

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:

**Підвищення надійності машинно-тракторних агрегатів застосуванням
деталей полімерно-композитних груп в трибосистемах**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-1-19 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Качанов Владислав Сергійович

Керівник: _____ Деркач Олексій Дмитрович

Рецензент: _____

Дніпро – 2020

**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)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

_____ Деркач О.Д.
« ____ » _____ 2019 р.

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

Качанову Владиславу Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Підвищення надійності машинно-тракторних агрегатів застосуванням деталей полімерно-композитних груп в трибосистемах

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

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

затверджені наказом ДДАЕУ від

«10» жовтня 2020 року № 2556

2. **Строк подання студентом роботи** 05.12.2020 р.

3. **Вихідні дані до роботи.** Технічні характеристики машинно-тракторних агрегатів на культивуванні. Наукові публікації стосовно застосування полімерів в сільськогосподарському машинобудуванні.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Загальний стан питання. 2. Теоретична частина. 3. Експериментальна частина. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5. Економічне обґрунтування роботи. Загальні висновки. Бібліографічний список. Додаток.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 - Титульний лист. 2 - Мета, завдання. 3, 4 - Аналіз стану питання. 5,6 - Теоретична частина. 7, 8 – Експериментальна частина. 9 - Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 10. Економічне обґрунтування роботи. 11 - Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 10.06.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Загальний стан питання	до 30.06.2020 р.	
2	Розділ 2. Теоретичний розділ	до 10.07.2020 р.	
3	Розділ 3. Лабораторно-практичний	до 29.10.2020 р.	
4	Розділ 4. Охорона праці та безпека в НС	до 12.11.2020 р.	
5	Розділ 5. Економічне обґрунтування роботи	до 01.12.2020 р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.12.2020 р.	
7			

Студент (підпис) _____ Качанов В.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи (підпис) _____ Деркач О.Д.
(прізвище та ініціали)

Реферат

Качанов В.С. **Підвищення надійності машинно-тракторних агрегатів застосуванням деталей полімерно-композитних груп в трибосистемах** / Випускова кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеню «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2020.

Робота виконана на кафедрі експлуатації МТП в міжфакультетській проблемній лабораторії технічного сервісу машин.

Основні результати роботи доповідалися на 5-й Міжнародній науково-практичній конференції "“CONSERVING SOILS AND WATER”" (26–29 серпня 2020 року, м. Боровець, Болгарія).

Робота складається з 5 розділів, що містять аналіз стану питання, теоретичну частину, експериментальні дослідження, розділ з безпеки праці та захисту надзвичайних ситуацій та економічне обґрунтування роботи. В кінці пояснювальної записки містяться висновки, бібліографічний список, додатки. Всього 59 сторінок листів формату А 4. Додається демонстраційний матеріал, виконаний в середовищі PowerPoint.

Ключові слова: машинно-тракторний агрегат, культиватор, полімерний композит, експлуатаційна надійність.

Список публікацій здобувача

Деркач А., Макаренко Д., Кабат О., Качанов В., Апанович А., Деркач П. Application of recycled plastics in tribosystems of seeding machines // V International Scientific Conference “CONSERVING SOILS AND WATER”. ISSN 2535-0234 (Print) ISSN 2535-0242 (Online) 26.-29.08.2020, BOROVETS, BULGARIA, p. 80-82.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ПИТАННЯ.....	8
1.1. Поняття машинно-тракторного агрегату, трибосистеми.....	8
1.2. Аналіз конструкцій культиваторів.....	11
1.3. Відмови та причини зниження надійності МТА на базі культиваторів ...	17
1.4. Актуальність роботи	19
1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи.....	22
2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	25
2.1. Розрахунок зусиль у трибоспряженнях паралелограмного механізму	25
3 . ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	29
3.1. Програма досліджень.....	29
3.2. Методики та обладнання для лабораторних досліджень	29
3.3. Підготовка та отримання композицій	34
3.4. Результати експериментальних досліджень	36
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	41
4.1. Суть охорони праці	41
4.2. Аналіз шкідливих факторів при проведенні лабораторних досліджень.....	42
4.3. Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників ..	44
4.4. Правила безпечного виконання робіт при проведенні науково-дослідних лабораторних робіт	45
4.5. Розробка вимог безпеки праці при настанні надзвичайної ситуації	45
Висновки по розділу.....	46

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ.....	48
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	54
БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	55
Додатки	

ВСТУП

Споживання промислових і побутових полімерів і виробів з них постійно зростає в усьому світі. Разом з тим, зростає і кількість відходів. З огляду на те, що період розкладання різних полімерів становить від декількох років до 400 років, сьогодні проблема переробки та утилізації пластиків набула глобального характеру і є проблемою світового масштабу. Це стосується і України. Щорічно в Україні продукується близько 6 мільйонів тонн відходів з поліетилену, з яких найбільш поширеними є поліетилен, поліпропілен, полістирол, поліетилентерефталат та інші [1]. У загальному обсязі відходів частка поліетиленів різних марок становить до 14,5% [1].

Разом з тим відомо, що технічний рівень сучасної сільськогосподарської техніки безпосередньо пов'язаний з кількістю використовуваних конструкційних пластиків. Вихід України з ряду угод по СНД став поштовхом до переорієнтування ринку машинобудування, в тому числі і сільськогосподарського, з більш низькоякісного східного (наприклад, Російська Федерація, Казахстан) на Європейський ринок з більш високими сучасними вимогами до виробів. Тому, сільськогосподарське машинобудування сьогодні більш інтенсивно впроваджує інноваційні рішення, ніж до 2014 року.

Одним з найбільш поширених полімерів, є поліетилен. Використовуючи вторинний модифікований поліетилен, можна вирішити технічну і екологічну задачу, так як термін використання деталей, виготовлених з цих матеріалів, досягає 4 роки. Таким чином, термін повернення на подальшу переробку істотно зростає (в порівнянні, наприклад, з пакувальними або облицювальними матеріалами, отриманими на основі рециклінгу полімерів).

1. ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ПИТАННЯ

1.1 Поняття машинно-тракторного агрегату, трибосистеми

Більшість технологічних операцій у сучасному сільськогосподарському виробництві, а особливо, у рослинництві, виконуються машинно-тракторними агрегатами.

Машинно-тракторний агрегат (МТА) – це технічна система, що складається з трактора (енергетичного засобу) і однієї або декількох сільськогосподарських машин (знарядь), що пов'язані між собою пристроями, силовими приводами, електро-, пневмо- і гідрокомунікаційними системами управління, регулювання і контролю. Секційні машини (знаряддя) з'єднуються з трактором за допомогою зчипки.

МТА мають також класифікацію. Як правило, вони поділяються так:

- за призначенням МТА поділяють на технологічні (до них відносяться орні, посівні, збиральні тощо.); транспортно-технологічні (розкидачі добрив, кормороздавачі), транспортні, вантажно-розвантажувальні;
- за способом виконання робіт: мобільні, стаціонарно-пересувні, стаціонарні;
- за способом з'єднання машин (знарядь) з трактором: причіпні, напівпричіпні або напівнавісні, навісні;
- за способом приводу робочих органів машин: тягові, тягово-приводні, приводні;
- за кількістю машин в агрегаті: одномашинні, багатомашинні;
- за кількістю одночасно виконуваних операцій: прості, складні, комбіновані;
- за розміщенням машин по відношенню до трактора і його поздовжньої осі: з переднім, середнім, заднім, бічним і змішаним, з симетричним і асиметричним розташуванням.

Як бачимо, МТА мають досить широкий спектр виконуваних робіт і призначень.

Раніше в науковій школі «Полімерні композити в АПК» вирішене завдання підвищення довговічності посівних МТА шляхом модернізації трибоспряжень полімерно-композитними матеріалами [12 – 14]. У даній дипломній роботі ми сфокусуємо увагу на ґрунтообробних МТА, серед яких виділимо такі агрегати, які найбільше придатні для модернізації полімерно-композитними матеріалами і, таким чином, можна забезпечити підвищення їх надійності.

Для цього розглянемо види обробітку ґрунту та проаналізуємо конструктивні особливості та проблеми підвищення надійності ґрунтообробних МТА.

Види поверхневого обробітку. Культивація – це поверхневий обробіток ґрунту спеціальною с.-г. машиною – культиватором на глибину 4...15 см. До основних завдань культивації відносяться: розпушування ґрунту, часткове перемішування та вирівнювання його поверхні, повне підрізання бур'янів. Культивація буває двох видів: суцільною і міжрядною. Міжрядна культивація призначена для розпушування міжрядь, знищення бур'янів, прорідження культурних рослини та їх підгортання. Основним робочим органом культиватора є лапа, яка може бути лапчастою (розпушує і підрізає), дисковою, штанговою та інших типів. До передпосівної культивації відносяться також додаткові вимоги – це формування передпосівного ложе шляхом незначного ущільнення ґрунту на глибині майбутнього посіву.

Лущення – як правило перша ґрунтообробна операція після збирання врожаю, направлена на розпушування ґрунту з певним обертанням скиби з метою знищення і провокації до проростання бур'янів, запобігання випаровування вологи, знищення збудників хвороб і шкідників, створення оптимальних умов для наступних обробіток ґрунту. Лущення проводять дисковими і лемішними луцильниками на глибину 6...16 см.

Боронування – поверхневий обробіток ґрунту, за якого відбувається рихлення, часткове перемішування, вирівнювання поверхні ґрунту, знищення бур'янів (у фазі білої нитки для ранньовесняного боронування зубовими та

пружинними боронами), прорідження культурних рослин та закриття вологи. Глибина боронування залежить від ваги борони, найчастіше це зубова борона, і коливається від 2...3 см до 5...8 см. За конструкцією бувають також дискові, лапчасті, сітчасті борони.

Шлейфування – це вид обробітку ґрунту, спрямований на вирівнювання і часткове розпушування його поверхні. Проводять під кутом до основного обробітку (оранки, глибокого розпушування) за допомогою волокуш, шлейф-борін, під час закривання вологи та передпосівному вирівнюванні. Один з найменш енергоємних та продуктивних агроприємів обробітку ґрунту.

Коткування – операція, метою якої є ущільнення й подрібнення брил та грудок з одночасним вирівнюванням верхнього шару ґрунту. Коткування проводять гладкими, зубчастими, кільчасто-шпоровими та іншими типами котків, що можуть бути різної ваги. Коткування проводять під час підготовки ґрунту до сівби (озимі), а також після сівби (цукрові буряки, кукурудза, горох, льон, гречка, а в теперішній час і соняшник) [2].

Таким чином, для виконання кожної з наведених операцій існують і спеціальні відповідні машини: культиватори, борони, шлейф-борони, котки [3, 4, 5, 6].

Всі ці машини включені в загальну класифікацію. Класифікацією машин для поверхневого обробітку ґрунту займалися В.П. Горячкін, П.М. Василенко, В.М. Булгаков та інші вчені.

Класифікація машин для поверхневого обробітку ґрунту приведена на рисунку 1.1. Як бачимо з рис.1.1, найбільш розгалужена класифікація культиваторів. Таким чином, можна зробити висновок, що культиватори є машинами з найбільш різноманітним призначенням та конструктивними рішеннями. На них покладається більша частина завдань і вони ширше використовуються в технологіях вирощування с.-г. культур.

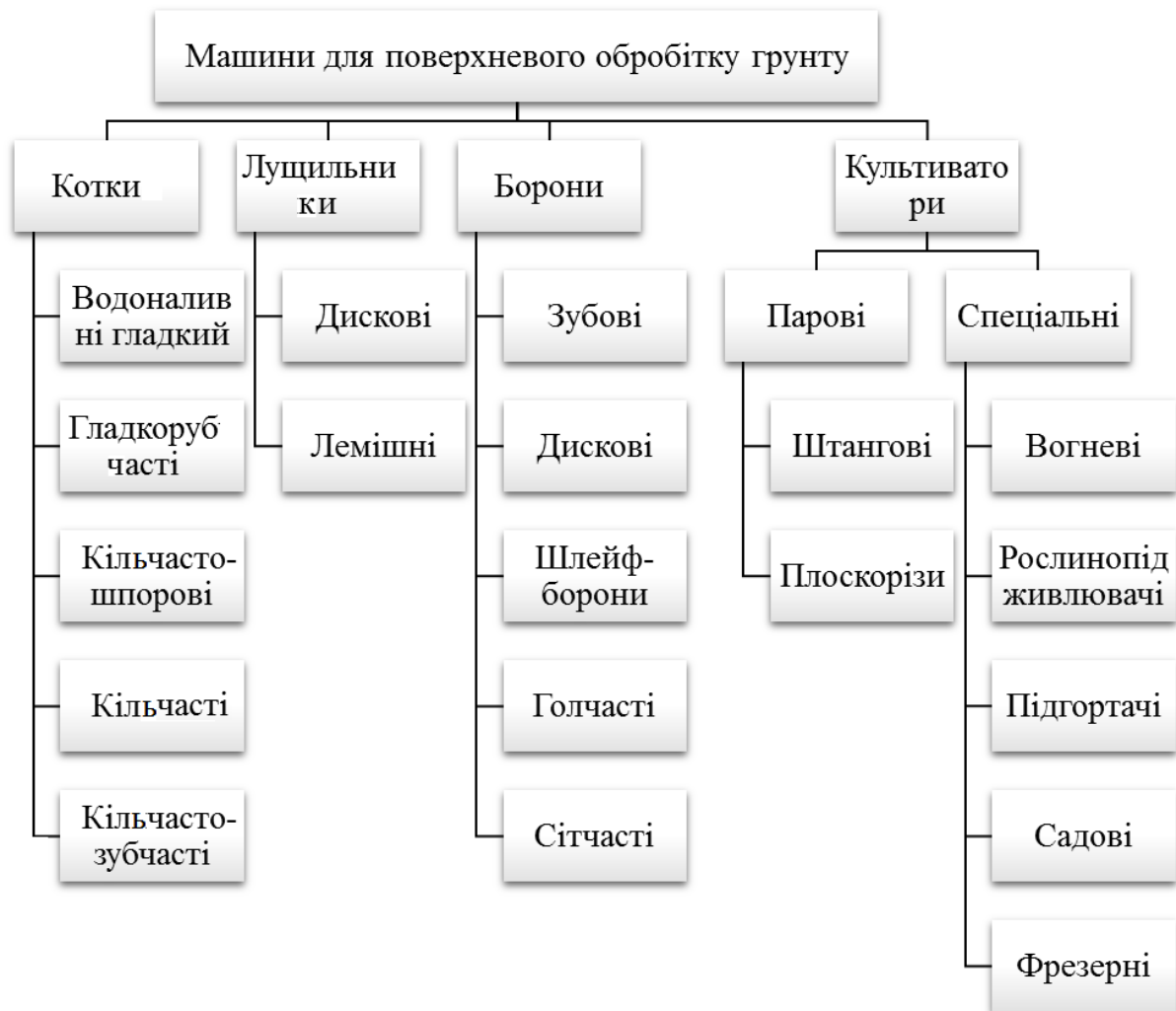


Рис. 1.1 – Класифікація машин для поверхневого обробітку ґрунту.

Тому, наступним етапом дипломної роботи буде аналіз конструкцій різних марок і моделей культиваторів.

1.2 Аналіз конструкцій культиваторів

В основу роботи культиваторів покладено завдання виконання технологічної операції на строго встановлену глибину. Для цього, ряд культиваторів, особливо сучасних марок обладнані так званим паралелограмним механізмом. Розглянемо їх. Перед цим, дамо визначення терміну «Паралелограмний механізм».

Паралелограмний механізм – це чотириланковий механізм, ланки якого складають паралелограм, призначений для реалізації коливального руху шарні-

рними механізмами. Даний механізм дозволяє удосконалити процес копіювання рельєфу поля, задля підвищення продуктивності поверхневого обробітку ґрунту і якості обробітку.

Розглянемо культиватор «Система-Корунд» фірми Lemken (рис. 1.2), обладнаний таким механізмом. «Система-Корунд» - це навісний агрегат призначений для передпосівного обробітку ґрунту. Агрегат може виготовлятися в комбінаціях від трьох до шести секцій, що забезпечує ширину захвату в межах 3,0...9,0 метрів. Ширина кожної секції 1,5 м. Агрегат може комплектуватися плоскими або пружинними зубами. Паралелограмний механізм даного агрегату забезпечує рівномірний обробіток ґрунту та копіювання рельєфу поля. Вирівнювання поверхні ґрунту агрегатами відбувається за допомогою пружинної багатофункціональної планки. Система оснащена подвійними зубчастими або трубчасто-зубчастими котками. [8]

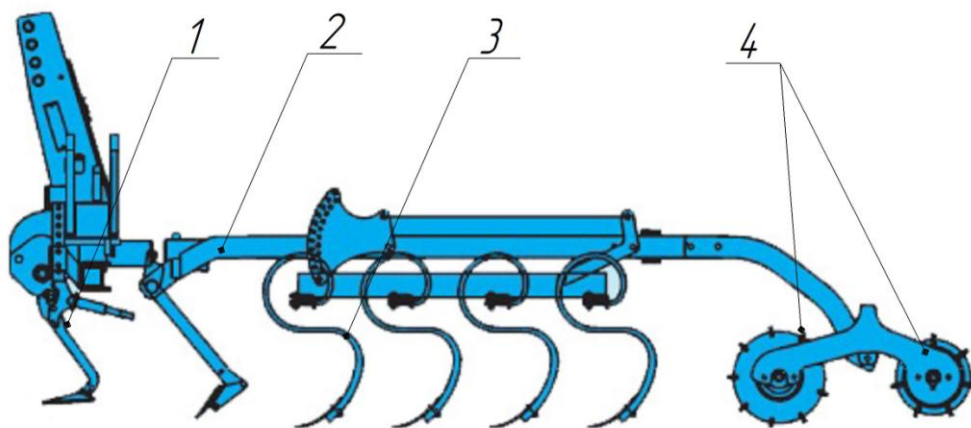


Рис. 1.2. Схема культиватора «Система-Корунд» фірми Lemken:

1 – стрілочка лапа; 2 – рама; 3 – робочі органи; 4 – прикочуючі котки.

Технологічний процес роботи культиватора такий: стрілочка лапа 1 розрізає пласт ґрунту, робочі органи 3, закріплені на рамі 2, підрізають і травмують бур'ян, прикочуючі котки 4 забезпечують вирівнювання поверхні поля.

Культиватор ORTHMAN серії ItRIPr (рис. 1.3) використовується за смугових технологій обробітку ґрунту (Strip-Till) з одночасним внесенням добрив за один прохід. До переваг цього культиватора слід віднести: добре забезпечення збереження ґрунтової вологи, висока продуктивність для свого класу та

невисока собівартість робіт. Так як із культивуацією одночасно передбачається внесення добрив, то глибина обробітку даним культиватором до 30 см. Бувають 4, 6, 8, 12 і 16 рядні агрегати. В конструкції цього культиватора передбачено паралелограмний механізм, який забезпечує високу точність як глибини обробітку, так і глибини внесення добрив [9].

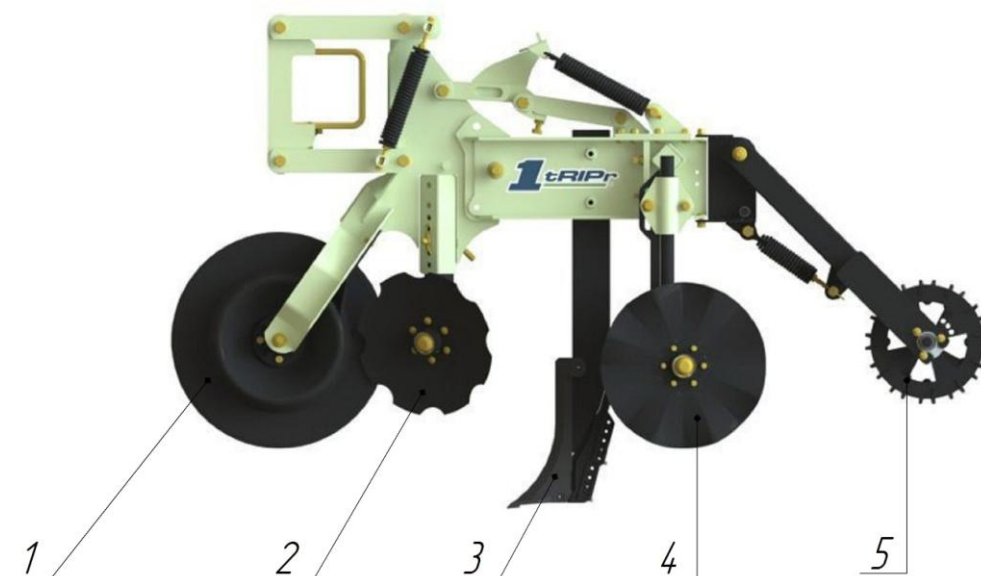


Рис. 1.3. Загальний вигляд секції культиватора ORTHMAN серії ltRIPr:

- 1 – основний диск; 2 – вирізний диск; 3 – долото; 4 – захисний диск;
5 – прикочуючий коток.

Технологічний процес, що виконується цим культиватором, наступний. Диск 1 розрізає поверхню ґрунту для забезпечення (полегшення) руху долота 3, за допомогою якого вносяться добрива. Диск вирізний 2 виготовлений із вирізними секціями, що забезпечує розпушення розрізаної області ґрунту. Захисний диск 4 призначений для захисту культурних рослин – він відштовхує їх і захищає від пошкодження робочими органами. Прикочуючий коток 5 вирівнює поверхню поля. Шарніри паралелограмного механізму періодично обслуговуються змащуванням та контролем люфтів. Встановлено, що трибоспряження паралелограмного механізму виконані з металевих елементів: втулки, які встановлені на валу і розміщені в металевому корпусі. В інструкції з експлуатації вказано, що змащувати ці шарніри необхідно за необхідності. Досвід експлуатації

показав, що при наробітку близько 100 год., паралелограмний механізм починає працювати з порушенням технологічного режиму і його необхідно змащувати.

Культиватор Sun Flower 7600 (рис. 1.4) також має призначення поверхневого обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив. Особливість даного культиватора підвищене збереження вологи, бо обробіток здійснюється лише в тому місці, де здійснюватиметься сівба, тобто, відбудеться робочий хід сошника. Культиватор забезпечує обробіток ґрунту з одночасним внесенням добрив. Даний культиватор задовільно копіює поверхню поля завдяки наявності паралелограмного механізму. Шарніри паралелограмного механізму також є такими, що потребують періодичного обслуговуються змащуванням та контролем люфтів.



Рис. 1.4 – Культиватор Sun Flower 7600: 1 – розрізний диск; 2 – розпушувачий диск; 3 – вирізний диск; 4 – рама з паралелограмним механізмом.

Необхідність обслуговування трибоспрязень паралелограмного механізму знижує ефективність використання МТА, у складі якого є такий культива-

тор, а порушення періодичності обслуговування призводить до зниження надійності конструкції.

Культиватор міжрядний HARVEST 560 (рис.1.5) призначений для догляду за просапними культурами, як правило, виконує міжрядний обробіток 8-рядних посівів соняшнику, кукурудзи та деяких інших видів високостеблових просапних культур, при міжряддях 60, 70 і 80 см. Щоб зберегти вологу культури розпушує ґрунт у міжряддях і рядках при цьому знищуючи бур'яни.

Конструкція культиватора HARVEST 560 включає брус, на який прикріплені: два несучих колеса, замок автозчеплення і дев'ять секцій робочих органів. Культиватор оснащений набором змінних робочих органів. У цілому, конструкція даного культиватора аналогічна вітчизняному культиватору для міжрядного обробітку КРН-5,6.

Конструкцією культиватора не передбачено обслуговування трибоспрями (шарнірів) паралелограмного механізму. Після досягнення повного виробітку металеві втулки в шарнірах замінюються новими.

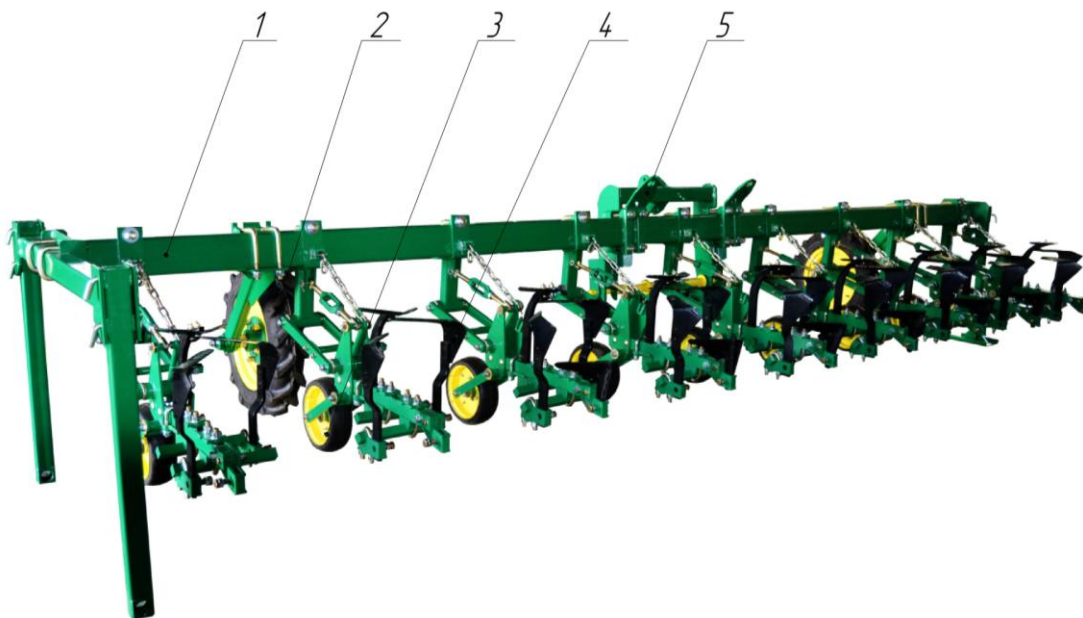


Рисунок 1.5. Загальний вигляд культиватора HARVEST 560:

- 1 – рама; 2 – несучі колеса; 3 – опорні колеса; 4 – робочі органи;
5 – замок автоматичного зчеплення.

Культиватор-рослинопідживлювач начіпний КРН-4,2 (рис. 1.6) призначений для міжрядного обробітку та підживлення посівів просапних культур, таких як кукурудза, соняшник та інших, посіяних з міжряддям 70 см. Культиватор одночасно обробляє 6 рядків. Агрегатується з тракторами тягового класу 1,4. Робоча швидкість до 2,2 м/с. За будовою культиватор КРН-4,2 подібний до КРН-5,6 і має багато уніфікованих вузлів. Його особливістю є те, що з обох боків до поперечного бруса приєднані подовжувачі, на яких встановлено по одній секції робочих органів і по одному туковисівному апарату.

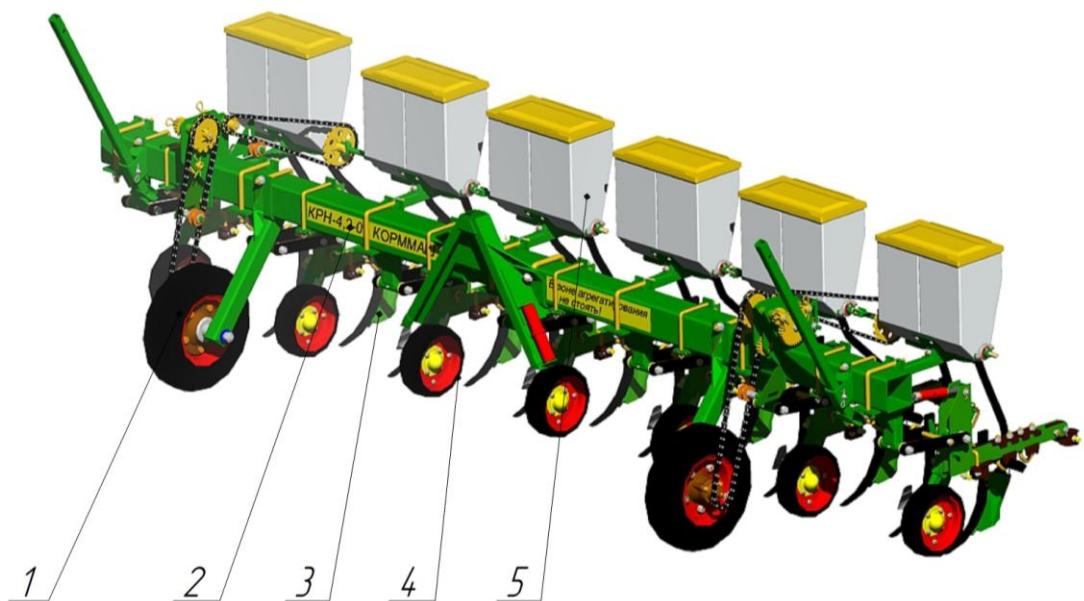


Рис. 1.6. Загальний вигляд культиватора-рослинопідживлювача КРН-4,2:
1 – опорне колесо; 2 – рама (брус); 3 – робочі органи; 4 – опорні колеса;
5 – бункер.

Технологічний процес такий: під час міжрядного обробітку культиватор КРН-4,2 одночасно підрізає бур'ян робочими органами 3, закріпленими на рамі 2 і підживлює рослини добривами, розташованими в бункері 5.

Конструкція має паралелограмні механізми на кожній секції. Обслуговуються за вимогою, однак рекомендованої періодичності ТО не вказано.

Таким чином, в усіх розглянутих марках культиваторів, як правило, встановлені паралелограмні механізми, конструктивне виконання яких передбачає

наявність металевих трибоспряжень, які потребують постійного періодичного обслуговування. Порушення періодичності ТО призводить до суттєвого зниження надійності паралелограмного механізму та зниження якості технології обробітку.

1.3. Відмови та причини зниження надійності МТА на базі культиваторів

Розглянемо два основних терміни, які характеризують і описують технічний стан машин і механізмів, у тому числі і культиваторних МТА. До таких віднесемо наступні: відмова, справний та несправний стан, надійність.

Відмова – подія, яка полягає у втраті об'єктом здатності виконувати потрібну функції, тобто у порушенні працездатного стану об'єкта.

Справний стан — технічний стан МТА, при якому він може виконувати всі задані йому функції зі дотриманням значень заданих параметрів у встановлених межах. Переконаватися в працездатності МТА необхідно при його профілактиці, після транспортування і зберігання та в процесі роботи.

Несправний стан — технічний стан МТА, при якому значення хоча б одного параметра, що характеризує здатність виконувати задані функції, не відповідає вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської (проектної) документації [15].

Зазначимо, що відмова на відміну від «несправності», є подією, що є станом та причиною самої відмови. Відмова завжди пов'язана, як з виникненням несправності, так і з втратою працездатності. Щоб забезпечити збільшення періодичності між відмовами та мінімізування їх появи МТА повинні мати високу надійність.

Надійність – це властивість об'єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, зберігання та транспортування [15].

Надійність закладається при проектуванні, забезпечується у виробництві технічного об'єкта і підтримується в експлуатації. Важливе місце у підтриманні та реалізації необхідного рівня надійності, має експлуатація разом з технічним обслуговуванням та ремонтом. Для підвищення надійності проектують також об'єкти, які не потребують обслуговування, але мають довгий термін експлуатації (використання).

Необслуговуваний об'єкт – об'єкт для якого проведення технічного обслуговування не передбачено нормативно-технічною та конструкторською документацією.

Найчастішою причиною відмов є зношення. Ще визначний український вчений-триболог зазначав, що 85...90 % трибоспряжень виходять з ладу за причини надмірного зношення і лише 10...15 % - за недостатньої міцності [16]. Зношення – це процес порушення та втрати матеріалу з поверхні твердого тіла чи накопичення остаточної деформації при терті, який проявляється в поступовій зміні розмірів чи форми тіла. [11]

Зношування бувають різних видів і поділені між собою в певну класифікацію рис. 1.7.

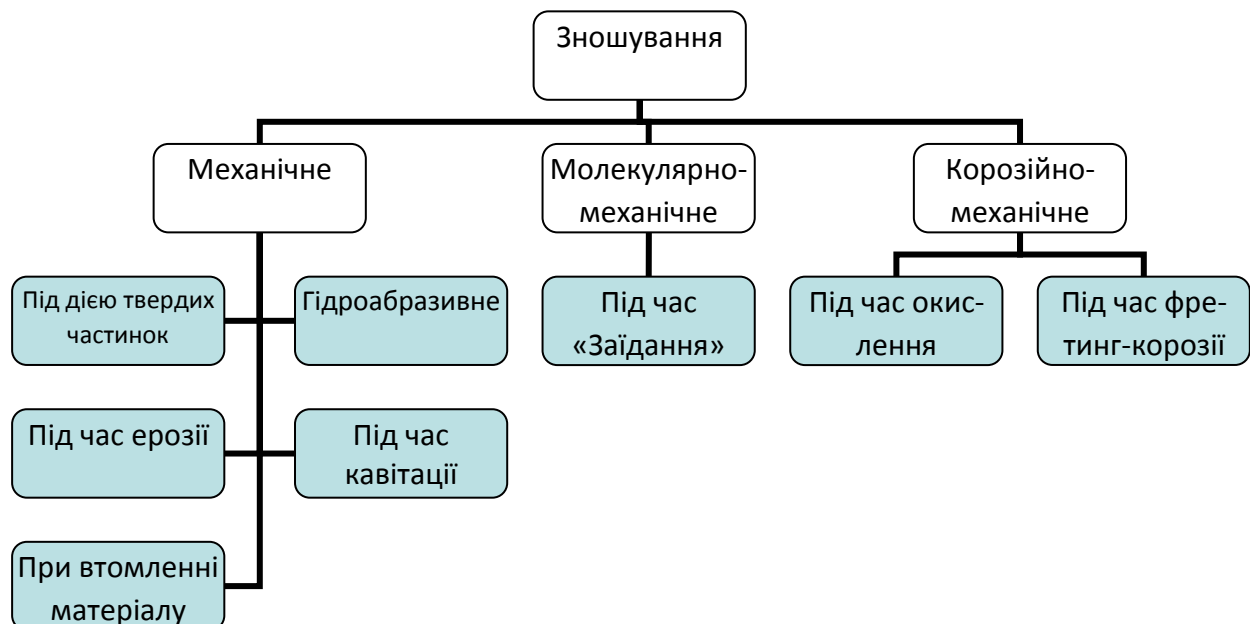


Рис.1.7. Спрощена класифікація видів зношування.

Зношування серійних елементів трибоспряжень паралелограмних механізмів культиваторів піддаються одночасно декільком видам зношування, серед

яких найбільший вплив мають механічне зношування – під дією твердих частинок (грунт, пил); молекулярне – під час заїдання трибоспряження «вал-втулка»; корозійно-механічне – під час окислення, бо металеві деталі піддаються процесу окислення під дією повітряного кисню. Із часом, ці види зношування завдають суттєвих конструкційних змін та порушення функціональності трибоспряжень. Відтак, порушується якість технологічного процесу (рівномірність глибини культивуації, її дотримання в цілому), через заклинювання паралелограмного механізму, змінюється положення лапи в ґрунті, підвищується опір руху, зростають витрати пального, а продуктивність агрегату знижується. Всі ці фактори негативно впливають на урожайність с.-г. культур.

1.4. Актуальність роботи

Точність копіювання рельєфу поля при виконанні, наприклад, передпосівної культивуації є дуже важливим параметром, адже наступні операції на полі потребують максимальної точності. Так, передпосівна культивуація повинна забезпечити якісне і стабільне за глибиною посівне ложе, яке необхідне для підвищення якості наступної технологічної операції – сівби. Дослідження показують, що при правильне копіювання рельєфу поля ґрунтообробка здійснюється на однакову глибину, а це є однією з найважливіших умов однакового і рівномірного проростання майбутньої культури. Паралелограмний механізм забезпечує максимальне копіювання рельєфу поля, здійснює необхідне зусилля притискання робочих органів на постійну сталу глибину, результатом чого є правильна підготовка посівного шару. При укладанні насіння в ґрунт, параметр глибини має важливе значення. Він впливає на розвиток рослини, час дозрівання, висоту основної маси, що є надзвичайно важливим при збиранні врожаю. Існують переконливі дослідження, які показують, що в технологіях вирощування, наприклад, пшениці озимої, де відбувалося застосування культиваторів, оснащеними паралелограмними механізмами, урожайність була вища (рис.1.8).

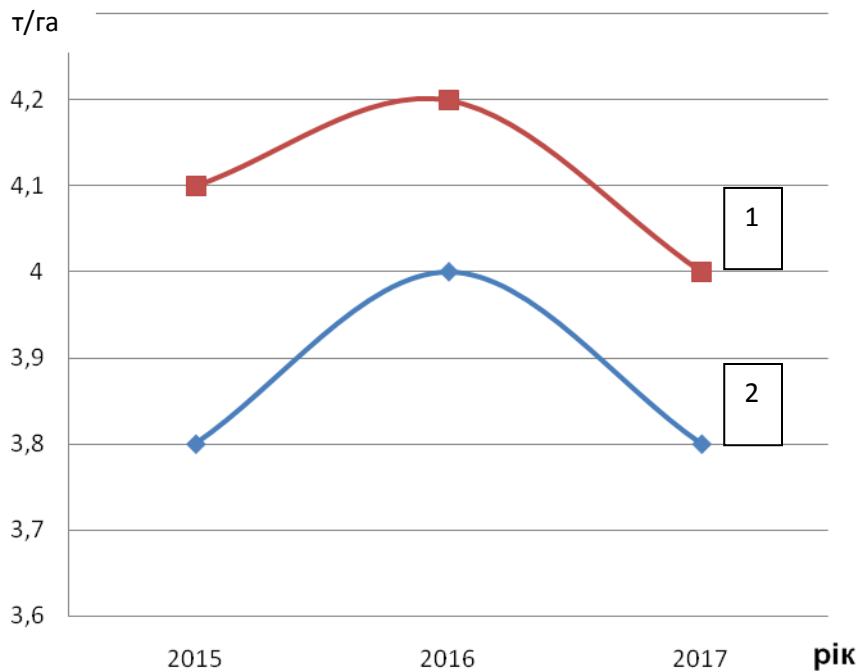


Рис. 1.8. Динаміка та зміна врожайності пшениці при застосуванні культиваторів, обладнаних паралелограмними механізмами (1) та без таких (2).

З графіка видно, що застосування культиваторів, обладнаних паралелограмними механізмами, забезпечує підвищення урожайності пшениці озимої в середньому від 0,2 до 0,3 т/га. Це досить хороші показники. Адже, наприклад, на площі вирощування 1000 га, приріст валового збору буде знаходитись у межах 200...300 тонн. А у грошовому еквіваленті це складе 950 000...1 400 000 грн.

Проте паралелограмний механізм має ряд недоліків, таких як: інтенсивне і передчасне зношення осей ланок механізму. Це також призводить до порушення технологічного процесу культивації. Заводи-виробники, як правило, не змінюючи конструкцію трибоспряжень, вводять додаткові операції в систему ТО: періодичне змащування шарнірів пластичними матеріалами. Ця періодичність у різних виробників різна – 48...100 годин. Проте, у випадку застосування широкозахватних культиваторів, обслуговування пантографів призводить до значних простоювань агрегатів, що призводить до порушення агротехнічних термінів культивації, а витрати на експлуатацію культиваторного МТА зростають.

Раніше, науково-педагогічними працівниками кафедри експлуатації машинно-тракторного парку, на якій виконувалася дана робота виявлено, що з'єднання «сталь-сталь» у трибоспряженнях паралелограмного механізму не задовольняють вимогам якісного обробітку згідно з агротехнічними вимогами. Встановлено, що таке з'єднання потребує обов'язкового періодичного змащування, адже без мащення створюються умови для інтенсивного абразивного зносу деталей, в результаті чого механізм швидше виходить з ладу: стається відмова або несправний стан. Очевидно, що зі зростанням зносу збільшуються люфти в ланках механізму і в результаті погіршується стійка робота МТА. Якість культивації знижується, терміни її виконання подовжуються, а затрати – зростають. Дослідження показують, чим більший люфт в шарнірах трибоспряжень, тим менш стійкий хід в міжрядді, а робочі органи – лапи, потрапляють в захисну зону рядків, що підвищує травмування культурних рослин. У випадку застосування культиваторів для суцільної обробки порушується рівномірність глибини обробітку.

Таким чином, можна зробити висновок, що такі з'єднання трибоспряжень потребують регулярного обслуговування у вигляді очищення вузлів тертя та змащування. Зростають не тільки матеріальні затрати, а й затрати часу на простоювання агрегатів.

На рис.1.9 наведена узагальнена схема паралелограмного механізму, яка є характерною, практично, для всіх культиваторів такого типу. Позиціями I, II, III, IV вказані місця, які найбільше зношуються в процесі роботи (коливання, удари) ланок паралелограмного механізму. Тому основна ідея, запропонована нами: застосувати деталі – втулки, виготовлені з полімерно-композитних матеріалів у даних точках. Їх доцільно розмістити в корпусі ланок із натягом, об уникнути провертання, а в трибоспряження «втулка – вал» має бути зазор, щоб забезпечити легке провертання валу. Втулки з ПКМ мають відповідати таким вимогам: мати фізико-механічні властивості, що задовольняють умовам роботи, бути виготовленими з антифрикційного матеріалу, мати високу зносостійкість та здат-

ність працювати в умовах тертя без змащування за наявності абразивних часток.

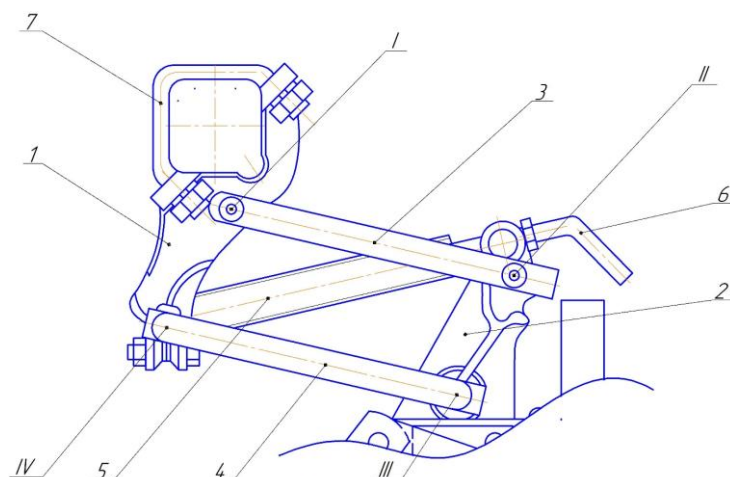


Рис. 1.9. Загальна схема паралелограмного механізму культиваторів:
1 – передній кронштейн (встановлюється на брус); 2 – задній кронштейн;
3 – верхня ланка механізму; 4 – нижня ланка механізму; 5 – пружина притискна;
6 – регулювальний гвинт; 7 – скоба-хомут;
I, II, III, IV – місця інтенсивного зносу.

1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи

Отже, на основі проведеного аналізу конструктивно-технологічних рішень конструкцій культиваторів встановлено, що сьогодні існує три способи кріплення робочих органів до рами культиваторів: жорстка система кріплення, шарнірна та багатошарнірна.

Зазвичай, жорсткою системою кріплення обладнують причіпні та начіпні культиватори-глибокорозпушувачі. Недоліком такого рішення є те, що при збільшенні ширини захвату культиватора, погіршується його пристосування до рельєфу поверхні поля. Дане конструктивне виконання недоцільне на широкозахватних машинах.

Шарнірна система кріплення лап може бути одно- і багатошарнірною (паралелограмною). Одношарнірна система кріплення має, відповідно, один шарнір, який розміщується на рамі культиватора і відносно якого піднімається чи опускається одна чи кілька лап. Таку систему кріплення використовують на

культиваторах для суцільного обробітку ґрунту. Щоб забезпечити більш стійкий хід лап по глибині, конструкцією механізму приєднання їх до рами передбачено встановлення натискних пружин на штангах. Таким чином, формується стійке посівне ложе на ґрунтах різного типу.

Багатошарнірну систему кріплення з чотириланковим паралелограмним механізмом застосовують на просапних культиваторах. Така система кріплення забезпечує якісне копіювання рельєфу поля і сталий кут установлення лапи відносно поверхні поля [7].

Нами зроблено висновок, що обладнання культиваторів паралелограмним механізмом має максимум переваг і надійним способом кріплення робочих органів до машини, адже адекватне копіювання рельєфу поля є необхідною складовою при проведенні передпосівного обробітку ґрунту.

Проаналізувавши недоліки існуючих машин, обладнаних паралелограмним механізмом, можна також зробити висновок, що удосконалення даного механізму є актуальною темою в сучасному виробництві культиваторів. Бо жоден вітчизняний виробник цього типу с.-г. машин не застосував інноваційних рішень, а лише додав нові операції ТО.

Таким чином, мета роботи полягала у підвищенні експлуатаційної надійності культиваторного машинно-тракторного агрегату застосуванням полімерних композитів конструкційного призначення в паралелограмному механізмі.

Об'єкт дослідження – процеси зношування полімерно-композитних деталей трибоспряжень паралелограмного механізму.

Предмет дослідження – закономірності зношування деталей трибоспряження паралелограмного механізму.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз відмов деталей паралелограмного механізму;
- розробити силову картину, що виникає у трибоспряженнях паралелограмного механізму та визначити величину навантажень;
- виготовити експериментальні зразки і провести лабораторні випробування;

- провести лабораторні дослідження властивостей розроблених виробів і зробити перевірку результатів відомими методами;
- навести економічне обґрунтування роботи та надати рекомендації виробникам.

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1. Розрахунок зусиль у трибоспряженнях паралелограмного механізму

Для визначення сил, що діють на паралелограмний механізм в процесі роботи, розглянемо механізм в положенні статичної рівноваги. Для цього розставимо зовнішні сили і позначимо їх на рис. 2.1.

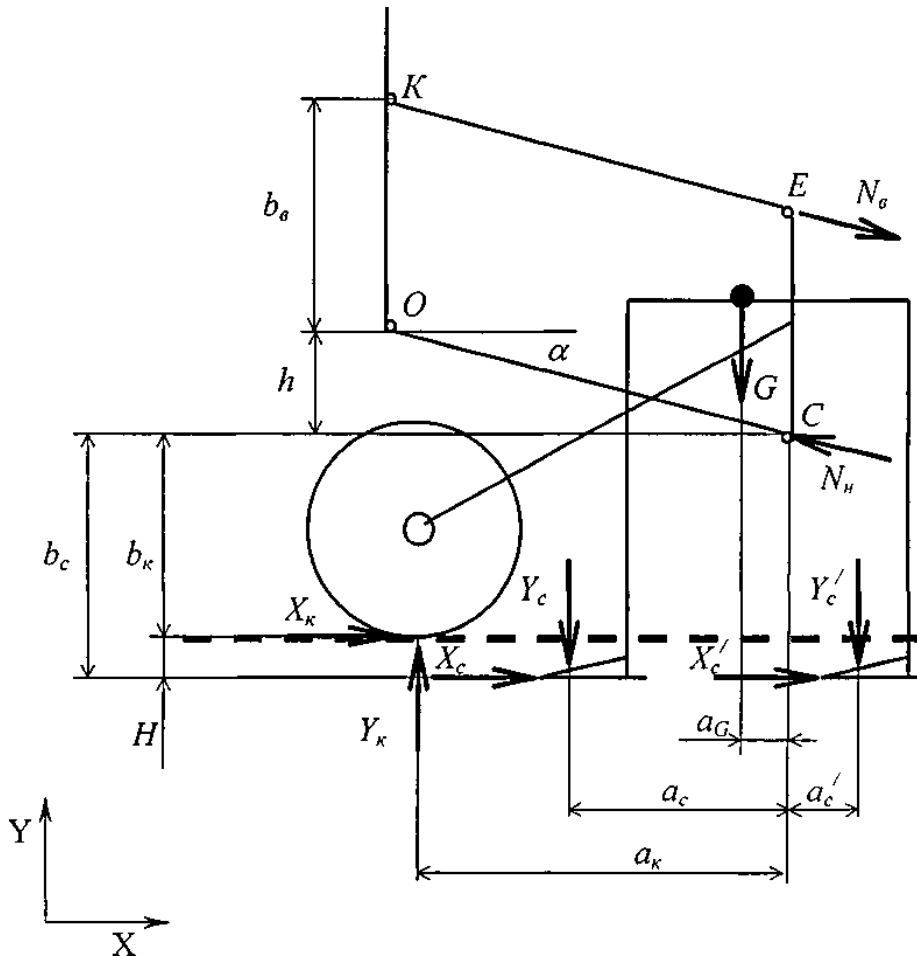


Рис. 2.1. Схема сил, що діють на паралелограмний механізм культиватора: X_K - сила опору коченню опорно-копіювального колеса, Н; X_C - горизонтальна складова реакції ґрунту на стрілочасту лапу культиватора, Н; N_H - реакція в нижній ланці паралелограмного механізму, Н; N_B - реакція у верхній ланці паралелограмного механізму, Н; α - кут між горизонталлю і поздовжніми ланками паралелограмного механізму; Y_K - вертикальна реакція, що діє на опорно-копіююче колесо, Н; G - вага паралелограмного механізму, Н; Y_C - вертикальна складова реакції ґрунту на стрілочасту лапу, Н; a_K - найкоротша відстань від лінії дії сили

Y_K до точки С, м; b_K - найкоротша відстань від лінії дії сили X_K до точки С, м; b_C - найкоротша відстань від лінії дії сили X_C до точки С, м; a'_C - найкоротша відстань від лінії дії сили Y_C , прикладеної до заднього сошнику, до точки С, м; a_C - найкоротша відстань від лінії дії сили Y_C , прикладеної до передніх сошників, до точки С, м; a_G - найкоротша відстань від лінії дії сили ваги G , до точки С, м; b_B - відстань між точками K і O , м.

Користуючись правилами теоретичної механіки, складемо три рівняння статички:

$$\sum X = 0; X_K + 3X_C - N_H \cos \alpha + N_B \cos \alpha = 0; \quad (2.1)$$

$$\sum Y = 0; Y_K - G - 3Y_C + N_H \sin \alpha - N_B \sin \alpha = 0; \quad (2.2)$$

$$\sum M_c = 0;$$

$$Y_K a_K - X_K b_K - 3X_C b_C + Y_C a'_C - 2Y_C a_C - G a_G + N_B \cos \alpha b_B = 0, \quad (2.3)$$

Зі схеми можна визначити, що сили X_K та Y_K , а також сили Y_C та X_C пов'язані залежностями:

$$X_K = f Y_K;$$

$$Y_C = k X_C,$$

де f – коефіцієнт перекошування;

k - тангенс кута між горизонталлю і результуючої реакції ґрунту на сошнику.

Знайдемо косинус і синус кута « α » відношенням:

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{\rho^2 - h^2}}{\rho}; \quad (2.4)$$

Підставивши відомі дані у формулу, отримаємо:

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{0,125^2 - 0,063^2}}{0,278} = 0,973$$

Синус кута « α »:

$$\sin \alpha = \frac{h}{\rho} \text{ -----} \quad (2.5)$$

$$\sin \alpha = \frac{0,063}{0,278} = 0,226$$

де h - відстань між точками O і C по висоті, м;

ρ - довжина поздовжніх тяг паралелограмного механізму, м.

Після обмірювання геометричних розмірів паралелограмного механізму культиватора, а за прототип брали культиватори типу КРН, отримали реальні розміри механізму і трибоспряжень.

Після підстановок вищевказаних залежностей і тригонометричних функцій кута α в систему рівнянь отримуємо наступне вирішення:

$$\left. \begin{aligned} fY_k + 3X_k - N_H \frac{\sqrt{\rho^2 - h^2}}{\rho} + N_B \frac{\sqrt{\rho^2 - h^2}}{\rho} &= 0; \\ Y_k - G - 3kX_c + N_H \frac{h}{\rho} - N_B \frac{h}{\rho} &= 0; \\ Y_k(a_k - fb_k) - X_c(3b_c + 2ka_c - kd_c) - Ga_G + N_B b_B \frac{\sqrt{\rho^2 - h^2}}{\rho} &= 0; \end{aligned} \right\}$$

Така система з трьох рівнянь має вирішення, оскільки містить три невідомі: Y_k , N_B и N_H .

Розв'язуємо систему рівнянь, знаходячи невідомі, отримуємо:

$$Y_k = G + 3kX_c + \frac{(fG + 3X_c(kf + 1))h}{fh + \sqrt{\rho^2 - h^2}}; \quad (2.6)$$

$$Y_k = 193,7 + 3 \cdot 0,176 \cdot 0,548 + \frac{(0,1 \cdot 193,7 + 3 \cdot 0,548(0,176 \cdot 0,1 + 1))0,063}{0,1 \cdot 0,063 + \sqrt{0,278^2 - 0,063^2}} = 198,78\text{H}$$

$$N_B = \frac{Y_k(a_k - fb_k) + X_c(3b_c + 2ka_c - kd_c) + Ga_G}{b_B \frac{\sqrt{\rho^2 - h^2}}{\rho}}; \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} N_B &= \frac{198,78(0,314 - 0,1 \cdot 0,321) + 0,548 \cdot (3 \cdot 0,245 + 2 \cdot 0,176 \cdot 0,23 - 0,176 \cdot 0,23) + 193,7 \cdot 0,092}{0,0125 \cdot \frac{\sqrt{0,278^2 - 0,063^2}}{0,278}} \\ &= 6101,818 \end{aligned}$$

$$N_H = N_B + \frac{(fG + 3X_c(kf + 1))\rho}{fh + \sqrt{\rho^2 - h^2}}; \quad (2.8)$$

$$N_H = 6101,818 + \frac{(0,1 \cdot 193,7 + 3 \cdot 0,548 \cdot (0,176 \cdot 0,1 + 1)) \cdot 0,278}{0,1 \cdot 0,063 + \sqrt{0,278^2 - 0,063^2}} = 6122,934$$

Розмірність отриманих величин наведена в Ньютонах. Як ми бачимо в формулах (2.6), (2.7) та (2.8), вертикальне навантаження на колесо Y_k , реакція в нижній тязі паралелограмного механізму N_H і реакція у верхній тязі паралелограмного механізму N_e залежать від кута α і величини h . Підрахуємо чисельні значення сил Y_k , N_e та N_H при різних значеннях глибини обробітку H і кута нахилу поз-

довжніх ланок паралелограма до горизонту a . При цьому будемо вважати: $G = 1,9$ кН; $\kappa = \operatorname{tg}10^\circ = 0,176$; $f = 0,1$; $\rho = 0,5$ м.

Таким чином, найбільші навантаження будуть мати місце у двох задніх шарнірах паралелограма: $N_B = 6101$ Н та $N_H = 6122$ Н.

Отже, ми повинні обґрунтувати застосування такого полімерно-композитного матеріалу, який би витримав таке навантаження. При цьому, необхідно враховувати коефіцієнт запасу, який приймається на рівні 2...2,5.

Наступним етапом досліджень були лабораторно-стендові, де визначали фізико-механічні та місцнісні властивості матеріалів.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Програма дослідження

Так як дипломна робота виконувалася в рамках держбюджетної тематики БФ-15/2020, то для проведення лабораторних досліджень, розробили відповідну програму, яка включала науково-дослідну експериментальну частину досліджень із створення полімерно-композитних матеріалів, що містять вторинні поліетилену і включала наступні етапи:

- визначення оптимального складу полімерно-композитного матеріалу з використанням вторинних поліетиленів;
- виготовлення зразків за раціональною технологією переробки методом лиття під тиском;
- проведення лабораторних досліджень основних властивостей полімерно-композитних матеріалів (міцнісні та деякі фізико-механічні);
- обґрунтувати вплив створених композитів на підвищення експлуатаційної надійності МТА.

3.2. Методики та обладнання для лабораторних досліджень

Лабораторні випробування проводилися в спеціалізованій лабораторії № 130, що відноситься до міжфакультетської проблемної наукової лабораторії технічного сервісу машин ДДАЕУ, і належить кафедрі ЕМТП та кафедрі хімії.

Ударна в'язкість

Визначали на маятниковому копрі КМ-0,4 (рис.3.1) за методом Шарпі згідно ГОСТ 4647-80 за температури 23 ± 2 °С і відносній вологості повітря 50 ± 5 %. Суть методу полягала у випробуванні, при якому зразок, лежачи на двох опорах (відстань між опорами 40 мм), руйнується при ударі маятника (1), причому лінія удару знаходиться посередині між опорами.

Ударну в'язкість зразків розраховували за формулою в кДж/м²:

$$a_n = \frac{A_n}{b \cdot s \cdot 1000} \quad (3.1)$$



Рис.3.1. Маятниковий копер
КМ-0,4

де: A_n - енергія удару, затрачена на руйнування зразка, кДж / (кг · см²), фіксується на цифровому табло приладу;

b - ширина зразка по його середині, мм;

s - товщина зразка по його середині, мм.

Дослідження міцнісних властивостей здійснювали на випробувальній машині FP-100 (рис.3.2), згідно ГОСТ 4651-82. Для дослідження границі міцності при стисканні використовували зразки діаметром 10 і висотою 15 мм і застосовували відповідне приладдя 2. При цьому опорні площини зразків повинні бути паралельні в межах 0,1 % у напрямку, перпендикулярному прикладанні навантаження. Границю міцності при розтягу досліджували, використовуючи зразки у вигляді лопаток, розміри яких посередині дорівнювали 5×5 мм. Для цього виду досліджень використовували приладдя 1. Реєстрація процесу руйнування зразка та його видовження здійснювалась самописцем на спеціальному бланку 3.

Границю міцності при стисканні (σ_p) розраховували за формулою:

$$\sigma = P / F, \quad (3.2)$$

де: P - навантаження, МПа;

F – мінімальна площа поперечного перерізу зразка, мм²;

$$F = \pi d^2 / 4; \quad (3.3)$$

d - діаметр зразка, мм.

Відносну деформацію при стисненні (ε) розраховували за формулою:

$$\varepsilon = \Delta h_{p.c} \cdot 100 / h_o \quad (3.4)$$

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

h_o - 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:

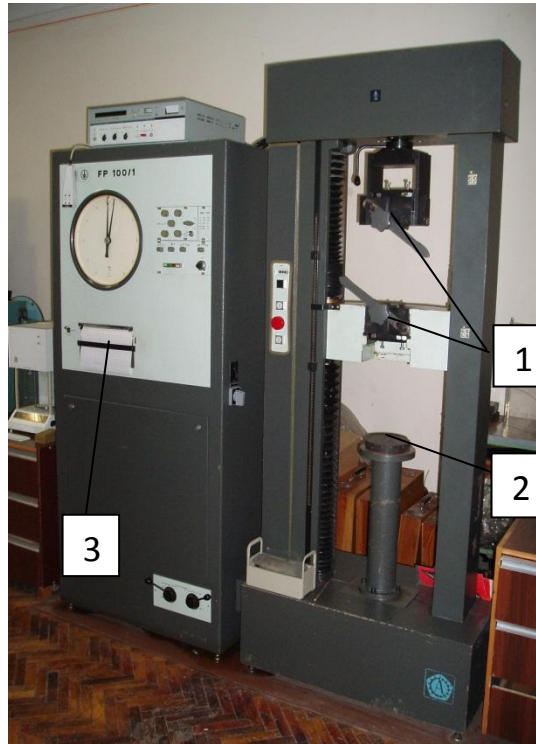


Рис. 3.2. Випробовувальна машина FP-100: 1 – пристосування для випробування на розтяг; 2 – те ж для випробувань на стиснення; 3 – бланк реєстрації результатів.

$$E = \frac{(F_2 - F_1)h_0}{A_0(\Delta h_2 - \Delta h_1)} \quad (3.5)$$

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;

Δh_1 – зміна висоти, яка відповідає навантаженню F_1 ;

Δh_2 – зміна висоти, яка відповідає навантаженню F_2 .

Всі випробування проводили мінімум у трикратній повторюваності. За остаточний результат випробувань приймали середнє арифметичне всіх паралельних досліджень.

Визначення густини зразків. Дослідження щільності зразків проводилися методом гідростатичного зважування у водному середовищі згідно 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. Щільність розраховували за відношенням маси зразка у повітрі до різниці мас у повітрі й у воді. Середнє арифметичне значення щільності, отримане в результаті не менше, як трьох вимірів, що відрізняються не більше ніж на 1 %, приймали за остаточний результат.

Щільність знаходили за формулою:

$$\rho_T = \frac{m}{V}$$

де m – маса тіла, кг;

V – об'єм тіла, м³.

Масу тіла можна визначали за допомогою аналітичних терезів (рис. 3.3). Об'єм тіла можна визначити, вимірявши його геометричні параметри, але для наукових досліджень цей метод не застосовується, бо приводить до значної похибки кінцевого результату. Зменшити похибку дозволяє метод гідростатичного зважування, який полягає в наступному.

Досліджуване тіло підвішується за допомогою тонкої дротини або рибальської волосіні до шальки терезів (рис. 3.4) і зважується. Зважування дасть вагу тіла в повітрі $P_1 = m_1g$. Якщо нехтувати виштовхувальною силою, що діє на тіло і на важки з боку повітря, то маса важків дорівнюватиме масі тіла: $m_1 = m$. Потім зануримо тіло у дистильовану воду, густина якої ρ_0 , і знову зрівноважимо терези. Це зважування дасть вагу тіла у воді P_2 :

$$P_2 = mg - F_A$$

Або маємо: $P_2 = m_2g$,

де m_2 – маса гирьок при зважуванні,

$$F_A = \rho_0Vg,$$

де V – об'єм тіла.

Тоді, можна прирівняти обидві частини рівняння:

$$m_2 g = m_1 g - \rho_0 V g$$

$$V = \frac{m_1}{\rho_T},$$

За відомою залежністю:

$$m_2 g = m_1 g - \rho_0 \frac{m_1}{\rho_T} g$$

Тоді можна записати так:

Після перетворень одержимо кінцеву формулу, за якою знайдемо густину полімерно-композитного матеріалу:

$$\rho_T = \rho_0 \frac{m_1}{m_1 - m_2}$$



Рис. 3.3 Аналітичні терези ВЛР-200, на яких реалізовано гідростатичне зважування.

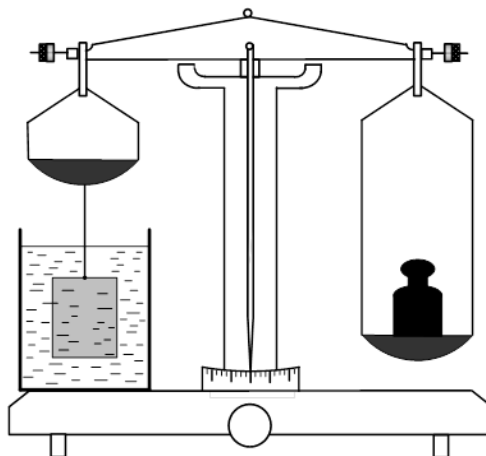


Рис. 3.4. Схема гідростатичного зважування за допомогою аналітичних терезів.

3.3. Підготовка та отримання композицій

Для підготовки композицій використовували експериментальний екструдер гарячого екструзування (рис.3.5). Принцип роботи екструдера наступний: у два бункера, оснащених дозаторами, насипаються складові: полімер та наповнювач. У нашому випадку, це були поліетилен і графіт. Шнеком дана суміш подавалася в камеру нагріву, яка має 4 нагрівальних зони. В процесі руху по камері, полімер розплавлявся і складову перемішуючись подавалися до зони виходу в нагрівальну головку 1. Витиснутий у формі ниток (стренги) композит рухався по ванні 2, в якій у воді здійснювалося охолодження матеріалу. В кінці ванни стренги подавалися на подрібнювач, який формував отриманий композит у вигляді гранул, придатних для переробки лиття під тиском у будь-яких ливарних машинах: автоматичних або ручного типу.

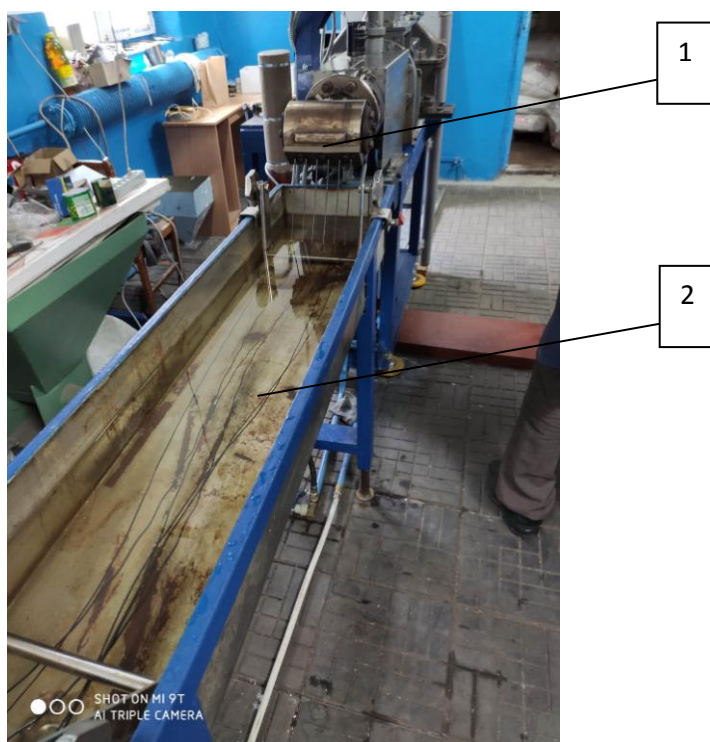


Рис.3.5. Загальний вигляд експериментального екструдера (подрібнювач стренгів не показаний).

За допомогою даного екструдера можна отримувати різні полімерні композиції на основі поліетиленів, поліамідів, інших конструкційних пластиків з додаванням наповнювачів: графіту, подрібнених вуглецевих волокон, порошоків іншої природи.

Для проведення досліджень готували полімерні композити за умов різних температурних режимів та продуктивності екструдера без т з додаванням 5% графіту (табл. 3.1). Коротко відео процесу отримання композитів можна побачити, зісканувавши QR-код нижче (для смартфонів) або перейшовши за посиланням: <https://www.youtube.com/watch?v=YQWbNjuf0u4>.



Наступним етапом досліджень було виготовлення зразків для досліджень на ударну в'язкість методом лиття під тиском на ливарній машині (рис.3.6).



Рис. 3.6. Ливарна машина ручного типу ГШП
для переробки гранул у вироби.

Отримані зразки, що мали розміри $4 \times 6 \times 50$ мм випробовували на ударну в'язкість на копрі КМ-0,4.

Результати досліджень наведені в наступному пункті дипломної роботи.

3.4. Результати експериментальних досліджень

Порівнювали ударну в'язкість, як один з найчутливіших параметрів до переробки, неперероблених гранул поліетилену (ПЕ, оригінал) та отримані матеріали і композити за різних умов переробки: температурні режими та продуктивність екструдера. Дані заносили в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. – Ударна в'язкість отриманих композитів

№ п/п	Матеріал або композит	Ударна в'язкість, кДж/м ²
1	Оригінал ПЕ (первинний) Температура: 180°C – циліндр; 192°C – сопло	37,90
2	Дослід. №1 ПЕ (продукт. 10 кг/год) Температура: 180°C – циліндр; 192°C – сопло	38,30
3	Дослід. №2 ПЕ (продукт. 15 кг/год) Температура: 180°C – циліндр; 192°C – сопло	42,50
4	Дослід. №3 ПЕ (продукт. 20 кг/год) Температура: 180°C – циліндр; 192°C – сопло	45,00
5	Дослід. №4 ПЕНД (продукт. 10 кг/час) Температура: 180°C – циліндр; 192°C – сопло	39,20
6	Дослід. №4а ПЕНД (продукт. 10 кг/год) Оберти шнека 96 об/хв	40,40
7	Дослід. №5 ПЕНД (продукт. 20 кг/год) Оберти шнека 70 об/хв Температура: 180°C – циліндр; 192°C – сопло	39,60
8	Дослід №5а ПЕНД (продукт. 10 кг/год) Оберти шнека 95-96 об/хв Температура: 180°C – циліндр; 192°C – сопло	37,90
9	Дослід №6 (з додавання 5% графіту) Температура: 180°C – циліндр; 192°C – сопло	40,42
10	Дослід №7 (з додавання 5% графіту) Температура: 200°C – циліндр; 210°C – сопло	40,25

Як видно з даних, наведених в табл. 3.1. переробка в екструдері в цілому сприяє підвищенню ударної в'язкості поліетилену. Можна побачити залежність: із збільшенням продуктивності екструдера, ударна в'язкість незначно знижується. Також при додаванні графіту провели два температурних експерименти: здійснювали переробку за температури 180 °C та 200 °C. Виявлено, що

зміна температури в таких межах суттєво не впливає на ударну міцність композиту.

Для наглядності побудували гістограму, з якої видно закономірність ударної вязкості (рис.3.7) від технології переробки.

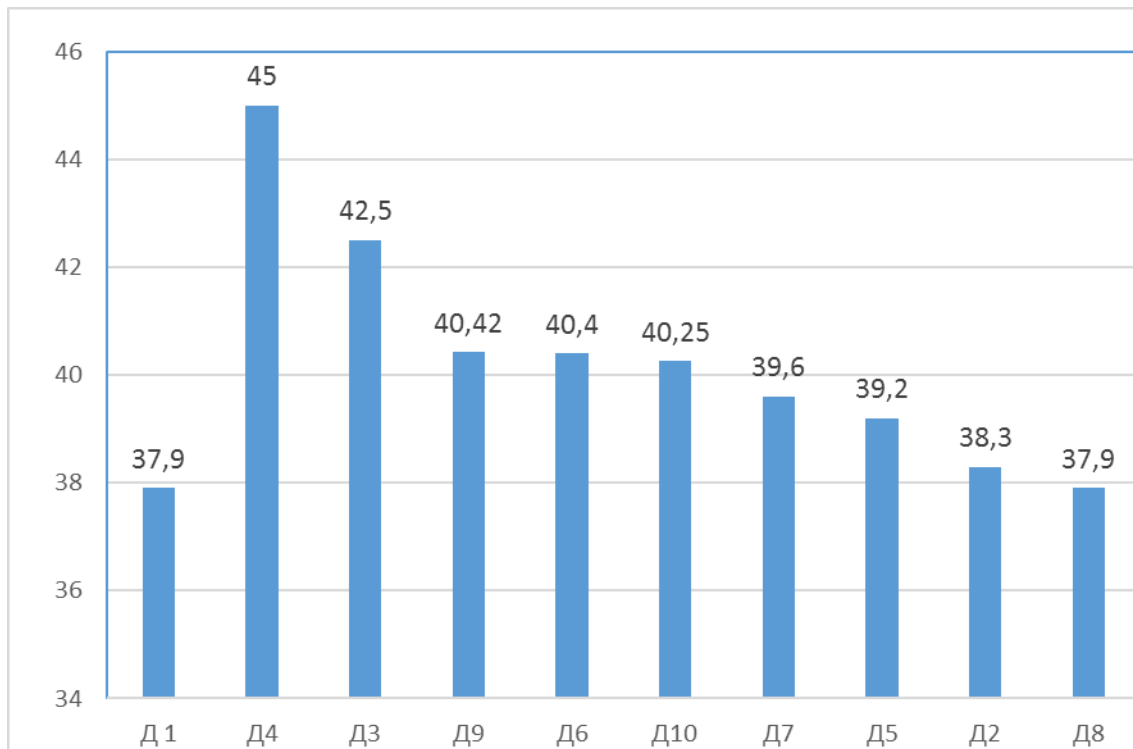


Рис. 3.7. Ударна вязкість зразків за різних режимів переробки. Зразки 9, 10 – композити з додаванням 5 % графіту ГЛ-1.

Таким чином, показано, що в легконавантажених вузлах сільськогосподарської техніки є можливість застосовувати графітопласти на основі ПЕ та чисті поліетилени.

Наступним етапом досліджень було отримання полімерного композиту на основі поліаміда Nylon 66 із введенням в нього відпрацьованого поліетилену.

Встановлено, що додавання відпрацьованого поліетилену, в якості наповнювачу, до Nylon 66 в кількості 10 % мас. призводить до зменшення границі текучості матеріалу на 17 % (з 60 МПа до 49,7 МПа) (табл. 3.2).

Table 3.2. Результати дослідження границі міцності при стисканні композиту Nylon 66+PE-500

Деформація (мм діаграми)	Зусилля (мм діаграми)	Відносна деформація	Напруження деформації, МПа	Відносна деформація, %	Напруження деформації з врахування масштабу, МПа
0,0	0,0	0,0000	0,0	0,0	0,0
10,0	1,0	0,0143	1,1	1,4	1,2
20,0	4,0	0,0287	4,3	2,9	4,7
30,0	18,0	0,0430	19,5	4,3	21,2
40,0	33,0	0,0573	35,8	5,7	38,8
50,0	41,0	0,0716	44,5	7,2	48,2
60,0	47,0	0,0860	51,0	8,6	55,3
70,0	52,0	0,1003	56,4	10,0	61,2
80,0	56,0	0,1146	60,7	11,5	65,9
90,0	59,0	0,1289	64,0	12,9	69,4
100,0	62,0	0,1433	67,3	14,3	73,0
110,0	64,0	0,1576	69,4	15,8	75,3
120,0	66,0	0,1719	71,6	17,2	77,7
130,0	69,0	0,1862	74,9	18,6	81,2

Очевидно, погіршення міцнісних характеристик композиту на основі поліаміду Nylon 66 і поліетилену PE-500 пояснюється неузгодженістю їх хімічних формул, внаслідок чого відбуваються більше зміни на фізичному рівні (змішування складових), а не хімічному (наприклад, зшивання молекул). Такі перетворення, у даному випадку, не стали причиною підвищення властивостей нового композиту. Характер же стиснення відбувається плавно (рис. 3.8), без руйнувань в процесі стиснення, що свідчить про стабільність структури композиту.

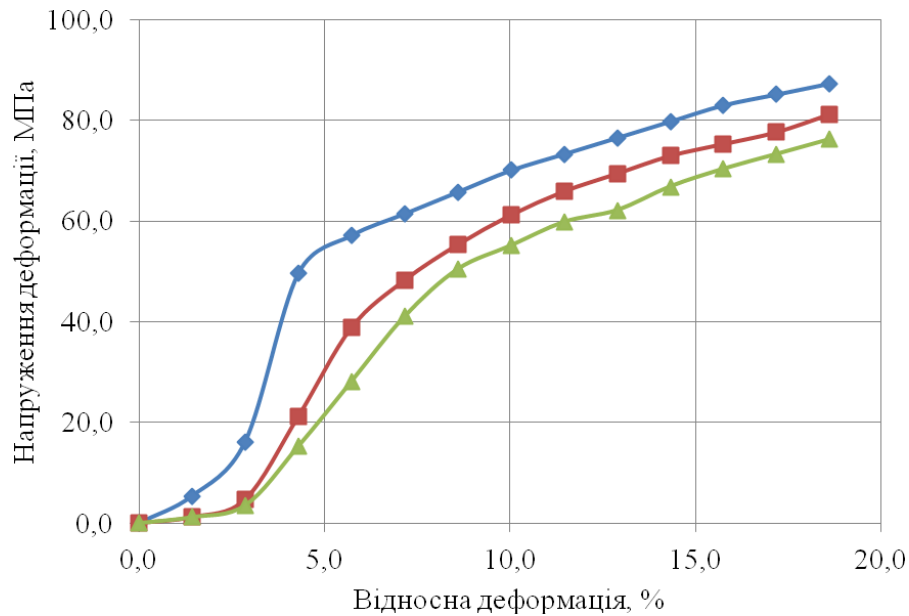


Рис.3.8. Залежність напруження деформації від відносної деформації при трикратній повторюваності зразків, виготовлених з Nylon 66+PE-500 (10 %).

Аналіз динаміки кривих на рис.3.8 вказує на високу імовірність відтворюваності результатів, що свідчить про стабільність даної характеристики у отриманих матеріалів.

Також отримали результати фізико-механічних характеристик композитів, створених на основі вуглепластиків з додаванням відпрацьованих поліетиленів. Результати досліджень наведемо в табл. 3.3.

Таблиця 3.3. Отримані фізико-механічні та теплофізичні властивості полімерів, що досліджувалися

Параметр	Умовне позначення полімерного матеріалу			
	УПА-6-30 + PE 500 (10%)	УПА-6-30 + PE 1000 (10%)	Nylon 66 + PE 500 (10%)	Дослід № 6 (5% графіту)
Густина, кг/м ³	1130	1145	1110	1056
Напруження границі текучості при стисканні, МПа	98	101	47,9	57
Ударна в'язкість за методом Шарпі, кДж/м ²	38	37	46	40

Аналіз отриманих даних показує, що додавання відпрацьованого поліетилену марки PE в цілому знижує фізико-механічні характеристики отриманих ПКМ, за винятком ударної в'язкості. Однак, такий показник, як напруження

границі текучості при стисканні, знаходиться на високому рівні (близько 100 МПа), що свідчить про можливість застосування даних ПКМ, наприклад для підшипників паралелограмних механізмів посівних машин, де величина тисків знаходиться в межах 23...30 МПа [9]. Крім того, додавання РЕ зменшить вологопоглинання деталями, так як волога поліетиленами не всотується.

Отже, отримані ПКМ з додаванням відпрацьованих поліетиленів марок РЕ-500 і РЕ-1000 можуть бути використані, як конструкційні матеріали за режимів, що відповідають характеристикам нових ПКМ. Наявність вуглецевих волокон в композитах УПА-6-30+РЕ-500 (10%) та УПА-6-30+РЕ-1000 (10%) дозволить застосовувати деталі, виготовлених з цих матеріалів без обов'язкового змащення оливами.

Однак, в даному випадку практичний інтерес представляє застосування деталей трибоспряжень в МТА на виконанні культивациї. Деталі мають бути виготовлені з полімерних композитів із використанням вторинних поліетиленів.

У другому розділі нами визначено, що найбільші навантаження будуть мати місце у двох задніх шарнірах паралелограма: $N_B = 6101$ Н та $N_H = 6122$ Н.

Отже, ми повинні обґрунтувати застосування такого полімерно-композитного матеріалу, який би витримав таке навантаження. При цьому, необхідно враховувати коефіцієнт запасу, який приймається на рівні 2...2,5.

З табл. 3.3 ми бачимо, що за критерієм міцності ми можемо застосувати всі наведені в ній композити. Однак, варто зауважити, що композити на основі вуглепластиків (УПА+) мають дуже високий запас міцності. Такі матеріали доцільно використовувати у більш навантажених вузлах.

Тому, в подальшому рекомендуватимемо до випробувань наступні композит: ПЕ + 5% графіту.

Ефективність застосування такої розробки визначимо в економічній частині роботи.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДВЗИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Суть охорони праці

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці на виробництві [11].

Закон “Про охорону праці” покладає на власників підприємств обов'язки по забезпеченню здорових і безпечних умов праці. Охорону праці необхідно розглядати, прив'язуючись до конкретного виробництва. Усі заходи з охорони праці тісно пов'язані з організацією виробництва, економікою, технічною естетикою і т.д.

Важливою є система охорони праці в наукових установах, закладах вищої освіти, освіти здобувачі вищої освіти на лабораторних роботах та під час участі у проведенні науково-дослідних робіт працюють в умовах підвищеної небезпеки із новими розробленими приладдями, дослідним обладнанням, що підключене до мережі 220 та 380 В.

Тому, при прийомі на роботу працівники, які влаштовуються на науково-дослідну роботу, проходять вступний інструктаж, первинний на робочому місці. В подальшому проводяться плановий інструктаж (кожні 6 місяців та, у випадку виконання робіт підвищеної небезпеки, кожні 3 місяці). Позаплановий інструктаж проводиться у випадку настання позаштатних ситуацій, що сталися внаслідок порушення виконання правил безпеки праці робітниками, експлуатацією несправного обладнання та (або) виникнення небезпечних ситуацій у разі виходу з ладу обладнання з вираженими небезпечними факторами: вибух або передумови до цього явища, займання і т.д.

В приміщенні № 130 міжфакультетської проблемної науково-дослідної лабораторії технічного сервісу машин розташоване таке обладнання: машини для дослідження тертя і зношування матеріалів СМЦ-2; машина для досліджен-

ня міцнісних властивостей матеріалів FP-100/1; мікротвердомір ПМТ-3У; оптичний мікроскоп МБИ-6; аналітичні терези ВЛР-200 та допоміжне обладнання: термопари, системні блоки, інструменти тощо.



а)



б)

Рис.4. Обладнання лабораторії, що споживає найбільшу потужність електроенергії: а) машини тертя та зношування; б) розривна машина FP-100/1

Наведемо аналіз шкідливих факторів, які можуть виникати при проведенні досліджень з використанням наведеного обладнання.

4.2. Аналіз шкідливих факторів при проведенні лабораторних досліджень

При проведенні лабораторних досліджень працівники можуть перебувати в зоні дії шкідливих факторів. Наприклад, при роботі з випробувальною машиною FP-100/1 шкідливим фактором є можливість ураження електричним током та від частинок (уламків) зразків в момент їх руйнування – 1 (рис.4.2) та зона руху траверси. Траверса повинна бути захищена спеціальним кожухом, пошкодження якого не допускаються.

Для захисту дослідника від уражень уламками в конструкції передбачений захисний щит, виготовлений з полікарбонату – удароміцного матеріалу.

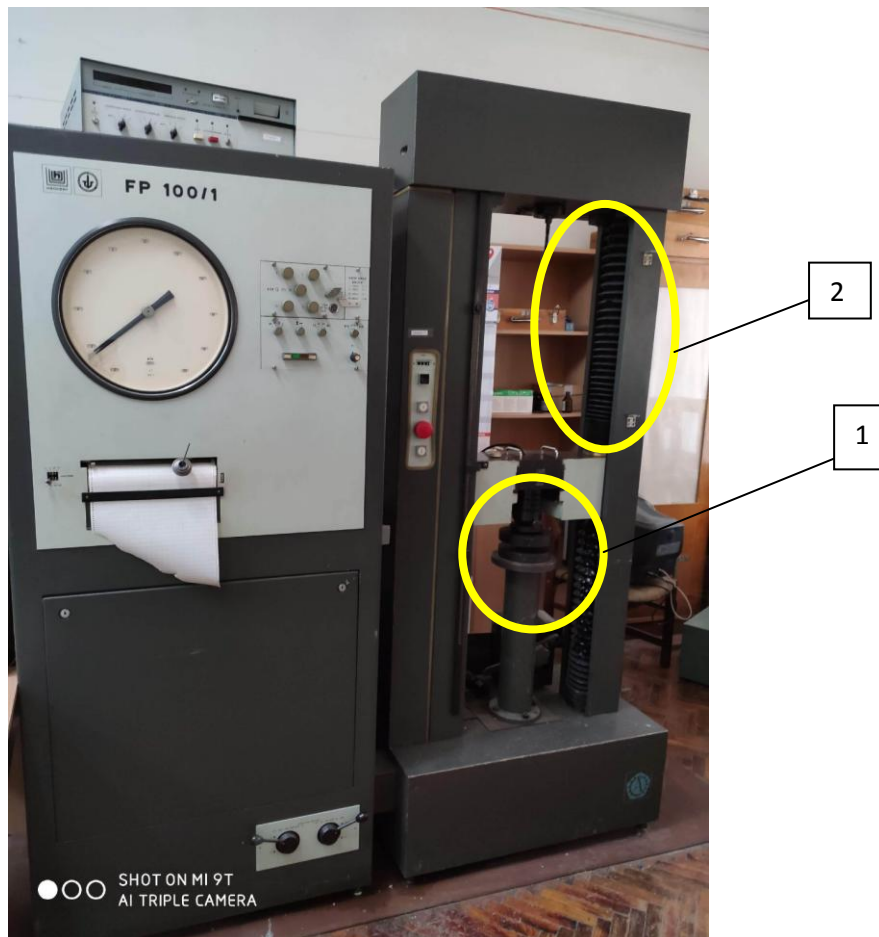


Рис.4.2. Шкідливі фактори, що можуть виникати при роботі машини FP-100/1:

1 – ураження від уламків зразків; 2 – зона руху траверси.

При проведенні експериментальних робіт з екструдером, який використовувався під час написання дипломної роботи (рис. 4.3), можуть виникати такі шкідливі фактори: присутність продуктів деструкції пластиків під час їх нагрівання до 180...200°C, нагріті металеві елементи екструдера, наявність водяної ванни, через яку, з метою охолодження і склування, проходять стренги.

При створенні графітопластів існує небезпека розлітання графіту по лабораторії через його адгезію та фізико-механічні властивості. Як відомо, графіт відноситься до матеріалів, що проводять електричний струм. Таким чином, необхідно приймати заходи, по-перше до мінімізації його розпорощення по території лабораторії, а по-друге – оперативно очищати поверхні обладнання та підлоги від графіту.



Рис.4.3. Експериментальний екструдер під час його комплектування

Експериментальний екструдер заземлений, забезпечений вогнегасниками та проточним водопостачанням.

4.3. Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників

При роботі наукових співробітників в лабораторії необхідно створювати умови, що забезпечать нормальні умови роботи і забезпечать їх здоров'я.

Так, все обладнання, яке підключене до електричної мережі повинно бути заземленим, а також встановлюються відповідні знаки напруги – 220 або 380 В. В лабораторії повинні бути переносні таблички із написами «Не вмикати – працюють люди», «Прилад не працює», «Обережно, напруга». Освітлення, вентиляція повинні відповідати чинним вимогам та діючому законодавству з охорони праці. Лабораторія повинна бути забезпечена мінімум двома вогнегасниками, системою аварійного вимкнення всього обладнання (вимкнення постачання електричної напруги в лабораторію).

Самі працівники повинні бути забезпечені спецодягом, рукавицями, захисними окулярами. В кожній аудиторії має бути медична аптечка з відповідним наповненням.

При вході в лабораторію із внутрішнього боку розміщується Інструкція з охорони праці та План евакуації при аварійній ситуації.

4.4. Правила безпечного виконання робіт при проведенні науково-дослідних лабораторних робіт

Виходячи з вищенаведеної інформації, працівники та керівник лабораторії повинні виконувати такі правила безпечного виконання робіт.

Пройти інструктаж з охорони праці із записом в журнал.

Вивчити (знати) будову обладнання, його призначення, характеристики, перелік робіт, для яких воно призначене.

Перед проведенням дослідних робіт необхідно здійснювати перевірку комплектності, цілісності та неушкодженості обладнання, його роботоздатності обладнання.

Використовувати наукове обладнання виключно за призначенням. Проводити обслуговування обладнання згідно з інструкцією до використання. Перевірку проводити згідно графіка.

Після закінчення досліджень, провести записи в журнал випробувань (якщо дані не записуються автоматично), прибрати робоче місце, перевірити стан обладнання, відключити обладнання від електроживлення.

4.5. Розробка вимог безпеки праці при настанні надзвичайної ситуації

Обладнання в лабораторії № 130 знаходиться в зоні ризику, де факторами ризику є: ураження електрострумом, травмування обертовими елементами або

скалками від зразків, що руйнуються. Тому, розробимо вимоги безпеки праці у разі настання надзвичайної ситуації, пов'язаної з даними факторами.

Вимоги безпеки праці перед початком роботи обладнання.

Перед початком роботи в лабораторії працівник повинен перевірити справність, комплектність обладнання.

Визначитися з обсягом науково-дослідних робіт та раціонально розподілити роботи за часом таким чином, щоб забезпечити безпечні умови праці та адекватне проведення наукових досліджень з метою недопущення викривлення наукових результатів.

Під час експлуатації машин і агрегатів необхідно виконувати всі вимоги безпеки, вказані у „Правилах безпеки праці при роботі електрообладнанням” та “Правила безпеки праці при роботі з хімічними препаратами» (сюди віднесемо полімери та їх композиції).

Вимоги безпеки праці під час проведення робіт.

1. Під час виконання наукових досліджень забороняється знаходження в лабораторії стороннім особам.

2. Всі дослідження, експерименти проводяться виключно на справному та повіреному обладнанні з дотриманням вимог безпеки праці.

3. Забороняється проводити переналаштування, обслуговування, ремонт обладнання, що підключене до електромережі за винятком діагностики електричної частини машин.

4. Не розпочинати експерименти на непідготовленому обладнанні, при невідповідній напрузі в мережі.

5. Забороняється залишати без нагляду машини тертя, розривну машину, які мають потужні електродвигуни та аналогові схеми контролю.

6. Приймати їжу в лабораторії забороняється.

Вимоги безпеки праці в аварійних ситуаціях

У разі виникнення пожежі необхідно викликати пожежну охорону, сповістити керівника робіт у взяти участь у ліквідації осередку загорання. Для цього слід негайно від'єднати електропостачання лабораторії шляхом натискання на кнопку аварійної зупинки, використати вуглекислотний або порошковий вогнегасник.

У випадку травмування працівника слід надати йому невідкладну допомогу та викликати лікаря. Якщо це неможливо, необхідно терміново доставити керівника до медичного закладу.

Вимоги безпеки праці після виконання робіт

1. Вимкнути обладнання та дати йому охолонути, після чого зняти зразки.
2. Очистити обладнання від продуктів зносу, руйнування зразків.
3. Витерти обладнання сухою ганчіркою.
4. Записати години та вид випробувань в журнал.
5. Пересвідчитися у відсутності пошкоджень вузлів і агрегатів, підтікань рідин і т.д.
6. Відімкнути обладнання від електропостачання.

Висновки по розділу. Проведений аналіз шкідливих факторів при проведенні експериментальних досліджень в аудиторії № 130 Міжфакультетської проблемної науково-дослідної лабораторії технічного сервісу машин. На основі цього розроблені додаткові заходи з поліпшення умов та безпеки праці при роботі з науково-дослідним обладнанням, що повинно унеможливити або знизити до мінімуму виникнення небезпечних ситуацій.

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

В економічній частині роботи наведемо розрахунки ґрунтообробного агрегату на базі трактора класу 1,4 і просапного культиватора КРН-5,6.

В основу економічної ефективності покладено підвищення експлуатаційної надійності агрегату шляхом застосування необслуговуваних елементів трибоспряджень паралелгорамних механізмів. Тоді, змінними показниками роботи МТА будуть продуктивність, витрати робочого часу, паливо-мастильних матеріалів, питомі експлуатаційні та приведені витрати.

Модернізований таким чином просапний агрегат буде виконувати якісну обробку без зупинки на технічне обслуговування, при забезпеченні високої експлуатаційної надійності.

Розрахуємо економічну ефективність застосування модернізованого агрегату МТЗ-82.1+КРН-5,6М у порівнянні із традиційним агрегатом у складі МТЗ-82.1+КРН-5,6 згідно методики, розробленої науково-педагогічними працівниками кафедри ЕМТП ДДАЕУ [17].

Питомі експлуатаційні витрати агрегату розраховують за формулою:

$$C_{\text{пит}} = C_m + C_{\text{м}} + C_{\text{пмм}} + C_{\text{зн}} \quad (5.1)$$

де $C_m, C_{\text{м}}$ - сума витрат на реновацію, капітальний і поточний ремонт, технічне обслуговування, зберігання, заміну шин трактора, приймаємо з таблиці 7.1 [17], грн./га;

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

- оплата праці персоналу, який обслуговує агрегат, грн./га.

$$C_m = \left[\frac{B_m \cdot \alpha_{\text{рм}} \cdot g_{\text{за}}}{100 \cdot G_n^{\text{рік}}} + \frac{\sum C_{\text{м}}^n \cdot g_{\text{за}}}{1000} \right] \cdot K_i, \quad (5.2)$$

де $B_m \cdot \alpha_{\text{рм}}$ - балансова вартість трактора (грн.) та норма відрахувань, %. З табл. 7.1 [17] визначаємо балансову вартість трактора, яку беремо з урахуванням фактичної сьогодишньої його ціни (560 000 грн.) та норму відрахувань – 10%;

$\sum C_m^H$ - питомі нормативні витрати на капітальний, поточний ремонт, технічне обслуговування, зберігання, заміну шин і гусениць, грн./т палива, з урахуванням сучасних цін складе близько 849 грн. Цю цифру приймаємо за табл. 7.1 [17].

$G_n^{рик}$, $g_{год}$ - нормативне річне завантаження палива (кг). При сезонному навантаженні 60 нормо-змін по 40 га/зм і гектарній витраті палива 3,6 кг, норма річного завантаження складе 7200 кг;

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

Для трактора МТЗ-82.1 витрати на реновацію, ремонт та технічне обслуговування для даного виду робіт складуть:

$$C_m = \left[\frac{560000 \cdot 10 \cdot 3,6}{100 \cdot 18000} + \frac{849 \cdot 3,6}{1000} \right] \cdot 1 = 14,25 \text{ грн/га}$$

Вартість паливо-мастильних матеріалів знайдемо за формулою:

$$C_{пмм} = C_k \cdot G_{год} = 23,5 \cdot 3,6 = 84,6 \text{ грн/га} \quad (5.3)$$

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

Оплату праці обслуговуючого персоналу розраховуємо за формулою:

$$C_{зн} = \frac{1,49 (K_{нк} \cdot m_{мех} \cdot f_{мех} + m_{дон} \cdot f_{дон}) \cdot 1,02 \cdot K_з}{W_{зм}}, \quad (5.4)$$

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;

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

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

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

Оплата праці механізаторів:

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

Експлуатаційні витрати культиватора КРН-5,6 знайдемо за формулою:

$$C_{СГМ} = \left[\frac{B_M \cdot \alpha_p}{100 \cdot n_{зм}^M \cdot W_{зм}} + \frac{\sum C_{ТО}}{W_{зм}} \right] \cdot 1, \text{ грн/га} \quad (5.5)$$

$$C_{СГМ} = \left[\frac{55000 \cdot 12,5}{100 \cdot 60 \cdot 32} + \frac{27,4 + 4,3 + 21}{32} \right] \cdot 1 = 5,22 \text{ грн/га}$$

Величина капітальних вкладень складе:

$$K = \frac{B_m \cdot \alpha_{pm} \cdot g_{га}}{100 \cdot G_{рік}} + \frac{B_M \cdot \alpha_p}{100 \cdot n_{зм}^M \cdot W_{зм}} = \frac{56000 \cdot 10 \cdot 3,6}{100 \cdot 18000} + \frac{55000 \cdot 12,5}{100 \cdot 60 \cdot 32} = 14,78 \text{ грн/га.}$$

Розраховуємо загальні експлуатаційні витрати:

$$C_{sum}^c = 14,25 + 5,22 + 84,6 + 14,02 = 118,09 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на одиницю площі при експлуатації серійного просапного агрегата знайдемо за формулою:

$$П_6^p = C_n^p + E \cdot K = 14,02 + 0,15 \cdot 14,78 = 16,24 \text{ грн/га}$$

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

Аналогічно проведемо розрахунки для агрегата, що складається з трактора МТЗ-82.1 і модернізованої культиватора КРН-5,6М.

Експлуатаційні витрати на даному виді робіт складуть для трактора :

$$C_m = \left[\frac{560000 \cdot 10 \cdot 3,6}{100 \cdot 18000} + \frac{269 \cdot 3,6}{1000} \right] \cdot 1 = 12,26 \text{ грн/га}$$

$\sum C_m^u$ - питомі нормативні витрати на капітальний, поточний ремонт, зберігання, заміну шин і гусениць, грн./т палива, без урахування технічного обслуговування культиватора, складе приблизно 269 грн.

Вартість паливо-мастильних матеріалів знайдемо за формулою:

$$C_{п.м.м} = C_{\kappa} \cdot G_{\text{зод}} = 23,5 \cdot 3,6 = 84,6 \text{ грн/га}.$$

Оплата праці механізаторів:

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

Експлуатаційні витрати модернізованого культиватора КРН-5,6М знайдемо за формулою:

$$C_{\text{СГМ}} = \left[\frac{B_m \cdot \alpha_p}{100 \cdot n_{\text{зм}} \cdot W_{\text{зм}}} + \frac{\sum C_{\text{ТО}}}{W_{\text{зм}}} \right] \cdot 1 = \left[\frac{55000 \cdot 12,5}{100 \cdot 60 \cdot 38,8} + \frac{7,47 + 1,64 + 1,79}{38,8} \right] \cdot 1 = 3,23 \text{ грн/га}.$$

Розраховуємо загальні експлуатаційні витрати:

$$C^{\text{проект}}_{\text{вит}} = 12,26 + 3,23 + 84,6 + 11,56 = 111,65 \text{ грн/га},$$

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

$$K_p = \frac{B_m \cdot \alpha_{\text{рм}} \cdot g_{\text{га}}}{100 \cdot G_{\text{рік}}} + \frac{B_m \cdot n}{n_{\text{зм}} \cdot W_{\text{зм}}} = \frac{560000 \cdot 10 \cdot 3,6}{100 \cdot 7200} + \frac{55000 \cdot 1}{60 \cdot 38,8} = 51,62 \text{ грн/га}$$

Нами було розраховано, що балансова вартість модернізованого культиватора складатиме 57 400 грн.

Приведені витрати на один га при експлуатації модернізованого МТА складуть:

$$П_{\text{в1}}^p = C_n^p + E \cdot K = 3,23 + 0,15 \cdot 51,62 = 10,95 \text{ грн/га}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = П_{\text{в}}^p - П_{\text{в1}}^p, \text{ грн} \quad (5.6)$$

$$E_E = 16,24 \cdot 300 - 10,95 \cdot 300 = 1586,1 \text{ грн.}$$

Строк окупності додаткових капітальних витрат визначаємо за формулою:

$$N = \frac{B_{\beta_1} - B_{\beta_2}}{Ee},$$

де B_{β_1} , B_{β_2} – балансова вартість культиватора до та після модернізації.

$$N = \frac{57400 - 55000}{1586,1} = 1,51$$

Отримані результати формуємо у в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. – Економічне обґрунтування конструкторської розробки

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Агрегат	-	МТЗ-82.1 + КРН-5,6	МТЗ-82.1 + КРН-5,6М
Балансова вартість агрегату (трактора + культиватора)	грн.	615 000	617 400
Нормативне навантаження	нормо- змін	60	60
Змінна продуктивність	га	32	38,8
Витрати пального	кг/га	3,6	3,6
Витрати на реновацію, ремонт та ТО	грн. / га	13,25	11,16
Вартість ПММ	грн. / га	102,06	102,06
Оплата праці	грн. / га	14,02	11,56
Експлуатаційні витрати	грн. / га	118,09	111,65
Величина капітальних вкладень	грн. / га	-	51,62
Приведені витрати	грн. / га	16,24	10,95
Річний економічний ефект від сервісу при навантаженні 300 га	грн.	-	1568,1
Термін окупності	років	-	1,51

Таким чином бачимо, що модернізація культиватора КРН-5,6 дозволить ефективно агрегувати її з трактором МТЗ-82.1. При цьому річний економічний ефект складає 1568,1 грн. за нормативного річного навантаження 60 нормозмін. Строк окупності експлуатації машинно-тракторного агрегату у складі МТЗ-82.1 + КРН-5,6М складе 1,51 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз методів підвищення експлуатаційної надійності машинно-тракторних агрегатів на прикладі культиваторного показав, що можна що удосконалення паралелограмного механізму культиваторів є актуальним завданням, так як жоден вітчизняний виробник цього типу с.-г. машин не застосував інноваційних рішень, направлених на підвищення надійності, а лише додав нові операції ТО.

2. Розраховано, що найбільші значення навантажень припадають на два задні шарніри паралелограма культиватора КРН-4,2 (5,6) і досягають таких величин: $N_B = 6101 \text{ Н}$ та $N_H = 6122 \text{ Н}$.

3. Встановлено, що композити на основі вуглепластиків (УПА+) мають дуже високі показники границі текучості при стисканні (98...101 МПа). Такі матеріали доцільно використовувати у більш навантажених вузлах. Тому, рекомендовано до випробувань наступні композит: ПЕ + 5% графіту, який має величину напруження границі текучості при стисканні 57 МПа, ударну в'язкість – 40 кДж/м², що задовольняє умовам роботи при навантаженні 6122 Н.

4. Проведений аналіз шкідливих факторів при проведенні експериментальних досліджень в аудиторії № 130 Міжфакультетської проблемної науково-дослідної лабораторії технічного сервісу машин. На основі цього розроблені додаткові заходи з поліпшення умов та безпеки праці при роботі з науково-дослідним обладнанням, що повинно унеможливити або знизити до мінімуму виникнення небезпечних ситуацій.

5. Розраховано, що модернізація культиватора КРН-5,6 дозволить ефективно агрегатувати її з трактором МТЗ-82.1. При цьому річний економічний ефект складає 1568,1 грн. за нормативного річного навантаження 60 нормозмін. Строк окупності експлуатації машинно-тракторного агрегату у складі МТЗ-82.1 + КРН-5,6М складе 1,51 року.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / [Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.]; За ред. Д.Г. Войтюка. — К.: Вища освіта, 2004. — 544 с.;
2. Прийоми обробітку ґрунту [Електронний ресурс]. — 2016 р. — С 9. — Режим доступу : <http://poznayka.org/s36133t1.html>;
3. Культиватор [Електронний ресурс]: Вікіпедія – вільна енциклопедія. – 2016. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80#.D0.9A.D0.BB.D0.B0.D1.81.D0.B8.D1.84.D1.96.D0.BA.D0.B0.D1.86.D1.96.D1.8F>;
4. Коток польовий [Електронний ресурс]: Вікіпедія – вільна енциклопедія. – 2016. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9;
5. Борона [Електронний ресурс]: Вікіпедія – вільна енциклопедія. – 2017. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B0>;
6. Типы луцильников. Их назначение и регулировки. [Електронний ресурс] – 2014-2017 рр. – С 55. – Режим доступу: <http://helpiks.org/2-95403.html>;
7. Система кріплення лап до рами та стійкість ходу по глибині. [Електронний ресурс]. – С. 103. – Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/5063510/page:16/>
8. «Аграрна техніка та обладнання». – 2017. №1 (38). – С. 35 – 36.
9. Обзор культиватора ORTHMAN для полосовой обработки почвы. [Електронний ресурс] : Агропрактик. – 2012 р. – Режим доступу : http://agropraktik.ru/blog/Strip_till/42.html

10. Україну спасет продуктивное село? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://topor.od.ua/ukrainu-spaset-produktivnoe-selo/>

11. Основы надежности сельскохозяйственной техники / [В.И. Прейсман]; За ред. Д.Г. Войтюка. — К.: Вища школа, 1988. — 17-18 с.

12. Деркач А.Д. Разработка системы повышенной корректности копирования поверхности почвы / А.Д. Деркач, Д.А. Макаренко, А.Н. Шаповал // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Материалы Международной научно-технической конференции посвященной 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Минск. – 2017. С. 180-184.

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

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

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

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

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

18. Машиностроение. Энциклопедия. Ред. Совет: К.В. Фролов и др. – М.: Машиностроение. Т.IV-3. 2003 – 593 с.

19. Деркач А., Макаренко Д., Кабат О., Качанов В., Апанович А., Деркач П. Application of recycled plastics in tribosystems of seeding machines // V International Scientific Conference “CONSERVING SOILS AND WATER”.ISSN 2535-0234 (Print). ISSN 2535-0242 (Online). 26.-29.08.2020, BOROSETS, BULGARIA, С. 80-82.

Додатки

V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



CONSERVING SOILS AND WATER 2020

PROCEEDINGS

ISSN 2535-0234 (Print)
ISSN 2535-0242 (Online)



SCIENTIFIC TECHNICAL UNION
OF MECHANICAL ENGINEERING
“INDUSTRY 4.0”

Drones in the agriculture sector Borisov, I. E.	64
Data analysis required for vineyard disease prediction Elena M. Jovanovska, Ivan Chorbev	68
Changes in the agrochemical status of Haplic Vertisols depending on the agro-technical measures Vanya Lozanova, Ivan Dimitrov, Iliyana Gerasimova	70
Construction of a new calculation mathematical model of the vibration process of excavation of the root body from the soil, taking into account its elastic damping properties Volodymyr Bulgakov, Ivan Holovach, Volodymyr Volskyi, Yevhen Ihnatiev	74
Application of recycled plastics in tribosystems of seeding machines Деркач А., Макаренко Д., Кабат О., Качанов В., Апанович А., Деркач П.	80
Investigation of the power interaction of the ploughshare digger working body with the soil and sugar beet root for the conditions of its vibratory digging Volodymyr Bulgakov, Ivan Holovach, Zinoviy Ruzhlyo , Yevhen Ihnatiev	83
Technologies for soil surface maintenance in perennials Ivan Morteu	86
Машини за почвообработка при трайните насаждения. Ivan Morteu	89
 MANAGEMENT	
Integrated policies and practices in soil and water management to achieve the objectives of the European Green Deal Ognyan Kostov Jechko Jordanov	93
Scientific technologies and their technical support - main factors of efficiency of plant products production Adamchuk V., Hrytsyshyn M., Perepylytsia N.	96
Computerized ecotechnology for managing crop water status making agricultural activities more efficient and protecting the environment Iliia Christov	101
Theoretical and methodological features of soil water regime optimization in pedagogical technologies of agroengineers training for innovative project activity Viktor Pryshliak, Vasyl Kurylo	104
Utilization of tractors and agricultural machinery Miho Yankov Mihov	110
Агроекологичният потенциал на земеделските земи в България за отглеждане на слънчоглед Росица Микова	113

APPLICATION OF RECYCLED PLASTICS IN TRIBOSYSTEMS OF SEEDING MACHINES

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЦИКЛИНГА ПЛАСТИКОВ В ТРИБОСИСТЕМАХ ПОСЕВНОЙ ТЕХНИКИ

к.т.н. доц. Деркач А.¹, к.т.н. Макаренко Д.¹, к.т.н., доц. Кабат О.¹, студенты Качанов В.¹, Апанович А.¹, Деркач П.^{1,2}
¹Инженерно-технологический факультет – Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, Украина
²Киевский университет имени Бориса Гринченка, Украина
 e-mail: derkach_dsau@i.ua

Abstract: A technology has been developed for the modernization of seeding machines with polymer composite plastics using secondary polymers (for example, polyethylene) and the introduction of colloidal graphite. For optimal operation of the developed parts, the forces in the joints of the tribosystems of the seeding machines are determined. The redesigned hinges do not require the use of lubricants.

Thus, the article solves the problem of recycling recycled polyethylene and reducing operating costs for maintenance of seeding complexes.

KEYWORDS: RECYCLING, POLYMER COMPOSITE, TRIBOSYSTEM, SEEDING MACHINE.

1. Introduction

Потребление промышленных и бытовых полимеров и изделий из них постоянно возрастает во всем мире. Вместе с тем, возрастает и количество отходов. Учитывая то, что период разложения разных полимеров составляет от нескольких лет до 400 лет, сегодня проблема переработки и утилизации пластика приобрела глобальный характер и является проблемой мирового масштаба. Это касается и Украины. Ежегодно в Украине производится около 6 миллионов тонн отходов из пластика, из которых наиболее распространенными являются полиэтилен, полипропилен, полистирол, полиэтилентерефталат и другие [1]. В общем объеме отходов доля полиэтиленов разных марок составляет до 14,5 % [1].

Вместе с тем известно, что технический уровень современной сельскохозяйственной техники напрямую связан с количеством используемых конструкционных пластиков. Выход Украины из ряда соглашений по СНГ стал толчком к переориентированию рынка машиностроения, в том числе и сельскохозяйственного, с более низкого качества восточного (например, Российская Федерация, Казахстан) на Европейский рынок с более высокими современными требованиями к изделиям. Поэтому, сельскохозяйственное машиностроение сегодня более интенсивно внедряет инновационные решения, нежели до 2014 года. Так, например, посевные комплексы украинского производства Turbosem (предприятие «Совоз-Спецтехника») нашли широкое применение в Молдове, Литве, Румынии, Болгарии. Один из наиболее крупных украинских производителей посевной и почвообрабатывающей техники Публичное Акционерное Общество «Elvontі» экспортирует технику в Болгарию, Румынию, Польшу, Словакию, Латвию, Литву и другие страны. Продукция постоянно совершенствуется, отвечая высоким требованиям европейского рынка.

Разработанная нами технология использования углепластиков в параллелограммном механизме посевных комплексов [2] сегодня успешно реализована на изделиях многих производителей: John Deere, Grait Plains, Horsch и др. [3].

После наработки от 10 до 20 тысяч гектар (или в среднем около 4 лет эксплуатации) модернизированные с применением разработанной технологии посевные комплексы стали возвращаться на повторную модернизацию. Возникла идея в технологии восстановления посевных и почвообрабатывающих

машин использовать детали, полученные в результате рециклинга, т.е. вторичной переработки уже бывших в употреблении. Одним из наиболее распространенных полимеров, как говорилось выше, является полиэтилен. Используя вторичный модифицированный полиэтилен, можно решить техническую и экологическую задачу, так как срок использования деталей, изготовленных из этих материалов, достигает 4 года. Таким образом, срок возвращения на дальнейшую переработку существенно возрастает (в сравнении, например, с упаковочными или облицовочными материалами, полученными на основе рециклинга полимеров).

2. Постановка проблемы

Зная силовые нагрузки в параллелограммных механизмах рассмотренной техники, представляет научный и практический интерес создания технологии их модернизации с использованием рециклинга полимеров.

Цель настоящей работы – исследование технологии переработки и прочностных свойств полимеров при их рециклинге.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- методом экструзии получить наполненный вторичный полиэтилен;
- таким же методом получить наполненный графитом полимерный композит на основе полиэтилена;
- провести лабораторные исследования по испытаниям на ударную вязкость;
- изготовить экспериментальные детали трибосоприжений параллелограммного механизма посевного комплекса.

3. Методы исследований

Для испытаний использовался полиэтилен марки PND 33-300 и графит смазочный ГС-1.

Первичный и вторичный полиэтилены, а также наполненный графитом композит в виде гранул получали с помощью экструзии на экспериментальном шнековом экструдере (см. фото), имеющем 6 зон нагрева, шнек, диаметром 45 мм, охлаждающую ванну и измельчитель.

Образцы для исследования на ударную вязкость полученных материалов, размерами 4×6×50 мм, получали методом литья под давлением при температуре литья 190 °С, а графитопласта – 200 °С и давлении 13 МПа. Режим

изготовления был выбран на основе известных рекомендаций по литью под давлением полиэтиленов.

Ударную вязкость определяли с помощью копра КМ-0,4 по методу Шарпи согласно ГОСТ 4647-80.

Этот параметр был выбран, как один из наиболее чувствительных как к технологии переработки, так и к условиям эксплуатации с динамическими нагрузками.



Фото. Общий вид экспериментального экструдера.

В бункер 1 загружали полиэтилен, а в бункер 2 – графит. С помощью дозаторов регулировали подачу, а технологические температуры контролировали в зонах нагрева (табл.1). Управление процессом осуществляли с помощью пульта 3. Таким образом, получали композит с 5 масс. % содержания графита.

Таблица 1 – Температуры в зонах нагрева

Зоны нагрева	1	2	3	4	5	6
Температура, °C	125	150	175	200	210	220

Видео получения композита методом экструзии можно посмотреть с помощью QR-кода ниже.



4. Решение рассматриваемой задачи

Ранее [5] было установлено, что максимальная нагрузка в шарнирах (трибосистемах) параллелограмных механизмов посевных комплексов семейства Turbosem II составляет 2377 Н, а минимальная не превышает 690 Н. В посевных комплексах John Deere 1890 и 1895 эти нагрузки еще меньше. Расчетная схема и методика, изложена в [5] применима ко всем посевным комплексам и почвообрабатывающим машинам, оборудованных параллелограмным механизмом (рис. 1). Конструкции этих механизмов серийных машин всех фирм-производителей предусматривают систематическое

обслуживание шарниров, как правило – это смазка и контроль люфтов (зазоров). Только в посевном комплексе Turbosem II 19-60 предусмотрено 240 точек смазывания через каждые 48 часов. За один сезон эксплуатации в почву попадает от 20 кг пластических масел и больше от одной машины.

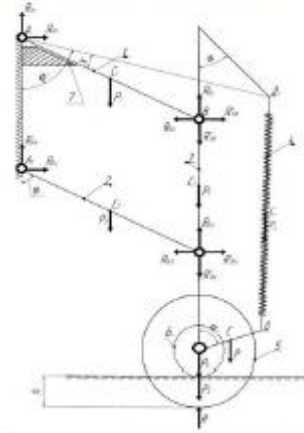


Рис. 1 – Расчетная схема параллелограмного механизма посевного комплекса Turbosem II 19-60

Согласно разработанной технологии модернизации в указанных узлах используются детали, изготовленные из углепластиков на основе полиамида 6: УПА-6-30 и УПА-6-40. Применение этих материалов способствовало ликвидации обслуживания параллелограмных механизмов вообще. Пластические масла не используются и, соответственно, уменьшено загрязнение почв. Необходимо лишь проводить контроль люфтов в начале и после посевного сезона. Ударная вязкость указанных углепластиков находится в пределах 35...41 кДж/м².

Ударная вязкость α исследуемых нами полиэтиленов и графитопласти также находится в этих пределах (рис.2).

α , кДж/м²

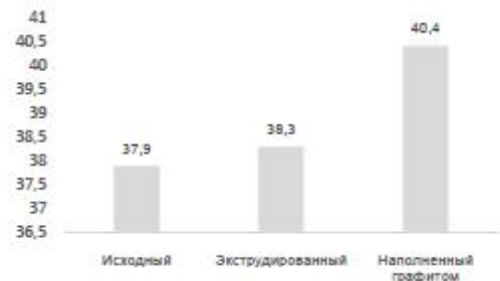


Рис. 2 – Ударная вязкость исследуемых материалов.

Более того, ведение графита в структуру вторичного полиэтилена способствовало его модификации, и ударная вязкость незначительно возросла (+ 5 %). Возрастание этого показателя свидетельствует об эффекте армирования графитом структуры полиэтилена.

При ремонте бывших в употреблении сеялок или модернизации новых необходимо строго соблюдать размерную цепь в сборке. Поэтому, полученные заготовки (рис. 3) подвергались механической обработке и были установлены на испытания на посевной комплекс John Deere 1895. Детали переданы на полевые испытания. Установлено, что на один такой посевной комплекс используется 8,5 кг вторичного полиэтилена, а на Turbosem II 19-60 – 17,2.

Исходя из масштабов производства в пределах Украины только указанных машин, использование вторичных пластиков в их конструкциях находится в пределах 20...25 тонн в год. С увеличением номенклатуры машин и расширения географии, использование материалов достигнет до 80 тонн в год только в данном сегменте.



Рис.3. Экспериментальные заготовки из полученного графитопласта для детали 403к (John Deere-1895).

5. Заключение

1. Показано, что доля использованного полиэтилена в объеме общих отходов в Украине составляет 14,5%.
2. На основе разработанной авторами технологии использования углепластиков в параллелограмных механизмах посевной и почвообрабатывающей техники применить модифицированный графитом композит на основе отходов из полиэтилена.
3. Полученные лабораторные результаты ударной вязкости ненаполненных полиэтиленов (37,9 и 38,3 кДж/м²) и графитопласта (40,4) позволяют сделать вывод о целесообразности проведения полевых испытаний.

4. Изготовлены экспериментальные изделия 403к для посевного комплекса John Deere-1895 переданы на полевые испытания.

5. Указано, что объем рециклинга вторичного полиэтилена в Украине при успешно реализации данной технологии составит от 20 тонн в год.

6. Литература

1. Рібун В.С., Тарасюк І.В. Вторинна переробка, як метод утилізації відходів пластмас / Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів ТАСХ-2020: Матеріали ІV Всеукраїнської наукової конференції, 10 квітня 2020 р., м. Дніпро. – Дніпро: “Середняк Т.К.”, 2020. – с. 240., с. 5 – 8.
2. Деркач А., Макаренко Д., Науменко Н. Применение углепластиков в широкозахватных машинах // Mechanization In Agriculture / International Scientific, Scientific Applied And Informational Journal. YEAR LXI, 2/2015, SOFIA, С. 3-6. ISSN 0861-9638.
3. Союз-Композит: офіційний сайт: <http://soyuz-composite.com.ua> [«Електронний ресурс»]. Дата останнього звернення: 03.08.2020.
4. Derkach O.D., Makarenko D.O., Derkach P.O., Vasarab-Kozhushna O.Yu. Investigation of the properties of structural plastics filled with exhausted polyethylene / Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів ТАСХ-2020: Матеріали ІV Всеукраїнської наукової конференції, 10 квітня 2020 р., м. Дніпро. – Дніпро: “Середняк Т.К.”, 2020. – с. 240., с. 5 – 8.
5. Підвищення довговічності паралелограмного механізму посівних комплексів зміною конструкції рухомих з'єднань [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : за спец. 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва : захищена 15.05.2018 / Д. О. Макаренко ; Центральноукр. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : [б. в.], 2018. - 20 с. - Бібліогр.: с. 17-1

