

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:

**Ефективність композитних елементів
необслуговуваних рухомих з'єднань посівних машин**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-1-19

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Ситник Дмитро Дмитрович

Керівник: _____ Макаренко Дмитро Олександрович

Рецензент: _____

5. Перелік демонстраційного матеріалу

Мета і задачі досліджень. Аналіз. Обґрунтування проблеми (4 аркуші, А4).
2. Обладнання для експериментальних досліджень (1 аркуш, А4) 3. Зразки для проведення досліджень (1 аркуш, А4). 4. Результати досліджень (2 аркуші, А4)
 5. Економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (2 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	Кравець В.В., доцент		
5	Вініченко І.І., професор		
6			
нормоконтроль	Харченко Б.Г., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 23.10.2020 р.	
2	Програма та методика досліджень	до 30.10.2020 р.	
3	Експериментальний	до 12.11.2020 р.	
4	Охорона праці	до 18.11.2020 р.	
5	Економічний	до 27.11.2020 р.	
6	Демонстраційна частина	до 27.11.2020 р.	

Студент

(підпис)

Ситник Д.Д.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Макаренко Д.О.
(прізвище та ініціали)

УДК 631

АНОТАЦІЯ

Ситник Д.Д. Ефективність композитних елементів необслуговуваних рухомих з'єднань посівних машин / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація рослинництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2020.

В дипломній роботі проаналізовано застосування композитних матеріалів в конструкціях посівних машин, стан та перспективу виробництва конструкційних пластиків в Україні. Розроблено програму та наведено методики досліджень характеристик та властивостей конструкційних матеріалів. Встановлено залежності фізико-механічних властивостей та триботехнічних характеристик полімерно-композитного матеріалу Nylon 66 від вмісту поліетилену. Проаналізовано шкідливі та небезпечні фактори, що діють при виготовленні деталей з полімерно-композитних матеріалів. Виконано техніко-економічну оцінку дипломної роботи.

Ключові слова: полімерно-композитний матеріал, посівна техніка, вторинний пластик, відносна абразивна зносостійкість, технічне обслуговування.

Список публікацій здобувача (за наявності):

Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Крутоус Д.І., Ситник Д.Д., Строценко С.О. Розробка трибоспряжень підвищеної довговічності // Матеріали XXI Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки». – Харків: ХНТУСГ, 17-18 жовтня, – 2020 р. – С. 357-358.

ЗМІСТ

ВСТУП	<u>8</u>
1. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІМЕРНО-КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ У КОНСТРУКЦІЯХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН	<u>10</u>
1.1 Огляд конструкцій посівних машин та застосування в них композитних матеріалів.....	<u>10</u>
1.2 Стан та перспектива виробництва пластиків в Україні.....	<u>18</u>
1.3 Технології та актуальність переробки вторинних пластиків.....	<u>20</u>
1.4 Аналіз системи ТО рухомих спряжень сівалки KINZE-3200.....	<u>22</u>
1.5 Обґрунтування теми дипломної роботи.....	<u>24</u>
2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	<u>26</u>
2.1 Програма та завдання досліджень.....	<u>26</u>
2.2 Підготовка полімерних матеріалів до лиття.....	<u>27</u>
2.3 Виготовлення зразків для експериментальних досліджень.....	<u>28</u>
2.4 Визначення густини матеріалів гідростатичним зважуванням, методика визначення відносної абразивної стійкості.....	<u>30</u>
2.5 Методика визначення відносної абразивної стійкості.....	<u>32</u>
2.6 Методики визначення триботехнічних характеристик і властивостей матеріалів.....	<u>34</u>
2.7 Методика досліджень робочих поверхонь експериментальних зразків.....	<u>36</u>
3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	<u>38</u>
3.1 Результати дослідження триботехнічних характеристик матеріалу.....	<u>38</u>
3.2 Результати дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів.....	<u>39</u>
3.3 Результати дослідження відносної абразивної стійкості матеріалів.....	<u>41</u>
3.4 Результати оптичних досліджень поверхонь.....	<u>43</u>
3.5 Обґрунтування сфери застосування створених експериментальних	

матеріалів.....	<u>44</u>
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	<u>45</u>
4.1 Основні поняття охорони праці.....	<u>45</u>
4.2 Шкідливі та небезпечні фактори при виконанні робіт з ПКМ.....	<u>45</u>
4.3 Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників від шкідливих та небезпечних факторів.....	<u>47</u>
4.4 Правила безпеки праці при роботі з обладнанням та машинами для проведення досліджень.....	<u>48</u>
4.5 Дії у разі виникнення надзвичайної ситуації (пожежі в лабораторії).....	<u>49</u>
5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ.....	<u>51</u>
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	<u>61</u>
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	<u>63</u>
ДОДАТКИ	<u>66</u>

ВСТУП

Будь-яка сучасна технологія вирощування сільськогосподарських культур особливу увагу акцентує на виконанні технологічної операції сівба або садіння. У випадку деяких технологій це єдина операція, при якій відбувається взаємодія робочих органів машини з ґрунтом. Від якості сівби залежить рівномірність сходів, фази розвитку рослин, і як результат, ефективність подальших технологічних операцій та врожайність культури.

Сільськогосподарськими машинами для виконання вказаних операцій є сівалки (посівні комплекси) та саджалки. За останні роки в Україні спостерігається зменшення кількості та підвищення вартості посівних машин, що закуповують сільгоспвиробники. У 2019 році ця кількість зменшилась на 43 % (у порівнянні з 2017 р.), при цьому середня вартість однієї машини збільшилась на 29,4 %, і становила 1,69 млн. грн.

Технічний рівень сучасної посівної техніки характеризується обсягом застосування в них полімерно-композитних матеріалів (ПКМ) конструкційного призначення. В конструкціях посівних машин використовуються полімерно-композитні матеріали для виготовлення бункеру, насіннєпроводів, бандажів опорних та прикочуючи коліс, катушок дозуючих механізмів. В залежності від призначення деталей, вони виготовляються з різних матеріалів.

Тому метою роботи є дослідження залежностей фізико-механічних характеристик конструкційних пластиків від вмісту наповнювача та обґрунтування ефективності впровадження композитних елементів у рухомі з'єднання посівних машин.

Поставлена мета буде досягнута вирішенням таких задач:

1. Проаналізувати застосування композитних матеріалів в конструкціях посівних машин, стан та перспективу виробництва конструкційних пластиків в Україні.

2. Розробити програму та навести методики досліджень характеристик та властивостей конструкційних матеріалів.

3. Встановити залежності фізико-механічних властивостей та триботехнічних характеристик полімерно-композитного матеріалу від вмісту поліетилену в ньому.

4. Проаналізувати шкідливі та небезпечні фактори, що діють на працівника при виготовленні деталей з полімерно-композитних матеріалів. Навести правила безпеки праці при роботі з обладнанням та машинами для проведення досліджень.

5. Виконати техніко-економічну оцінку дипломної роботи.

Об'єкт дослідження. Процеси зміни властивостей та характеристик полімерно-композитних матеріалів при введенні в них наповнювача.

Предмет дослідження. Закономірності зміни фізико-механічних характеристик полімерно-композитних матеріалів при введенні наповнювача.

Методи досліджень. Експериментальні дослідження фізико-механічних характеристик та триботехнічних властивостей виконували за стандартними методиками. Обробку та інтерпретації результатів експериментальних досліджень проводили із застосуванням методів математичної статистики та за допомогою пакетів прикладних програм на ПК.

Практична цінність отриманих результатів роботи полягає в обґрунтуванні рекомендацій, щодо використання створених композитних матеріалів, для конкретних рухомих з'єднань посівних машин, з врахуванням умов (режимів) їх експлуатації.

1. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІМЕРНО-КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ У КОНСТРУКЦІЯХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

1.1 Огляд конструкцій посівних машин та застосування в них композитних матеріалів

Вирощування сільськогосподарських культур – це сукупність агротехнічних прийомів, спрямованих на збереження і підвищення ґрунтової родючості, на ефективну боротьбу зі шкідниками, хворобами і бур'янами, охорону навколишнього середовища, зростання продуктивності і зниження витрат на отримувану продукцію, підвищення врожайності вирощуваної культури.

За рівнем ресурсного забезпечення, використання засобів, шляхів виробництва, застосування ручної праці, технології в рослинництві умовно можна розділити на:

- примітивні або екстенсивні,
- індустріальні,
- інтенсивні,
- проміжні, або інтегровані,
- ресурсощадні,
- біологічні,
- нульова (No-till), Strip-till.

Будь-яка з вище згаданих технологій передбачає виконання технологічної операції сівби або садіння. Більшість господарств, що займаються вирощуванням продукції рослинництва використовують інтенсивні, мінімальні або нульові технології [1].

Для впровадження або перехід до будь-якої технології в конкретному господарстві необхідно:

- 1) оцінка земель господарства;
- 2) корегування структури посівів;
- 3) розробка технологічних карт під вирощування кожної культури;
- 4) забезпечення відповідними технічними засобами ;
- 5) залучення висококваліфікованих спеціалістів

Впровадження сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, зокрема No-till Strip-till, має ряд основних перепон, а саме:

1. перехідний період (2-4 роки), при якому спостерігається значне зниження врожайності культур;
2. переущільнення ґрунту внаслідок відсутності обробітку
3. необхідність закупівлі сучасної широкозахватної та якісної техніки (висока вартість технічних засобів);
4. людський фактор (кваліфікація працівників та їх неохоче прагнення до змін)

Всі сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур особливу увагу акцентують на виконанні технологічної операції сівба або садіння. Так як, у випадку деяких технологій це єдина операція, при якій відбувається взаємодія робочих органів машини з ґрунтом. Від якості сівби залежить рівномірність сходів, фаз розвитку рослин, і як результат, ефективність подальших технологічних операцій. Для кращого розуміння особливостей конструкцій посівних машин та їх переваг необхідно виконати огляд існуючих машин.

1.1.2 Особливості існуючих конструкцій сучасних посівних машин та застосування в них композитних матеріалів.

Універсальна пневматична сівалка DMC-Primer 9000 (рис. 1) розроблена, в першу чергу, для прямої сівби та сівби по мульчі в посушливих областях [2]. Насіння вкладаються в ґрунт, на поверхні якого є стерня після збирання врожаю, створюючи хороший контакт насіння з ґрунтом і оптимальні умови для появи сходів. Долотоподібні сошники на паралелограмній підвісці

копіюють нерівності ґрунту. Механізм для захисту від каменів дозволяє відхилятися як по вертикалі, так і по горизонталі при перешкодах.



Рисунок 1.1 – Універсальна пневматична сівалка DMC-Primera 9000

В конструкції сівалки використовується значна частина деталей виготовлених з композитних матеріалів неметалевого походження (рис. 2).



а

б



в

Рисунок 1.2 – Елементи сівалки DMC-Primera 9000 виготовлені з полімерно-композитних матеріалів: а, б – розподільні та насіннепроводи (для мін. добрив); в – котушки висівного (дозуючого) апарату.

Одним з передових виробників посівної техніки для сівби просапних культур є фірма виробник KINZE.

Механічна сівалка точного висіву KINZE гарантує високі експлуатаційні показники, як при сівбі на підготовленому ґрунті (традиційна сівба), так і на ґрунті з мінімальним обробіткою. Кожна посівна секція в автоматичному режимі налаштовується на задану глибину сівби. Паралелограмний механізм, який з'єднує секцію та раму машини забезпечує якісне копіювання поверхні ґрунту. Основними частинами посівної секції виготовленими з ПКМ є бункер, бандажі коліс, та котушки висівних апаратів (рис. 1.3, 1.4, котушки не показані).

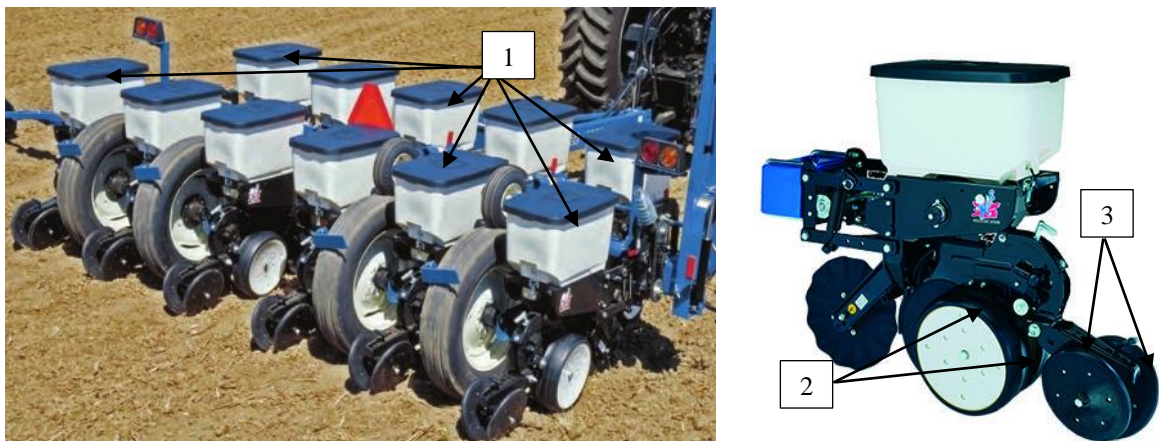


Рисунок 1.3 – Сівалка KINZE-3000 та її посівна секція з позначенням деталей виготовлених з ПКМ:

1 – бункер для насіння, 2 – бандаж опорних коліс, 3 – бандажі прикочуючих коліс

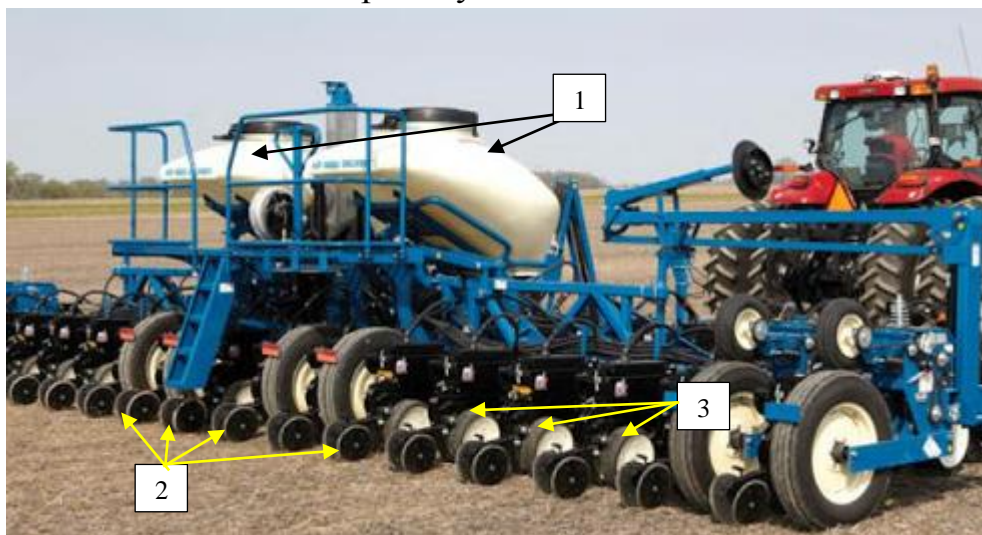


Рисунок 1.4 – Сівалка KINZE-3600 з вказаними деталями з ПКМ (позначення аналогічні рис. 1.3)

Одним із високопродуктивним посівним комплексом, який дозволяє виконувати сівбу, як за традиційною технологією, так і по необробленому

грунту [3], є машина виробництва фірми John Deere 1890 (рис. 1.5). Вказана сівалка комплектується бункером John Deere 1910 (рис. 1.5). В конструкції вказаних машин використовуються ПКМ для виготовлення бункеру, насіннепроводів, бандажів опорних коліс та катушок дозуючого механізму (рис. 1.6).

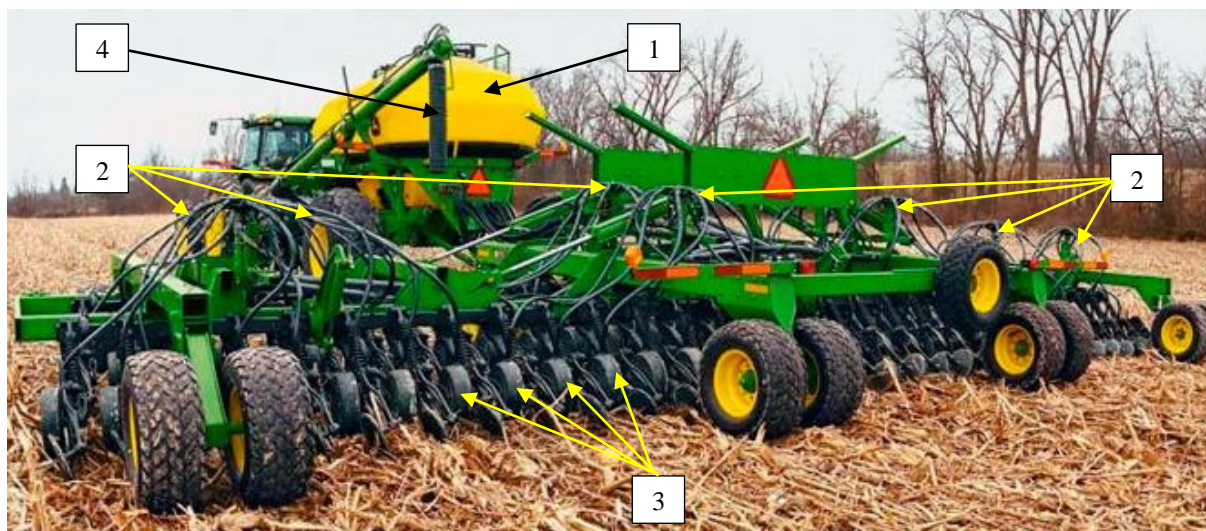


Рисунок 1.5 – Посівний комплекс John Deere 1890+ John Deere 1910:
1 – бункер для насіння та добрив; 2 – насіннепроводи; 3 – бандажі прикочуючих коліс; 4 – гофри завантажувального шнеку



Рисунок 1.6 – Катушки дозуючого (висівного) апарату John Deere 1910

Принципи конструкцій більшості посівних машин, зокрема для сівби технічних культур, таких як соняшник, кукурудза на зерно схожі у різних виробників. Не виключенням є і виробник посівної техніки GASPARDO (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Сівалка GASPARDO SP 8:

1 – бункери для насіння та добрив, 2 – бандаж опорних коліс, 3 – бандаж прикочуючих коліс

Вітчизняні виробники посівної техніки також використовують ПКМ у конструкціях посівних машин. Одним з найбільших виробників посівної техніки в Україні є АТ «Elvorti» [4]. В конструкціях просапних сівалок також використовуються ПКМ для виготовлення бункерів, бандажів коліс, пневматичних та вакуумпроводів (виділені частини на рис. 1.8). У конструкціях сівалок для сівби зернових культур в більшості випадків з ПКМ виготовляють бункери великої місткості, пневматичні насіннепроводи, котушки дозуючих (висівних) систем (рис 1.9). Інші вітчизняні виробники посівної техніки використовують схожу компоновку, і зазвичай використовують аналогічні матеріали для бункерів та коліс посівних секцій.



Рисунок 1.8 – Сівалка VEGA 8 PROFİ та її посівна секція



Рисунок 1.9 – Посівний комплекс Алькор-7,5

Виходячи з проведеного аналізу, можна стверджувати, що основними деталями з ПКМ, які використовуються в конструкціях посівної техніки є: ємності для насіння та добрив, котушки дозуючих пристроїв, насіннепроводи, бандажі опорних та прикочуючих коліс посівних секцій. В залежності від призначення деталей, вони виготовляються з різних матеріалів.

Зазвичай бункери виготовляють зі багатошарового скловолокна, шари якого з'єднують між собою епоксидними або іншими смолами. Такі ємності стійкі до дії зовнішнього середовища та різноманітних абразивних та хімічно активних речовин. Котушки висівних апаратів виготовляють із зносостійких матеріалів, які також мають високу стійкість до абразивних матеріалів. Бандажі опорних коліс, в більшості випадків – із гумових композитів або навіть ливарного поліуретану.

Ринок посівних машин в Україні значний за обсягом [5]. Спостерігається тенденція до купівлі саме дорогої та якісної посівної техніки (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Купівля сільськогосподарськими підприємствами нової посівної техніки

Календарний рік	Кількість сівалок, од	Ціна, тис. грн	Ціна у % до попереднього року
2017	2322	1312,8	126,8
2018	1718	1621,9	123,5
2019	1323	1698,9	104,7

Відповідно до наведених даних у 2017 та 2018 рр [5] відбувалось зростання середньої ціни посівної машини на 26,8% та 23,5 % відповідно, при цьому кількість покупок вказаної техніки зменшується щорічно (рис. 1.10).

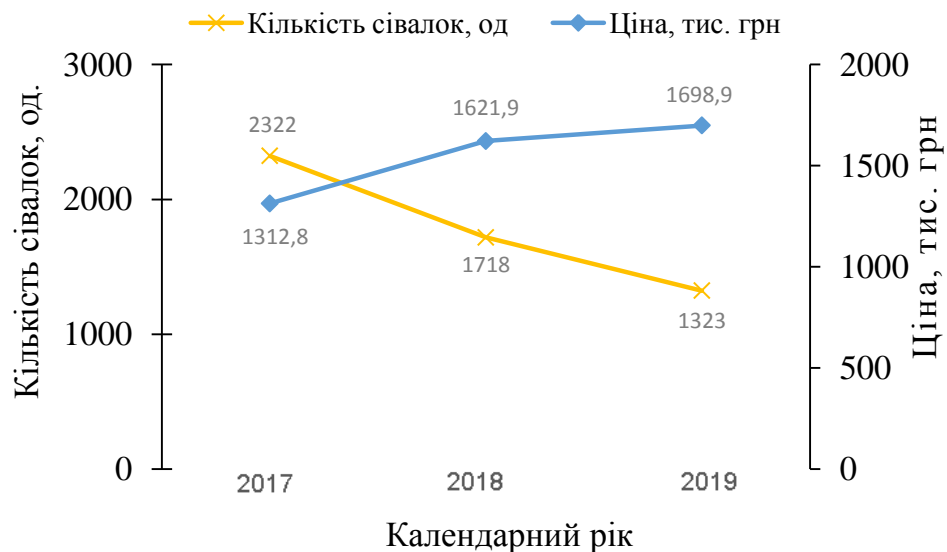


Рисунок 1.10 – Купівля посівної техніки в Україні в 2017-2019 рр. та її ціна

Купівля значної кількості дорогої посівної техніки вказує на особливу увагу господарств щодо проведення та якості виконання технологічного процесу сівби. Зокрема це пов'язано з впровадженням нових технологій вирощування сільськогосподарських культур, які мають високі вимоги до посівною техніки та якості її роботи. Для прикладу загальна кількість тракторів, що закупили господарства у 2019 році становить – 2109 од. із ціною 2158,4 тис. грн/од.

Загальна кількість сівалок за даними Державної служби статистики України становили 65070 од. та 66511 од. для 2018 р. та 2019 р. відповідно.

Використання ПКМ в конструкціях посівних машин має ряд переваг у порівнянні з традиційними конструкційними матеріалами (сталями):

Композитні матеріали, як будь-який інший матеріал має свої переваги та недоліки [6-8]. До переваг (ПКМ) неметалевого походження, у порівнянні з традиційними сталями, можна віднести:

- висока міцність;

- незначна питома вага;
- можливість роботи з хімічно активними речовинами;
- робота в режимі обмеженого мащення або навіть без нього.

До недоліків ПКМ можна віднести:

- анізотропія – властивості можуть в десятки разів відрізнятися в залежності від напрямку зовнішнього впливу;
- значний питомий об'єм;
- гігроскопічність (в тому числі з повітря);
- можливе виділення токсичних продуктів в процесі виготовлення (для деяких матеріалів);
- висока ціна пов'язана на деякі матеріали, що обґрунтована використанням дорогого обладнання.

1.2 Стан та перспектива виробництва пластиків в Україні

Промислове виробництво високоякісних конструкційних пластиків в Україні відсутнє. Крім того проблема переробки і утилізації відходів побутових та промислових пластиків сьогодні займає чинне місце практично в усіх країнах світу. Відомий закордонний досвід використання відходів пластиків в сферах будівництва доріг, різноманітних майданчиків, невідповідальних частин обладнання та ін. При цьому в Україні такі технології відсутні. На сьогоднішній день в Україні не існує науково обґрунтованої вітчизняної стратегії переробки відходів побутових та промислових, є лише окремі пункти присвячені розробці матеріалів конструкційного призначення з використанням вторинної сировини.

Виробництво конструкційних пластиків майже відсутнє, більшість матеріалів для виготовлення деталей з ПКМ – закордонного виробництва. З кожним роком набуває розповсюдження використання вторинних матеріалів для повторної переробки та виготовлення різноманітних деталей.

Сьогодні в Україні щороку утворюється понад 13 млн тон твердих побутових відходів (ТПВ), 95 % яких не переробляють, а зберігають на

звалищах. Рівень переробки ТПВ в Україні не перевищує 5...7 %, в той час, як в інших країнах Європи цей показник становить у Швеції – 99,2 %, Німеччині – 79 %, Бельгії – 75 %, Франції – 72 %.

За даними Шостого національного повідомлення України з питань зміни клімату [9], структура ТПВ має такий вигляд:

- харчові відходи – 35...50%,
- папір і картон – 10...15%,
- вторинні полімери – 9...13%,
- скло – 8...10%,
- метали — 2%,
- текстиль – 4–6%,
- будівельні відходи – 5%,
- деревина – 1%,
- інші відходи – 10%

ТПВ природнього походження можна компостувати та отримувати високоякісне добриво, в той час, як переробка інших матеріалів таких як, метал, пластик, скло потребують особливих технологій переробки.

Виходячи з наведених даних, можна стверджувати, що обсяг вторинних полімерів, що утворюються щорічно сягають – 1,1...1,7 млн. т.

Збирання, сортування та переробка паперу добре розвинена, в той час, як переробка пластиків знаходиться на початковій стадії. Основною причиною цього є складність та дорожняча процесу переробки ПКМ.

Виходячи з наведених даних (табл. 1.2), зрозуміло, що утилізацію у 2015-16рр. проходили майже всі відходи пластику I-IV класів небезпеки. Однак, починаючи з 2017 року по 2019 рік обсяг пластику, який пройшов процес утилізації різко зменшився до 25...28 %. Обсяги відходів, що спалюються або видаляються у спеціально відведені місця чи об'єкти за останні 3 роки не перевищує відповідно 2% та 6%.

Таблиця 1.2 – Утворення та поводження з відходами пластиків I-IV класів небезпеки, тис. т.

Рік	Утворено	Утилізовано	Спалено	Видалено у спеціально відведені місця чи об'єкти
2015	42,9	50,7	2,1	1,6
2016	51,9	51,4	0	1,8
2017	48,6	13,8	1,0	2,4
2018	47,2	15,6	0,4	2,8
2019	50,3	15,3	0,3	2,5

Виходячи з наведених даних можна стверджувати, що обсяг вторинних пластиків в Україні у вигляді відходів становить 20...40 тис. т. , при цьому технологій переробки цих матеріалів недосконалі та мають серйозні недоліки, як в екологічному аспекті, так і в економічному. Тому, доцільно довести актуальність переробки вторинних пластиків у готові вироби або напівфабрикати (гранулят).

1.3 Технології та актуальність переробки вторинних пластиків

Існує кілька методів переробки полімерів і виробів, що вийшли з використання. Методи переробки можна поділити на фізико-хімічні та механічні.

До фізико-хімічних методів відносяться:

- Гідроліз. Цей метод утилізації відходів пластмас ґрунтується на розкладанні полімерів за допомогою кислот з одночасним впливом на вихідну сировину високих температур. Це один з найбільш поширених способів рециклінгу пластика за кордоном. Відомі різноманітні способи гідролізу, при цьому найбільш ефективні, мають високу вартість.

- Гліколіз. Спосіб переробки, що базується на використанні етиленгліколю. Основний склад спиртів входять гідроксильні групи. Основними умовами здійснення необхідної реакції є: висока температура та якісний каталізатор.

- Метаноліз передбачає виконання глибокої полімеризації та розчепленні полімерних матеріалів за допомогою етанолу. Для реалізації вказаного способу необхідно створити постійну температуру 15 °С та тиск 1,5 МПа.

- Піроліз – термічна деструкція. Спосіб, що заснований на термічній обробці в середовищі за відсутності кисню. В результаті чого отримують початковий мономер. Основна перевага вказаного способу – відсутність необхідності в сортуванні матеріалів перед переробкою.

Незважаючи на те, що всі перераховані вище фізико-хімічні варіанти рециклінгу за умови якісно налагодженого процесу мінімізують шкідливі викиди і кількість відходів, в Україні вони не використовуються. Основною причиною цього – дорога і складна технологія переробки, що вимагає присутності висококваліфікованих фахівців.

Серед механічних методів найбільш перспективними щодо подальшої реалізації є отримання гранул та флексу. Крім високого попиту на вказані продукти зі вторинної сировини, технологія виробництва гранул і флекса найменш складна. Наприклад, для флекса виконують звичайне подрібнення, в той час, як для гранул – екструзія. Флекс це полімерні пластівці, які застосовуються для виготовлення хімволокна, пластикової тари, інших виробів.

Етапи переробки включають: дроблення утилізованої сировини, агломерація (спікання полімерів в грудки невеликих розмірів), гранулювання маси (виробництво гранул різної фракції в спеціальному обладнанні).

В Україні найбільш перспективними є методи механічної переробки (в тому числі з екструзією). Крім цього, при переробці вторинних пластиків їх можна використовувати в якості наповнювачів для конструкційних полімерно-композитних матеріалів.

Вартість перероблених напівфабрикатів пластиків (гранули, флекс) знаходиться в межах 22...35 грн/кг, в той час первинні конструкційні матеріали мають вартість 270...600 грн/кг. Тому, з економічної точки зору використання вторинних пластиків в якості наповнювачів є актуальним.

При цьому залишаються питання щодо зміни властивостей та характеристик конструкційних матеріалів при веденні в них вторинних пластиків, які недостатньо досліджені.

1.4 Аналіз системи ТО рухомих спряжень сівалки KINZE-3200

Одним із передових виробників посівної техніки є американська компанія KINZE. Основним напрямком виробництва є виготовлення сівалок для сівби просапних (технічних) культур. Легендою серед сівалок є KINZE-2000. Сьогодні найбільш розповсюдженими сівалками є модифікації KINZE-3200, 3600, 3700. Основною відмінністю між ними є різна кількість посівних секцій (ширини захвату) та додаткові ємності для сівби добрив та подачі матеріалу до насінневого ложа. Механізми копіювання мають схожі конструкції, і як результат, і схожі проблеми при експлуатації. Загальним вигляд посівної секції наведений на рис. 1.3.

Під час експлуатації сівалки існує необхідність проведення ТО [10]:

- механізмів приводу висівних секцій;
- рухомих спряжень механізмів копіювання посівної секції;
- рухомих спряжень механізмів складання-розкладання.

Кількість точок, які потребують обслуговування для KINZE-3200: щозміни – 117, кожні 40 год. роботи – 264. Найбільша кількість точок обслуговування містить посівна секція та механізми копіювання поверхні ґрунту (рис. 1.11-1.12).

Якщо взяти до розгляду окрему посівну секцію, то для неї щозміни необхідно виконувати обслуговування 8 точок – щозміни та 22 точки – кожні 40 годин роботи.

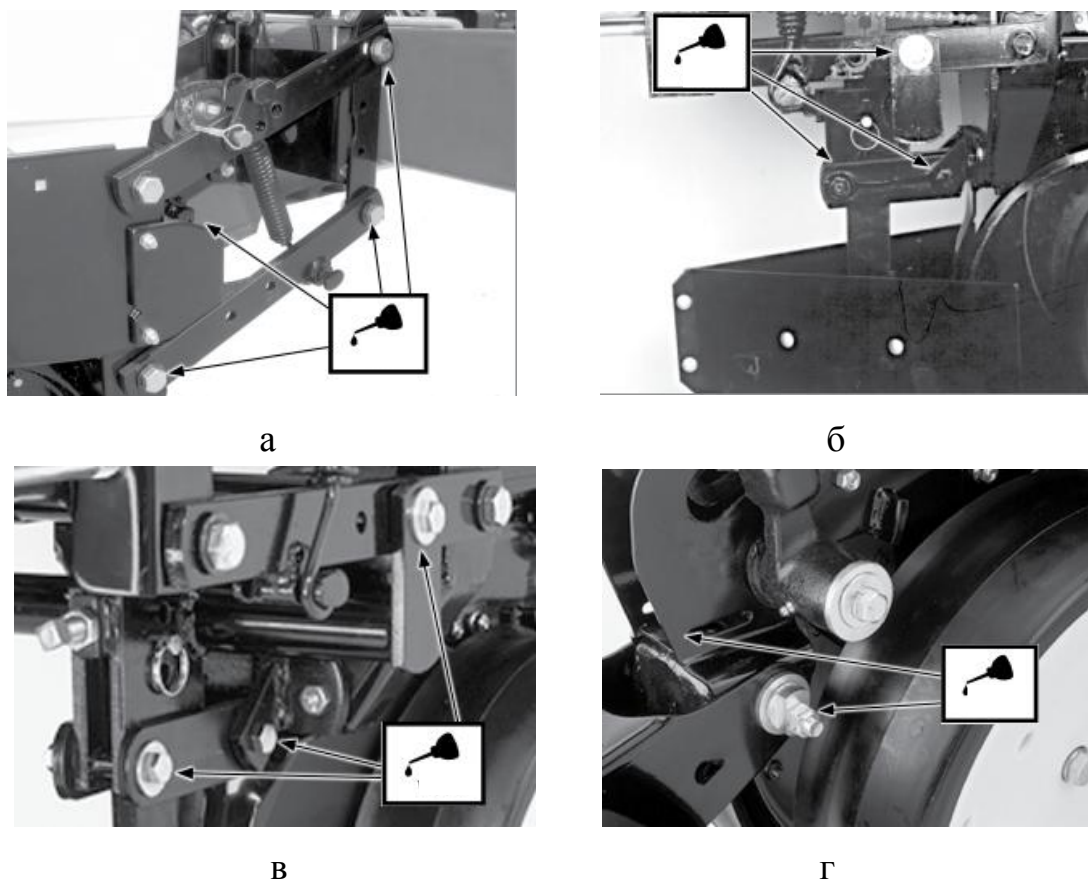


Рисунок 1.11 – Точки обслуговування посівної секції з періодичністю ТО 40 годин роботи: а – механізм копіювання (8 точок на секцію); б – механізму вирівнювача (6 точок на секцію); в – механізму дискового ножа (6 точок на секцію); г – прикочуючого колеса (2 точки на секцію)

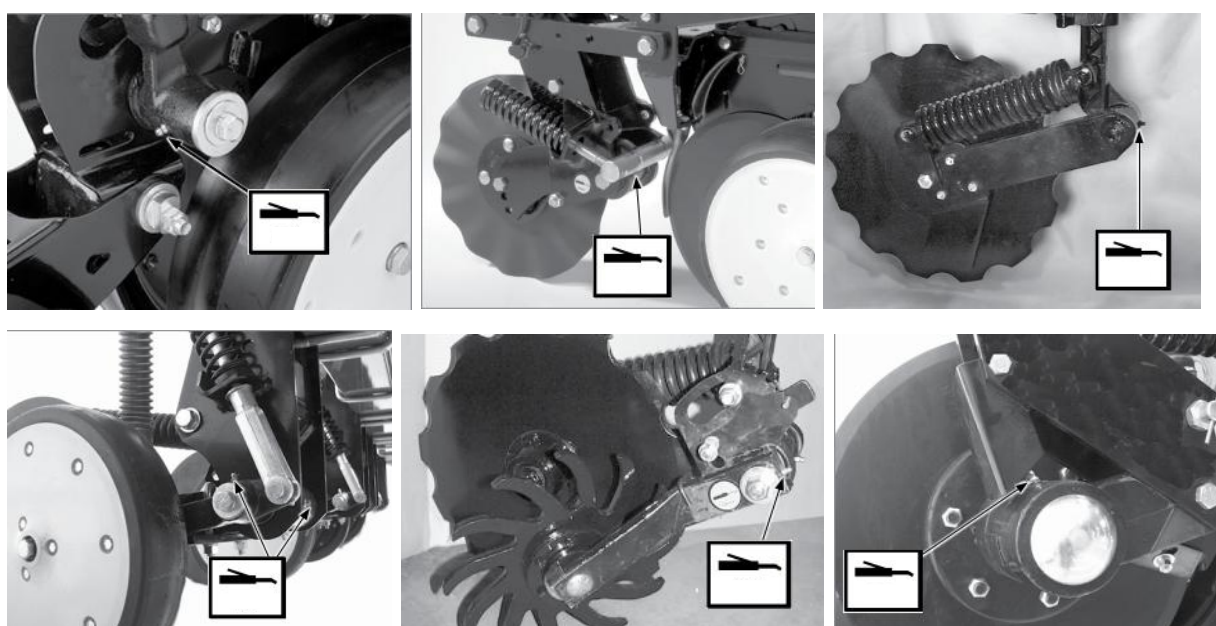


Рисунок 1.12 – Точки посівної секції, що потребують обслуговування щозміни

Виходячи з наведених даних можна стверджувати, що обслуговування рухомих спряжень посівної секції потребує значні витрати часу. Зокрема для проведення щозмінного ТО сівалки KINZE-3200, необхідно витратити, як мінімум 25...35 хв. робочого часу. Витрати часу на проведення ТО трибоспряжень призводить до зменшення темпу робіт посівного МТА. Таким чином одним із напрямків підвищення темпу робіт посівних машин є зменшення кількості точок обслуговування або подовження періодичності проведення їх ТО.

1.5 Обґрунтування теми дипломної роботи

Використання сучасних конструкційних матеріалів – одна із запорок виробництва високоякісної сільськогосподарської техніки. В Україні виробництво сталей конструкційного призначення добре налагоджено та досліджено. В той час, як виробництво конструкційних пластиків у промислових масштабах відсутнє. Одним із перспективним шляхом підвищення надійності техніки є впровадження саме сучасних композитних матеріалів, що здатні працювати в різноманітних умовах. Крім цього основними перевагами ПКМ, у порівнянні зі сталями, є широкий діапазон зміни характеристик та властивостей при зміні концентрації наповнювача.

Тому метою роботи є дослідження залежностей фізико-механічних характеристик конструкційних пластиків від вмісту наповнювача та обґрунтування ефективності впровадження композитних елементів у рухомі з'єднання посівних машин.

Поставлена мета буде досягнута вирішенням таких задач:

1. Проаналізувати застосування композитних матеріалів в конструкціях посівних машин, стан та перспективу виробництва конструкційних пластиків в Україні.

2. Розробити програму та навести методики досліджень характеристик та властивостей конструкційних матеріалів.

3. Встановити залежності фізико-механічних властивостей та триботехнічних характеристик полімерно-композитного матеріалу від вмісту поліетилену в ньому.

4. Проаналізувати шкідливі та небезпечні фактори, що діють на працівника при виготовленні деталей з полімерно-композитних матеріалів. Навести правила безпеки праці при роботі з обладнанням та машинами для проведення досліджень.

5. Виконати техніко-економічну оцінку дипломної роботи.

2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Програма та завдання досліджень

Впровадження нових (розроблених) матеріалів конструкційного призначення, в тому числі в посівні машини, передуює обов'язкове виконання досліджень зміни їх властивостей та характеристик у порівнянні з вихідним або базовим матеріалом.

Умови роботи більшості рухомих з'єднань посівної техніки – це режим сухого (напівсухого) тертя за присутності (або відсутності) абразивного середовища (пилюка, насіння, добрива) із знакозмінними навантаженнями. Відповідно до цього матеріали, які використовуються у вказаних спряженнях, повинні забезпечувати довговічність протягом, як мінімум сезону польових робіт.

Основною причиною низької довговічності рухомих спряжень посівних, і не тільки посівних, машин є недотримання регламенту виконання робіт планово-запобіжної системи технічного обслуговування та ремонту. Невиконання або невчасне виконання робіт пов'язаних з необхідністю проведення регулювальних та мастильних робіт може призводити до режиму сухого тертя. У випадку присутності абразивних частинок відбувається інтенсивний процес зношування. Як результат, збільшення зазорів та заклинювання або підклинювання рухомих з'єднань. Підвищити довговічність рухомих спряжень посівних машин можна досягти впровадженням спеціальних автоматизованих систем (системи мащення відбувається одночасно для всіх елементів з одного пульта керування) забезпечення мастильними матеріалами. Недоліками таких систем є їх висока вартість (12...15 тис. доларів).

Одним з перспективних напрямків вирішення вказаної задачі є розробка ПКМ конструкційного призначення з адаптованими характеристиками та властивостями. ПКМ дозволяють реалізувати гнучку серію матеріалів з різноманітними характеристиками, використовуючи при цьому всього одну або декілька матриць. Саме міцнісні характеристики та фактор $p\nu$ (добуток тиску та лінійної швидкості ковзання) для ПКМ є основними показниками для оцінки їх працездатності у конкретному рухомому спряженні.

Програма робіт включала такі етапи:

- підготовка полімерних матеріалів (сушка, змішування);
- виготовлення зразків методом лиття під тиском;
- підготовка зразків до виконання досліджень;
- дослідження характеристик та властивостей отриманих ПКМ;
- металографічні (оптичні) дослідження поверхонь тертя створених матеріалів;
- обробка результатів досліджень та формування висновків.

Основним завданням дослідження є встановлення залежності характеристик та властивостей ПКМ від вмісту наповнювача та надання рекомендацій щодо використання отриманих результатів при модернізації або виготовленні посівних машин.

2.2 Підготовка полімерних матеріалів до лиття

Наявність вологи в ПКМ призводить до погіршення їх фізико-механічних характеристик, внаслідок чого може відбуватися деформація або руйнування деталей з ПКМ. Для видалення вологи, що накопичується в ПКМ з повітря, спочатку необхідно виконати підготовку всіх складових майбутнього композиту до переробки. Видалення вологи з матеріалів відбувається шляхом нагрівання їх до температури 80°C та витримки при вказаній температурі протягом 2...3 годин у спеціальних термошафах типу СНОЛ 465/4 И1 [11].



Рисунок 2.1 – Термошафа СНОЛ 465/4 И1

Змішування матеріалів виконували вручну, загальний вигляд початкових матеріалів та змішаної композиції зображено на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Вихідні матеріали композиції до переробки (лиття)

2.3 Виготовлення зразків для експериментальних досліджень

В якості матриці для дослідження характеристик та властивостей матеріалів обрано ПКМ Nylon 66, в якості наповнювача вторинний поліетилен.

ПКМ Nylon 66 – це зносостійкий матеріал поліамідної групи, який часто використовується в конструкціях сільськогосподарських машин.

Вміст наповнювача, вторинного поліетилену змінювали з кроком 5% від 0% мас. (чистий вихідний матеріал) до 15% мас. Для позначення різних композитних матеріалів використовували назви приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Назви експериментальних матеріалів в залежності від вмісту в них вторинного поліетилену

Вміст поліетилену, % мас.	Назва ПКМ
0	Nylon 66
5	Nylon 66(5)
10	Nylon 66 (10)
15	Nylon (15)

Виготовлення експериментальних зразків і деталей виконували методом лиття під тиском на ливарній машині ПЛ-32 (рис. 2.3), яка забезпечує необхідні технологічні операції виготовлення готових виробів [8, 11].

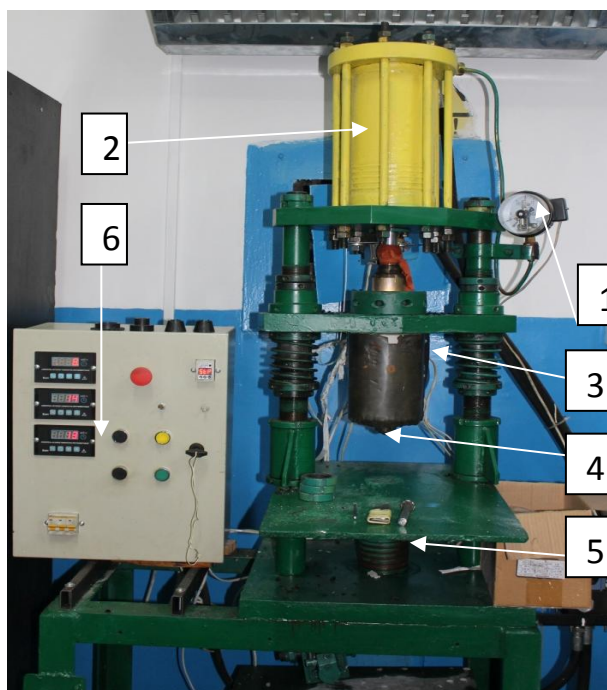
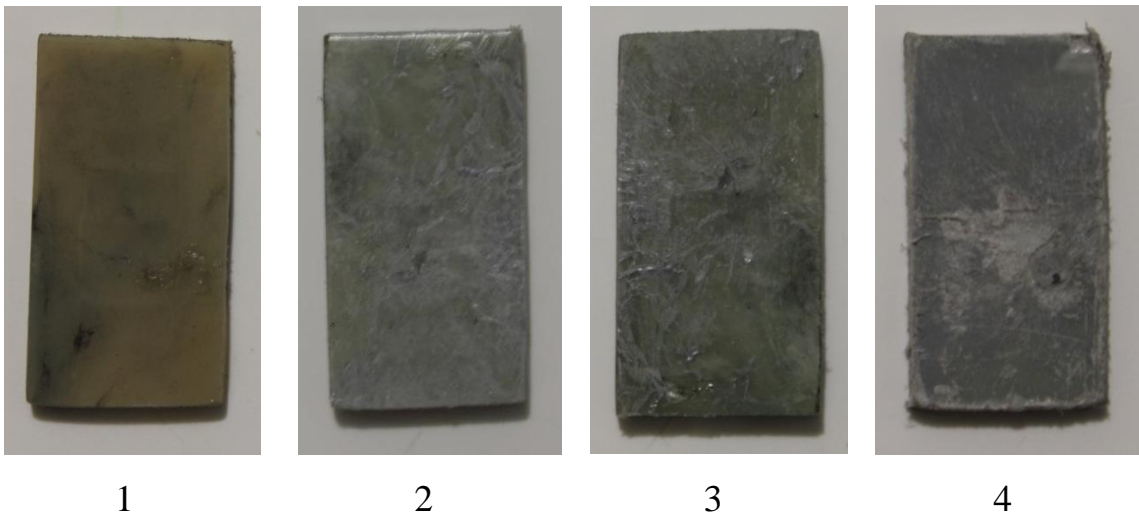


Рисунок 2.3 – Ливарна машина ПЛ-32:

1 – манометр; 2 – гідроциліндр; 3 – нагрівальна камера; 4 – сопло (яблуко); 5 – платформа; 6 – пульт керування; 7 – термопари.

Технологія виготовлення експериментальних деталей полягала в наступному.

Вихідний матеріал засипали циліндричну воронку, з якої матеріал потрапляв в нагрівальну камеру 4, нагрітої до температури розплаву матеріалу. Температуру в нагрівальній камері контролювали за допомогою термопар 7, які встановлені в матеріальному циліндрі. Тиск лиття контролювали за допомогою манометра 1, що встановлений в гідроциліндрі 2. Управління виконували з шафи керування 6. Задана температура підтримувалася в межах $\pm 5^\circ \text{C}$. Відливання розплаву матеріалу у прес-форму, що розміщується на платформі 5 здійснювали через яблуко 4, у якого є отвір діаметром 4 мм. Зразки для дослідження фізико-механічних характеристик мали однорідну структуру циліндричної форми висотою 15 мм і діаметром 10 мм, паличок та зразки для дослідження відносної абразивної стійкості з розмірами $53 \times 29 \times 7$ мм (рис. 2.4).



1 – Nylon 66; 2 – Nylon 66(5); 3 – Nylon 66(10); 4 – Nylon 66(15)

Рисунок 2.4 –Зразки з полімерних матеріалів до досліджень на абразивне зношування

2.4 Визначення густини матеріалів гідростатичним зважуванням, методика визначення відносної абразивної стійкості

Густину зразків ρ визначали методом гідростатичного зважування за ГОСТ 15139-69. Зразок, підвішений до коромисла аналітичних терезів,

послідовно зважували у повітрі та у дистильованій воді за температури 293 К з точністю не нижче 0,0001 г (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Аналітичні терези ВЛР-200

Щільність розраховували за відношенням маси зразка у повітрі до різниці мас у повітрі та у воді:

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \rho_p - \rho_n + \rho_n \quad (2.1)$$

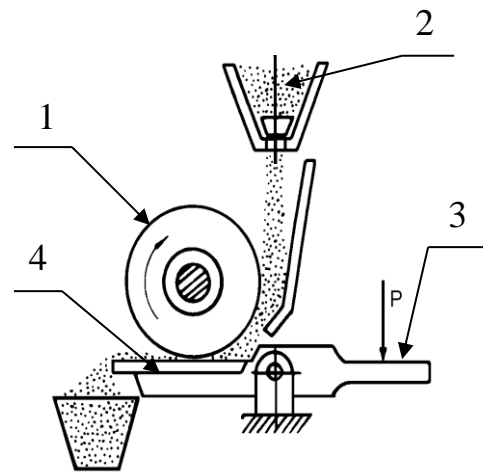
де: m_1, m_2 – відповідно маса твердого тіла визначена при зважуванні в повітрі і рідині, г;

ρ_p, ρ_n – густина відповідно рідини і повітря.

Середнє арифметичне значення щільності, отримане в результаті не менше, як трьох вимірів, що відрізняються не більше ніж на 1 %, приймали за остаточний результат.

2.5 Методика визначення відносної абразивної стійкості

Дослідження зразків на відносну абразивну стійкість проводили згідно ГОСТ 23.208-79 на підготовленому лабораторному устаткуванні (рис. 2.6) на базі машини тертя СМЦ-2. Для досліджень також використовувалось таке обладнання: термошафа стаціонарна; аналітичні терези ВЛР-200 з точністю вимірювань 0,2 мг (0,0002 г); штангенциркуль ШЦ-125, клас 2, порядковий № Э99344; інше допоміжне нестандартне обладнання.



а

б

Рисунок 2.6 – Машина тертя СМЦ-2 (а) та схема реалізації процесу абразивного зношування (б): 1 – гумовий ролик; 2 – абразивний матеріал; 3 – механізм створення навантаження; 4 – зразок матеріалу, що досліджується

Сутність методу полягала у тому, що за однакових умов проводили примусове зношування досліджуваного і еталонного зразків. Зношування здійснювали за допомогою абразивного нежорстко закріпленого матеріалу

(електрокорунд №16-Н, ГОСТ 3643-71), який подавався в зону тертя і притискався до зразка гумовим роликом, що обертається (рис. 2.5, б).

Перед випробуванням абразив просушували до відносної вологості не більше 0,16 %. Припрацювання ролика проводили методом тертя по поверхні шліфувального паперу типу 2 (ГОСТ 6456-75) із зернистістю № 8П (ГОСТ 3647-71), закріпленого у зразку-утримувачі на плоскій сталевій пластині. Після припрацювання ролик промивали в бензині. Умови випробування приведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Умови випробування при зношуванні об нежорстко закріплені абразивні частки

Навантаження, Н	Частота обертання, об/хв	Характеристика гумового ролика			
		Діаметр, мм	Ширина, мм	Твердість за ГОСТ 263- 75	Відносне остаточне подовження, %
44	60	50 мм	15±0,1	78-85	15-20

Знос зразків, що випробовувались і еталонних визначали шляхом зважування до і після випробування з похибкою не більше 0,1 мг. Відносну зносостійкість досліджуваного матеріалу обчислювали за формулою:

$$K_u = \frac{g_e \cdot \rho_d \cdot N_d}{g_d \cdot \rho_e \cdot N_e}, \quad (2.2)$$

де: ρ_e, ρ_d – щільність еталонного і досліджуваного матеріалів, кг/м³;

N_e, N_d – кількість обертів ролика при випробуваннях еталонного і досліджуваного зразків;

g_e, g_d – знос еталонного і досліджуваного зразків, кг.

Для порівняння відносної абразивної стійкості ПКМ, що досліджуються одночасно, обрано еталонний матеріал (Nylon 66), абсолютну величину зносу якого взято за одиницю.

2.6 Методики визначення триботехнічних характеристик і властивостей матеріалів

Дослідження властивостей експериментальних зразків ПКМ здійснювали на основі оригінальних і стандартних методик.

Триботехнічні властивості експериментальних зразків з ПКМ при терті без мащення визначались на машині для тертя та зношування СМЦ-2 (рис. 2.7) за відомою методикою [11]. Показники потенціометра КСП-2 фіксувались на спеціальному діаграмному папері ГОСТ 7826-75. Випробування виконували за схемою «Диск – колодка». Радіус зразка становив $R = 0,025$ м.



Рисунок 2.7 – Машина для дослідження тертя та зношування СМЦ-2

Перед початком кожного з випробувань обов'язковим етапом було притирання зразку до контр-тіла. Це здійснювалось для того щоб поверхня тертя зразка мала сферичну форму, тобто прилягала до робочої поверхні диска всією своєю площею (площа контакту повинна становити не менше 85 %).

Коефіцієнт тертя визначали за формулою:

$$f = \frac{M_{кр}}{N \cdot \Delta}, \quad (2.3)$$

де $M_{кр}$ – крутний момент, що виникає на окружності диска, Н·м;

N – навантаження на зразок, Н;

Δ – крок паперу, м. Для всіх дослідів однаковий, $\Delta = 0,0025$ м.

Дослідження міцнісних властивостей виконували на випробувальній машині FP-100, згідно ГОСТ 4651-82.

Зразки для дослідження границі міцності при стисканні мали такі геометричні розміри – діаметр 10мм, висота 15 мм. Опорні площини зразків повинні бути паралельні в межах 0,1% у напрямку, перпендикулярному прикладанні навантаження [11]. Реєстрація процесу руйнування зразка здійснювались самописцем на спеціальному бланку.

Границю міцності при стисканні (σ_p) розраховували за формулою [11]:

$$\sigma = P / F, \quad (2.4)$$

де P – навантаження, МПа

F – мінімальна площа поперечного перерізу зразка, мм²;

$$F = \pi d^2 / 4, \quad (2.5)$$

де d – діаметр зразка, мм.

Відносну деформацію при стисканні (ε) розраховували за формулою:

$$\varepsilon = \Delta h_{p.c.} \cdot 100 / h_0, \quad (2.6)$$

де $\Delta h_{p.c.}$ – величина зменшення висоти зразка при руйнуванні, мм;

h_0 – початкова висота зразка, мм.

Для визначення модуля пружності при стисканні (E) за діаграмою визначали значення навантажень, що відповідали величинам відносної деформації 0,1 і 0,3% (ГОСТ 9550-81). Розрахунок здійснювали згідно співвідношення [11]:

$$E = \frac{F_2 - F_1 \cdot h_0}{A_a(\Delta h_2 - h_1)}, \quad (2.7)$$

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_0 – площа поперечного перерізу зразка, мм²;

h_1 – зміна висоти, що відповідає навантаженню F_1 ;

h_2 – зміна висоти, що відповідає навантаженню F_2 ;

2.7 Методика досліджень робочих поверхонь експериментальних зразків

Дослідження робочих поверхонь тертя виконували на мікроскопі МБИ-6 (рис. 2.8) з роздільною здатністю $\times 400$.

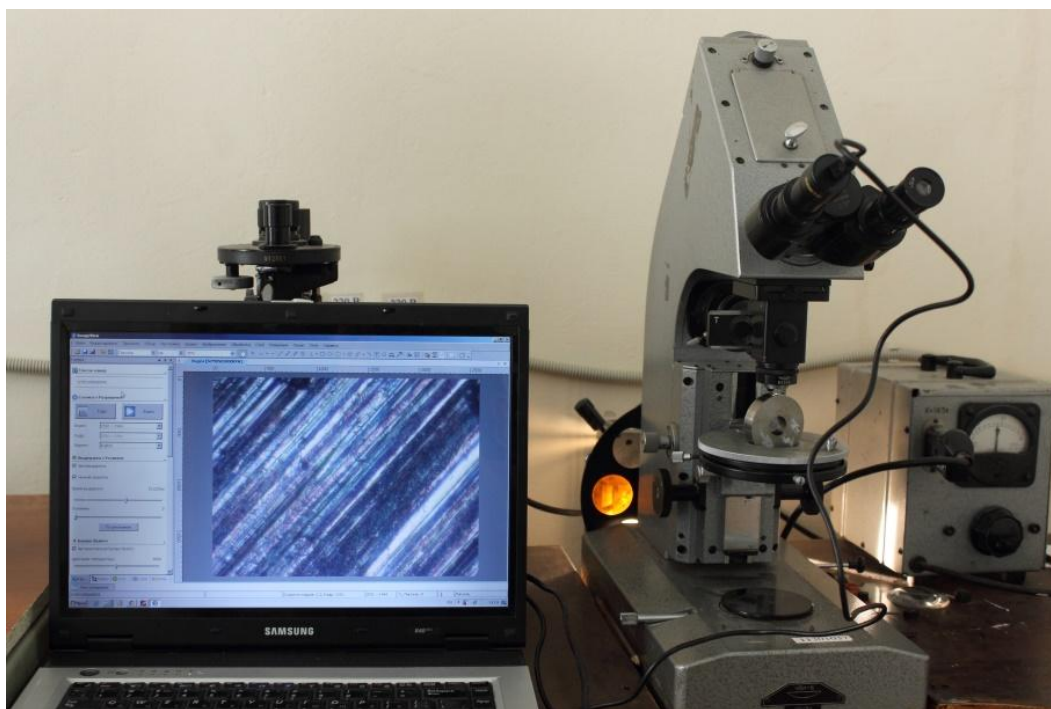


Рисунок 2.8 – Загальний вид мікроскопу МБИ-6 з окулярною камерою та ноутбуком

Зображення досліджуваних зон тертя фіксували за допомогою окулярної камери спеціально для мікроскопу, а знімки в електронній формі зберігали на ноутбуці для можливого аналізу. Даний комплекс досліджень дасть можливість стверджувати про можливість і раціональність реалізації полімерних

композитів для рухомих з'єднань деталей посівних машин, що працюють в умовах абразивного зношування.

Відповідно до приведених вище методик та програми виконані дослідження фізико-механічних характеристик та властивостей, а також дослідження поверхонь тертя отриманих матеріалів.

Результати досліджень наведені у наступному розділі дипломної роботи.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Результати дослідження триботехнічних характеристик матеріалу

Основною причиною виходу з ладу деталей з ПКМ є знос або деформація внаслідок перегріву. Як знос, так і підвищення температури деталей з ПКМ при роботі в основному залежать від режиму роботи (навантаження та швидкість ковзання). Крім цього, одним із основних факторів, що впливає на довговічність деталей з ПКМ є їх триботехнічні характеристики та властивості. Вказані фактори залежать від сили тертя, що виникає при взаємодії двох тіл. Силою тертя називають силу, що виникає при русі одного тіла по поверхні іншого. Ця сила завжди спрямована в напрямку протилежному руху. Сила тертя завжди прямо пропорційна реакції на поверхні, і залежить тільки від властивостей поверхонь та наявності середовища між ними. Закони тертя пов'язані з електромагнітною взаємодією, що виникає між атомами матеріалів. Тертя можна розділити на зовнішнє і внутрішнє. Зовнішнє тертя пов'язане з відносним переміщенні двох твердих тіл, що мають площину дотику(тертя ковзання або тертя спокою). Внутрішнє тертя виникає при відносному переміщенні частинок одного суцільного тіла (газ, рідина).

Величина, якою можна охарактеризувати взаємодію двох тіл є коефіцієнт тертя. Коефіцієнти тертя при наповненні ПКМ Nylon 66 вторинним поліетиленом у кількості від 5% мас. до 10 % мас. незначно відрізняються від коефіцієнтів тертя ненаповнених полімерно-композитних матеріалів. При наповненні Nylon 66 вторинним поліетиленом 15% мас. спостерігається збільшення коефіцієнту тертя на 25...27 %. Вказаний ефект пов'язаний зі значним обсягом вторинного поліетилену в композитному матеріалі, і обумовлений меншою температурною стійкістю поліетиленів, в порівнянні з поліамідами.

Стабільна робота ПКМ з додаванням вторинного поліетилену, без зміни режимів роботи спряжень (незмінне навантаження та швидкість ковзання) забезпечується при вмісту наповнювача не більше 8...10 % мас. Максимальна температура робочого середовища нових матеріалів не повинна перевищувати 65...70 °С.

Дослідження границі міцності при стисканні виготовлених експериментальних зразків з ПКМ, виконано відповідно до методики наведеної в другому розділі роботи.

Введення вторинного поліетилену у кількості 5 % мас. та 15 % мас. до ПКМ Nylon 66 призводить до зменшення границі міцності матеріалу на 7,3 % та 29,6 % відповідно.

3.2 Результати дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів

Дослідженнями встановлено, що введення вторинного поліетилену до ПКМ конструкційного призначення Nylon 66 в обсязі 15 % мас. призводить до різкого зменшення границі текучості матеріалу на 44,9 %. Вказане зменшення фізико-механічних характеристик матеріалу може призвести до деформації деталей з такою кількістю наповнювача. Результати досліджень при різному вмісті вторинного поліетилену наведено в таблиці 3.2.

При введенні наповнювача у кількості 5 % мас. границя текучості вихідного матеріалу зменшується незначно на 6,1 %, в той час, як при наповненні 10 % мас. – 18,0 %.

Таблиця 3.2 – Результати дослідження границі текучості ПКМ Nylon 66
наповненого вторинним поліетиленом

Вміст вторинного поліетилену, % мас.	Границя текучості, МПа
0	64,3
5	60,4
10	52,7
15	35,4

Отримані результати свідчать, що конструкційний ПКМ Nylon 66 недоцільно наповнювати вторинним поліетиленом більше як 10 % мас. Це може стати серйозною перешкодою для використання такого матеріалу в якості конструкційного.

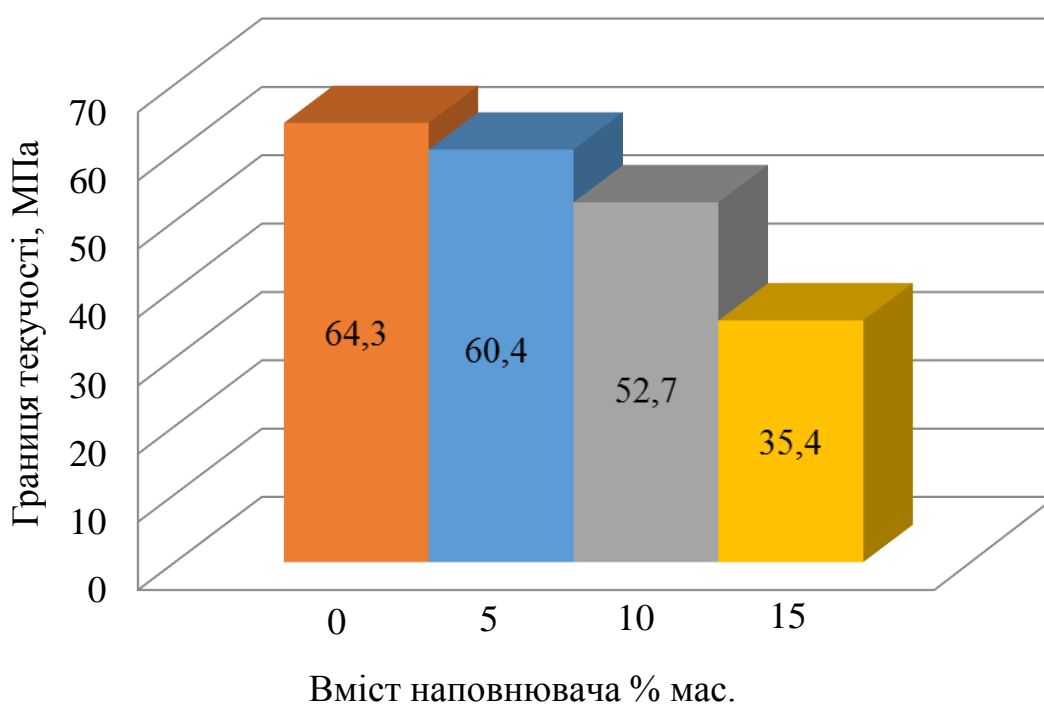
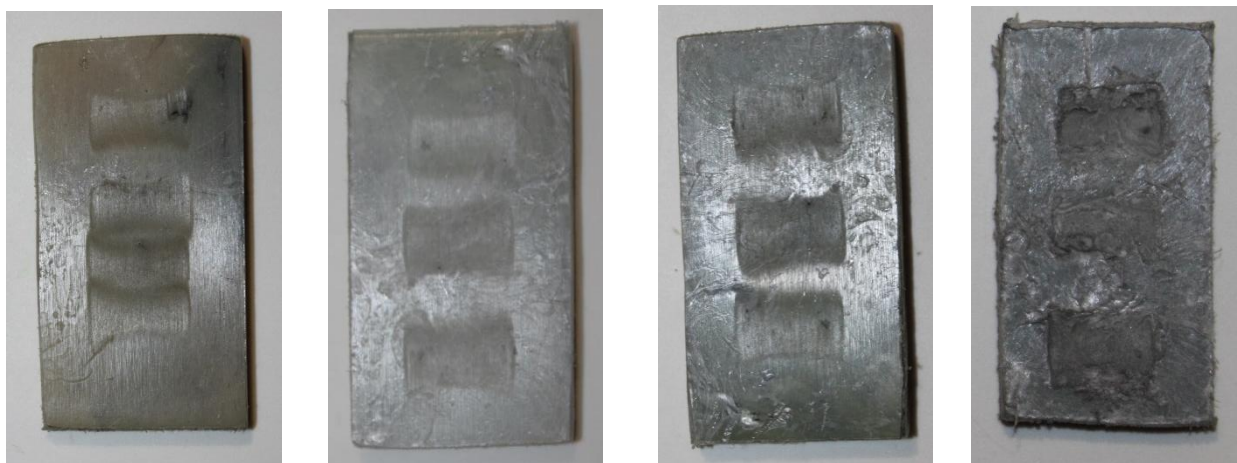


Рисунок 3.2 Залежність границі текучості матеріалу від відсоткового вмісту поліетилену

Отримані результати вказують про недостатність міцнісних характеристик матеріалу при концентрації наповнювачу більше 10 % мас. Крім міцнісних характеристик ПКМ часто використовуються у спряженнях або деталях, які працюють в абразивному середовищі або за незначної кількості абразивних частинок в зоні тертя. Тому, існує необхідність дослідження динаміки абразивної стійкості матеріалу при наповненні вторинним пластиком у порівнянні з базовим композитом.

3.3 Результати дослідження відносної абразивної стійкості матеріалів

Після проведення досліджень на відносну абразивну стійкість ПКМ за методикою, викладеною в попередньому розділі, зразки мали загальний вигляд (рис. 3.2).



1

2

3

4

1 – Nylon 66; 2 – Nylon 66(5); 3 – Nylon 66(10); 4 – Nylon 66(15)

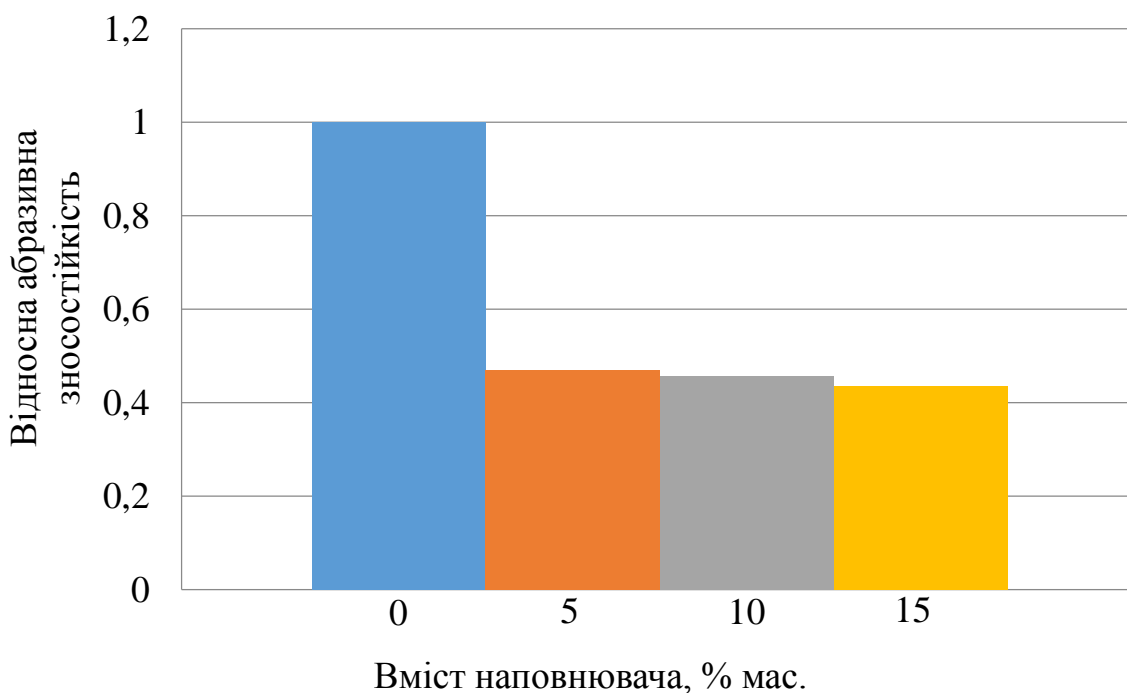
Рисунок 3.2 – Загальний вигляд зразків з полімерних матеріалів після досліджень на абразивне зношування

Результати досліджень показали (табл. 3.2), що зразок № 1 (Nylon 66) має найвищу відносну абразивну стійкість і вона суттєво позитивно відрізняється за інші матеріали.

Таблиця 3.2 – Результати досліджень відносної зносостійкості матеріалів

Назва	Середній масовий знос, г	Щільність, кг/м ³	Кількість обертів ролика, од.	Відносна абразивна зносостійкість
Nylon 66	0,00418	1144	300	1
Nylon 66(5)	0,00913	1116		0,471
Nylon 66(10)	0,00952	1098		0,458
Nylon 66(15)	0,01011	1083		0,436

Візуальне ранжування зразків за критерієм відносної абразивної стійкості (рис. 3.3.) вказує на різке зменшення цього показника до 47,1 %, у порівнянні з еталоном, при введенні вторинного поліетилену навіть в незначних кількостях 5 % мас. в ПКМ Nylon 66. Подальше збільшення концентрації наповнювача незначно зменшує відносну абразивну стійкість у порівнянні з 5 % мас. Так при концентрації наповнювача 10 % мас. та 15 % мас. Відносна абразивна стійкість становить 45,8 % та 43,6 % відповідно.



№1 – Nylon 66; №2 – Nylon 66(5); №3 – Nylon 66(10); №4 – Nylon 66(15)

Рисунок 3.3 – Ранжування експериментальних зразків за критерієм відносної абразивної стійкості

Виходячи з наведених результатів можна зробити висновок, що введення вторинного поліетилену в ПКМ Nylon 66 навіть в незначних концентраціях (5 % мас.) призводить до різкого зменшення абразивної зносостійкості, тому такі матеріали недоцільно використовувати у деталях, які працюють в присутності абразивних частинок.

3.4 Результати оптичних досліджень поверхонь

Мікрофотографії (збільшення $\times 300$) поверхонь тертя ПКМ після дослідження на абразивну зносостійкість представлені на рисунку 3.4.

Мікрофотографії досліджуваних матеріалів підтверджують, що введення наповнювача у вихідний матеріал призводить до погіршення цілісності структури. Значні пошкодження поверхні (виривання довгих волокон, проорювання) спостерігається при вмісті наповнювача 15 % мас. Розподіл наповнювача в матриці – рівномірний.

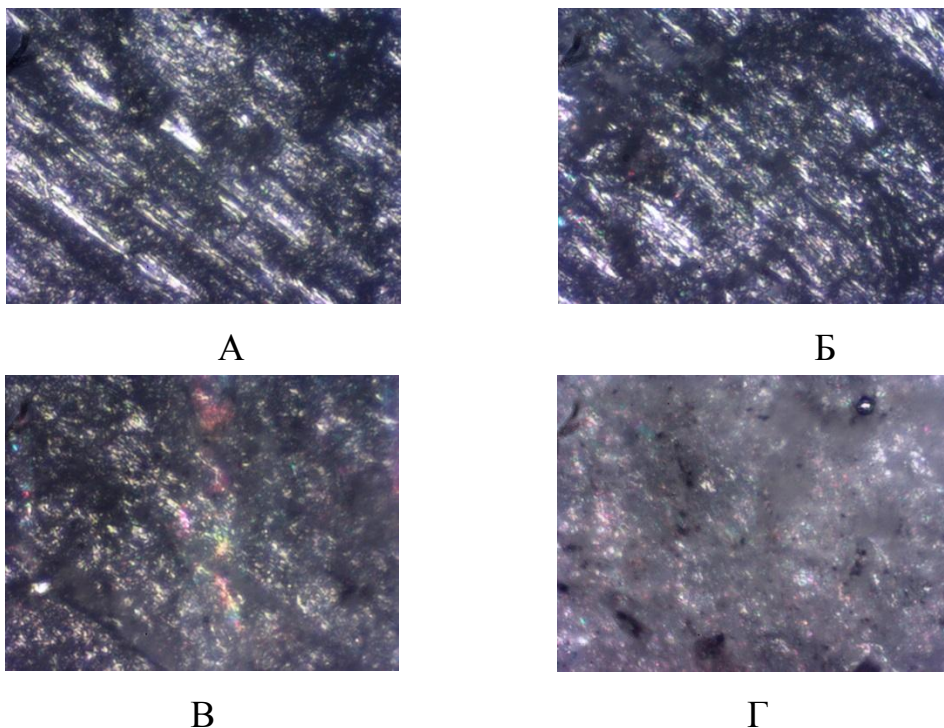


Рисунок 3.4 – Мікрофотографії поверхонь : А) Nylon 66; Б) Nylon 66 (5);
В) Nylon 66 (10); Г) Nylon 66 (15)

3.5 Обґрунтування сфери застосування створених експериментальних матеріалів

Працездатність деталей з ПКМ зазвичай оцінюють за фактором pv – добуток тиску на лінійну швидкість ковзання. Лінійна швидкість ковзання рухомих спряжень більшості механізмів копіювання поверхні ґрунту знаходиться в діапазоні 0,1...0,25 м/с. Максимальний тиск у спряження вказаних механізмів не перевищує 2,5...3 МПа (за умови притискної сили сошника на ґрунт до 2500 Н). Відповідно до методики [6], визначено максимальне навантаження, що діє на спряження для посівної секції KINZE-3200 – 620 Н. Отже, враховуючи геометричні розміри механізму копіювання, значення фактору pv не перевищує – 0,2...0,35 МПа м/с. ПКМ Nylon 66 здатний працювати при $pv = 1...1,5$ МПа м/с, що підтверджує його працездатність у вказаних трибоспряженнях. При введенні наповнювача, у вигляді вторинного поліетилену, різке зменшення границі текучості спостерігається при концентрації більше 10 % мас., тому для вказаних рухомих з'єднань недоцільно перевищувати вказану концентрацію.

При введенні вторинного поліетилену в ПКМ Nylon 66 спостерігається різке зменшення абразивної стійкості, більше ніж на 53 %, незалежно від концентрації наповнювача. Тому, використання ПКМ Nylon 66 наповненого вторинним поліетиленом для виготовлення деталей, що працюють в абразивному середовищі – не рекомендується.

Висновки до розділу. Встановлено, що введення вторинного поліетилену до ПКМ конструкційного призначення Nylon 66 в обсязі 15 % мас. призводить до різкого зменшення границі текучості матеріалу на 44,9 %, що обмежує сферу його застосування.

Введення наповнювача у кількості 5 % мас. незначно впливає на границю текучості вихідного матеріалу. Встановлено, що введення поліетилену в ПКМ Nylon 66 навіть в незначних концентраціях (5% мас.) призводить до різкого зменшення абразивної зносостійкості, тому такі матеріали недоцільно

використовувати у деталях, які працюють в присутності абразивного середовища.

Виявлено, що стабільна робота ПКМ з додаванням вторинного поліетилену, без зміни режимів роботи спряжень (незмінне навантаження та швидкість ковзання) забезпечується при вмісту наповнювача не більше 8...10 % мас. Максимальна температура робочого середовища нових матеріалів не повинна перевищувати 65...70 °С.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У 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 [12].

Процеси виготовлення експериментальних зразків та проведення досліджень властивостей ПКМ мають ряд шкідливих та небезпечних виробничих факторів, і тому потребують дотримання правил безпеки праці при роботі з полімерними композитними матеріалами [13].

«Об'єкт підвищеної небезпеки – це об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру» [14].

4.2 Шкідливі та небезпечні фактори при виконанні робіт з ПКМ

Шкідливий виробничий фактор – чинник трудового процесу та виробничого середовища, вплив якого на організм людини за умови недотримання гігієнічних нормативів може стати причиною зниження працездатності та погіршення здоров'я аж до появи професійного захворювання [15]. «Небезпечний виробничий фактор – чинник трудового процесу та виробничого середовища, вплив якого на організм людини в певних умовах може призвести до травми або іншого раптового погіршення здоров'я» [15].

При роботі з полімерно-композитними матеріалами присутні такі шкідливі та небезпечні фактори:

1. Наявність у повітря шкідливих для здоров'я людини летких органічних і неорганічних компонентів при переробці композитів (оксид етилену, формальдегід, окис вуглецю. Вдихання таких речовин призводить до подразнення слизових оболонок рота, носа, горла та легенів, що може призводити до виникнення задишки, появи кашлю та ін. При довготривалому вдиханні шкідливих речовин можливе виникнення таких захворювань, як запалення легенів.

2. Теплові випромінювання нагрівальних елементів циліндрів, робочих зон шнекового екструдера, термошаф для видалення вологи з ПКМ. При тривалій дії на шкіру може призвести до почервоніння або навіть отримання опіку. Температура поверхонь устаткування, оснащення, що нагріваються, з якими контактує працівник у процесі роботи, не може перевищувати +45 °С [16].

3. Вібрація при роботі устаткування (ливарна машина ПЛ-32), за джерелом виникнення, відноситься до категорії 3 – технологічна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях стаціонарних машин чи передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації [17]. Тривала дія вібрацій на людину призводить до виникнення нервово-судинних розладів, ураження кістково-суглобної та інших систем організму, зміни функції щитовидної залози та шлунково-кишкового тракту.

4. Шум при роботі устаткування. При довготривалій дії на слуховий апарат людини призводить до зниження гостроти слуху або навіть його втрати.

У дипломній роботі можна виділити такі об'єкти підвищеної небезпеки:

- устаткування для виготовлення експериментальних зразків з ПКМ (ливарна машина, термошафи);
- машини та обладнання для дослідження характеристик та властивостей;

4.3 Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників від шкідливих та небезпечних факторів

Основними організаційними заходами є своєчасне проведення інструктажів, навчань та перевірки знань з охорони праці.

За характером і часом проведення розрізняють вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі.

Далі представлені інструктажі, які проводять для студента, у випадку виконання дипломної роботи в лабораторії:

- вступний (загальні питання перед початком роботи в лабораторії);
- первинний (перед виконанням нових видів роботи);
- повторний (при тривалості виконання робіт в лабораторії більше 6 місяців);
- позаплановий (проведення після літніх канікул, які триваліші за 60 днів).

Захист очей при роботі з ПКМ повинен здійснюватися в залежності від характеру шкідливого фактора і особливостей технологічних операцій [18]. Для захисту від пилу і дрібних твердих частинок при механічній обробці можна користуватися окулярами відкритого типу 02-76, 02-У76, 03-76 або закритими ЗП1-80, ЗН4-72, ЗН8-72, ЗП2-80, ЗП3-80, для захисту від парів і бризок агресивних рідин – герметичними захисними окулярами.

Для захисту органів слуху, у випадках перевищення рівня шуму, необхідно застосовувати проти шумні вкладиші (ТУ 6-16-2402-80), "беруші" одноразового користування, заглушки проти шумні ВЦННІОТ-2, ВЦННІОТ-4 і ін.

4.4 Правила безпеки праці при роботі з обладнанням та машинами для проведення досліджень

Вимоги безпеки перед початком роботи. Працівник (студент) має пройти відповідний інструктаж та добре володіти теоретичними і практичними навичками роботи з машинами. Перед включенням лабораторної установки в мережу необхідно перевірити надійність заземлення. Включення установки проводиться тільки лаборантом або викладачем, який проводить дослід. Для зниження рівня впливу шкідливих речовин необхідно застосовувати наступні засоби індивідуального захисту: для захисту органів зору – захисні окуляри закритого типу ЗП2-84 і ЗП3-84, ЗП1-90, напівмаски, що прикривають обличчя і шию; додаткове захисне обладнання – щити.

Вимоги безпеки під час роботи. При роботі на випробувальній машині СМЦ-2 згідно ГОСТ 4651-82 потрібно використовувати захисний щит при виконанні дослідів на тертя і знос з метою визначення процесів тертя і зносу, а також антифрикційних властивостей матеріалів (момент тертя, коефіцієнт тертя) при терті-ковзанні і терті-кочення, та для випробувань деталей складальних одиниць та виробів шляхом пошкодження чи руйнування.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях. У разі виникнення аварійних ситуацій потрібно негайно вивести потерпілого з небезпечної зони та знеструмити випробувальну установку за допомогою щита живлення негайно повідомити керівника та негайно надати потерпілому першу долікарську допомогу. Всі предмети, що є на місці де скоїлась подія не можна чіпати до приїзду комісії. При виникненні пожежі негайно повідомити пожежну частину зателефонувавши за телефоном «101».

Вимоги безпеки після закінчення роботи. Після закінчення випробувань потрібно виконати наступні дії:

- розвантажити машину;
- відключити живлення машини;
- очистити робочі поверхні від залишків та бруду;

- перевірити кріплення вузлів;
- повідомити керівника про закінчення роботи та виявлені несправності чи відхилення від норм;
- зняти спецодяг та помістити його в спеціальну шафу.

Забороняється працювати при знятих огороженнях, виробляти затяжку і викручування гайок кріплення зразків на ходу машини, спиратися ліктем на машину та доторкатися до обертовим частинам лабораторної установки при її пуску і роботі.

4.5 Дії у разі виникнення надзвичайної ситуації (пожежі в лабораторії)

У разі пожежі (ознак горіння) кожен працівник (студент) зобов'язаний [19]:

- негайно повідомити про це оперативно-рятувальній службі за телефоном «101» або «112», вказати адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, а також своє прізвище;
- повідомити про пожежу керівництву;
- організувати евакуацію людей і матеріальних цінностей;
- вимкнути (за потреби) струмоприймачі та вентиляцію;
- розпочати гасити пожежу наявними первинними засобами пожежогасіння;
- організувати зустріч підрозділів оперативно-рятувальної служби та надати їм допомогу під час гасіння пожежі;
- попередити керівника гасіння пожежі про наявність вибухонебезпечних, отруйних та хімічно активних речовин;
- в усіх випадках виконувати вказівки керівника гасіння пожежі.

При наявності потерпілих необхідно надати першу долікарську допомогу при опіках, яка включає виконання таких дій:

- Необхідно виконати заходи щодо припинення дії високої температури

на потерпілого.

- Обережно зняти з поверхні тіла тліючий і різко нагрітий одяг, щоб грубими рухами не порушити цілісність шкірних покривів. Відривати одяг від шкіри не можна; її необхідно обрізати навколо опіку.

- Швидко накласти суху асептичну пов'язку для попередження інфікування опікової поверхні. За відсутності спеціального стерильного перев'язувального матеріалу опікову поверхню можна закрити бавовняною тканиною, пропрасованою гарячою праскою або змоченою етиловим спиртом.

5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ

Сьогодні одними з основних показників, що характеризують доцільність використання того чи іншого МТА на виконанні технологічної операції є його експлуатаційні витрати. Найбільш розповсюдженими серед цих показників є: продуктивність МТА, витрати паливо-мастильних матеріалів, питомі експлуатаційні та приведені затрати.

Зазвичай, продуктивність МТА і витрата палива на одиницю роботи визначають або на основі виконання хронометражів технологічних операцій (для точного визначення), або за типовими нормами виробітку та витрат палива (опосередковані значення).

Основним напрямком розвитку машинобудування є зростання продуктивності МТА та зменшення витрати палива на одиницю роботи. Саме тому, більшість виробників йде шляхом нарощування потужності енергетичних засобів та збільшення ширини захвату сільськогосподарських машин.

В роботі запропоновано інший напрям – підвищення довговічності шляхом впровадження нових конструкційних матеріалів. Це дозволяє зменшити простої техніки та підвищити якість виконання процесу сівби. Впровадження розроблених матеріалів дозволяє використовувати їх в механізмах копіювання посівних машин, в яких основним недоліком є значні витрати часу на ТО рухомих спряжень механізмів копіювання поверхні ґрунту. Впровадження самозмащувальних полімерно-композитних матеріалів дозволяє відмовитись від ТО рухомих з'єднань механізмів копіювання посівних машин під час сезону польових робіт.

Для встановлення економічної ефективності дипломної роботи необхідно виконати порівняння експлуатаційних витрат базового агрегату з проектним (запропонованим). Розрахунок економічної ефективності виконаємо за двома окремими напрямками: перший економічний ефект (для споживачів техніки) – ліквідація ТО рухомих спряжень сільськогосподарської машини (сівалки

KINZE 3600); другий (для виробників) – економія дорогого конструкційного пластику шляхом наповнення його вторинним матеріалом (поліетиленом).

Визначення економічного ефекту від впровадження розроблених матеріалів у механізм копіювання сівалки KINZE 3200 (ширина захвату 8,4 м) в агрегаті з трактором John Deere 6140M виконаємо виходячи з початкових даних, що наведені нижче у табл. 5.1. Необхідні дані для розрахунку взяті з технічної характеристики машини.

Таблиця 5.1

Вихідні дані проекту використання модернізованої машини

Показники	John Deere 6140M + KINZE 3200	John Deere 6140M + KINZE 3200(M)
1	2	3
1. Середній темп робіт, га/год, W	6,7	7,3
2. Витрата палива, кг /га	2,3	2,0
3. Тривалість зміни, год., t	7	7
4. Обсяг роботи (річний) га, $T_{\text{п}}$	1005	1095
5. Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1
6. Балансова ціна агрегату, грн.	2180000+890000	2180000+956000
7. Тарифна ставка тракториста за 1 год, грн.	60	60
8. Комплексна ціна 1 кг пального, грн.	$\text{Ц}_{\text{к}}^{\text{б}} = 28$	$\text{Ц}_{\text{к}}^{\text{п}} = 28$

Збільшення темпу робіт МТА обумовлено відсутністю ТО елементів рухомих з'єднань механізмів копіювання сівалки. Впровадження ПКМ дозволило ліквідувати 264 точки, що потребують ТО кожні 40 годин роботи сівалки KINZE 3200.

На проведення ТО 117 точок щозміни та 264 точок кожні 40 годин роботи необхідно, в мінімум витратити 2,5...3 год. робочого часу (для розрахунків приймаємо 2,5 год.) щотижня. В результаті чого, отримаємо збільшення темпу робіт модернізованого ПКМ посівного агрегату, за рахунок відсутності простоїв (2,5 год.) на ТО та за рахунок зменшення тягового опору з 6,7 га/год до 7,3 га/год. Вартість модернізації сівалки KINZE 3200 в спеціалізованому підприємстві складає – 66000 грн.

Розрахунок економічної ефективності від впровадження ПКМ у рухомі спряження сівалки KINZE 3200 за експлуатаційними показниками роботи.

Виконаємо розрахунки експлуатаційних витрат МТА, який складається з сівалки KINZE 3200 укомплектованої базовими та модернізованими механізмами копіювання, та трактора John Deere 6140M.

Питомі експлуатаційні витрати посівного агрегату визначаються за формулою [20, 21]:

$$C_{\text{пит}} = C_{\text{пмм}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{м}} + C_{\text{т}}, \quad (5.1)$$

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

$C_{\text{зп}}$ – оплата праці персоналу, який обслуговує агрегат, грн./га;

$C_{\text{м}}$ – сума витрат на реновацію, капітальний і поточний ремонт, технічне обслуговування, зберігання, заміну шин та гусенець, грн./га.

Вартість паливно-мастильних матеріалів (ПММ) знайдемо за формулою:

$$C_{\text{пмм}} = C_{\text{к}} \cdot g_{\text{га}} \cdot K_i \quad (5.2)$$

де $C_{\text{к}}$ – комплексна ціна 1 кг палива, приймаємо 25 грн./кг;

$g_{\text{га}}$ – витрата палива, кг/га (для базового варіанту сівалки KINZE 3200 при агрегуванні з трактором John Deere 6140M – 2,3 кг/га, для модернізованого – 2,0 кг/га);

K_i – коефіцієнт який враховує індексацію цін на паливо ($K = 1$).

Визначаємо вартість ПММ для двох варіантів:

$$C_{\text{пмм}}^{\text{б}} = 26 \cdot 2,3 \cdot 1 = 64,4 \text{ грн./га}$$

$$C_{\text{пмм}}^{\text{п}} = 26 \cdot 2,0 \cdot 1 = 56,0 \text{ грн./га}$$

Питомі експлуатаційні витрати для сівалки KINZE 3200 визначаються за формулою:

$$C_M = \left[\frac{B_m \cdot a_{pm}}{100 \cdot n_{zm}^m \cdot G_n^{pik}} + \frac{C_{prm} + C_{tom} + C_{zm}}{G_n^{pik}} \right] \cdot K_i, \quad (5.3)$$

де – B_m, a_{pm} – відповідно балансова вартість (грн.) та норма відрахувань на реновацію машини (%), норму амортизаційних відрахувань приймаємо – 11 %.

C_{prm}, C_{tom}, C_{zm} – відповідно питомі нормативні витрати на поточний ремонт, технічне обслуговування, зберігання (грн.). Для модернізованого агрегату витрати на ТО зменшуються з 8,5 до 6,1 відсотків, за рахунок відсутності проведення ТО модернізованих вузлів;

n_{zm}^m, G_n^{pik} – річне нормативне завантаження (нормо-змін) та річне завантаження агрегату (га).

Балансова вартість серійної сівалки KINZE 3200 – 890000 грн., модернізованої: 956000 грн. (витрати на модернізації серійної сівалки складають 66000 грн. в умовах спеціалізованої дільниці)

Питомі експлуатаційні витрати на сівалку при використанні серійного моделі:

$$C_M^b = \left(\frac{890000 \cdot 11}{100 \cdot 21 \cdot 1005} + \frac{75650}{1005} \right) \cdot 1 = 79,9 \text{ грн/га}$$

Питомі експлуатаційні витрати на сівалку при використанні модернізованої машини:

$$C_M^p = \left(\frac{956000 \cdot 11}{100 \cdot 21 \cdot 1095} + \frac{58316}{1095} \right) \cdot 1 = 57,8 \text{ грн/га}$$

Питомі експлуатаційні витрати на трактор John Deere 6140M:

$$C_T^p = \left(\frac{B_m \cdot a_{pm} \cdot g_{za} \cdot 0,83}{100 \cdot G_{pik_n}} + \frac{\sum C_m^h \cdot g_{za} \cdot 0,83}{1000} \right) \cdot K_i$$

Питомі експлуатаційні витрати на трактор John Deere 6140M при використанні серійного моделі:

$$C_T^b = \left(\frac{2180000 \cdot 10 \cdot 2,3 \cdot 0,83}{100 \cdot 20000} + \frac{9265 \cdot 2,3 \cdot 0,83}{1000} \right) \cdot 1 = 38,5 \text{ грн/га}$$

Питомі експлуатаційні витрати на сівалку при використанні модернізованої машини:

$$C_T^п = \left(\frac{2180000 \cdot 10 \cdot 2,0 \cdot 0,83}{100 \cdot 20000} + \frac{9265 \cdot 2,0 \cdot 0,83}{1000} \right) \cdot 1 = 33,5 \text{ грн/га}$$

Оплату праці обслуговуючого персоналу розраховуємо за формулою:

$$C_{зп} = \frac{1,49 \cdot K_{нк} \cdot m_{мех} \cdot f_{мех} \cdot 1,02 \cdot K_3}{W_{зп}}, \text{ грн/га} \quad (5.4)$$

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;

$m_{мех}$ – кількість трактористів-машиністів;

$f_{мех}$ – оплата праці за змінну норму (тарифні ставки) виробітку відповідно трактористам машиніста, грн./зм.;

$W_{зп}$ – змінна продуктивність серійного посівного агрегату, дорівнює 46,9 га, модернізованого 49,7 га;

K_3 – коефіцієнт збільшення оплати праці за рахунок інфляції, приймаємо $K_3 = 1$.

Враховуючи наведені вище дані маємо для базового та проектного варіанту:

$$C_{зп}^b = \frac{1,49 \cdot (2 \cdot 1 \cdot 420) \cdot 1,02 \cdot 1}{46,9} = 16,3 \text{ грн/га}$$

$$C_{зп}^п = \frac{1,49 \cdot (2 \cdot 1 \cdot 420) \cdot 1,02 \cdot 1}{51,1} = 14,9 \text{ грн/га}$$

Питомі експлуатаційні витрати посівних агрегатів визначаємо з формули (5.1).

Для МТА з серійною машиною:

$$C_{\text{пит}}^{\text{б}} = 64,4 + 79,9 + 38,5 + 16,3 = 199,1 \text{ грн./га}$$

Для проектного (модернізованого):

$$C_{\text{пит}}^{\text{п}} = 56,0 + 57,8 + 33,5 + 14,9 = 162,2 \text{ грн./га}$$

Величину капітальних вкладень визначаємо за формулою:

$$K^{\text{сер}} = \frac{B_{\text{м}} \cdot a_{\text{рм}}}{100 \cdot G_{\text{н}}^{\text{рлк}}}, \frac{\text{грн}}{\text{га}} \quad (5.5)$$

При експлуатації серійного посівного агрегату маємо:

$$K^{\text{б}} = \frac{890000 \cdot 11}{100 \cdot 1005} = 107,9 \text{ грн./га}$$

Величина капітальних вкладень при експлуатації модернізованого посівного агрегату:

$$K^{\text{п}} = \frac{956000 \cdot 11}{100 \cdot 1095} = 96,0 \text{ грн./га}$$

Приведені витрати знаходимо за формулою:

$$П_{\text{в}} = C_{\text{з}} + E \cdot K, \text{ грн./га} \quad (5.6)$$

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

При використанні серійної сівалки:

$$П_{\text{в}}^{\text{б}} = 199,1 + 0,15 \cdot 107,9 = 215,3 \text{ грн./га}$$

При використанні проектного варіанту (модернізованої сівалки):

$$П_{\text{в}}^{\text{п}} = 162,2 + 0,15 \cdot 96,0 = 176,6 \text{ грн./га}$$

Виходячи з отриманих результатів можна стверджувати, що експлуатаційні та приведені витрати на 1 га при експлуатації посівної машини з модернізованими механізмами копіювання менші, ніж при експлуатації базового (серійного) варіанту.

Отже, економічний ефект на 1 га площі дорівнює:

$$E_{\text{еф}}^{\text{га}} = П_{\text{в}}^{\text{п}} - П_{\text{в}}^{\text{б}} = 215,3 - 176,6 = 38,7 \text{ грн./га}$$

При річному завантаженні посівної машини 1095 га, експлуатаційний річний економічний ефект від впровадження складе:

$$E_{\text{еф}}^{\text{рік.екс}} = F \cdot (П_{\text{в}}^{\text{п}} - П_{\text{в}}^{\text{б}}) = 1095 (215,3 - 176,6) = 42376,5 \text{ грн}$$

Термін окупності капітальних вкладень:

$$T_{\text{ок}} = K / П \quad (5.7)$$

Термін окупності капітальних вкладень:

$$T_{\text{ок}} = 66000 / 42376,5 = 1,55 \text{ року}$$

Крім економічного ефекту зменшення експлуатаційних витрат, впровадження ПКМ в механізми копіювання дозволяє підвищити якість сівби, і як результат збільшити валовий збір. В свою чергу, навіть незначне збільшення врожайності кукурудзи на зерно на 0,1...0,2 т/га дозволяє отримати значний економічний ефект:

$$E_{\text{еф}}^{\text{зб.врож}} = F(Q_{\text{п}} - Q_{\text{б}}) \cdot Ц_{\text{п}} = 1095 \cdot (0,1) \cdot 7400 = 810300 \text{ грн}$$

Отже загальний річний економічний ефект становить:

$$E_{\text{еф}}^{\text{рік}} = 42376,5 + 810300 = 852676,5 \text{ грн}$$

Термін окупності капітальних вкладень з врахуванням збільшення врожайності становить:

$$T_{\text{ок}} = 66000 / 852676,5 = 0,1 \text{ року}$$

Розрахунок економічної ефективності підприємств, що використовують ПКМ для виробництва деталей конструкційного призначення.

Вартість 1 кг ПКМ Nylon 66 – 200 грн./кг, вартість вторинного поліетилену – 20...25 грн./кг.

Отримані результати довели, що доцільно додавати відпрацьований поліетилен у кількості 10 % мас. Отже вартість матеріалу Nylon 66 наповненим 10 % мас. поліетиленом буде становити:

$$Q = 200 \cdot 0,9 + 25 \cdot 0,1 = 182,5 \text{ грн/кг}$$

Економічний ефекти становить – 17,5 грн./кг для виробників, які використовують ПКМ Nylon 66 для виробництва деталей, що працюють при відсутності абразивного середовища.

Отримані показники заносимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Техніко-економічні показники роботи

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Склад агрегату	-	John Deere 6140M + KINZE 3200	John Deere 6140M + KINZE 3200 (M)
Середній темп робіт	га/год	6,7	7,3
Балансова вартість:			
- трактора	грн.	2180000	2180000
- сівалки		890000	956000
Експлуатаційні витрати на:			
- трактор	грн./га	79,9	57,8
- сівалку		38,5	33,5
Вартість ПММ	грн./га	64,4	56,0
Оплата праці	грн./га	16,3	14,9
Питомі експлуатаційні витрати	грн./га	199,1	162,2
Приведені витрати	грн./га	215,3	176,6
Питомий економічний ефект	грн./га	-	38,7
Річний економічний ефект	грн.	-	42376,5
Термін окупності капітальних вкладень:	років	-	1,55

Продовження таблиці 5.3

Додатковий економічний ефект від збільшення врожайності	грн		810300
Термін окупності капітальних вкладень з врахування збільшення врожайності	років		0,1

Висновки до розділу

Економічний ефект впровадження розроблених матеріалів в конструкцію сівалки KINZE 3200 дозволяє зменшити питомі експлуатаційні витрати на 18 % (з 215,3 грн./га до 176,6 грн./га). Вартість модернізації сівалки KINZE 3200 композитними матеріалами – 660000 грн. Термін окупності додаткових капіталовкладень становить 1,55 року. Крім цього, модернізація сівалки дає можливість підвищити рівномірність по глибині сівби, що призводить до збільшення врожайності. Додатковий економічний ефект становить – 810300 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що за останні 3 роки в Україні спостерігається зменшення кількості та підвищення середньої вартості посівних машин, що закуповують сільгоспвиробники. Середня вартість посівної машини в 2019 році склала – 1,69 млн. грн. Проаналізовано конструкції сучасних посівних машин і встановлено, що полімерно-композитні матеріали використовуються для виготовлення значної кількості деталей та елементів: бункерів, насіннепроводів, бандажів опорних та прикочуючих коліс, катушок дозуючих механізмів. При цьому саме обсяг застосування в них ПКМ, конструкційного призначення, – один з основних показників технічного рівня. Основними перевагами ПКМ, у порівнянні зі сталями, є широкий діапазон зміни характеристик та властивостей при зміні концентрації наповнювача.

2. Розроблено програму, наведено методики та перелік обладнання для виконання експериментальних досліджень характеристик і властивостей конструкційних матеріалів.

3. Встановлено, що введення вторинного поліетилену до ПКМ конструкційного призначення Nylon 66 в обсязі 15 % мас. призводить до різкого зменшення границі текучості матеріалу на 44,9 %, що обмежує сферу його застосування. Введення наповнювача у кількості 5 % мас. незначно впливає на границю текучості вихідного матеріалу. Встановлено, що введення поліетилену в ПКМ Nylon 66 навіть в незначних концентраціях (5% мас.) призводить до різкого зменшення абразивної зносостійкості. Тому, такі матеріали недоцільно використовувати у деталях, які працюють в присутності абразивного середовища. Виявлено, що стабільна робота ПКМ з додаванням вторинного поліетилену, без зміни режимів роботи спряжень (незмінне навантаження та швидкість ковзання) забезпечується при вмісту наповнювача не більше 8...10 % мас. Максимальна температура робочого середовища нових матеріалів не повинна перевищувати 65...70 °С.

4. Проаналізовано шкідливі та небезпечні фактори, що діють на працівника при виготовленні деталей з полімерно-композитних матеріалів. Наведено правила безпеки праці при роботі з обладнанням та машинами для проведення досліджень.

5. Економічний ефект впровадження розроблених матеріалів в конструкцію сівалки KINZE 3200 дозволяє зменшити питомі експлуатаційні витрати на 18 % (з 215,3 грн./га до 176,6 грн./га). Вартість модернізації сівалки KINZE 3200 композитними матеріалами – 660000 грн. Термін окупності додаткових капіталовкладень становить 1,55 року. Крім цього, модернізація сівалки дає можливість підвищити рівномірність по глибині сівби, що призводить до збільшення врожайності. Додатковий економічний ефект становить – 810300 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В.Ю. Ільченко, Н.О. Пономаренко, Р.Г. Пономаренко, Д.М. Бутенко. Переваги та недоліки NO-TILL системи / Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – 2013, вип. 43, част. II. – С. 101-108.
2. AMAZONE Primera DMC Универсальная зерновая сеялка. Проспект. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/1-DN2SKZyTНHkKhEtJ88FkgpRDNdsEk52/view> (27.11.2020).
3. Пневматическая сеялка для нулевой технологии 1890. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.deere.ua/> (27.11.2020).
4. Каталог товарів VEGA 8 PROFİ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.shopelvorti.com/ua/catalog/seyalki_propashnye/vega_8_modern_s_s_fakt (27.11.2020).
5. Державна служба статистики України. Економічна статистика / Економічна діяльність / Сільське, лісове та рибне господарство. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (27.11.2020).
6. Деркач О.Д. Обґрунтування параметрів обертових елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2006. – 20 с.
7. Деркач О.Д., Буря О.І. Підвищення технічного рівня електро-, автомобільного транспорту та сільськогосподарської техніки за рахунок використання нових матеріалів. Наукові рекомендації: Дніпропетровськ: ДДАУ. – 2011. – 71 с.
8. Макаренко Д. О. Підвищення довговічності паралелограмного механізму посівних комплексів зміною конструкції рухомих з'єднань: Дис.. канд. техн. наук: 05.05.11. – . Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2018. 185 с.

9. Шестое национальное сообщение Украины по вопросам изменения климата. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/6nc_v7_final_%5B1%5D.pdf (27.11.2020).

10. Інструкція з експлуатації сівалки Kinze-3200. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://agrotechnik.com.ua/catalogs/Kinze> (27.11.2020).

11. Деркач Олексій Дмитрович. Обґрунтування параметрів обертових елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів : Дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / Тернопільський держ. технічний ун-т ім. Івана Пулюя. – Т., – 2006. – 215 С.

12. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ.

13. НПАОП 25.2-1.35-90. Правила безпеки праці при роботі з полімерними композитними матеріалами (ПКМ), затверджено Мінавіапром СРСР від 27.12.90.

14. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» від 18.01.2001 N 2245-ІІІ.

15. Наказ МОЗ «Про затвердження Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» від 27.12.2001 N 528.

16. ДСТУ EN 563-2001 «Безпечність машин. Температури поверхонь, доступних для дотику. Ергономічні дані для встановлення граничних значень температури гарячих поверхонь» (EN 563:1994, IDT).

17. ДСН 3.3.6.039-99.»Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрацій». – К.: МОЗ України, 2000.– 45с.

18. Наказ Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 7 вересня 2004 року № 194. Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам хімічних виробництв (Частина 1).

19. Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом МНС від 19.10.2004 № 126.

20. Ільченко В.Ю. Практикум з використання машин у рослинництві / В.Ю. Ільченко, А.С. Кобець, В.П. Мельник, П.І. Карасьов та ін. // Дніпропетр. держ. агр. ун-т. – Дніпропетровськ. 2002. – 212 С.

21. Ільченко В.Ю. Курсове проектування з машиновикористання у рослинництві / . Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Кухаренко П.М., В.П. Мельник, В.О. Колбасін; ДДАУ, Дніпропетровськ, 2006 – 132С.

22. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломних робіт для студентів інженерно-технологічного факультету денної та заочної форм навчання за спеціальністю 208 «Агроінженерія» ступінь вищої освіти «Магістр» / Дудін В.Ю., Кобець О.М., Мельянцов П.Т. – Дніпро: ДДАЕУ, 2018. – 32 С.

ДОДАТКИ

Додаток А – Тези доповідей опубліковані у Матеріалах XXI Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки». – Харків: ХНТУСГ, – 2020 р.

**ХНТУСГ
ННІ МСМ**



**17-18 ЖОВТНЯ
2020**

**Матеріали XXI Міжнародної
наукової конференції**

“СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ МЕХАНІКИ”

присвяченої 90-річчю

Харківського національного технічного університету
сільського господарства імені Петра Василенка

та

120-й річниці з дня народження академіка
Петра Мефодійовича Василенка

TRVARK.METALCONTROL.COM.UA

Міністерство освіти і науки України
Національна академія аграрних наук України
Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка

МАТЕРІАЛИ

XXI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ „СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ МЕХАНІКИ”

присвяченої 90-річчю Харківського
національного технічного університету
сільського господарства ім. П. Василенка
та

120-й річниці з дня народження академіка
Петра Мефодійовича Василенка

17-18 жовтня 2020 року

Харків – 2020

ЗМІСТ

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ БОКОВИХ СТИНОК НА ЗАВАНТАЖЕННЯ ПОВЕРХНІ ВІБРОРЕШЕТА	5
Півень М.В.	
ОБґРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДИСПЕРГАТОРІВ РІДКИХ КОРМІВ	7
Алієв Е.Б., Малєгін Р.Д.	
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ	8
Алієв Е.Б., Махія О.В.	
РОЗВИТОК ВОДНЕВОГО ГОСПОДАРСТВА В УКРАЇНІ ТА СВІТІ	9
Нагорний А.К.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ БРИКЕТУВАННЯ ШНЕКОВИМ МЕХАНІЗМОМ	14
Єременко О.І., Василенков В.Є., Руденко Д.Т.	
ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ВИРОЩУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРОШКУ-БАРВНИКА З ПЕРЦЮ ОВОЧЕВОГО	16
Різак М.Ю., Лавренко С.О.	
АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗАСТОСУВАННЯМ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ	18
Аулін В.В., Панков А.О., Гриньків А.В., Лівіцький О.М., Щєглов А.В.	
АНАЛІЗ ВПЛИВУ НА ПРОХІДНІСТЬ АВТОМОБІЛІВ КОНСТРУКТИВНИХ ФАКТОРІВ	20
Запорожченко Я.О., Лебедев А.Т.	
ОБґРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ МЕТОДИКИ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ НОВОЇ І ЗАМІНЮВАНОЮ ТЕХНІКИ	21
Солонець І.О., Лебедев А.Т.	
ТЕХНОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОГО ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ДЛЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ	22
Альбота Д.С.	
КОНЦЕПТУАЛЬНІ НАПРЯМКИ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗРОБКИ АДАПТОВАНИХ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН	24
Барановський В.М.	
НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ ТА КОНСТРУКЦІЙ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ	25
Барановський В.М., Тєслєк В.В., Оніщенко В.Б.	
ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ	26
Барсукова Г.В.	
ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДИНКІВ	27
Барсукова Г.В.	
ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРУВАННЯ АЕРОПОННИХ СИСТЕМ В СФЕРУ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ	28
Бєзручко Н.В., Лавренко С.О.	
ДАТЧИКИ LiDAR У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	30
Білецький В.Р., Бондарчук М.О.	
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ	33

Ліщина О.В.	
АНАЛІТИКА ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ	329
Харченко С.О., Абдуєв М.М., Кушніренко С.В., Петренко Д.С., Чуприна С.А.	
АНАЛІТИКА ВИРОБНИЦТВА ГРЕЧКИ	332
Харченко С.О., Абдуєв М.М., Хайло С.О., Алексеєнко С.І., Назаренко О.А., Княжеченко О.О.	
РЕНТАБЕЛЬНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ГРЕЧКИ	335
Харченко С.О., Абдуєв М.М., Хайло С.О., Алексеєнко С.І., Назаренко О.А., Кравчук М.Ю.	
ОСОБЛИВОСТІ ФОРМ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ ГРЕЧКИ	338
Харченко С.О., Абдуєв М.М., Чуприна С.А., Петренко Д.С., Кушніренко С.В., Луценко Р.С.	
ЗБЕРІГАННЯ ГНОЮ ЯК ОСНОВНИЙ ФАКТОР ОТРИМАННЯ ПОВНОЦІННОГО ОРГАНІЧНОГО ДОБРИВА	341
Міхалевич Г., Анікеєв О.І.	
ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ АГРЕГАТУВАННЯ ТРАКТОРІВ З ДВИГУНАМИ «ПОСТІЙНОЇ» ПОТУЖНОСТІ	343
Александров М., Анікеєв О.І.	
МЕХАНІЗАЦІЯ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ ДЛЯ МАЛОПЛОЩАДНИХ ГОСПОДАРСТВ	345
Дуріхін М., Анікеєв О.І.	
СИСТЕМА ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД ОЗИМИ КУЛЬТУРИ ПІСЛЯ НЕПАРОВИХ ПОПЕРЕДНИКІВ	347
Пупко М.К., Анікеєв О.І.	
АСПЕКТИ ЗАХИСТУ ВІД ВНУТРІШНІХ ПЕРЕНАПРУГ В МЕРЕЖАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	349
Меленівський В.В., Климчук М.О.	
ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОСНОВНИХ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР	351
Стрижаков В.С.	
РОЗВИТОК ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА В УКРАЇНІ	352
Якубовський Д.С.	
ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ	353
Голоско М.О.	
ОРГАНІЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО – ШЛЯХ У МАЙБУТНЄ	354
Плотников В.О.	
ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ І ХІМІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ	355
Ушкалова Є.М.	
РОЗРОБКА ТРИБОСПРЯЖЕНЬ ПІДВИЩЕНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ	357
Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Крутоус Д.І., Ситник Д.Д., Строценко С.О.	
РЕЦИКЛІНГ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПЛАСТИКІВ	359
Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Муранов Є.С., Білан В.С., Ситар С.С.	

УДК 631.3

РОЗРОБКА ТРИБОСПРЯЖЕНЬ ПІДВИЩЕНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ**Деркач О.Д., доцент, Макаренко Д.О., Крутоус Д.І., Ситник Д.Д.,
Стропенко С.О.***(Дніпровський державний аграрно-економічний університет)*

Вступ. Вирощування сільськогосподарських культур здійснюється за різними технологіями: класична, мінімальна, No-till, Strip-till та ін. При цьому будь-яка з технологій передбачає виконання технологічної операції сівби або садіння. Конструкції посівних комплексів і машин мають значну кількість рухомих з'єднань, що потребують технічного обслуговування під час експлуатації. Досвід експлуатації вказаних машин в Україні показав, що трибоспряження швидко виходять з ладу, що спричиняє невиконання агрозавдань та збільшення витрати палива. Прості посівних машин, викликані необхідністю усунення відмов, призводять до подовження строків посівної кампанії. Одним із шляхів підвищення надійності рухомих спряжень є впровадження полімерних композитних матеріалів конструкційного призначення, що дозволяють відмовитись від технічного обслуговування під час експлуатації [1-3].

Об'єкт і режими досліджень. В якості об'єкту досліджень обрано підшипник кочення прикотного колеса посівного комплексу Агро-Союз Turbosem II 19-60. У конструкції експериментального підшипника виконані зміни, а саме, тіла кочення замінені на тіла ковзання, виготовлені з полімерного композиційного матеріалу. Дослідження виконували за стандартними методиками на машині тертя СМТ-1 з використанням додаткового обладнання: термопари К-301, еталонного динамометру та спеціально виготовленого пристосування для створення осьового навантаження.

Режими випробувань:

- частота обертання – 250 хв⁻¹ (еквівалент швидкості МТА: для прикотного колеса діаметром 160 мм 8...9 км/год; при діаметрі колеса 300 мм 12...15 км/год відповідно);
- навантаження осьові фіксовані – 200 Н та 100 Н;
- навантаження радіальне – 250 Н;
- тривалість одного досліду при сталих показниках – 40 хв;
- кількість повторювань, не менше – 3.

Результати досліджень. На початку випробування спостерігались значні коливання моменту тертя (0,61...0,95 Н·м), при цьому відбувалось нагрівання підшипника до температури 86 °С, що свідчить про припрацювання поверхонь деталей. Між 3 і 4 годинами наробітку, коливання зникали та спостерігалось постійне повільне зменшення моменту тертя. Після 20 годин напрацювання момент тертя стабілізувався в межах 0,462-0,490 Н·м. При примусовому насипанні природного абразиву (висушений та подрібнений ґрунт) на підшипник характер тертя не змінився. Під час випробування сторонніх шумів чи вібрацій не зафіксовано. Середня температура в околі тертя знаходилась в межах 48-52 °С

(при осьовому та радіальному навантаженні 100 Н та 250 Н відповідно). Зростання температури в залежності від тривалості роботи підшипника не виявлено.

Висновки. Отримані результати підтверджують працездатність запропонованого рішення. Наробіток 50 годин стендових випробувань є прискореним, що в перерахунок в дійсне значення становить 57,5 годин. Відповідний наробіток еквівалентний 386 га та 772 га засіяної площі для 8-ми та 16-ти рядних просапних сівалок відповідно, що є їх річним завантаженням.

Список літератури:

1. Деркач О.Д. Обґрунтування параметрів обертових елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2006. – 20 С.

2. V. Aulin, O. Derkach, D. Makarenko, A. Hrynkiv, A. Pankov, A. Tykhyi. Analysis of tribological efficiency of movable junctions "polymeric-composite materials – steel". <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/176845/177050>. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. ISSN 1729-3774 4/12 (100) 2019.

3. Макаренко Д.О. Підвищення довговічності паралелограмного механізму посівних комплексів зміною конструкції рухомих з'єднань : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Центральноукраїнський національний технічний університет – Кропивницький, 2018. – 20 С.

Додаток Б – Демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

**Ефективність композитних елементів необслуговуваних
рухомих з'єднань посівних машин**

Демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-1-19

Ситник Дмитро Дмитрович

Керівник: к.т.н., доцент

Макаренко Дмитро Олександрович

ДНІПРО 2020

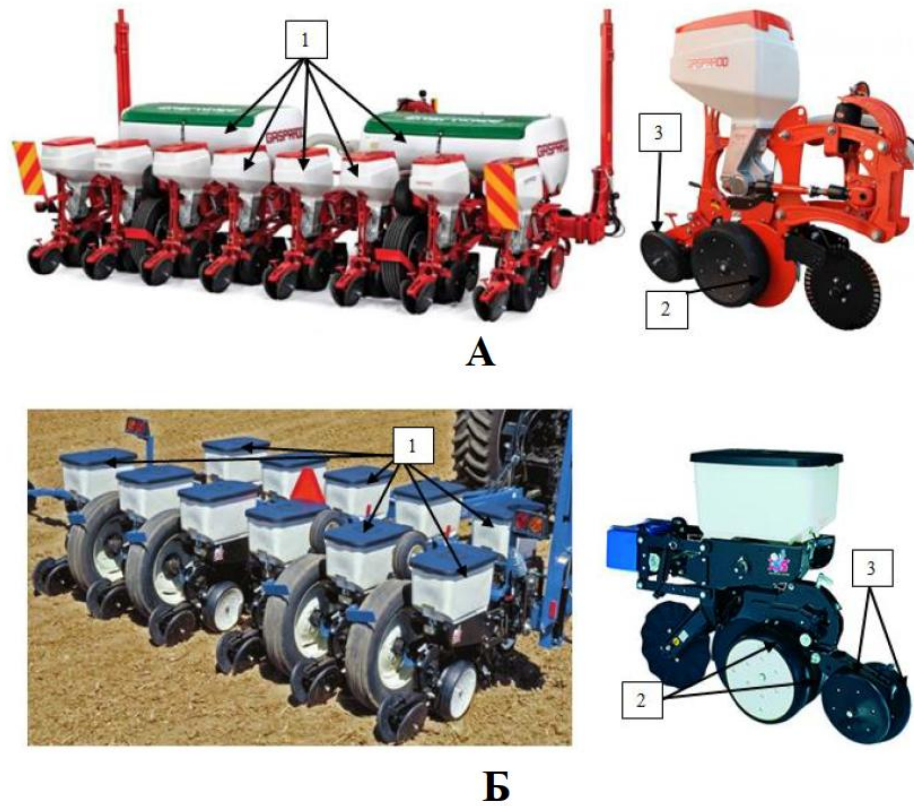


Рис. 1 – Деталі з ПКМ в сучасних посівних машинах: 1 – бункери на насіння та добрив; 2 – бандажі опорних коліс; 3 – бандажі прикочуючих коліс



а



б

Рис. 2 – Котушки дозуючих (висівних) апаратів з ПКМ : а – сівалки DMC-Primera 9000; б – пневмопричіп John Deere 1910

Кількість точок, які потребують обслуговування для KINZE-3200:

- щозміни – 117;
- кожні 40 год. роботи – 264.

Найбільша кількість точок обслуговування містить посівна секція та механізми копіювання поверхні ґрунту:

- 8 точок – щозміни;
- 22 точки – кожні 40 годин роботи

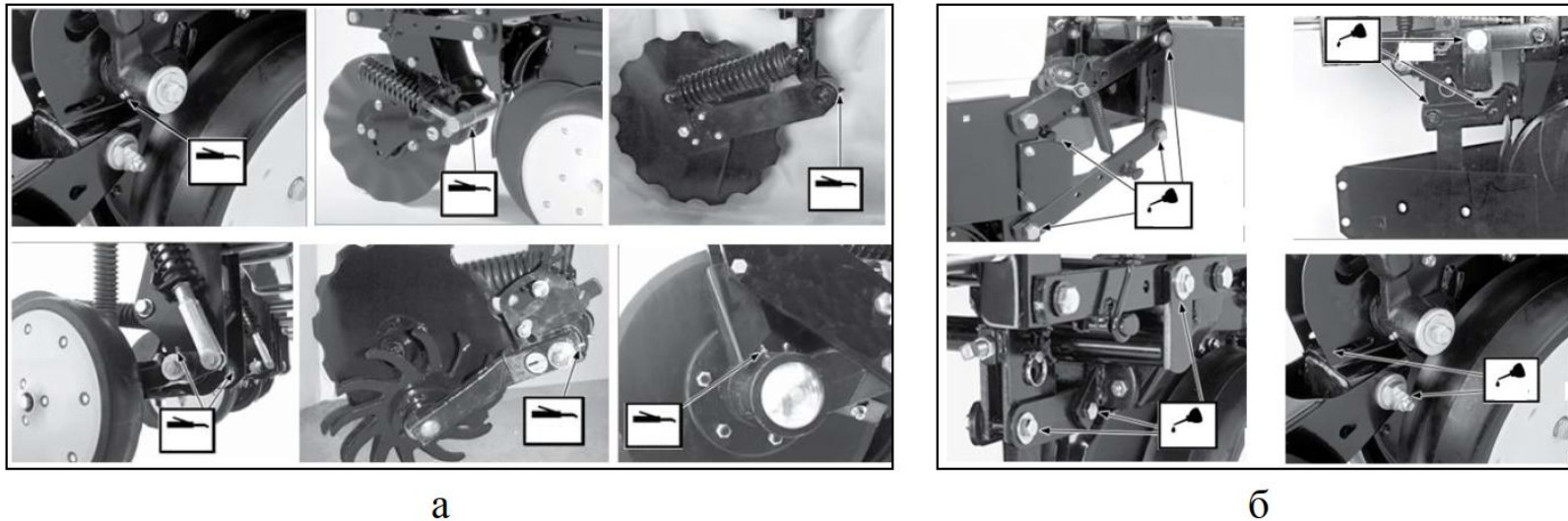


Рис. 3 – Точки посівної секції KINZE-3200, що потребують обслуговування:

а – щозміни;

б – кожні 40 годин роботи

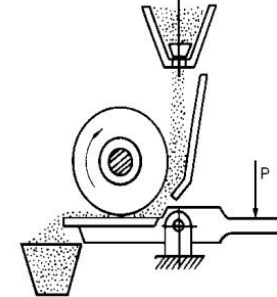
Метою роботи є дослідження залежностей фізико-механічних характеристик конструкційних пластиків від вмісту наповнювача та обґрунтування ефективності впровадження композитних елементів у рухомі з'єднання посівних машин.

- Для досягнення мети необхідно виконати такі задачі:**
- проаналізувати застосування композитних матеріалів в конструкціях посівних машин, стан та перспективу виробництва конструкційних пластиків в Україні;
 - розробити програму та навести методики досліджень характеристик та властивостей конструкційних матеріалів;
 - встановити залежності фізико-механічних властивостей та триботехнічних характеристик полімерно-композитного матеріалу від вмісту поліетилену в ньому;
 - проаналізувати шкідливі та небезпечні фактори, що діють на працівника при виготовленні деталей з полімерно-композитних матеріалів;
 - навести правила безпеки праці при роботі з обладнанням та машинами для проведення досліджень;
 - виконати техніко-економічну оцінку дипломної роботи.

Обладнання для виготовлення експериментальних зразків та проведення досліджень



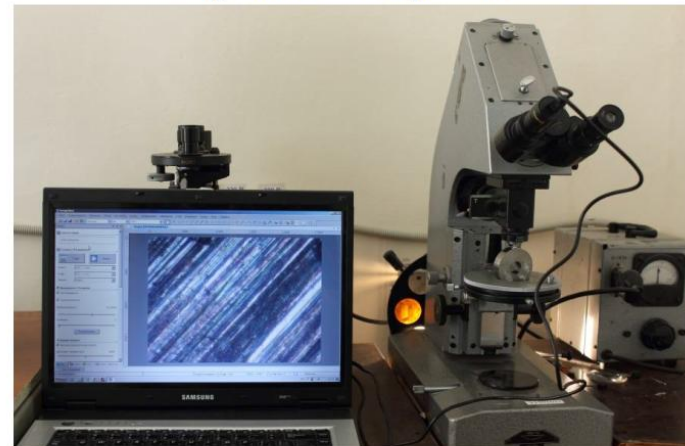
Ливарна машина ПЛ-32



Машинка СМЦ-2 та схема для дослідження на абразивне зношування



Випробувальна машина FP-100



Оптичний мікроскоп МБИ-6 з окулярною камерою



Зразки до дослідження на відносну абразивну стійкість: 1 – Nylon 66; 2 – Nylon 66(5); 3 – Nylon



Зразки для дослідження фізико-механічних характеристик матеріалів



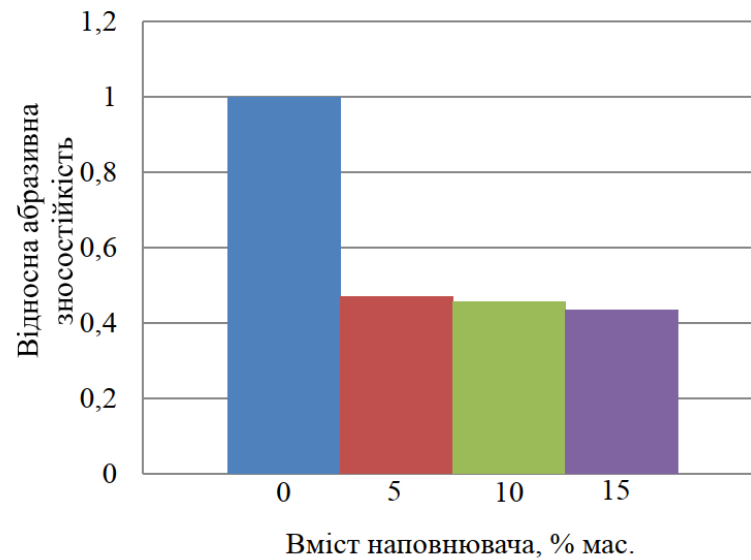
1

2

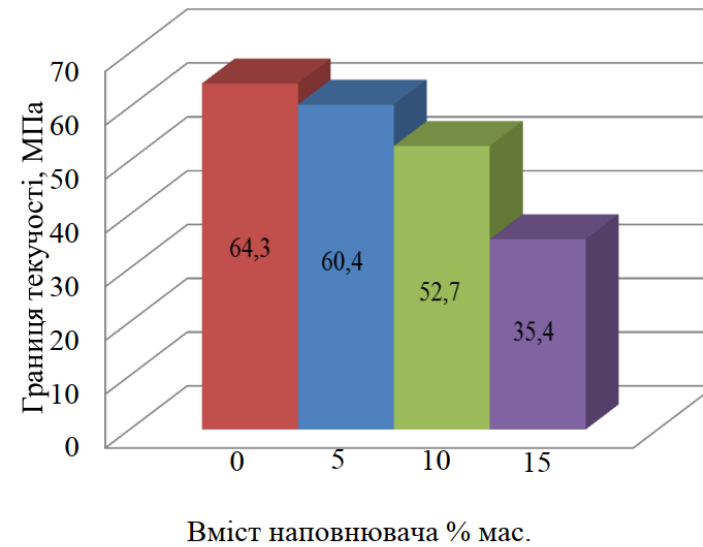
3

4

Зразки після дослідження на відносну абразивну стійкість: 1 – Nylon 66; 2 – Nylon 66(5); 3 – Nylon 66(10); 4 – Nylon 66(15)



Ранжування експериментальних зразків за критерієм відносної абразивної стійкості



Залежність границі текучості матеріалу від відсоткового вмісту поліетилену

Техніко-економічні показники роботи

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Склад агрегату	-	John Deere 6140M + KINZE 3200	John Deere 6140M + KINZE 3200 (M)
Середній темп робіт	га/год	6,7	7,3
Балансова вартість:			
- трактора	грн.	2180000	2180000
- сівалки		890000	956000
Експлуатаційні витрати на:			
- трактор	грн./га	79,9	57,8
- сівалку		38,5	33,5
Вартість ПММ	грн./га	64,4	56,0
Оплата праці	грн./га	16,3	14,9
Питомі експлуатаційні витрати	грн./га	199,1	162,2
Приведені витрати	грн./га	215,3	176,6
Питомий економічний ефект	грн./га	-	38,7
Річний економічний ефект	грн.	-	42376,5
Термін окупності капітальних вкладень:	років	-	1,55
Додатковий економічний ефект від збільшення врожайності	грн		810300
Термін окупності капітальних вкладень з врахування збільшення врожайності	років		0,1

Висновки

- Встановлено, що за останні 3 роки в Україні спостерігається зменшення кількості та підвищення середньої вартості посівних машин, що закуповують сільгоспвиробники. Середня вартість посівної машини в 2019 році склала – 1,69 млн. грн. Проаналізовано конструкції сучасних посівних машин і встановлено, що полімерно-композитні матеріали використовуються для виготовлення значної кількості деталей та елементів: бункерів, насіннепроводів, бандажів опорних та прикочуючих коліс, котушок дозуючих механізмів. При цьому саме обсяг застосування в них ПКМ, конструкційного призначення, – один з основних показників технічного рівня. Основними перевагами ПКМ, у порівнянні зі сталями, є широкий діапазон зміни характеристик та властивостей при зміні концентрації наповнювача.
- Розроблено програму, наведено методики та перелік обладнання для виконання експериментальних досліджень характеристик і властивостей конструкційних матеріалів.
- Встановлено, що введення вторинного поліетилену до ПКМ конструкційного призначення Nylon 66 в обсязі 15 % мас. призводить до різкого зменшення границі текучості матеріалу на 44,9 %, що обмежує сферу його застосування. Введення наповнювача у кількості 5 % мас. незначно впливає на границю текучості вихідного матеріалу. Встановлено, що введення поліетилену в ПКМ Nylon 66 навіть в незначних концентраціях (5% мас.) призводить до різкого зменшення абразивної зносостійкості. Тому, такі матеріали недоцільно використовувати у деталях, які працюють в присутності абразивного середовища. Виявлено, що стабільна робота ПКМ з додаванням вторинного поліетилену, без зміни режимів роботи спряжень (незмінне навантаження та швидкість ковзання) забезпечується при вмісту наповнювача не більше 8...10 % мас. Максимальна температура робочого середовища нових матеріалів не повинна перевищувати 65...70 °С.

Висновки

- Проаналізовано шкідливі та небезпечні фактори, що діють на працівника при виготовленні деталей з полімерно-композитних матеріалів. Наведено правила безпеки праці при роботі з обладнанням та машинами для проведення досліджень.
- Економічний ефект впровадження розроблених матеріалів в конструкцію сівалки KINZE 3200 дозволяє зменшити питомі експлуатаційні витрати на 18 % (з 215,3 грн./га до 176,6 грн./га). Вартість модернізації сівалки KINZE 3200 композитними матеріалами – 660000 грн. Термін окупності додаткових капіталовкладень становить 1,55 року. Крім цього, модернізація сівалки дає можливість підвищити рівномірність по глибині сівби, що призводить до збільшення врожайності. Додатковий економічний ефект становить – 810300 грн.