ситуації

«Найпершим завданням при ураженні працівника електричним струмом є запевнення у відсутності небезпеки решту працівників» [26].

Якщо є змога вимкнути джерело електрики, не наражаючись на небезпеку, потрібно провести відповідні дії і в короткий термін: від'єднати підведення електроенергії, перекласти дріт предметом з дерева, яке є сухим або використовуючи інший спосіб, головним критерієм є відсутність проведення струму.

Наступним етапом є огляд місцевості, якщо є постраждалі, то необхідно встановити його стан здоров'я. Наступним кроком є виклик надзвичайних служб. Якщо в потерпілого після надзвичайної ситуації спостерігаються проблеми з диханням, необхідно надати допомогу, якщо дихання відсутнє, то провести штучне дихання. Його необхідно робити до поновлення дихання і можливості робити самостійно, без сторонньої допомоги або до надання лікарями кваліфікованої допомоги. Якщо в постраждалого немає проблем з дихальною

системою, але він без свідомості, то треба перевернути його на бік. Якщо працівник, котрий постраждав немає проблем з дихальною системою, необхідно обов'язково перевірити його фізичний стан, чи немає електротравм зовні. Якщо такі травми присутні на тілі потерпілого, необхідно провести першу допомогу підручними засобами.

Щоб зменшити температуру в районі отриманої електротравми рекомендується застосувати лід або прохолодну воду. Якщо людина перебуває в свідомості, тоді рекомендують випити знеболювальне. Після тримання компресів для охолодження зони ураження, рекомендують накласти пов'язку, котра має бути стерильною. Нанесення мазі, в яких наявна велика кількість жиру заборонено.

5. ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

При модернізації сільськогосподарської техніки встановлюється економічна доцільність даних змін по наступних критеріях: показники отримані при експлуатації, порівняльна характеристика машини до вдосконалення і після його реалізації. Варто зазначити, що результатами модернізації може бути не тільки зменшення витрат на технічне обслуговування машини, а також покращення дотримання агротехнічних вимог під час сівби посівного матеріалу. Такі покращення можуть призвести до збільшення врожайності та створити додаткове покращення економічних показників після модернізації.

Головними критеріями роботи при експлуатації машини вважають наступні чинники: витрати паливно-мастильних матеріалів, ефективність роботи машинно-тракторного агрегату, витрати часу працівників на виконання конкретних операцій та значення питомих експлуатаційних затрат. Якщо вартість машини змінилась у зв'язку з проведеними модернізаціями потрібно вказувати вартість капіталовкладень та їх доцільність в експлуатації, розраховуючи головні затрати при виконанні операцій МТА.

Наразі найбільш поширеним напрямом для збільшення продуктивності машинно-тракторного агрегату є модернізації ширини захвату, щоб кількість рядків, котрі захвачує машина за один прохід, була максимальною. Для даного типу вдосконалення виникає потреба в необхідності потужних тракторів, маса котрих буде відрізнятись через конструктивні рішення (наприклад, через більший двигун, який забезпечить тягові вимоги агрегатів). Даний тип модифікації МТА, має негативні наслідки через збільшення впливу трактора на щільність ґрунту, що в свою чергу призводить до створення застою води на полі і вимивання посівів, наслідком цього буде менша врожайність. Даний варіант вдосконалення, який описується в дипломній роботі, дає можливість покращити показники прикочування посівного матеріалу, створюючи щільний контакт з ґрунтом. Завдяки вказаним змінам рослини мають кращі показники одночасних сходів, що призводить до збільшення врожайності сільськогосподарських культур. Саме тому, дана модифікація забезпечує не тільки покращення

технічних характеристик, а й підвищує дотримання агротехнічних вимог до посіву, як наслідок, збільшення економічної ефективності.

Застосування рекомендованого матеріалу дозволяє підвищити показники ресурсу вузла кріплення прикочуючих коліс, при тому, що тертя відбувається без застосування мастильних матеріалів. Дана модифікація не потребує періодичного мащення трибоспряжень та технічного обслуговування до моменту заміни. Саме тому зменшується час на виконання ТО, що дозволяє підвищити кількість часу на виконання посіву.

Для розрахунку економічної доцільності впровадження запропонованої модифікації зробимо порівняльну характеристику по експлуатаційним показникам та врожайності. Для проведення розрахунків беремо наступний склад машинно-тракторного агрегату: трактор Claas Arion 410 Cis + сівалка Kinze 3000 (5,6 м).

Основні дані для розрахунку економічної доцільності викладені в таблиці 5.1. Необхідні технічні характеристики були взяті з інформації від виробника (продавця), проспектів та каталогів.

Таблиця 5.1

Початкові дані порівняльної експлуатації модифікованої сівалки

Назва показників	Claas Arion 410 Cis + Kinze 3000	Claas Arion 410 Cis + Kinze 3000M
1	2	3
Продуктивність МТА, га/год, <i>W</i>	3,5	3,6
Затрати палива, кг /га	5,7	5,57
Робоча зміна, год., <i>t</i>	7	7
Кількість змін	3	3
Площа засіяна соняхом даними сівалками, га	300	300

Продовження таблиці 5.1

Загальна кількість працівників для посіву (за одну зміну), чол.	3 (1)	3 (1)
Площа річної кількості роботи, га, T_{Π}	1340	1380
Вартість МТА, грн.:		
- трактору	4114850	4114850
-посівної машини	820000	890000
Заробітна плата оператора за годину роботи, грн.	70	70
Вартість одного кілограму палива, грн.	$\text{Ц}_{\text{к}}^{\text{б}} = 50$	$\text{Ц}_{\text{к}}^{\text{м}} = 50$
Врожайність соняшника з одного гектару, кг	2890	2980
Вартість однієї тони соняшнику при продажі на внутрішньому ринку, грн.	13200	13200

Відбулось зменшення витрати палива на 0,13 кг/га у зв'язку зі зменшенням тягового опору посівної машини. Продуктивність збільшилась в порівнянні з базовою МТА на 0,1 га/год через відсутність ТО елементів з'єднання конструкції прикочуючого механізму та модернізації сівалки в якій відсутні люфти у визначеному вузлі. Завдяки даним конструктивним рішенням, відхилення посівної машини від прямолінійного руху стає мінімальний.

«Визначення економічної доцільності від застосування полімерно-композитних матеріалів у трибоспряженнях робимо згідно стандартної методики» [28].

Відповідно до визначених вихідних даних про МТА, вказаних в табл. 5.1, базової та модифікованої сівалки, проводимо розрахунки.

Для визначення питомих експлуатаційних затрат під час посіву для машинно-тракторного агрегату, використовують наступну формулу:

$$C_{nut} = C_t + C_m + C_{пмм} + C_{зп}, \quad (5.1)$$

де C_t – затрати під час експлуатації трактору на амортизаційні відрахування, технічне обслуговування, проведення ремонтів, грн/га;

C_m – затрати під час експлуатації посівної машини на амортизаційні відрахування, технічне обслуговування та проведення ремонтів, грн/га;

$C_{пмм}$ – витрати на ПММ, грн/га;

$C_{зп}$ – заробітна плата працівників (операторів), грн/га.

Економічні витрати на експлуатацію трактора розраховують за наступною формулою:

$$C_t = \left[\frac{B_t \cdot a_{pm} \cdot g_{za}}{100 \cdot G_H^{pik}} + \frac{(C_{том} + C_{км} + C_{прм} + C_{зм} + C_{шгм})}{1000} \right] \cdot K_i, \quad (5.2)$$

де B_t , a_{pm} – прийнята вартість, за якою техніку поставлено на баланс (грн) та визначені амортизаційні відрахування (%), для трактора вони складають – 11 %.

$C_{том}$, $C_{км}$, $C_{прм}$, $C_{зм}$, $C_{шгм}$ – визначені нормативами питомі затрати на проведення технічного обслуговування, капітального та поточного ремонтів, відповідного утримання зчіпки (грн). Даний показник буде складати 3% від повної ціни трактора;

G_H^{pik} – навантаження на трактор за рік, кг.

Підставивши необхідні значення, отримуємо:

$$C_t^b = \left[\frac{4114850 \cdot 11 \cdot 5,7}{100 \cdot 18000} + \frac{123445,5}{1000} \right] \cdot 1 = 266,8 \text{ грн/га}$$

$$C_t^n = \left[\frac{4114850 \cdot 11 \cdot 5,57}{100 \cdot 18000} + \frac{123445,5}{1000} \right] \cdot 1 = 263,5 \text{ грн/га}$$

Економічні витрати на експлуатацію посівної машини (Kinze 3000) розраховують за наступною формулою:

$$C_m = \left[\frac{B_m \cdot a_{pm}}{100 \cdot n_{зм}^m \cdot G_H^{pik}} + \frac{(C_{том} + C_{прм} + C_{зм})}{G_H^{pik}} \right] \cdot K_i, \quad (5.3)$$

де B_m , a_{pm} – прийнята вартість, за якою посівну машину поставлено на баланс (грн) та визначені амортизаційні відрахування (%), для даного агрегату вони складають – 11 %.

$C_{том}$, $C_{прм}$, $C_{зм}$ – визначені нормативами питомі затрати на проведення технічного обслуговування, поточного ремонту, відповідного утримання машини (грн). Даний показник буде складати 8,5 % для базової та 6,5 % для модифікованої від повної ціни сівалки;

$G_n^{рик}$, $n_{зм}^m$ – навантаження на посівну машину за рік (га) та кількість завантаження за рік (нормо-змін).

При застосуванні базової посівної машини отримаємо:

$$C_m = \left[\frac{820000 \cdot 11}{100 \cdot 55 \cdot 1340} + \frac{69700}{1340} \right] \cdot 1 = 53,2 \text{ грн/га}$$

При застосуванні вдосконаленої сівалки:

$$C_m = \left[\frac{890000 \cdot 11}{100 \cdot 55 \cdot 1380} + \frac{57850}{1380} \right] \cdot 1 = 43,2 \text{ грн/га}$$

Затрати на ПММ розраховують за наступною формулою:

$$C_{пмм} = C_k \cdot g_{га} \cdot K_i \quad (5.4)$$

де C_k – повна вартість за 1 кг палива;

$g_{га}$ – затрати палива, кг/га (для вихідного варіанта МТА – 5,53 кг/га, для вдосконаленого сівалки – 5,7 кг/га);

K_i – для врахування індексації використовують відповідний коефіцієнт ціни на паливо (приймаємо значення рівним 1).

Згідно до вихідних даних розрахуємо вартість:

$$C_{пмм}^b = 50 \cdot 5,7 \cdot 1 = 285 \text{ грн/га}$$

$$C_{пмм}^n = 50 \cdot 5,53 \cdot 1 = 276,5 \text{ грн/га}$$

Заробітна плата для працівників (операторів) визначається за наступною формулою:

$$C_{зн} = \frac{1,49 \cdot (K_{нк} \cdot m_{мех} \cdot f_{мех}) \cdot 1,02 \cdot K_3}{W_{зм}}, \text{ грн/га} \quad (5.5)$$

де 1,49 та 1,02 – значення коефіцієнтів, які враховують при визначенні заробітної плати;

$K_{нк}$ – коефіцієнт, який залежить від майстерності та класу оператора. Для визначення при розрахунках приймаємо 1,2, що відповідає першому класу;

$m_{мех}$ – чисельність операторів для виконання посівних робіт;

$f_{мех}$ – заробітна плата оператора за одну зміну, відповідно до нормативів грн/зм.;

$W_{зм}$ – відповідно до технічної документації, продуктивність стандартної сівалки Kinze 3000 за одну зміну становить 24,5 га, а вдосконалена модель 25,2 га;

$K_з$ – коефіцієнт, який враховує рівень інфляції при розрахунку зарплати, $K_з = 1$.

Тому при розрахунку оплати праці на вказаних сівалках отримуємо наступні значення:

$$C_{зн}^б = \frac{1,49 \cdot (1,2 \cdot 3 \cdot 490) \cdot 1,02 \cdot 1}{24,5 \cdot 3} = 36,5 \text{ грн/га}$$

$$C_{зн}^н = \frac{1,49 \cdot (1,2 \cdot 3 \cdot 490) \cdot 1,02 \cdot 1}{25,2 \cdot 3} = 35,5 \text{ грн/га}$$

Наступний етапом йде підрахування питомих експлуатаційних витрат за наступною формулою (5.1).

Для МТА без модифікованої сівалки:

$$C_{нит}^б = 266,8 + 53,2 + 285 + 36,5 = 641,5 \text{ грн/га}$$

Для МТА з вдосконаленою сівалкою:

$$C_{нит}^н = 263,5 + 43,2 + 276,5 + 35,5 = 618,7 \text{ грн/га}$$

Капітальні вкладення будемо розраховувати згідно наступної формули:

$$K^{сер} = \frac{B_m \cdot a_{рм}}{100 \cdot G_n^{рік}} + \frac{B_m \cdot a_{рм}}{100 \cdot G_n^{рік}}, \text{ грн/га} \quad (5.5)$$

Значення капіталовкладень при роботі з немодифікованою сівалкою складає:

$$K^{\bar{b}} = \frac{4114850 \cdot 11}{100 \cdot 18000} + \frac{820000 \cdot 11}{100 \cdot 1340} = 92,5 \text{ грн/га}$$

Значення капіталовкладень при роботі з вдосконаленою посівною машиною (проектна):

$$K^n = \frac{4114850 \cdot 11}{100 \cdot 18000} + \frac{890000 \cdot 11}{100 \cdot 1380} = 96,1 \text{ грн/га}$$

Наступним етапом розраховуємо приведені витрати за формулою:

$$П_г = C_3 + E \cdot K \quad (5.6)$$

де $E = 0,15$ – коефіцієнт, який відповідає нормативам при капіталовкладеннях та показує значення ефективності.

Для стандартної посівної машини Kinze 3000:

$$П_г^{\bar{b}} = 641,5 + 0,15 \cdot 92,5 = 655,4 \text{ грн/га}$$

Для проектної посівної машини (вдосконалена):

$$П_г^n = 618,7 + 0,15 \cdot 96,1 = 633,1 \text{ грн/га}$$

При застосуванні модифікованої сівалки отримуємо менші затрати на експлуатацію ніж при стандартній конструкції Kinze 3000.

Економічна доцільність від здійснених конструктивних змін будуть складати:

$$E_{e,ca} = П_г^{\bar{b}} - П_г^n = 655,4 - 633,1 = 22,3 \text{ грн/га}$$

Якщо розглядати річне навантаження вдосконаленої посівної машини, то воно буде складати 1380 га, тому річна економія буде складати:

$$E_e^{pik} = F \cdot (П_г^{\bar{b}} - П_г^n) = 1380 \cdot (655,4 - 633,1) = 30774 \text{ грн}$$

Час за який будуть повернені капіталовкладення складає:

$$T_{ок} = K / П \quad (5.7)$$

Термін окупності капіталовкладень складе:

$$T_{ок} = 70000 / 30774 = 2,3 \text{ року}$$

Дана посівна машина забезпечує також збільшення врожайності, в даному випадку соняшника на 90 кг/га.

Відповідно до посівної площі, яка становить 300 гектарів, розрахуємо додаткову ефективність. Вихідні дані беремо з таблиці 5.1 та розраховуємо наступні формули:

$$E_{\delta}^n = 2,98 \cdot 13200 \cdot 300 = 11800800 \text{ грн}$$

$$E_{\delta}^{\delta} = 2,89 \cdot 13200 \cdot 300 = 11444400 \text{ грн}$$

Різниця даних показників дає можливість встановити економічну доцільність від збільшення врожайності модифікованою сівалкою у складі МТА, розраховуємо по наступній формулі:

$$E_{\delta} = E_{\delta}^n - E_{\delta}^{\delta} = 11800800 - 11444400 = 356400$$

Якщо враховувати підвищення врожайності то термін окупності капіталовкладень складе:

$$T_{ок} = 70000 / (356400 + 30774) = 0,18 \text{ року}$$

Варто зазначити, що для отримати прибутку має пройти час від посіву до збирання врожаю, саме тому приймається термін окупності – 5 місяців.

Результати розрахунків вписуємо до таблиці 5.2

Таблиця 5.2

Результати розрахунків економічної доцільності

Показники	Одиниця виміру	Тип сівалки	
		Стандартний	Модифікований
Склад МТА	-	Claas Arion 410 Cis + Kinze 3000	Claas Arion 410 Cis + Kinze 3000M
Продуктивність МТА	га/год	3,5	3,6
Повна ціна: трактору сівалки	грн	4114850 820000	4114850 890000
Загальні витрати на амортизацію, ремонткування та ТО	грн/га	266,8	263,5
Затратити на ППМ	грн/га	285	276,5

Витрати на заробітну плату	грн/га	36,5	35,5
Експлуатаційні витрати	грн/га	641,5	618,7
Приведені затрати	грн/га	655,4	633,1

Продовження таблиці 5.2

Економічна доцільність модернізації	грн/га	-	22,3
Річна економія модернізованої сівалки	грн	-	30774
Економічна доцільність від впровадження за рахунок збільшення врожайності	грн	-	356400
Економічна доцільність впровадження модифікованої посівної машини	грн	-	387174
Термін окупності капіталовкладень	місяців	-	5

Висновки до розділу

Встановлено, що річний економічний ефект від експлуатації модернізованої сівалки Kinze 3000M при агрегуванні з трактором Claas Arion 410 Cis становить – 387174 грн. Окупність впровадження нової конструкції трибоспряження вузла кріплення прикочуючого колеса складає один сезон. Перевагами модернізованої машини є: збільшення врожайності соняшника, що пов'язано із підвищенням якості роботи прикочуючого механізму, створення кращого контакту з ґрунтом, отримання рівномірних сходів; зменшення величини тягового опору сівалки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що в трибоспряженнях прикочуючого механізму посівних машин вузол кріплення потребує регулярного мащення та обслуговувань. Сільськогосподарські машини виконують роботи в місцях з високим вмістом пилу, через що абразив може потрапити в зону тертя і пришвидшити знос елементів трибоспряження. Для зменшення кількості технічних обслуговувань і створення кращого трибоспряження рекомендується модернізувати вузол кріплення та встановити самозмащувальні ПКМ. При такому вдосконаленні, вузол тертя не потребує систематичного мащення і обслуговувань, ПКМ треба буде лиш замінити згідно технічних рекомендацій.

2. Розроблено програму експериментальних робіт методика для проходження експериментальних досліджень при різних режимах для зразків з чистого поліетилену та з 2 мас. % графіту. Це необхідно для визначення параметрів матеріалу та значення зношування.

Виявлено, що ПКМ з поліетилену та 2 мас. % графіту підвищує фізико-механічні показники дослідних зразків та міцнісні характеристики в порівнянні з іншими зразками з чистого поліетилену. Головною умовою працездатності виготовленого ПКМ є дотримання критерію $PV \leq 0,5 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$ (максимальний тиск має відповідати значенню один МПа, а лінійна швидкість при цьому не більше 0,5 м/с). Максимальна робоча температура трибоспряження не повинна перевищувати 69...70 °С. Отримані результати роботи можна використовувати при розробці нових агрегів чи модернізуванні вже створених трибоспряжень машин і механізмів.

3. Наведено основні вимоги з охорони праці під час виконання досліджень з ПКМ в лабораторії університету. Приведені рекомендації щодо

захисту працівників у випадках дії шкідливих чи небезпечних факторів на людину.

4. Встановлено, що річний економічний ефект від експлуатації модернізованої сівалки Kinze 3000M при агрегуванні з трактором Claas Arion 410 Cis становить – 387174 грн. Окупність впровадження нової конструкції трибоспряження вузла кріплення прикочуючого колеса складає один сезон. Перевагами модернізованої машини є: збільшення врожайності соняшника, що пов'язано із підвищенням якості роботи прикочуючого механізму, створення кращого контакту з ґрунтом, отримання рівномірних сходів; зменшення величини тягового опору сівалки.