

**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 використання композитних  
матеріалів для рухомих з'єднань посівних машин  
ділянок гібридизації**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМ-2-20

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Попов Владислав Андрійович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Макаренко Дмитро Олександрович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

ДНІПРО – 2021

# ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ЕМТП

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

## ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Попову Владиславу Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Ефективність використання композитних матеріалів для рухомих з'єднань посівних машин ділянок гібридизації керівник роботи Макаренко Дмитро Олександрович, к.т.н.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 року № \_\_\_\_\_

2. **Строк подання студентом роботи** \_\_\_\_\_

3. **Вихідні дані до роботи** Статистичні дані щодо переробки пластиків. Сфери застосування полімерно-композитних матеріалів. Огляд і вибір літератури, огляд результатів досліджень на подібну тему

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік важливих питань які необхідно розглянути, дослідити, описати) Провести аналіз стану питання щодо використання композитів неметалевого походження, як елементів трибоспрямижень машин для сівби. Розробити нові матеріали на основі Фторопласт-4 та наповнювача, провести дослідження їх характеристик та властивостей. Обґрунтувати залежність температури в околі тертя та величини зносу від тиску, що діє на трибоспрямиження. Розглянути основні питання з охорони праці та безпеки при виконанні робіт. Провести аналіз економічної ефективності роботи.

## 5. Перелік оглядового матеріалу (презентація)

Мета і задачі досліджень. Аналіз стану питання (4 аркуші, А4). 2. Устаткування для проведення досліджень (1 аркуш, А4) 3. Експериментальні зразки із розробленого матеріалу (1 аркуш, А4). 4. Залежності зміни температури в зоні тертя та зносу від тиску. (2 аркуші, А4) 5. Техніко-економічний аналіз роботи (1 аркуш, А4). 6. Загальні висновки (1 аркуш, 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., зав. каф. професор		
нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 22.10.2021 р.	
2	Обладнання та методики експериментальних досліджень	до 29.10.2021 р.	
3	Експериментальна частина	до 10.11.2021 р.	
4	Охорона праці	до 18.11.2021 р.	
5	Економічні показники	до 26.11.2021 р.	
6	Демонстраційна частина	до 26.11.2021 р.	

Студент

\_\_\_\_\_ Попов В.А. \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ Макаренко Д.О. \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )



## АНОТАЦІЯ

Попов В.А. Ефективність використання композитних матеріалів для рухомих з'єднань посівних машин ділянок гібридизації / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація рослинництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

В дипломній роботі виконаний аналіз стану питання щодо використання композитів неметалевого походження, як елементів трибоспряжень посівних машин. Розроблено нові матеріали на основі Фторопласт-4 та наповнювача, виконані дослідження їх характеристик та властивостей. Обґрунтовано залежність температури в околі тертя та величини зносу від тиску, що діє на трибоспряження. Розглянуто основні питання з охорони праці та безпеки при виконанні робіт з пластиками. Наведено оцінку економічної ефективності роботи.

*Ключові слова:* сівба, Фторопласт-4, вуглецеве волокно, характеристики матеріалів, знос.

Список публікацій здобувача (за наявності):

Макаренко Д.О., Муранов Є.С., Мисоченко О.О., Холод Р.Р., Попов В.А., Подкін А.С., Осипов Є.В., Антіпов А.О. Дослідження показників роботи ДВЗ при введенні спеціальної змащувальної композиції // Збірник матеріалів Міжнародної наукової конференції «Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту». – Кропивницький: ЦНТУ, 17-19 листопада, – 2021 р.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	8
<b>1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ МАШИН ДЛЯ СІВБИ НА ДІЛЯНКАХ ГІБРИДИЗАЦІЇ</b>	10
1.1 Аналіз особливостей машин для ділянок гібридизації(посівний матеріал)	10
1.2 Вимоги до посівних машин що використовуються на ділянках гібридизації	11
1.3 Огляд сівалок та комплексів, призначених для сівби кукурудзи на насіння	12
1.4 Обґрунтування теми дипломної роботи	15
<b>2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ</b>	15
2.1. Пристосування та обладнання для проведення експериментальних досліджень	17
2.2 Технологія виготовлення полімерно-композитних матеріалів	22
<b>3.РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	27
3.1 Полімери і їх властивості	27
3.2 Результати досліджень коефіцієнту тертя	29
3.3 Результати дослідження величини зносу	30
3.4 Результати дослідження температури в колі тертя	31
<b>4.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДІЇ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	33
4.1 Загальні положення	33
4.2 Шкідливі та небезпечні фактори при виконанні робіт з полімерними матеріалами	33
4.3 Правила безпеки праці при проведенні досліджень	34
4.4 Дії у разі виникнення надзвичайної ситуації	35
<b>5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ</b>	37

<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	45
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	47
<b>ДОДАТКИ</b>	49

## ВСТУП

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур акцентують величезну увагу на виконанні таких операцій як: обробіток ґрунту, сівба, обприскування, боротьба із шкідниками, бур'янами та хворобами. Для деяких технологій вирощування технологічні операції з підготовки ґрунту можуть бути взагалі відсутні. Від якості виконання кожної із наведених операцій залежить врожайність та якість отриманої продукції.

Одними із найбільш затратними технологіями виробництва сільськогосподарських культур є одержання посівного матеріалу, зокрема гібридів. Вартість посівного матеріалу, у порівнянні із продовольчим чи фуражним насінням, в десятки разів вища. При вирощуванні посівного матеріалу необхідно особливу увагу звертати на якість сівби.

Тому метою роботи є обґрунтування ефективності використання композитних матеріалів для рухомих з'єднань посівних машин ділянок гібридизації

Задачі дипломної роботи:

1. Проаналізувати стан питання щодо використання композитів неметалевого походження, як елементів трибоспряжень посівних машин.
2. Розробити нові матеріали на основі Фторопласт-4 та наповнювача, виконати дослідження їх характеристик та властивостей.
3. Обґрунтувати залежність температури в околі тертя та величини зносу від тиску, що діє на трибоспряження.
4. Розглянути основні питання з охорони праці та безпеки при виконанні робіт з пластиками.
5. Навести економічне обґрунтування роботи.

Об'єкт дослідження. Процеси зміни властивостей матеріалу Фторопласт-4 при внесенні в нього вуглецевого волокна. Предмет досліджень є закономірності зміни властивостей розробленого матеріалу, на основі фторопласту-4, при внесенні в його структуру вуглецевого волокна.



Обробку отриманих результатів виконували на основі статистичних методів обробки даних та із використанням персонального комп'ютера.

Практичною цінністю одержаних результатів є обґрунтування можливих сфер та режимів роботи розроблених матеріалів на основі фторопласту-4 та вуглецевого волокна.

# 1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ МАШИН ДЛЯ СІВБИ НА ДІЛЯНКАХ ГІБРИДИЗАЦІЇ

## 1.1 Аналіз особливостей машин для ділянок гібридизації

Генетичний потенціал гібридів кукурудзи закладено у самому зерні кукурудзи, її складно назвати примхливою культурою, але вона потребує дотримання всіх елементів технології вирощування. До цього списку входить науково-обґрунтована сівозміна, тобто грамотний вибір попередника; використання системи мінеральних добрив, що ґрунтується на агрохімічному аналізі ґрунту; технологія її опрацювання; а також подальший догляд за посівами, що полягає у захисті від бур'янів. Послідовно вирішивши цей комплекс завдань, грамотний землероб отримає високий урожай кукурудзи. Адже ні розмір, ні форма насіння кукурудзи не пов'язані з генетичним потенціалом, закладеним у них селекціонерами: найбільшою мірою його реалізація залежить від рівня знань та дій сільгосп товаровиробників. За несприятливих погодних умов, що супроводжують сівбу, велике і дрібне насіння може «діяти» по-різному. Так, матеріал великого розміру буде мати деякі труднощі при висіві в сухий ґрунт, адже кількість вологи є найважливішим фактором для його проростання. Це з тим, що енергія, необхідна проростання у разі, може перевищувати кількість енергії, що є в ендоспермі.

Звісно, у будь-якій справі є свої нюанси. Згідно з дослідженнями, паростки з великих зерен виявляються більш об'ємними, ніж сходи, отримані від дрібного насіння. Але не поспішайте з висновками: ця перевага зберігається лише до стадії п'ятого листа. Проте темпи появи листя у рослин не залежать від розміру посівного матеріалу.

Таким чином, проведені випробування не виявили суттєвого впливу розміру насіння на врожай.

## **1.2 Вимоги до посівних машин, що використовуються на ділянках гібридизації**

До посівних машин, що використовуються на ділянках гібридизації агротехнічні вимоги аналогічні, як для сівби насіння чи зерна на продовольчі чи фуражні цілі. Єдине на що необхідно звертати особливу увагу це травмування насіння та якість процесу сівби в цілому.

Основні агротехнічні вимоги до сівби:

1. Посівні машини та комплекси повинні забезпечувати сівбу сільськогосподарських культур від 12,5 см до 90 см. Ширина міжрядь залежить від особливості технології вирощування кожної окремо взятої культури. Дозувальні пристрої сівалок повинні забезпечувати норму сівби від 20 до 500 тисяч насінин на гектар.

2. Максимальне відхилення від норми сівби повинно бути в діапазоні  $\pm 3\%$ .

3. Сошники та робочі органи для загортання насіння повинні забезпечувати розподіл зерна чи насіння з відхиленням між окремими сошниками не більше  $\pm 10\%$  від встановленої норми.

4. Конструкція робочих органів для сівби (дисковий, анкерний сошники) повинні бути здатні виконати сівбу на глибину від 2 см до 12 см.

5. Максимально допустиме травмування насіння не повинно бути більше 0,5 % від встановленої норми сівби.

6. Допустима нерівномірність сівби за нормою між окремими посівними апаратами не повинна перевищувати 3 %.

7. Сівалка повинна забезпечувати внесення мінеральних добрив боку одного рядка сіялки на 5 см і глибше на 5см з нормами внесення 40.250 кг/га з допустимим відхиленням не більше  $\pm 10\%$ .

8. Відхилення від прямолінійності сівби не повинно перевищувати 5 см.

9. Поверхня ґрунту після проходу сівалки повинна бути рівномірною, не допускається присутність незагорнутого насіння на поверхні ґрунту.

Багато в чому відповідність агротехнічним вимогам залежить не тільки від кваліфікації механізатора, а й від технічного стану окремих механізмів сівалки.

### **1.3 Огляд сівалок та комплексів, призначених для сівби кукурудзи на насіння**

Розглянемо декілька сівалок, що призначені для сівби кукурудзи (соняшнику), особливості їх конструкцій. Кожен виробник посівної техніки пропонує широкий діапазон ширини захвату машин, тому цей показник до уваги приймати не будемо.

Одним із популярних в Україні серед недорогих виробників сівалок є фірма виробник Maschio Gaspardo зі своїми машинами серії Metro, Maestro, MTR та ін.

Загальний вид посівної машини Gaspardo серії MT наведено на рис. 1.1.



Рис. 1.1 – Сівалка Gaspardo серії MTR

Механізм копіювання ґрунту побудовано на основі паралелограмного механізму, що має пружину для компенсації різких коливань. Встановлений турбодиск попереду сошника дозволяє виконувати сівбу в необроблений ґрунт та забезпечує високу якість сівби. У випадку значної кількості поживних решток конструкцією передбачено встановлення спеціального ротаційного очищувача зони рядка. Прикочуючі колеса встановлено під кутом одне до іншого у вигляді букви «V», що забезпечує якісне ущільнення ґрунту в зоні вкладання насіння. Недоліком вказаної машини є незначний ресурс трибоспрядень, в результаті чого якість сівби стає незадовільною. При цьому, такі машини коштують на порядок менше, у порівнянні брендами преміум класу.

Одним із представників посівних машин преміум класу є виробник John Deere. Одними із популярних моделей вказаного виробника є сівалки John Deere 1745 з міжряддям 70 см (рис. 1.2).



Рис. 1.2 – Сівалка John Deere 1745

Сівалка призначена для сівби, як за класичної технології вирощування сільськогосподарських культур, так і за мінімальної обробки ґрунту. Основна сфера застосування – підприємства середнього та великого розмірів –



від 1500 га. Кількість рядків – 16, міжряддя – 70 см. Основною особливістю вказаної сівалки у порівнянні з молодшими моделями цієї серії є можливість внесення гранульованих добрив. Бункери для насіння можуть бути, в залежності від комплектації машини, як окремо на кожному секції, так і у вигляді централізованого розподілення насіння.

Механізм копіювання поверхні поля також виконаний у вигляді паралелограма. Колеса для прикочування виконані у вигляді V-подібного розміщення. Висока вартість машина обумовлена використанням різноманітних систем контролю якості сівби: Section Control, Row Command, та ін. У разі необхідності конструкція сівалки дозволяє встановити додаткову системи, що дозволяє отримати максимальну якість розподілення насіння – Precision Planting.

Сівалка для точної сівби Massey Ferguson 9000 VE (Vacuum-Electric) випускається з декількома модифікаціями з кількістю рядків від 8 до 24 шт. (рис. 1.3). Конструкцією цієї машини також передбачено можливість системи Precision Planting, що забезпечує високу якість сівби.



Рис. 1.3 – Сівалка Massey Ferguson 9000 VE

Одним із напрямків щодо покращення умов розвитку рослин кукурудзи є сівба в шаховому порядку. Реалізація цього можлива саме за рахунок використання систем з високою точністю вкладання насіння для кожної посівної секції. Точність дозування насіння забезпечується розташуванням спеціального електроприводу на кожній посівній секції із поєднанням вакуумного механізму. Конструкція механізму копіювання аналогічна до попередньо розглянутих посівних машин.

Таким чином, можна зробити висновок, що всі виробники посівної техніки для сівби просапних культур мають схожі за конструкцією посівні секції. Основним недоліком таких конструкцій є значне погіршення якості сівби при утворенні люфтів у трибоспряженнях копіювального механізму, як всієї секції, так і важеля опорного колеса.

#### **1.4 Обґрунтування теми дипломної роботи**

Значна кількість трибоспряжень у конструкціях посівних машин та комплексів повинна забезпечувати високу якість копіювання поверхні поля, що сприятиме рівномірній сівби на задану глибину. При цьому, умови роботи сільськогосподарських культур пов'язані з наявністю абразивних частинок в повітрі. Внаслідок чого в трибоспряженнях, що не захищені від зовнішнього середовища, спостерігається інтенсивний знос. Одним із напрямків удосконалення конструкцій сівалок для ділянок гібридизації, що забезпечить високу якість сівби, є розробка трибоспряжень з підвищеним ресурсом.

Тому метою роботи є обґрунтування ефективності використання композитних матеріалів для рухомих з'єднань посівних машин ділянок гібридизації

Задачі дипломної роботи:

1. Проаналізувати стан питання щодо використання композитів неметалевого походження, як елементів трибоспряжень посівних машин.

2. Розробити нові матеріали на основі Фторопласт-4 та наповнювача, виконати дослідження їх характеристик та властивостей.
3. Обґрунтувати залежність температури в околі тертя та величини зносу від тиску, що діє на трибоспряження.
4. Розглянути основні питання з охорони праці та безпеки при виконанні робіт з пластиками.
5. Навести економічне обґрунтування роботи.



## 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

### 2.1 Пристосування та обладнання для проведення експериментальних досліджень

Машина 2070 СМТ-1 призначена для випробування матеріалів на тертя та знос та вивчення процесів тертя та зносу металів, сплавів і матеріалів конструкційних пластмас (рис. 2.1).



Рис. 2.1 – Машина 2070 СМТ-1

Принцип дії машини у притисненні пари «зразок-диск» один до іншого із заданою силою при обертанні одної з поверхонь відносно іншої з заданою частотою. Частота обертання валу нижнього зразка може змінюватись в діапазоні від 75 до 1500 обертів на хвилину, зусилля притиску випробуваних зразків в діапазоні від 200 до 5000 ньютонів. У відповідності з видами наданих на випробування пар зразків існують наступні варіанти схем випробувань:

«диск- диск», «диск-колодка», «вал-втулка» (рис. 2.2).

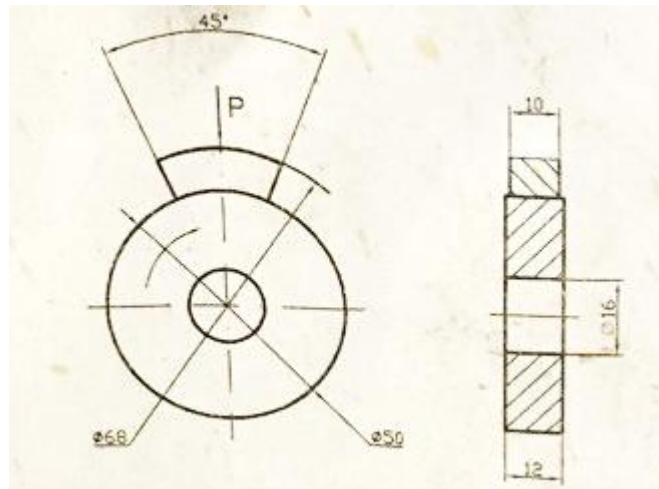


Рис.2.2 – Схема випробувань «диск з колодкою»

Машина складається з двох частин: випробувальної установки та пульта керування. Випробувальна установка містить наступні основні функціональні вузли: випробувальний блок (вузол тертя блок приводу, вузол навантаження), камери. Випробувальний блок є основним вузлом та призначений для формування випробувальної пари тертя. Він повинен забезпечувати точну та надійну основу зразків, однозначність і визначеність в реалізації схеми опробування включаючи рівномірність навантаження та зносу зразків (з'єднання елементів випробувального блока не повинні мати люфти). Також він повинен забезпечувати можливість випробувань різних типів і розмірів зразків по декільком схема (можливість швидкого переналагодження). Зазвичай у випробуванні в блок конструктивно входить датчик сили (моменту тертя, що є частиною системи вимірювання), прилад призначений для передачі руху одному чи декільком зразкам що входять вузлів тертя і включає в себе електродвигун та передаточний механізм, кінематика якого визначається характером відносного руху пари що треться. Регулювання швидкості в широких межах забезпечується за допомогою електропривода. Прилад повинен забезпечувати плавність руху без ривків та

ударів, якщо останні спеціально не передбачені тим методом випробувань що використовується. Вузол навантаження застосовується для створення постійного чи змінного нормального навантаження на зразки, для чого використовуються спеціальні механізми: важіль, гравітаційні пружини та інші, при цьому повинні забезпечуватись плавне прикладання та стабільність режиму навантаження Незалежно від змін в процесі випробувань сили тертя та величини зносу. Камера застосовується для проведення випробувань у спеціальних температурних умовах: у вакуумі, при подачі мастильного матеріалу, абразиву тощо. Також вона виконує захисну функцію, захищаючи оператора від впливу продуктів зносу, шуму та інших шкідливих факторів. Камера може бути герметичною повністю або частково. Вузли випробувальної установки зазвичай монтуються на спільній станині що при необхідних випадках може бути укомплектована віброопорами. Конструкція випробувальної установки повинна забезпечувати надійну віброізоляцію з урахуванням роботи в умовах інтенсивних динамічних навантажень, у тому числі шляхом монтажу на ізольованому фундаменті. Випробувальна установка електрично зв'язана з пультом керування, який містить блок керування та блок вимірювання. На машині вимірюються та реєструються параметри, необхідні для отримання інформації про процес тертя (сила), момент тертя, силу нормального тиску, швидкість і шлях тертя, температуру в заданій зоні, знос, роботу тертя та ін. Сутність випробування зносу на машині тертя є в тому, що випробувані зразки піддають зношуванню при заданих умовах з використанням певного заздалегідь визначеного розрахунковим шляхом сталевого диску з насічками певної глибини та частоти обертання. Цей диск розрахований на моделювання того впливу, якого буде зазнавати втулка при її встановленні на сівалку Massey Ferguson 9000 VE.

Універсальна електромеханічна розривна машина FP-100 (рис.2.2) призначена для статичних випробувань металів, арматурної сталі, полімерів, листового та круглого прокату на розтяг та стиск при нормальній температурі. Машини розривні випробувальні оснащені системою

вимірювання, що дозволяє проводити випробування з заданою швидкістю навантаження з автоматичним підтриманням швидкості навантаження, що забезпечує вимір переміщення активного захвату і його індикацію, запис результату на само пишучому двокоординатному приборі.



Рис. 2.3 – Випробувальна машина FP-100

Ця машина оснащена тензометричним датчиком вимірювання навантаження. Модуль навантажуючий встановлюється на фундамент з прямком глибиною 780 мм. Електромеханічні розривні машини в цьому виконанні мають діапазон вимірювання від 1 до 2 кН, від 2 до 4 кН, від 3 до 10 кН, від 4 до 20 кН, від 5 до 40 кН, від 6 до 100 кН. Серед особливостей даних машин можна виділити ручне керування процесом навантаження, електромеханічну систему створювання навантаження, візуалізацію дійсного і максимального значення навантаження на аналоговому циферблаті, автоматичне підтримування швидкості навантажування, запис параметрів випробування, координатний тензометричний датчик вимірювання

навантаження, вертикальне одностонне виконання силової рами та висока жорсткість силової рами.

Під час проведення випробувань зразків з масовим вмістом вуглецю 10-30 відсотків на даній машині вони були перевірені на стиск при навантажуванні в півтори тонни тривалістю 5 хвилин. Після випробувань зразки були виміряні електронним штангенциркулем торекс з метою визначення відносної деформації в поздовжньому та поперечному напрямках. Також ж було визначено деяку оборотність деформації тобто зразки повертались до близьких значень відносно їх розмірів до початку випробування, але згідно зі спостереженнями цей процес не містив в собі системного характеру, зразки з однаковим змістом вуглецевого волокна приймали різні розміри відносно початкових.

Шафа сушильна СНОЛ (рис. 2.4) призначена для сушіння різноманітних сипучих матеріалів за температури до 350 °С.



Рис. 2.4 – Шафа сушильна типу СНОЛ

Шафа сушильна складається з наступних основних частин: регулятор температури сушильних шаф комплектуються аналоговим мікропроцесором чи програмним контролером температури по бажанню замовника (в лабораторії

полімерних матеріалів шафа комплектуватися мікропроцесорним регулятором температури), зовнішня поверхня сушильної шафи виготовлена зі сталі, яка пофарбована спеціальним полімерним покриттям. Щільність прилягання двері шафи та герметичності робочої камери забезпечується встановленням ущільнювача із термостійкої гуми. Робоча камера може бути виготовлена як із нержавіючої сталі, так із чорних сталей. У випадку виготовлення внутрішньої поверхні зі чорної сталі на її поверхню наноситься спеціальна термостійка фарба. Нагрівання камери відбувається одночасно з усіх сторін за рахунок встановленого в корпусі стрічкового нагрівача. В конструкції термошафи вбудовано вентилятор, що забезпечує постійну циркуляцію повітря в робочій камері. В сушильній шафі передбачено додатковий отвір для використання контрольної термопари. Вказаний отвір розміщений на верхній грані термошафи. В термошафі передбачені отвори для видалення вологи з робочої камери та витяжної вентиляції за яку відповідає вищезгаданий вентилятор, що забезпечує примусову конвекцію та рівномірність температури в різних частинах обладнання. Завдяки широкому спектру температур дана шафа використовується в широкому спектрі лабораторних робіт, таких як просушка різного матеріалу, стерилізація, температурне тестування, проколювання, термічне старіння, а також відпуск при невисоких температурах. Основний принцип роботи шафи, що забезпечує універсальність є автоматичне регулювання та підтримання заданої температури всередині простору робочої камери.

## **2.2 Технологія виготовлення полімерно-композитних матеріалів**

Початковим завданням роботи полягало у виготовленні зразків з композитів для їх подальшого випробовування в процесі виконання дипломної роботи. Для виконання даної роботи було вибрано на основі довідкових джерел три співвідношення вуглецевого волокна (ВВ) і фторопласту-4 (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Складові розробленого ПКМ

Компонент ПКМ	10%	20%	30%
<b>ВВ</b>	2,5	5	7,5
<b>Фторопласт</b>	22,5	20	17,5
Результат	25	25	25

Наведена таблиця необхідна для визначення маси складових компонентів майбутнього композиту.

Після зважування їх на аналітичних терезах ВЛР-200 (рис. 2.5) компоненти необхідно було перемішати. Для цього використовували апарат вихрового шару ВК-150К-02 (рис. 2.6).



Рис. 2.5 – Аналітичні терези ВЛР-200





Рис 2.6 – Апарат вихрового шару ВК-150К-02

Апарат призначений для змішування компонентів з розмірами часток до 6 мм. Апарат працює за принципом обертання феромагнітних елементів під впливом електромагнітних сил.

Для змішування компоненти засипали в спеціальну колбу (рис. 2.7), в яку додавали рубані сталеві цвяхи довжиною 10...15 мм в кількості 35...40 штук.



Рис. 2.7 – Колба для змішування компонентів із нержавіючої сталі



Перемішування в апарату відбувається 7 разів по три запуски, загальна тривалість роботи АВШ не повинна перевищувати 3 хвилини. Після змішування магнітом відокремили цвяхи від готової маси. Було помічено збільшення об'єму суміші від початкової приблизно в три рази (в залежності від співвідношення компонентів). Готова маса була розділена по 6 рівних за вагою частин кожного співвідношення (рис. 2.8).



Рис. 2.8 – Компоненти після змішування за допомогою апарату вихрового шару В-150К-02

Кожна порція була засипана і запресована на пресі МС-100 (рис. 2.9). Тиск при запресовуванні –  $300\text{кг/см}^2$  в спеціальній циліндричій формі для випікання та підданна нагріванню під тиском в шафі сушильній СНОЛ при початковій  $T_{\text{поч}} = 150\text{ }^\circ\text{C}$ . Температуру підвищували поступово на  $50\text{ }^\circ\text{C}$ , кожні 10 хвилин. При досягненні максимальної  $T_{\text{макс}} = 350\text{ }^\circ\text{C}$  форму продовжували витримувати протягом 2,5 год. Після цього форму розбирали і візуально контролюють зразки на відсутність тріщин, викришувань та інших дефектів.



Рис.2.9 – Прес МС-100

Одержані зразки використовували для дослідження властивостей та характеристик створеного матеріалу на основі фторопласту-4 та вуглецевого волокна.

## 3.РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1 Полімери і їх властивості

Як відомо, полімери – це високомолекулярні сполуки з великою кількістю мономерів та великою молекулярною масою. Сьогодні відомо десятки тисяч видів полімерів, які мають найрізноманітніші сфери застосування в суспільстві: фармація, медицина, побут, машинобудування та багато іншого. Полімери бувають термопластичними, тобто такими, які можуть перероблятися декілька разів із незначним зниженням (або зміною) властивостей та реактопластами – такими, що переробляються тільки один раз. У випадку повторної переробки, реактопласти, як правило, піддаються сильній деструкції, обвуглюються і втрачають свої властивості.

Нас, у першу чергу цікавлять полімери – термопласти, які можуть застосовуватися в конструкціях машин і механізмів, зокрема й сільськогосподарського призначення. До таких відносяться конструкційні пластики. Це полімери та композити на їх основі, які мають набір властивостей, необхідних для ефективною експлуатації в трибоспряженнях, опорах, шарнірах та інших механізмах. Це повинні бути полімери з високими трибологічними та міцнісними властивостями, які мають низькі показники коефіцієнта тертя (0,16...0,24), температуру в зоні контакту (не більше 70°C), границю міцності при стисканні в межах 120...260 МПа. Бо саме такі режими експлуатації мають місце в сільськогосподарській техніці [2]. Як показують наукові дослідження застосування конструкційних пластиків може відбуватися за широкого діапазону режимів експлуатації і забезпечує рішення таких технологічних і екологічних задач, як зниження трудомісткості виготовлення деталей і впровадження безвідходних екологічно чистих технологій [3].

Унікальні поєднання фізико-механічних властивостей, які не можна отримати при використанні металів, є в полімерних композиційних матеріалах на основі термопластів із уведеними в їх структуру вуглецевими волокнами,

графітом, у тому числі й термічно розщепленим. Такі матеріали, як правило, не потребують змащування, мають дуже високі показники зносостійкості, здатні працювати в агресивних середовищах як з точки зору механічних умов (наприклад, наявність абразиву) так і хімічних (агресивні гази, рідини). Полімерні композити, зокрема вуглепластики, забезпечують значне підвищення технічного рівня техніки за рахунок зменшення енергоємності їх експлуатації, витрат на технічне обслуговування, збільшення його періодичності, підвищення точності виконання технологічних операцій [4, 6].

Таким чином, застосування конструкційних пластиків дозволяє вирішити ряд важливих конструктивно-технологічних проблем. Однак, до недоліків конструкційних пластиків слід віднести їх відносно високу вартість. Крім того, Україна на сьогодні не володіє технологією розробки високотехнологічних конструкційних пластиків, що блокує створення конкурентоспроможної сільськогосподарської техніки. Тому, нами було запропоновано застосувати технологію уведення відпрацьованих пластиків в структуру ПКМ.

Нові композити із уведеними в них відпрацьованих пластиків, наприклад, поліетиленів мають задовільні фізико-механічні властивості і їх можна застосовувати в конструкціях с.-г. машин [5].

Таким чином, доцільно розвивати дослідження властивостей ПКМ на основі поліаміду з додаванням відпрацьованих поліетиленів.

Також має місце інтерес для застосування в трибоспряженнях полімери на основі політетрафторетилену або фторопласту-4 та його композицій. Цей матеріал має ряд переваг за одного дуже значного недоліку – холодотекучості. Властивості фторопластів з метою застосування їх в машинах сільськогосподарського призначення вивчали такі вчені як Кабат О.С., Буря О.І., Дудін В.Ю., Деркач О.Д. та інші. Недостатньо вивчені властивості фторопластів та композицій на їх основі для застосування в сільськогосподарському машинобудуванні, зокрема, в посівних комплексах, не дають уяви про ефективність їх застосування в даному виді машин.

Тому, необхідно провести лабораторні дослідження трибологічних властивостей фторопласту з експлуатаційними умовами, характерними для трибоспряжень с.-г. машин.

### **3.2 Результати досліджень коефіцієнту тертя**

Фторопласт-4 має кристалічну форму з температурою плавлення кристаллітів 345С і температура склування амфорних ділянок від -120 до +120С. Так і при дослідах, що цей полімер навіть вище температури 420(розкладання) не б при температурі вище температури розкладання (415С) фторопласт - 4 не переходить у рідке становище.

Виробництво фторопластових композицій з додаванням вуглецевого волокна(CF) у різних пропорціях, починаючи від 10% і більше наповнювача до фторопласту-4 дозволяють підвищити твердість, межу плинності та зносостійкості матеріалу. Застосування тих чи інших наповнювачів обумовлено середовищами, у яких будуть експлуатуватися готові вироби. Обробка матеріалів даної групи в силу вищої, ніж у наповненого фторопласту - 4 абразивності, пропонує більш високе зношування обробного інструменту при виготовленні деталей. Матеріали з додаванням вуглецевого волокна в фторопласт-4 хімічно інертно, відрізняється високою тепло- та електропровідністю, також протиекструзійними властивостями, підвищеною зносостійкістю.

Введення вуглецевого волокна у кількості 20 % мас. Призводить до незначного підвищення коефіцієнту тертя. В той же час, при значних величинах тиску коефіцієнт тертя наповненого ПКМ матеріалу значно менший у порівнянні з чистим фторопластом-4.

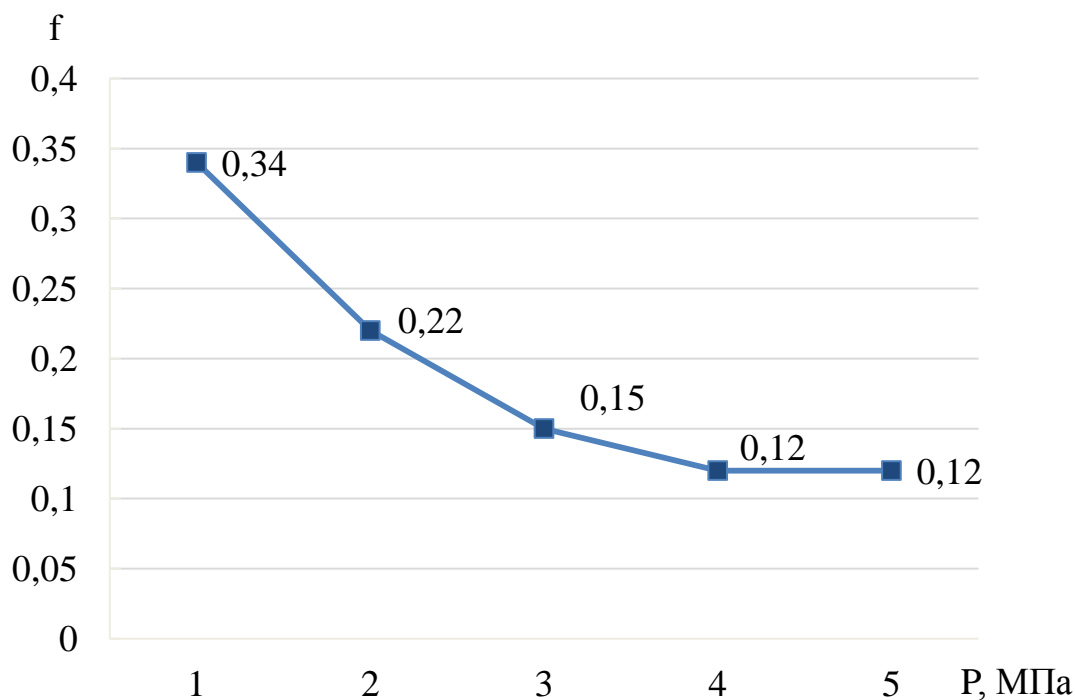


Рис 3.1 – Залежність коефіцієнту тертя від тиску

Збільшення тиску з 1 МПа до 3 призводить до зниження коефіцієнту тертя на 55 % (з 0,34 до 0,15). Подальше зростання тиску незначно впливає на коефіцієнт тертя. Так при тиску 4 та 5 МПа він стабілізується на рівні 0,12. Отже армування вуглецевим волокном матрицю з фторопласту-4 має позитивний ефект при режимі тертя більше 3МПа.

### 3.3 Результати дослідження величини зносу

Для виявлення оптимальних кількостей антифрикційних компонентів-добавок, при яких досягаються найменші значення коефіцієнтів зносу багатокомпонентних фторопластових матеріалів, були виготовлені зразки з фіксованими близькими до оптимальних значеннями кількісного вмісту компонентів основ матеріалів та змінними кількісними співвідношеннями інших, що входять до складу композицій. Для поліпшення характеристик матеріалів наповненого типу при сумарному вмісті наповнювачів у кількостях, близьких до оптимальних, залежно від співвідношення розмірів частинок порошків фторопласту та вуглецевого волокна.

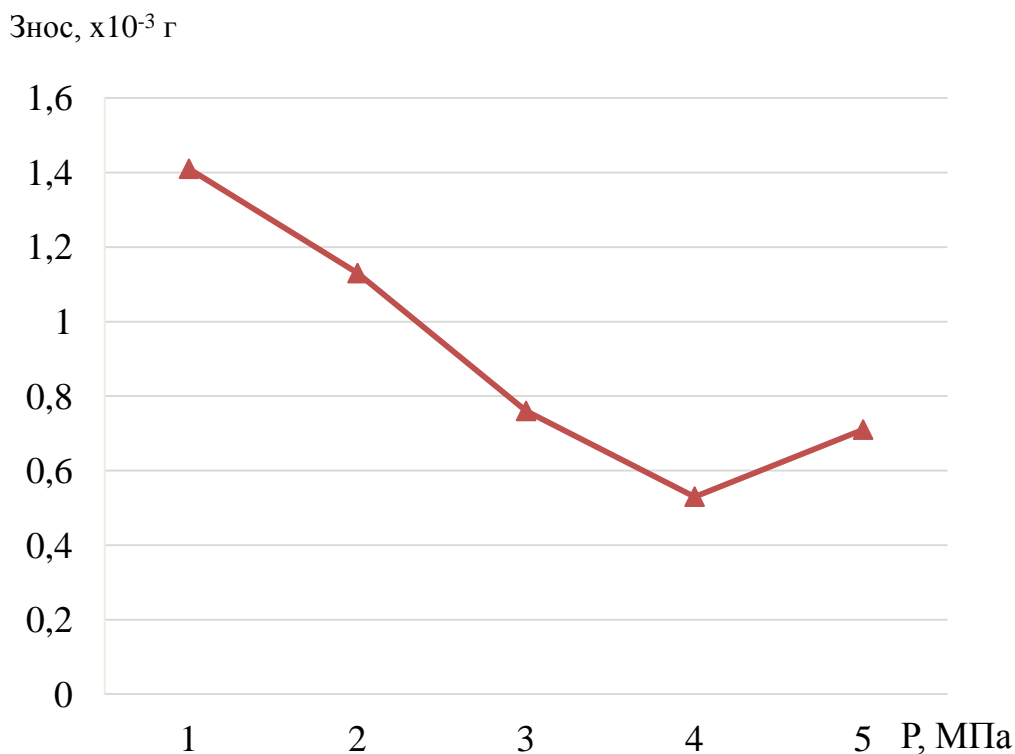


Рис. 3.2 – Залежність величини зносу від тиску

Виходячи з одержаних даних (рис. 3.2), можна зробити висновок, що величина зносу зменшується зі збільшенням тиску до значення 4 МПа, після чого спостерігається різке збільшення вказаної величини.

### 3.4 Результати дослідження температури в колі тертя

Нагрівання фторопласту до температури вище 330 °С спричиняє згуртовуванню його кристалів та їх перетворення. При нагріванні фторопласту до 415 градусів – відбувається його деструкція. В'язкотекучий стан фторопласту-4 не буває за жодних температур.

Збільшення тиску при терті фторопласту-4 наповненого 20 % мас. вуглецевим волокном по сталі 45 призводить до підвищення температури в околі тертя (рис. 3.3).

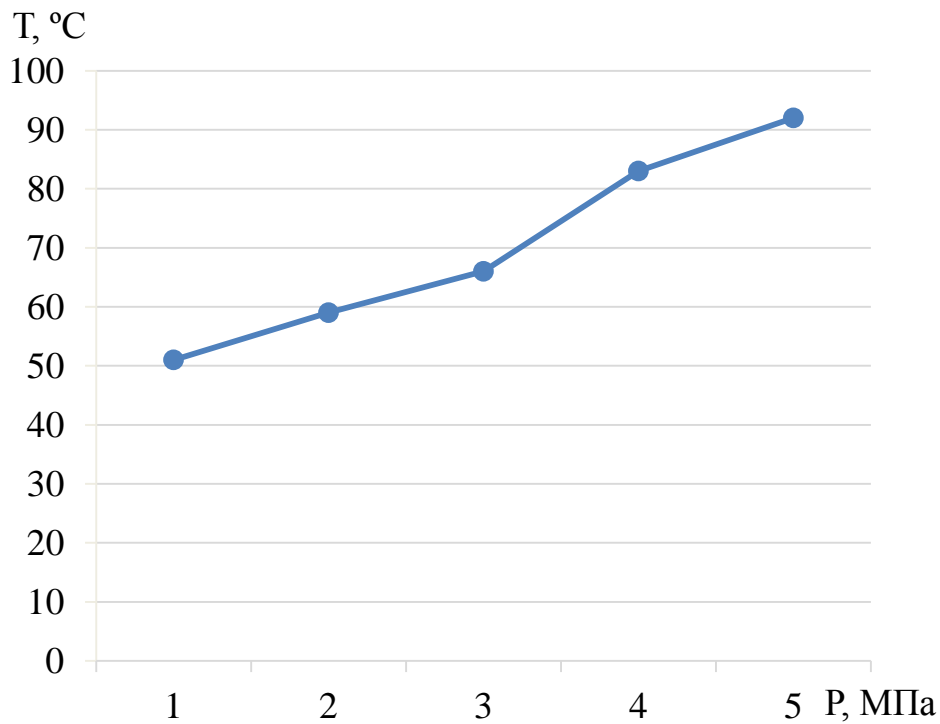


Рис. 3.3 – Залежність температури в околі тертя від тиску

Зростання температури при незначній величині тиску до 3 МПа відбувається поступово. Подальше збільшення тиску при дослідженні більше до 4 МПа та 5 МПа призводить до різкого підвищення температури в зоні тертя.

Наведені результати дозволяють обґрунтувати режими роботи трибоспряжень та їх ресурс елементи яких виготовлені з ПКМ на основі фторопласту-4 наповненого вуглецевим волокном.

Оптимальне значенням тиску в трибоспряженні знаходиться в діапазоні 3...4 МПа. За таких умов деталі з ПКМ будуть мати найменший знос та коефіцієнт тертя, та незначну температуру в зоні тертя до 80...83 °C.



## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1 Загальні положення**

«Охорона праці – це комплекс законодавчих, суспільно-фінансових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-попереджувальних заходів та засобів, які були спрямовані на підтримку життєдіяльності, фізичного, психічного стану і життєстійкості кожної особи у процесі виконання роботи» [7].

При виконанні робіт зі створенням зразків з ПКМ та експериментальних досліджень на працівника можуть діяти шкідливі та небезпечні фактори [8].

Об'єктом підвищеної небезпеки називають об'єкт на якому використовується або зберігається потенційно небезпечна речовина, або об'єкт, що може бути становити загрозу для життя та здоров'я

### **4.2 Шкідливі та небезпечні фактори при виконанні робіт з полімерними матеріалами (пластиками)**

Шкідливим виробничим фактором називають такий чинник, який за певних умов та довготривалої дії може призвести до зменшення працездатності працівника чи погіршення його стану здоров'я [9]. При цьому, небезпечним виробничим фактором називають чинник процесу виробництва чи середовища, який за певних умов може спричинити до травмування працівника чи серйозного погіршення стану його здоров'я [9].

Виконання робіт пов'язаних із використанням ПКМ пов'язані з певними шкідливими та небезпечними фактори [8]:

- Присутність у робочій зоні шкідливих летких складових, що утворюються в процесі переробки пластиків [10]. При вдиханні яких працівник може отримати подразнення органів дихання та слизових оболонок.

- Електромагнітні та теплові випромінювання. Основними небезпечними елементами при переробці пластиків є нагрівальні елементи екструдерів, машин для лиття під тиском та різноманітних термошаф [11]. Недотримання вимог гігієни праці та інструкцій при роботі зі вказаним обладнанням може призводити до отримання опіків різних ступенів.

- Вібрація. При роботі устаткування для одержання ПКМ чи переробки його в готові вироби присутня виробнича вібрація від окремих елементів машин [12]. Зокрема це приводи та різноманітні обертові елементи конструкцій. Довготривала дія вібрації на організм працівника може призводити до виникнення проблем із опорно-руховим апаратом та серцево-судинної системи.

4. Підвищений рівень шуму при виконанні робіт може призводити до погіршення слуху, в деяких випадках до втрати.

Серед основних об'єктів, що мають підвищену небезпеку слід назвати такі: машини для змішування матеріалів, їх переробки в готові вироби та устаткування для виконання досліджень.

### **4.3 Правила безпеки праці при проведенні досліджень**

*Вимоги безпеки перед початком роботи.* Перед тим, як приступити до виконання робіт працівнику необхідно пройти інструктаж. Першочерговим завданням є перевірка надійності заземлення машин та обладнання, що працюють від електромережі. Запуск обладнання та устаткування може виконувати тільки викладач або лаборант (якщо такий працівник передбачений штатним розписом). Для захисту працівників від можливого негативного впливу небезпечних чи шкідливих речовин необхідно використовувати відповідні засоби індивідуального захисту органів зору – окуляри закритого типу та напівмаски, що дозволяють захистити не тільки очі, а й повністю обличчя та частину шиї.

*Вимоги безпеки під час роботи.* Відповідно до ГОСТ 4651-82 виконання робіт на машинах для тертя та зношування типу СМЦ-2 (СМТ-1) необхідно

застосовувати спеціальні захисні щити, зокрема при виконанні робіт з дослідження матеріалів на абразивний та при терті з використанням змащувальних середовищ.

*Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.* Першочерговою задачею при виникненні аварійних ситуацій є ліквідація джерела небезпеки або за можливості негайне відведення потерпілого із небезпечної зони чи від діючого небезпечного чинника. Заборонено пересувати чи чіпати предмета на місці події до приїзду спеціальних служб чи комісії. У разі виникнення пожежі необхідно терміново повідомити службу з надзвичайних ситуацій та повідомити керівника підприємства (установи).

*Вимоги безпеки після закінчення роботи.* Порядок дій після завершення експериментальних досліджень:

- поступово зменшити величину навантаження до 0;
- вимкнути подачу живлення до обладнання;
- виконати очищення робочих поверхонь від бруду;
- перевірити кріплення рухомих частин устаткування;
- повідомити безпосереднього керівника про закінчення роботи;
- зняти спецодяг та віддати його на зберігання.

*Забороняється працювати у випадку відсутності захисних огорожень, виконувати встановлення чи знімання експериментальних зразків при роботі машини.*

#### **4.4 Дії у разі виникнення надзвичайної ситуації**

При виявленні ознак горіння чи видимого полум'я працівник повинен виконати такі дії [13]:

- терміново повідомити в службу з надзвичайних ситуацій з детальним вказанням місця виникнення пожежі, присутності людей в приміщенні, та інформації щодо розповсюдження пожежі;

- повідомити керівництво закладу або установи про виявлення ознак горіння чи пожежі;
- в короткі терміни організувати безпечну евакуацію людей;
- за необхідності вимкнути подачу струму та систему вентиляції;
- використовуючи підручні засоби, в тому числі і вогнегасники, розпочати гасіння пожежі;
- організувати зустріч підрозділів служби з надзвичайних ситуацій та за необхідності всіляко допомагати їм;
- обов'язково дотримуватися вказівок керівника служби з надзвичайних ситуацій.

**Висновки до розділу.** Розглянуто загальні положення з охорони праці. Наведено вимоги з безпеки праці при виконанні робіт в лабораторії. Наведено порядок дій у випадку надзвичайної ситуації.

## 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ

Основними показниками ефективності використання різноманітних агрегатів для виконання однотипної операції є величина експлуатаційних витрат. Серед різноманіття вказаних витрат для оцінки роботи МТА найчастіше використовують питомі експлуатаційні затрати, приведені затрати, затрати на забезпечення ПММ. Одним із перспективних шляхів подальшого розвитку конструкцій сільськогосподарських машин є збільшення ширини захвату та використання комбінованих агрегатів, що забезпечують виконання декількох операцій за один прохід агрегату.

В дипломній роботі запропоновано удосконалення конструкції трибоспрязень посівних машин, що сприяє підвищенню їх довговічності та зменшенню простоїв на проведення технічного обслуговування машини.

Обґрунтування економічної ефективності роботи виконаємо на основі порівняння різноманітних затрат при виконанні технологічної операції сівби для різних складів МТА. Для визначення показників ефективності запропонованого рішення обрано посівну машину Massey Ferguson 9000 VE.

У якості енергетичного засобу обрано трактор John Deere 6175. Початкові дані, необхідні для визначення економічних показників роботи представлено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 Початкові умови об'єкту експлуатації модифікованого МТА

Показники	John Deere 6140M + Massey Ferguson 9000 VE	John Deere6140M+Massey Ferguson 9000 VE(M)
1	2	3
1. Продуктивність агрегату, га/год, W	7	7,5
2. Затрати палива, кг /га	3,1	2,0
3. Час зміни, год., T	7	7

4. Річне завантаження га, Тр	1050	1110
5 Обслуговуючий персонал, чол.	1	1
6. Балансова вартість МТА, грн	2400000+900000	2400000+9500000
7. Оплата праці за 1 год, грн.	75	75
8. Вартість паливо-мастильних матеріалів, грн./кг	Цк б = 32	Цк б = 32

Підвищення продуктивності модернізованого агрегату з 7 га/год до 7,5 га/год пов'язано із ліквідацією точок мащення, і як результат зменшенні витрат часу на обслуговування сівалки. Вартість реалізації запропонованого рішення у конструкцію сівалки Massey Ferguson 9000 VE.

Вартість модернізації сівалки Massey Ferguson 9000 VE становить 85600 грн. Виконаємо розрахунки експлуатаційних затрат на роботу вказаного агрегату у базовій комплектації та при використанні модернізованої машини.

Загальні експлуатаційні витрати при використанні МТА визначаємо за формулою:

$$C_{\text{ит}} = C_{\text{нмм}} + C_{\text{зн}} + C_{\text{м}} + C_{\text{т}} \quad (5.1)$$

де,  $C_{\text{нмм}}$  – експлуатаційні витрати на паливо-мастильні матеріали, грн./га;

$C_{\text{зн}}$  – заробітна плата, грн./га;

$C_{\text{м}}$  – сумарні витрати на реновацію, технічне обслуговування та ремонт техніки, грн./га.

Вартість ПММ знайдемо за формулою:

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

де,  $Ц_{\text{к}}$  – вартість паливо-мастильних матеріалів, приймаємо 32 грн./кг;

$g_{\text{га}}$  – витрата палива на виконання технологічної операції, кг/га (для стандартної конструкції сівалки Massey Ferguson 9000 VE в агрегаті з трактором John Deere 6175M – 3,1 кг/га, укомплектованого розробленими матеріалами – 2,0 кг/га);

$K_i$  – коефіцієнт індексації цін ( $K = 1$ ).

Розрахуємо кількість ПММ для обох випадків:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{б}} = 32 \cdot 3,1 \cdot 1 = 85,6 \text{ грн./га}$$

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{п}} = 32 \cdot 2,0 \cdot 1 = 62 \text{ грн./га}$$

Експлуатаційні затрати на роботу сільськогосподарської машини (сівалки) розраховуємо з виразу:

$$C_{\text{М}} = \left[ \frac{[B_{\text{м}} \cdot a_{\text{рм}}]}{100 \cdot n_{\text{МТМ}} \cdot G_{\text{рік н}}} + \frac{C_{\text{прм}} + C_{\text{том}} + C_{\text{зм}}}{G_{\text{рік н}}} \right] \cdot K_i, \quad (5.3)$$

де,  $B_{\text{м}}$ ,  $a_{\text{рм}}$  – вартість машини (грн.) та відсоток витрат на оновлення машини (%), нормативне значення відрахувань прийнято – 13 %.

$C_{\text{прм}}$ ,  $C_{\text{том}}$ ,  $C_{\text{зм}}$  – експлуатаційні витрати на ПР, ТО та зберігання техніки, грн. Приймаємо для базового варіанту 8,3 %, для запропонованого – 5,8 %.

$N_{\text{зм}}^{\text{м}}$ ,  $G_{\text{рік н}}^{\text{рік}}$  – Завантаження сільськогосподарської машини, річне

Вартість базової посівної машини Massey Ferguson 9000 приймаємо – 900000 грн., укомплектованої експериментальними деталями – 950000 грн. Вартість модернізації становить – 50000 грн.

Експлуатаційні затрати за умови виконання робіт базовою сівалкою складають:

$$C_{\text{М}}^{\text{б}} = \left( \frac{900000 \cdot 11}{100 \cdot 21 \cdot 1005} + \frac{75650}{1005} \right) \cdot 1 = 85,3 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні затрати за умови виконання робіт сівалкою укомплектованими експериментальними деталями:

$$C_{\text{М}}^{\text{п}} = \left( \frac{950000 \cdot 11}{100 \cdot 21 \cdot 1095} + \frac{58316}{1095} \right) \cdot 1 = 60 \text{ грн/га}$$

Величина експлуатаційних витрат на експлуатацію трактора John Deere 6175M становить:

$$C_T^{\text{п}} = \left( \frac{B_M \cdot \alpha_{PM} \cdot g_{za} \cdot 0,83}{100 \cdot G_{\text{рік}_n}} + \frac{\sum C_M^H \cdot g_{za} \cdot 0,83}{1000} \right) \cdot K_i$$

Величина експлуатаційних витрат на роботу трактора John Deere 6175M за умови агрегування з базової сівалкою становить:

$$C_T^{\text{б}} = \left( \frac{2400000 \cdot 10 \cdot 2,3 \cdot 0,83}{100 \cdot 20000} + \frac{9265 \cdot 2,3 \cdot 0,83}{1000} \right) \cdot 1 = 46 \text{ грн/га}$$

Величина експлуатаційних витрат на роботу трактора John Deere 6175M за умови агрегування з модернізованою сівалкою становить:

$$C_T^{\text{п}} = \left( \frac{2400000 \cdot 10 \cdot 2,0 \cdot 0,83}{100 \cdot 20000} + \frac{9265 \cdot 2,0 \cdot 0,83}{1000} \right) \cdot 1 = 39 \text{ грн/га}$$

Обсяг заробітної плати визначаємо за виразом:

$$C_{\text{зп}} = \frac{1,50 \cdot K_{\text{нк}} \cdot m_{\text{мех}} \cdot f_{\text{мех}} \cdot 1,04 \cdot K_3}{W}, \text{ грн/га} \quad (5.4)$$

де 1,5 і 1,04 – коефіцієнт, що використовуються при нарахуванні заробітної плати;

$K_{\text{нк}}$  – коефіцієнт, який враховує розряд трактористів-механізаторів. Беремо до уваги коефіцієнт 1,3 для трактористів-машиністів по першому розряду;

$m_{\text{мех}}$  – обслуговуючий персонал, кількість;

$f_{\text{мех}}$  – розмір заробітної плати для механізатора за зміну, грн./зм.;

$W$  - змінна норма виробітку, для базової конструкції приймаємо 46,9 га, для запропонованої – 50,0 га.



$K_3$  – коефіцієнт, що враховує величину інфляції при нарахуванні заробітної плати.  $K_3 = 1,0$ .

Підставивши наведені дані отримаємо такі значення затрат на заробітну плату:

$$C_{зп}^б = \frac{1,49 \cdot (2 \cdot 1 \cdot 420) \cdot 1,02 \cdot 1}{46,9} = 16,5 \text{ грн/га}$$

$$C_{зп}^п = \frac{1,49 \cdot (2 \cdot 1 \cdot 420) \cdot 1,02 \cdot 1}{50} = 15,3 \text{ грн/га}$$

Загальні експлуатаційні витрати розраховуємо за наведеним вище виразом:

Для МТА з базовою конструкцією сівалки:

$$C_{пит}^б = 68,3 + 80,5 + 39,7 + 16,5 = 209,3 \text{ грн./га}$$

Для запропонованого варіанту МТА:

$$C_{пит}^п = 60,3 + 58,6 + 34,8 + 15,3 = 173,2 \text{ грн./га}$$

Капітальні вкладення розраховуємо за формулою:

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

У випадку експлуатації базового варіанту МТА маємо:

$$K^б = \frac{900000}{100 \cdot 1110} = 115,3 \text{ грн/га}$$

У випадку експлуатації запропонованого МТА маємо:

$$K^п = \frac{950000}{100 \cdot 1195} = 99,6 \text{ грн./га}$$

Приведені витрати знаходимо з виразу:

$$\Pi_B = C_3 + E \cdot K, \text{ грн/га} \quad (5.6)$$

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

У випадку експлуатації базової машини, маємо:

$$\Pi_B^6 = 205,3 + 0,17 \cdot 115,3 = 225,6 \text{ грн./га}$$

При експлуатації розробленої машини, маємо:

$$\Pi_B^П = 173,6 + 0,17 \cdot 99,6 = 188,6 \text{ грн./га}$$

Результати розрахунків дозволяють зробити обґрунтовані висновки щодо значного зменшення експлуатаційних витрат за умови використання модернізованої машини.

Таким чином, економічний ефект у розрахунку на 1 га площі дорівнює:

$$E_{\text{еф}}^{\text{га}} = \Pi_B^П - \Pi_B^6 = 225,6 - 188,6 = 37 \text{ грн/га}$$

При річному завантаженні посівної машини 1110 га, експлуатаційний економічний ефект від модернізації машини становить:

$$E_{\text{еф}}^{\text{рік.екс}} = F \cdot (\Pi_B^П - \Pi_B^6) = 1110 (223,6 - 188,6) = 45376,5 \text{ грн}$$

Окупність додаткових капітальних вкладень визначаємо з виразу:

$$T_{\text{ок}} = K / П \quad (5.7)$$

Підставивши відомі дані, маємо:

$$T_{\text{ок}} = 50000 / 45376,5 = 1,1 \text{ року}$$

Одержані результати техніко-економічних розрахунків до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Технічно-економічні показники виконаної роботи

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Склад агрегату	-	John Deere 6175M +Massey Ferguson 9000	John Deere 6175M + Massey Ferguson 9000 (М)
Середній темп робіт	га/год	7	7,5
Балансова вартість:	грн.	2400000	2400000
-трактора		900000	950000
-сівалки			
Експлуатаційні витрати на:	грн./га		
- трактор		83,6	63,5
- сівалку		42,8	35,7
Вартість ПММ	грн./га	71,6	61,6
Оплата праці	грн./га	21	23
Питомі експлуатаційні витрати	грн./га	205,3	173,6
Приведені витрати	грн./га	225,6	188,6
Питомий економічний ефект	грн./га	-	37,0
Річний економічний ефект	грн.	-	45376,5
Термін окупності капітальних вкладень:	років	-	1,1

### Висновки до розділу

Використання модернізованої сівалки Massey Ferguson 9000 в агрегаті з John Deere 6175M дозволяє зменшити величину експлуатаційних витрат на

31,7 грн/га. Питомий економічний ефект становить 37,0 грн./га. Річний економічний ефект становить 45376,5 грн. Термін окупності додаткових капітальних вкладень становить 1,1 років. Отже можна зробити висновок щодо актуальності впровадження запропонованої модернізації у конструкцію просапних сівалок.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що умови роботи сільськогосподарських машин пов'язані з наявністю абразивних частинок в повітрі. Внаслідок чого в трибоспряженнях, що не захищені від зовнішнього середовища, спостерігається інтенсивний знос. Основним недоліком таких конструкцій є значне погіршення якості сівби при утворенні люфтів у трибоспряженнях копіювального механізму, як всієї секції, так і важеля опорного колеса. Одним із напрямків удосконалення конструкцій сівалок для ділянок гібридизації, що забезпечить високу якість сівби, є розробка трибоспряжень з підвищеним ресурсом.

2. Розроблено програму, наведено методики експериментальних досліджень. Представлено перелік устаткування для виконання експериментальних досліджень.

3. Встановлено, що збільшення тиску при терті фторопласту-4 наповненого 20 % мас. вуглецевим волокном по сталі 45 призводить до підвищення температури в околі тертя. Зростання температури при незначній величині тиску до 3 МПа відбувається поступово. Подальше збільшення тиску при дослідженні більше до 4 МПа та 5 МПа призводить до різкого підвищення температури в зоні тертя. Наведені результати дозволяють обґрунтувати режими роботи трибоспряжень та ресурс елементів, які виготовлені з ПКМ на основі фторопласту-4 наповненого вуглецевим волокном. Встановлено, що оптимальне значенням тиску в трибоспряженні знаходиться в діапазоні 3...4 МПа. За таких умов деталі з ПКМ будуть мати найменший знос, коефіцієнт тертя, та незначну температуру в зоні тертя до 80...83 °С.

4. Розглянуто загальні положення з охорони праці. Наведено вимоги з безпеки праці при виконанні робіт в лабораторії та порядок дій у випадку надзвичайної ситуації.

5. Використання модернізованої сівалки Massey Ferguson 9000 в агрегаті з John Deere 6175M дозволяє зменшити величину експлуатаційних витрат на 31,7 грн/га. Питомий економічний ефект становить 37,0 грн./га. Річний економічний ефект становить 45376,5 грн. Термін окупності додаткових капітальних вкладень становить 1,1 років. Отже можна зробити висновок щодо актуальності впровадження запропонованої модернізації у конструкцію просапних сівалок.

## 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. 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. — 215арк. : рис. — Бібліогр.: арк. 167-183.
3. Аулін В.В., Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Гриньків А.В. Вплив режимів експлуатації на зношування деталей, виготовлених з полімерно-композитного матеріалу / Problems of Tribology, 2018. № 4, P.65-69.pdf. DOI:10.31891/2079-1372-2018-90-4-65-69
4. О.Д. Деркач, О.І. Буря. Підвищення технічного рівня електро-, автомобільного транспорту та сільськогосподарської техніки за рахунок використання нових матеріалів – Наукові рекомендації: Дніпропетровськ: ДДАУ.–2011.–71 с.
5. Kobets A.S., Derkach O.D., Kabat O.S., Kovalenko V.L., and Kotok V.A. Recycling of constructional plastics with additives of exhausted polyethylene / ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. VOL. 14, NO. 13, JULY 2019.
6. 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.
7. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ.
8. НПАОП 25.2-1.35-90. Правила безпеки праці при роботі з полімерними композитними матеріалами (ПКМ), затверджено Мінавіапром СРСР від 27.12.90.

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

10. 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.

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

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

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



# ДОДАТКИ