

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:

**ОБГРУНТУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ НЕМЕТАЛЕВОГО ПОХОДЖЕННЯ ДЛЯ
ТРИБОСПРЯЖЕНЬ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГІІ-1-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Бугайов Микита Акмальович

Керівник: _____ Макаренко Дмитро Олександрович

Рецензент: _____

Дніпро – 2024

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ЕМТП _____.

(назва кафедри)

_____.

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2024 р.

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

Бугайову Микиті Акмальовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** «Обґрунтування матеріалів неметалевого походження для трибоспряжень механізмів та машин»

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

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

затверджені наказом ДДАЕУ від

« 12 » листопада 2024 року № 3784

2. **Строк подання студентом роботи** 13.12.2024 р.

3. **Вихідні дані до роботи.** Пошук і аналіз наукових статей, монографій та патентів, що стосуються використання неметалевих матеріалів у трибоспряженнях. Виконання лабораторних випробувань та досліджень з використанням неметалевих матеріалів для визначення їх властивостей та впливу на трибоспряження.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз стану питання. 2. Розрахункова теоретична частина. 3. Обґрунтування ПКМ. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних

ситуаціях 5. Економічне обґрунтування роботи. Загальні висновки.
Бібліографічний список.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Титульний лист. 2. Тема, мета, завдання. 3. Вихідні дані. 4. Розрахунково-технологічна частина. 5. Конструкторська розробка 6. Лабораторні дослідження. 7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 8. Економічне обґрунтування роботи. 9. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Макаренко Д.О., доц. каф. ЕМТП		
2	Макаренко Д.О., доц. каф. ЕМТП		
3	Макаренко Д.О., доц. каф. ЕМТП		
4	Макаренко Д.О., доц. каф. ЕМТП		
5	Макаренко Д.О., доц. каф. ЕМТП		

7. Дата видачі завдання: 08.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 26.09.2024 р.	виконано
2	Теоретичний	до 10.10.2024 р.	виконано
3	Розрахунковий	до 30.10.2024 р.	виконано
4	Охорона праці	до 09.11.2024 р.	виконано
5	Економічний	до 17.11.2024 р.	виконано
6	Демонстраційна частина	до 29.11.2024 р.	виконано

Студент

(підпис)

Бугайов М.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Макаренко Д.О.

(прізвище та ініціали)

УДК 631

УДК 631

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» присвячена модернізації конструкції сівалки John Deere 7000, зокрема вдосконаленню спряжень важеля опорних коліс і визначенню навантажень у цих вузлах. Для вирішення поставлених завдань використано перевірені методики розрахунку навантажень у системах копіювання поверхні ґрунту, що забезпечило точність та достовірність отриманих результатів.

У ході роботи проведено дослідження трибологічних характеристик полімерно-композитних матеріалів, які використовуються у розробленій конструкції. Це дозволило визначити їх зносостійкість та ефективність у вузлах підшипників ковзання.

Окрім технічних аспектів, у роботі виконано аналіз стану охорони праці в лабораторії, що забезпечує безпечні умови для проведення експериментів та випробувань.

Економічна ефективність запропонованої модернізації підтверджена розрахунками: застосування розробленої конструкції з підшипниками ковзання сприяє зниженню експлуатаційних витрат, скороченню часу обслуговування та підвищенню надійності роботи сівалки.

Бугайов М.А. Обґрунтування матеріалів неметалевого походження для трибоспрязень механізмів і машин. – Дніпро: ДДАЕУ, 61 с.

					48 ДР.029 000.000 РД		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість дипломної роботи		
Розроб.		Бугайов М.А.					
Перевір.		Макаренко Д.О.					
Т. Контр.							
Н. Контр.							
Затверд.		Деркач О.Д.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	1
					ДДАЕУ МґАІ-1-23		

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ РИНКУ ТА ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	11
1.1 Особливості ремонту та технічного обслуговування.....	25
1.2 Проблеми технічного обслуговування і ремонту сівалки John Deere 7000.....	32
1.3 Обґрунтування теми дипломної роботи.....	40
2. ТЕОРЕТИЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	41
2.1 Вихідні дані.....	41
2.2 Методика розподілу навантажень.....	43
2.3 Розрахунок навантажень у з'єднаннях важелів опорних коліс	45
2.4 Вдосконалення шарніру опорного колеса.....	47
3. ОБҐРУНТУВАННЯ ПОЛІМЕРНО-КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ.....	50
3.1 Аналіз умов роботи.....	50
3.2 Дослідження міцнісних характеристик полімерно-композитних матеріалів.....	52
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	60
5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ.....	61
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66
ДОДАТКИ.....	68

ВСТУП

Сучасна промисловість стикається з гострою забезпеченістю у створенні нових конструкційних матеріалів спеціального призначення, які вимагають замінити існуючі аналоги, забезпечуючи при цьому значно вищий рівень фізико-механічних, хімічних та інших характеристик, а також суттєве зниження вартості виробництва. Розробка таких матеріалів є надзвичайно актуальною, оскільки від їхньої якості залежить ефективність роботи сучасних машин та механізмів. Впровадження нових матеріалів дозволяє відразу виконати кілька важливих завдань, серед яких — підвищення надійності та довговічності обладнання, підвищення продуктивності виробничих процесів, підвищення енергетичної ефективності, а також підвищення рівня екологічної безпеки.

Інноваційні конструкційні матеріали здатні мінімізувати негативний вплив на довкілля за рахунок тривалого терміну експлуатації, зниження енерговитрат на їх виробництво та використання, а також можливості подальшої переробки. Вони створюють умови для побудови технологій нового покоління, спрямованих на задоволення потреб сучасного суспільства. Наприклад, застосування таких матеріалів у ключових вузлах машин значно знижує їхню вагу, що у свій час споживає енергію, сприяючи сталому розвитку промисловості.

Європейська комісія в рамках програми **Key Enabling Technologies (KETs)** визначила: у контексті промислового застосування особливо створюється пошук рішень, які дозволяють адаптувати ці матеріали до конкретних умов роботи, таких як високі навантаження, агресивні середовища або значні температурні перепади. Інноваційні підходи до створення конструкційних матеріалів спеціального призначення включають використання полімерів і композитів на їх основі, розробку металокерамічних сплавів, впровадження наноматеріалів і біосумісних матеріалів для медицини.

Таким чином, розробка нових матеріалів спеціального призначення є одним із ключових напрямів розвитку матеріалознавства, що має значний вплив на сучасну промисловість та суспільство в цілому. Завдяки впровадженню таких матеріалів можна забезпечити ефективне використання ресурсів, підвищити якість і надійність продукції, а також створити основу для інновацій у кінцевих галузях світової економіки.

При використанні полімерних матеріалів у вузлах тертя вони забезпечують вплив значних механічних навантажень, що суттєво обмежує можливість їх ефективної експлуатації. Більшість полімерів, через їхню недостатню міцність і піддатливість, не можуть витримувати високі статичні та динамічні навантаження, які часто виникають у таких вузлах. Ця недолікова характеристика стає основною причиною відмови від застосування полімерів у критично важливих вузлах високого тертя, де потрібна надійність і тривалий термін служби.

У зв'язку з цим у багатьох вузлах тертя користується перевагою металам і їх сплавам. Метали мають кращі фізико-механічні характеристики, такі як висока міцність, твердість, теплостійкість і стабільність властивостей у широких режимах експлуатації. Вони можуть отримати високі навантаження без значних змін у структурі та залишитися надійними навіть за умов підвищеного тертя або агресивного середовища. Наприклад, сталь та бронза часто використовуються в підшипниках і інших вузлах тертя завдяки їх високій зносостійкості та здатності працювати під великими навантаженнями без деформацій.

Проте сучасні наукові розробки спрямовані на поділ цих обмежень полімерів. Інноваційні полімерні композити, які поєднують полімерну матрицю з наповнювачами (скловолокно, керамічні частинки, вуглецеві волокна), здатні покращити механічні характеристики полімерів. Це дозволяє розширити їх застосування навіть у вузлах тертя, зменшуючи кількість деталей і підвищуючи їх ефективність. Однак поки що метали залишаються основним

матеріалом для вузлів тертя через їхню перевірену ефективність і стабільність у складних умовах експлуатації.

Полімери та композити на їх основі є одними з найбільш перспективних конструкційних матеріалів спеціального призначення, які здатні задовольнити сучасні вимоги промисловості. Завдяки своїм унікальним характеристикам, таким як низька густина, висока хімічна стійкість і зносостійкість, а також достатній рівень фізико-механічних і теплофізичних властивостей, ці матеріали відкривають широкі можливості для підвищення технічних характеристик машин і механізмів. Використання деталей, виготовлених з полімерно-композитних матеріалів (ПКМ), дозволяє порушити загальну вагу конструкції, підвищити їхню ефективність і довговічність, а також суттєво знизити собівартість продукції.

Особливо важливо є те, що ПКМ не дозволяє створювати інноваційні рішення для галузей, де критичними є поєднання легкості та високої міцності, наприклад, у транспортному машинобудуванні, авіації чи космічній техніці. Їхня здатність протистояти впливу агресивних хімічних середовищ, властивості при високих або низьких температурах, а також забезпечувати довговічність робить ці матеріали матеріалами для інженерії майбутнього.

Проте, попри всі переваги, полімерно-композитні матеріали мають і певні обмеження. Однією з основних проблем є обмеження в режимах переробки вихідних матеріалів у готові вироби. Процес формування деталей з ПКМ часто вимагає застосування високоточного технологічного обладнання, що ускладнює і здорожує виробництво. Такий підхід не завжди дозволяє досягти бажаного рівня економічної ефективності, особливо при масовому виробництві.

Це визначає ключову задачу для сучасного матеріалознавства і машинобудування — розробку нових технологій або вдосконалення вже існуючих методів переробки ПКМ. Оптимізація виробничих процесів повинна зосередитися на зниженні витрат, зниженні енерговитрат і забезпеченні можливості створення деталей складної форми без втрати їх експлуатаційних

властивостей. Крім того, дослідження властивостей нових полімерів і композитів дозволяє розробити матеріали, які потребують менше складного обладнання для обробки, що сприятиме зниженню собівартості кінцевої продукції.

Таким чином, подальше вдосконалення технологій виробництва ПКМ, їх адаптація до потреб промисловості та пошук шляхів зниження собівартості є стратегічно напрямком, який сприятиме розвитку інноваційної економіки та задоволенню вимог.

Дана дипломна робота пов'язана з впровадженням композитних матеріалів у шарнірні з'єднання сівалок, обґрунтовує їхню здатність значно покращити технічні характеристики цих вузлів. Композиції забезпечують високу зносостійкість, корозійну стійкість, зменшення ваги та підвищення їх довговічності. Це особливо важливо для сільськогосподарської техніки, яка працює в складних умовах, зокрема для підвищених механічних навантажень та агресивного впливу навколишнього середовища. Без того, впровадження таких матеріалів зменшує вміст вартості продукції та підвищує екологічну безпеку. Розробка та оптимізація таких рішень є актуальним і перспективним завданням для підвищення ефективності сучасної агротехніки.

1. АНАЛІЗ РИНКУ ТА ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Одним із перспективних матеріалів конструкційного призначення є поліаміди — синтетичні полімери, що містять у своїй структурі амідні групи ($-\text{CONH}$), пов'язані з вуглецевими ланцюгами різної довжини та структури. Залежно від будови макромолекул, поліаміди поділяються на аліфатичні та ароматичні. Ці два типи суттєво різняться як структурними особливостями, так і рівнем експлуатаційних властивостей.

Аліфатичні поліаміди, хоча й широко використовуються, мають порівняно нижчі фізико-механічні та теплофізичні характеристики у порівнянні з ароматичними. Для покращення їхніх властивостей у полімерну матрицю вводять наповнювачі різного походження — як органічного, так і неорганічного, зокрема волокна (вуглецеві, базальтові, арамідні) чи дисперсні матеріали (графіт, кремнійвмісні частинки, технічний вуглець тощо). Наприклад, дослідження [9] продемонстрували, що введення наповнювачів значно покращує фізичні, механічні та термічні властивості аліфатичних поліамідів, але водночас ускладнює виробничий процес через необхідність забезпечення якісної міжфазної взаємодії в композиті. Це потребує застосування високовартісного обладнання, що збільшує собівартість отриманих матеріалів.

У роботі [10] проведено трибологічні дослідження аліфатичних поліамідів, наповнених скловолокном, та виявлено, що такі композити демонструють кращу зносостійкість і довговічність у порівнянні з металами, особливо при експлуатації без мащення. Водночас, обмеження щодо вантажопідйомності та робочих температур (до 120–140 °C) стримують їхнє широке застосування. Для вирішення цих недоліків пропонується впроваджувати наноматеріали як наповнювачі. У роботі [11] описано застосування монтморилоніту, модифікованого наночастинками полівінілпіролідону, що дозволило покращити характеристики матеріалу. Однак висока вартість таких наповнювачів часто перевищує економічний

ефект від їх впровадження, а собівартість виробів із покращених аліфатичних поліамідів значно зростає. Наприклад, базовий поліамід 6 коштує близько 4–6 \$ США за 1 кг, тоді як наповнений вуглецевим волокном полімер — 20–25 \$ США за 1 кг.

У випадках, коли робочі умови потребують вищих експлуатаційних властивостей, доцільним є використання ароматичних поліамідів. Наприклад, ароматичний поліамід фенілон С1 має фізико-механічні характеристики, близькі до металів. Його межа пружності при стисканні становить 240 МПа, але при цьому питома вага матеріалу у 6–8 разів нижча за металеві аналоги, що дозволяє значно знизити вагу готових деталей. Однак вартість такого матеріалу досягає 100 \$ США за 1 кг, що обмежує його застосування. Для здешевлення виробництва використовують наповнювачі, які водночас підвищують характеристики композиту. Наприклад, у роботі [12] описано застосування технічного вуглецю як наповнювача фенілону С1, що дозволило покращити експлуатаційні властивості матеріалу. Проте дослідження проводились у режимах експлуатації з невисокими навантаженнями (тиск до 1,5 МПа, швидкість ковзання до 1,25 м/с), що звужує можливості використання таких композитів.

Подальші дослідження, наприклад у роботі [13], запропонували використання металовмісних вуглецевих волокон як наповнювачів для фенілону С1. Виявлено, що такі волокна здатні значно покращити рівень властивостей полімерного композиту завдяки рівномірному розподілу частинок металів. Однак забезпечення такого розподілу є технологічно складним завданням, а висока вартість дисперсних наповнювачів залишається суттєвим бар'єром для зниження собівартості отриманих матеріалів.

Таким чином, хоча поліаміди, особливо ароматичні, демонструють значний потенціал як конструкційні матеріали, подальші розробки у напрямку оптимізації їхнього складу та виробничих процесів є необхідними для забезпечення економічної доцільності їх використання в промисловості.

Вирішення проблеми зниження собівартості полімерно-композитних матеріалів (ПКМ) можливе за рахунок використання недорогих наповнювачів з реакційноспроможною поверхнею, здатною до фізичної та хімічної взаємодії з молекулами полімеру. Такий підхід було застосовано у роботі [14], де запропоновано використовувати діоксиди кремнію як наповнювачі. Ці матеріали мають широке розповсюдження (до 32 % хімічних сполук на Землі містять кремній) і характеризуються низькою вартістю, що робить їх економічно доцільними.

Особливість діоксидів кремнію полягає в їх розвиненій поверхні (до 400 м²/г), що забезпечує високу адсорбційну здатність. У процесі переробки полімерної композиції під дією високих тисків і температур із поверхні наповнювача видаляються легколеткі компоненти, що створює локальне розрядження поблизу поверхні частинок. Це призводить до того, що молекули ароматичного поліаміду притягуються до наповнювача, частково або повністю заповнюючи нерівності його поверхневого профілю, забезпечуючи міцну адгезію між компонентами.

Дослідження [15] підтверджують, що при використанні силікагелю як наповнювача для ароматичного поліаміду фенілон С1 основна хімічна взаємодія між полімером і наповнювачем відбувається через утворення водневих зв'язків. Ці зв'язки виникають між киснем карбонільних груп поліаміду і активними гідроксильними групами на поверхні силікагелю. Аналогічно, взаємодія можлива через активні силанольні групи діоксиду кремнію, що утворюють водневі зв'язки з амідними групами полімеру.

У роботі [16] було додатково встановлено, що водневі зв'язки між атомами водню на поверхні діоксиду кремнію і киснем амідних груп поліаміду мають високу енергію взаємодії, що обумовлено малою відстанню між атомами, задіяними у зв'язку. Це підтверджує доцільність введення діоксиду кремнію у склад фенілону С1 для покращення його фізико-механічних характеристик. Однак залишається актуальним завдання оптимізації вмісту

наповнювача в полімерній матриці для забезпечення балансу між покращенням властивостей і збереженням економічної доцільності матеріалу.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що дослідження, спрямовані на створення ПКМ на основі ароматичного поліаміду з високими фізико-механічними та теплофізичними властивостями, але зниженою собівартістю виробів, є перспективними. Це відкриває можливості для їх широкого застосування в різних галузях промисловості, включаючи транспорт, машинобудування та авіацію.

Основною задачею працівників сільського господарства є збільшення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції. Ключовими аспектами цієї діяльності є забезпечення стабільних і високих темпів розвитку аграрного сектору, ефективне використання земельних ресурсів, модернізація та зміцнення матеріально-технічної бази, впровадження інноваційних досягнень науки і техніки, а також оптимізація роботи машинно-тракторного парку. Значна увага приділяється використанню сучасних технологій, покращенню якості ремонту та технічного обслуговування сільськогосподарської техніки, адже ці чинники безпосередньо впливають на продуктивність і надійність її експлуатації.

Україна, завдяки своєму сприятливому географічному положенню, має широкі можливості для ефективного розвитку сільського господарства, зокрема для вирощування різноманітних культур і розвитку тваринництва. Значну частину посівних площ займають зернові культури (пшениця, ячмінь), а також соняшник і кукурудза, які є ключовими в більшості сівозмін. На великих площах, що перевищують 1 млн га, зазвичай вирощують шість основних культур: пшеницю, соняшник, кукурудзу, ячмінь, сою та ріпак.

У сучасних умовах структура посівних площ значною мірою залежить від вимог ринку. Це часто призводить до недостатнього застосування наукових підходів при плануванні посівів. Аналіз даних за останній рік показує, що пшениця займає провідну позицію серед вирощуваних культур, за нею йдуть соняшник, кукурудза, ячмінь, ріпак озимий, горох, цукровий буряк і соя.

Ринкові умови визначають пріоритетність тих чи інших культур, впливаючи на структуру посівів, однак для забезпечення довгострокового розвитку аграрного сектору необхідно поєднувати ринкові потреби з науковими рекомендаціями.

Числові значення виробництва вказаних вище культур представлені в таблиці 1.1.

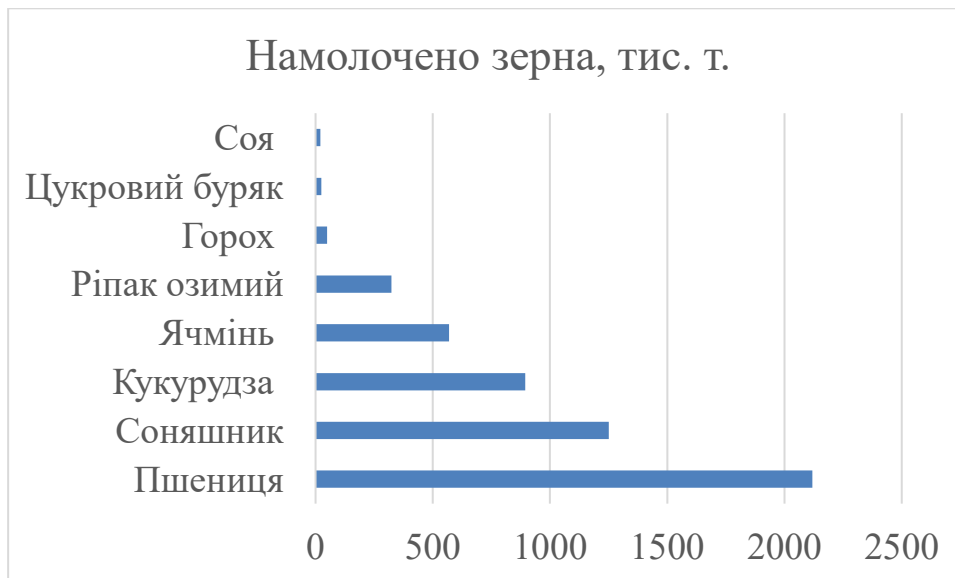


Рисунок 1.1 – Намолот зерна с.-г. культур за 2024 рік

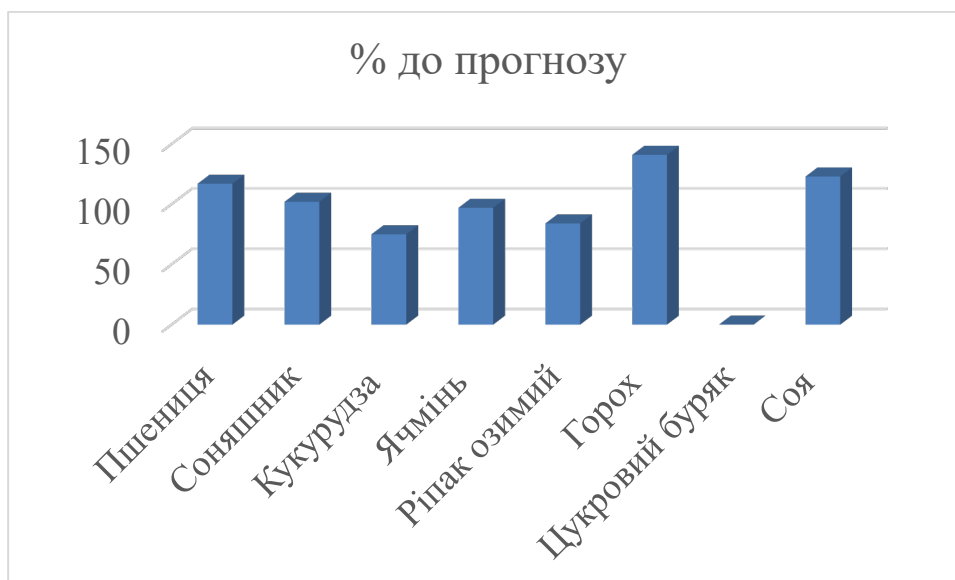


Рисунок 1.2 - % до прогнозу

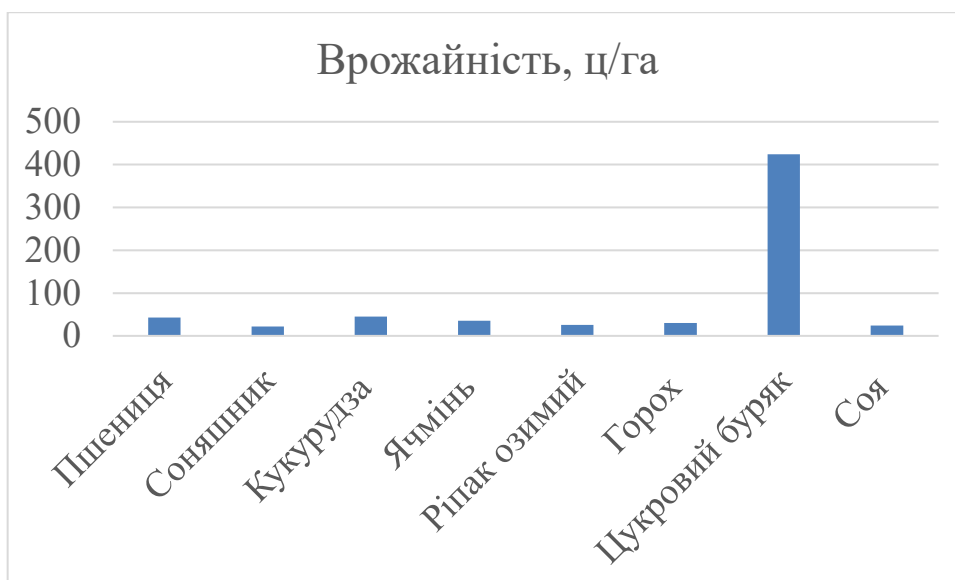


Рисунок 1.3 – Урожайність по культурах за 2024 рік

Аналіз даних, наведених на діаграмах 1.1, показує, що більшість культур у нашій області вирощується у більших обсягах, ніж було прогнозовано. Виняток становлять лише кукурудза, ячмінь та озимий ріпак. Урожайність цих культур перебуває у межах середніх і високих статистичних показників.

Лідером у виробництві соняшнику є Кіровоградська область, за якою слідують Дніпропетровська та Полтавська області. Валовий збір соняшнику в цих регіонах складає відповідно 1551,9, 1520,1 та 1131,9 тис. тон. Детальні числові показники намолоту зерна соняшнику в інших областях країни наведені нижче.

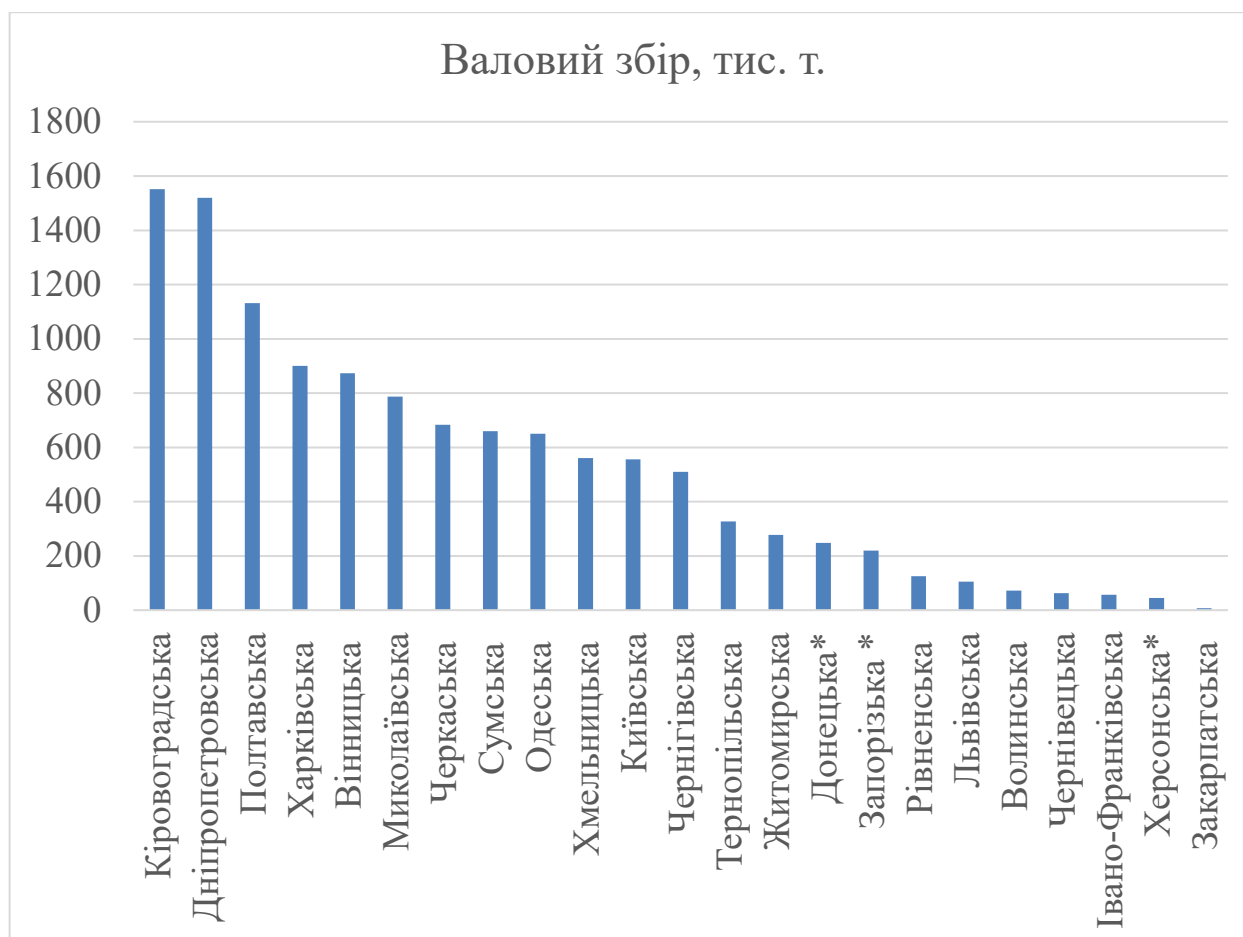


Рисунок 1.4 – Валовий збір по областях

Отже, Дніпропетровська область входить до трійки лідерів з вирощування соняшнику, займаючи одну з провідних позицій у виробництві цієї культури.

Аналогічна ситуація і у виробництві кукурудзи. Детальні дані щодо валового збору цієї культури наведені на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Валовий збір врожаю кукурудзи за 2024 рік

Як видно, Дніпропетровська область займає одинадцяте місце за обсягами виробництва кукурудзи. Лідерами у цій сфері є Черкаська, Полтавська та Вінницька області, які очолюють трійку регіонів із найвищими показниками.

З настанням весни кожен фермер стоїть перед важливим вибором сівалки. На ринку України представлено як уже добре зарекомендовані моделі, так і новинки, які тільки-но з'явилися. Кожна модель має свої переваги та недоліки, що визначаються співвідношенням ціни та якості виконання технологічних операцій.

Шарнірні з'єднання є однією з ключових складових сільськогосподарської техніки, оскільки вони забезпечують надійне з'єднання окремих вузлів і деталей, дозволяючи техніці виконувати широкий спектр рухомих і складних операцій. У процесі експлуатації сільськогосподарської техніки, яка працює у складних умовах підвищених механічних навантажень, пилу, вологи та температурних коливань, саме шарнірні з'єднання стають критично важливими для забезпечення її надійності та довговічності. Вони дозволяють деталям рухатися відносно одна одної, що є необхідним для

правильної роботи багатьох механізмів, таких як системи рульового управління, механізми приводу, підйомні пристрої та робочі органи машин.

Ефективність роботи шарнірних з'єднань безпосередньо впливає на продуктивність техніки, її економічність та витрати на обслуговування. У випадку з сівалками, шарнірні з'єднання відіграють вирішальну роль у забезпеченні рівномірності посіву, глибини закладання насіння та точності виконання технологічних операцій. Від їхньої якості залежить не тільки збереження робочих характеристик машини, але й результати сільськогосподарських робіт у цілому.

Удосконалення конструкції шарнірних з'єднань дозволяє підвищити ефективність сільськогосподарської техніки, зменшити втрати енергії та витрати на ремонт. Особливого значення набуває використання сучасних матеріалів, таких як полімерно-композитні, які здатні знизити вагу з'єднань, підвищити їх зносостійкість і стійкість до корозії. Завдяки цьому зменшуються експлуатаційні витрати та підвищується довговічність техніки, що має важливе значення для аграрного сектору.

Таким чином, шарнірні з'єднання є не просто технічним елементом, а ключовим компонентом, від якого залежить ефективність, надійність і тривалість роботи сільськогосподарської техніки. Інноваційні підходи до їхнього проектування та матеріального складу відкривають нові можливості для підвищення продуктивності сучасних машин, що є важливим фактором у розвитку аграрної галузі.

З урахуванням специфіки ведення фермерського господарства в Україні, більшість фермерів, особливо власники невеликих господарств, прагнуть придбати економічно вигідну техніку, яка одночасно відповідала б важливим агротехнічним вимогам. Такі вимоги включають:

Копіювання поверхні поля: Це дозволяє техніці адаптуватися до нерівностей рельєфу, забезпечуючи рівномірне висівання насіння та запобігання пошкодженню рослин.

Однакова глибина залягання насіння: Це гарантує рівномірне проростання культур, що важливо для отримання високих урожаїв. Рівномірне залягання сприяє одночасному проростанню та розвитку рослин, що полегшує подальші агротехнічні заходи.

Рівномірна притискна сила в посівному ложі: Це забезпечує оптимальні умови для проростання насіння, зменшуючи ризик його виносу або пошкодження.

Можливість працювати однією сівалкою за декількома технологіями: Універсальність сівалки дозволяє використовувати її для різних видів культур і технологій, що збільшує її економічну ефективність.

Скорочення часу на проведення щоденного технічного обслуговування: Це важливо для зниження витрат на обслуговування та забезпечення більшої продуктивності праці. Мінімальний час на обслуговування означає, що більше часу можна приділити безпосередньо сільськогосподарським роботам.

Надійність і точність роботи механізмів забезпечує довговічність техніки і знижує ризик поломок під час польових робіт.

Вплив на фермерські господарства:

Ця сівалка присутня практично в кожному третьому фермерському господарстві. Її висока ефективність, надійність та економічна доцільність роблять John Deere 7000 незамінним інструментом для багатьох українських фермерів. Вона допомагає оптимізувати процеси посіву, зменшуючи витрати на технічне обслуговування та забезпечуючи стабільно високі врожаї.



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд John Deere 7000

Композитні матеріали в шарнірних з'єднаннях часто зустрічаються в інших сільськогосподарських машинах, таких наприклад як культиватори. Для прикладу можна навести культиватори різних виробників, наприклад: John Deere, Case та ін.

Далі розглянемо більш детально.

Перш за все необхідно розуміти значення технологічного процесу культивації при вирощуванні культур.

Культивація виконується за допомогою тракторних агрегатів, оснащених спеціальними культиваторами, які можуть бути причіпними або начіпними. Робочі органи культиваторів — лапи різного типу — обираються залежно від завдання: вузькорозпушувальні лапи застосовуються на полях, засмічених кореневищними бур'янами, такими як пірій, а плоскорізальні лапи з перекриттям виконуються для забезпечення рівномірності обробітку. Глибина культивації регулюється залежно від підстави і стану бур'янів, що дозволяє адаптувати тип процесу до конкретних умов і вимог. Важливим аспектом є

підготовка поля перед культивацією, яка включає видалення перешкод, таких як каміння чи залишки рослин, і відбиття поворотних смуг. Сама культивація періоду впоперек напряду попереднього обробітку для забезпечення рівномірності.

Сучасні агрегати часто працюють у поєднанні з боронами, що дозволяє одночасно розпушувати обґрунтування і вирівнювати його поверхню. Використання сучасного обладнання з автоматичним регулюванням глибини і точності руху значно ефективніше роботи, знижує витрати часу і пального. Технологічний процес, організований так, забезпечує мінімальні втрати часу на розвороти, які забезпечуються петельним способом на поворотних смугах. Завдяки правильному налаштуванню культиваторів і використанню сучасних технологій досягається оптимальне розпушування ґрунту, покращення водного та повітряного режиму, а також підвищення врожайності.

Суцільна культивація дозволяє знищувати бур'яни без використання хімічних засобів, що є екологічно безпечним методом. Водночас вона забезпечує рівномірний розподіл добрив з обґрунтуванням, що сприяє кращому живленню рослин. Завдяки впровадженню інноваційних технологій, таких як точне землеробство, автоматизація процесів і використання зносостійких матеріалів у робочих органах культиваторів, цей метод заробітку обґрунтовано стає більш ефективним. У сучасному землеробстві суцільна культивація є невід'ємною складовою технологією обробітку обґрунтування, яка підвищує підвищення продуктивності сільського господарства, збереженню родючості обґрунтування і сталому розвитку аграрного сектору.

Для ефективного виконання робіт тип встановлених лап на культиваторах залежить від характеру бур'янів. Для обробки площ, засмічених кореневищними бур'янами (такими як пірій), виберіть вузькі розпушувальні лапи на пружинних стовпах, що забезпечують краще проникнення у ґрунт. У випадку плоскорізних лап їх встановлюють з перекриттям в межах 4–8 см, що дозволяє уникнути пропусків при обробітку.

Рівномірність глибини обробітку обґрунтовано є критично важливою, тому регулювання роботи залежно від типу культиватора. Для причіпних культиваторів це створюється зміною висоти причепа, а для начіпних — коригуванням довжини верхньої тяги начіпного механізму трактора. Виконання культивації здійснюється з використанням тракторних агрегатів, оснащених парними або універсальними культиваторами, які можуть працювати як самостійно, так і в поєднанні з боронами для одночасного боронування. У цьому випадку тяговий опір агрегату розраховують за сумарним опором культиваторів і борін.

При роботі з начіпними культиваторами вибирають напівначіпні зчіпки, які можуть розмістити два культиватори з боків трактора, а один — позаду.

Перед початком культивації важливо підготувати поле, видаливши перешкоди для руху агрегату. Особливу увагу при виділенні відбиття поворотних смуг, які мають бути в три рази більшими за захват агрегату. Ці смуги відбивають однокорпусним плугом на глибину 8–10 см. Робота агрегату створюється впоперек напрямку попереднього обробітку обґрунтовано, що сприяє рівномірнішій культивації.

Для полів завширшки менше 300 метрів найефективнішим є використання начіпних культиваторів. Для забезпечення прямолінійності руху перший прохід створюється за встановленими вішками, після чого агрегат рухається човниковим способом. У кінці гонів виконується петельний поворот на розворотній смузі. Під час повороту робочі органи культиватора приростають, а після завершення маневру відпускаються, що забезпечують точність обробітку.

Такий спосіб організації робіт із суцільної культивації дозволяє оптимізувати використання витрат і ресурсів, забезпечуючи якісний обробіток ґрунту. Використання сучасних культиваторів із швидкими типами робочих органів, налаштованих під специфіку підстави і наявності бур'янів, значно забезпечує продуктивність і ефективність роботи. Застосування правильної техніки забезпечує рівномірне розпушування обґрунтування, що сприяє

кращому збереженню вологи, підвищенню аерації та створенню сприятливих умов для проростання.

При цьому враховується тип агрегату і його відповідність конкретним умовам поля. Для великих площ часто використовують напівначіпні або причіпні культиватори з шириною захвату до 15 метрів, що дозволяє охопити значні ділянки за один прохід. На невеликих полях або у складних умовах місцевості перевага надається начіпним агрегатам, які забезпечують більшу маневреність і

Дотримання рекомендованої глибини культивування залежно від ґрунту і фази розвитку бур'янів є ще одним видом аспекту. Для глибокого розпушування використовують спеціальні лапи, які можуть проникнути на глибину 12–15 см, тоді як поверхневі бур'яни можуть бути знищені при культивуванні на глибину 5–7 см. Регулювання глибини обробітку здійснюється відповідно до налаштування агрегату та рекомендацій для к

Крім того, одночасне виконання культивації та боронування також зменшує кількість проходів техніки по полю, що не тільки скорочує витрати пального, але й зменшує ущільнення підстави. Це має важливе значення для підтримки його структури та запобігання утворенню ущільнених шарів, які можуть негативно впливати на розвиток кореневої системи рос.

Сучасні тракторні агрегати, що застосовуються для культивації, оснащені системами автоматичного керування та GPS-навігацією, які можуть точно виконувати задані маршрути та мінімізувати перекриття або пропуски.

У перспективі молоді є подальше вдосконалення технологій культивування, зокрема розробка нових видів робочих органів, які б забезпечили ще більшу ефективність розпушування підставу при одночасному зниженні його ерозії. Інтеграція цих рішень із системами точного землеробства сприятиме підвищенню врожайності та екологічності агропродукції.

Розвиток технологій суцільної культивації спрямований на підвищення ефективності обробітку обґрунтовано з одночасним збереженням його родючості. Одним із важливих напрямків є впровадження робочих органів із

матеріалів з підвищеною зносостійкістю, наприклад, використання полімерно-композитних матеріалів для культиваторів. Такі матеріали мають меншу вагу, вищу стійкість до абразивного зносу і корозії, що дозволяє знизити витрати на обслуговування техніки.

Це робить культивацію не лише одним агротехнічним заходом, але й невід'ємною частиною сталого розвитку сільського господарства.

1.1. Особливості ремонту та технічного обслуговування культиваторів

Передпосівний період є найбільш інтенсивним часом для використання культиваторів, тому саме в цей період важливо звернути увагу на технічне обслуговування і, за потреби, ремонт цих агрегатів. Культиватори мають низькі переваги, серед яких розпушування верхнього шару обґрунтовано без його перевертання. Такий підхід сприяє швидкому прогріванню ґрунту, збереженню вологи і створенню оптимальних умов для розвитку мікробіологічних процесів, що забезпе

Ключовими робочими органами культиваторів є диски, стрілчасті лапи, лемеші, фрези, чизелі, а також спеціалізовані насадки для дискретного мікропідвіщення (наприклад, у лісових умовах). Залежно від призначення та умов використання, ці елементи можуть мати різні конструктивні форми. Усі вони піддаються значним навантаженням під час роботи, що вимагають їх необхідної заміни або ремонту. У міжсезонні робочі інструменти культиваторів знімають сліди для проведення обслуговування, включаючи очищення, огляд предмета зношування або пошкодження, а також заміну з

Робочі органи культиваторів можуть мати різноманітні форми, що вибирають характер їх поломок та спосіб ремонту. Наприклад, стрілчасті лапи часто піддаються зносу через контакт із твердими підставами, тоді як фрези можуть стати причиною деформації або втрати гостроти. Для забезпечення довговічності та ефективності роботи агрегатів необхідно враховувати

особливості кожного елемента та використовувати рекомендовані технології обслуговування та заміни



Рисунок 1.8 – Робочі органи культиваторів

Кожен вид робочих органів культиватора розроблений для виконання певних функцій і пристосований до конкретних умов роботи на полі. Оскільки культиватори використовуються як для передпосівної підготовки ґрунту, так і для обробітки після сходів насіння, мінімум два типи інструментів мають бути в наявності. При цьому в кожному фермерському господарстві можуть бути ділянки з різними ґрунтовими умовами або культурами, які вирощуються, що вимагає ще більшого розмаїття культиваторних інструментів для забезпечення ефективності роботи.



Рисунок 1.9 – Культиватор ЗПГ-12

Щоб весь набір інструментів для культивування ґрунту завжди був у готовності до роботи, необхідно своєчасно і ретельно проводити очищення деталей від залишків ґрунту та рослин. Після цього слід виконати змащування рухомих елементів для запобігання корозії та підвищення їх довговічності. Під час обслуговування важливо уважно оглянути всі деталі, і у разі виявлення поломок, деформацій чи значного зношування, здійснити заміну на нові комплектуючі. Використання оригінальних запчастин, які можна швидко та з гарантією якості придбати через компанію «Грозбер Україна», забезпечить відповідність технічним стандартам виробників. Завдяки цьому ваші культиватори зможуть працювати з максимальною продуктивністю і надійністю протягом тривалого часу.

Технічне обслуговування культиваторів є важливим етапом, який забезпечує їх надійну роботу та високу продуктивність. У цьому розділі розглядаються особливості виконання сервісних процедур і нюанси, що впливають на якість експлуатації обладнання.

Перш за все, увагу слід приділити обкатці культиватора, яка проводиться протягом 8 годин. У цей період деталі, що працюють у парі, піддаються первинному навантаженню, що може призвести до змін у їх взаємному

розташуванні. Це може спричинити послаблення кріплень і появу зазорів у з'єднаннях. Якщо вчасно не усунути ці зміни, не підтягнути кріплення та не змастити всі вузли, у процесі польових робіт такі недоліки можуть стати причиною зниження ефективності культиватора або навіть його поломки.

Особливо важливо стежити за з'єднаннями, які піддаються значним навантаженням. Регулярна перевірка і своєчасне змащування цих компонентів забезпечують зниження тертя та запобігають передчасному зношуванню. Під час обслуговування слід також оглядати поверхні деталей на предмет механічних пошкоджень, корозії чи інших дефектів, які можуть негативно вплинути на їхню функціональність.

Невелика увага до таких «дрібниць», як підтягування кріплень чи змащування з'єднань, може суттєво вплинути на якість роботи культиватора і запобігти серйозним проблемам у майбутньому. Регулярне дотримання плану технічного обслуговування забезпечить безперебійну роботу обладнання та знизить витрати на ремонт, що є важливим аспектом для ефективної експлуатації сільськогосподарської техніки.

Технічне обслуговування культиватора є невід'ємною частиною забезпечення його надійної та продуктивної роботи, особливо в період активної підготовки ґрунту до посівної кампанії. Перевірка кріплень, мастила і відповідності розташування окремих деталей повинна проводитися як до транспортування агрегату, так і після неї, оскільки навіть невеликі зсуви чи ослаблення кріплень під час перевезення можуть вплинути на ефективність роботи в полі.

Щоденне технічне обслуговування культиватора виконується у процесі активної експлуатації, коли агрегат може працювати багато днів поспіль. Ці процедури є обов'язковими і здійснюються через кожні 8–10 годин роботи. Такий інтервал пояснюється інтенсивним навантаженням на агрегат, який першим виходить у поле після зими, коли ґрунт зазнав впливу морозів, відлиг, зледеніння та інших сезонних факторів. Ці умови значно ускладнюють роботу культиватора та підвищують навантаження на його робочі органи, що може

призвести до зношування або пошкодження, якщо технічний стан не контролювати належним чином.

Більш повне технічне обслуговування, яке передбачає проведення комплексу сервісних процедур, необхідно виконувати після кожних 40 годин роботи культиватора або після завершення п'ятиденного тижня. Такий огляд є ще більш ретельним і охоплює всі ключові вузли та механізми агрегату. Окрім того, його слід проводити перед тривалим зберіганням агрегату, щоб підготувати техніку до простою і зберегти її функціональність до наступного сезону.

Перелік необхідних заходів при виконанні повного технічного обслуговування визначається заводом-виробником і надається у технічній документації на агрегат. Дотримання цих рекомендацій забезпечує збереження гарантії, продовжує термін служби культиватора і знижує ризик несподіваних поломок у критичний період польових робіт.



Рисунок 1.10 – Культиватор Case

Оскільки період зберігання сільськогосподарської техніки, зокрема культиваторів, може бути досить тривалим, важливо правильно організувати технічне обслуговування агрегату на всіх етапах цього процесу. Технічний сервіс охоплює підготовку культиватора до зберігання, догляд під час самого

періоду зберігання, а також заходи після його завершення, щоб забезпечити готовність техніки до нового сезону польових робіт. Це особливо актуально у проміжок між двома періодами активного використання культиватора.

Після завершення сезону сільськогосподарських робіт і перед постановкою агрегату на тривале зберігання необхідно ретельно оглянути техніку. Це дозволить виявити можливі несправності, оцінити їхній характер і прийняти рішення щодо обсягу необхідного ремонту. Якщо ремонтні роботи не потрібні, техніку слід законсервувати відповідно до інструкцій виробника, щоб забезпечити її збереження в належному стані до наступного сезону.

У разі необхідності часткової заміни деталей важливо скласти дефектну відомість, що дозволить точно визначити перелік запчастин і допоможе обрати надійного постачальника для їх своєчасного придбання. Це забезпечить ефективну підготовку культиватора до роботи, скоротивши час на усунення можливих недоліків після періоду зберігання.

Дотримання цього алгоритму зберігання і технічного обслуговування дозволить зберегти функціональність і продуктивність культиватора, запобігти передчасному зношуванню деталей і забезпечити безперебійну роботу техніки у наступному сезоні.



Рисунок 1.11 – Культиватор фірми «Восход»

Одними з найпоширеніших причин поломок деталей культиваторів є механічне зношування, деформації та засмічення. До основних проблем, що виникають у процесі експлуатації, належать: деформація або значне зношення троса, зношення підшипників чи втулок ковзання, засмічення карбюратора або його поломка, несправність пристрою запалювання, пошкодження деталей редуктора, а також деформація або поломка фрез.

Для усунення цих несправностей важливо використовувати якісні запчастини, які відповідають технічним вимогам виробника. Для власників брендів культиваторів John Deere, які відомі своєю надійністю та високими стандартами якості, доступні оригінальні запасні частини. Використання таких деталей дозволяє зберігати експлуатаційні характеристики техніки, уникнути повторних поломок та забезпечити тривалий термін служби агрегату.

Оригінальні запчастини на культиватори John Deere можна придбати через офіційних дилерів або авторизовані точки продажу, які гарантують їхню відповідність заводським стандартам і тривалу надійність.



Рисунок 1.12 – Культиватор HORSCH

Техніка цього відомого світового бренду відрізняється надзвичайно міцною рамою, яка здатна витримувати значні навантаження під час роботи навіть у складних умовах. У культиваторах використовується інноваційний «механізм опорних коліс, що коливаються», який забезпечує стабільну глибину

обробітку ґрунту незалежно від нерівностей рельєфу поля. Це дозволяє підтримувати високу якість культивації на всій площі.

Зручність у користуванні також досягається завдяки можливості регулювання глибини обробітку прямо з кабіни оператора за допомогою одного важеля. У моделі John Deere 2210 ця функція доповнена секційним регулюванням глибини, що також здійснюється безпосередньо з кабіни. Такий підхід значно полегшує управління і дає змогу адаптувати техніку до різних умов роботи максимально швидко і ефективно.

1.2. Проблеми технічного обслуговування і ремонту сівалки John Deere 7000

Під час весняно-польових робіт, зокрема посівної кампанії, будь-яка поломка техніки в найвідповідальніший момент може призвести до зупинки агрегату та невиконання запланованих робіт, що негативно вплине на якість і строки сільськогосподарських операцій. Щоб уникнути таких ситуацій, необхідно приділяти особливу увагу своєчасному виконанню регламентних ремонтних робіт і технічного обслуговування посівних машин. Зокрема, регулярне змащування ланцюгових передач і шарнірних з'єднань є обов'язковою процедурою для підтримання їх працездатності. Забруднена техніка довго працювати не зможе, тому після кожної зміни необхідно очищувати робочі органи від залишків рослин, посівного матеріалу та бруду.

Основними критеріями для забезпечення ефективної роботи сівалок є точна глибина посіву, рівномірне розташування насіння в борозні, однакова відстань між насінинами та гарний контакт насіння з ґрунтом. Дотримання цих вимог дозволяє створити оптимальні умови для проростання, що безпосередньо впливає на врожайність і, як наслідок, на прибуток фермера.

Найважливішим критерієм для надійного та рівномірного проростання насіння є правильна і стабільна глибина посіву. Вона забезпечує рослинам

формування міцної кореневої системи, яка дозволяє отримувати достатнє живлення впродовж усього періоду вегетації. За дослідженнями провідних аграрних інститутів, для якісного проростання ядро насінини повинно поглинути вологу з ґрунту в обсязі не менше 30% від власної ваги. Якщо глибина посіву є недостатньою або надмірною, насіння може не отримати необхідної кількості вологи, що призведе до нерівномірного проростання або навіть загибелі частини насіння.

Отже, правильна глибина посіву є вирішальним фактором у процесі вирощування будь-якої культури. Виконання цієї умови в поєднанні з іншими критеріями роботи сівалок дозволяє створити оптимальні умови для розвитку культурних рослин, що в кінцевому підсумку сприяє досягненню високої врожайності та фінансової стабільності господарства.



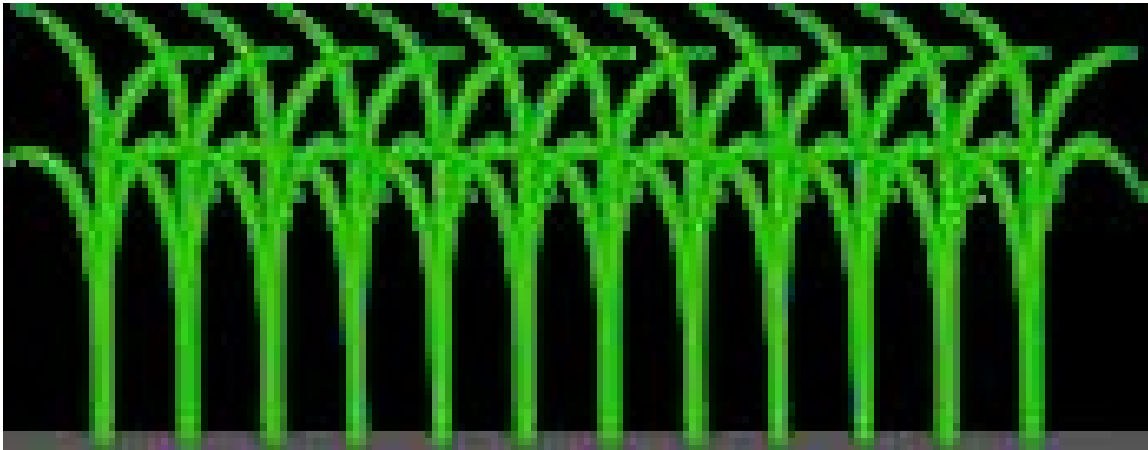
Рисунок 1.14 – Схема укладки насіння в ґрунт: а – глибина висіву; б – відстань між насінинами

Для забезпечення високої сухостійкості культур і запобігання передчасному відмиранню вузлових коренів насіння повинно висіватися на оптимальній глибині. Правильне розташування насіння в ґрунті створює сприятливі умови для формування кореневої системи, що забезпечує стійкість рослин до несприятливих умов, таких як посуха.

Також важливим фактором є дотримання оптимальної відстані між насінинами в рядку. Якщо насіння розташоване рівномірно, рослини не змагаються за сонячне світло, вологу та поживні речовини, що сприяє формуванню рівномірних і здорових посівів. Це є однією з ключових умов для досягнення високої врожайності, оскільки кожна рослина отримує достатньо ресурсів для повноцінного розвитку.

Хоча висівні апарати сучасних сівалок забезпечують високу продуктивність і подачу насіння до сошника, цього недостатньо для якісної розкладки насіння в рядку. Важливим показником, який характеризує рівномірність посіву, є коефіцієнт нерівномірності. Цей показник дозволяє оцінити, наскільки точно дотримуються відстані між насінинами в рядку, і є важливим індикатором ефективності роботи сівалки.

Чим менше значення коефіцієнта нерівномірності, тим більш рівномірно розподілене насіння, що забезпечує оптимальні умови для проростання та зростання рослин. Таким чином, якість посіву, включаючи дотримання глибини та відстані між насінинами, відіграє вирішальну роль у досягненні високих агротехнічних результатів (рис. 1.15).



а



б

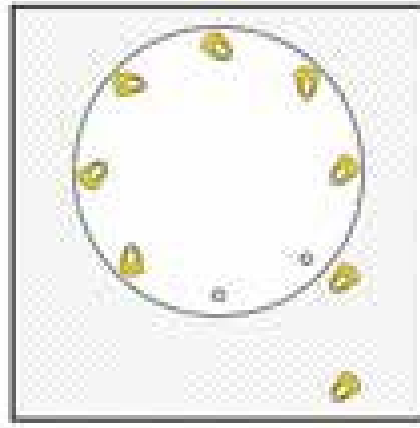
Рисунок 1.15 – Коефіцієнт нерівномірності висіву: а – гарний COV; б – поганий COV

Правильне розташування насіння в рядку є ключовим елементом якісного посіву, особливо для технічних культур, таких як кукурудза чи соняшник, які потребують точного дозування через низьку норму висіву порівняно з зерновими. У сучасних вакуумних сівалках цей процес базується на принципі присмоктування насіння до отворів висівного диска за рахунок створеного вакууму. Такий механізм дозволяє забезпечити подачу однієї насінини на кожне місце, зводячи до мінімуму пропуски під час сівби.

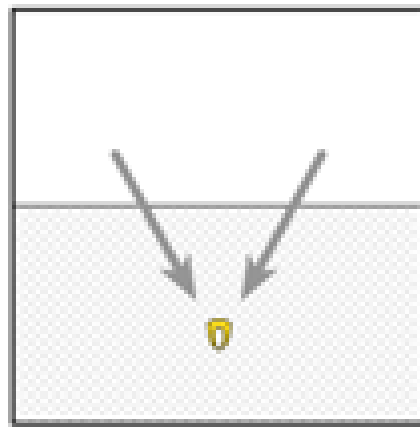
Однак навіть із використанням сучасних технологій можливі помилки. Наприклад, при недостатньо налаштованому обладнанні можуть утворюватися пропуски, коли насіння не потрапляє на визначене місце. Кожен 1% пропусків призводить до втрати врожайності на рівні понад 77 кг/га, що є значним для великих площ. З іншого боку, може виникати ситуація, коли на одне місце укладаються дві або навіть три насінини. У такому випадку паростки культури починають конкурувати між собою за сонячне світло, вологу та поживні речовини, що затримує їхній розвиток.

Подвійна або потрійна укладка насіння призводить до нерівномірного дозрівання культури. У той час, коли більшість рослин вже дозріли, недорозвинені залишаються у фазі активного росту. Це порушує процес «наливки» зерна, знижує загальну врожайність і вимагає додаткових витрат на доведення врожаю до належних показників. Зокрема, необхідність зменшення вологості недозрілого зерна шляхом механічного підсушування призводить до збільшення витрат на енергоресурси та ускладнює логістику.

Таким чином, точність висіву є критично важливим аспектом для забезпечення високої врожайності. Правильне налаштування вакуумної сівалки, контроль за якістю розкладки насіння та усунення помилок, таких як пропуски чи подвійні укладки, дозволяють уникнути втрат урожаю та забезпечують економічну ефективність посівної кампанії.



а



б

Рисунок 1.16 – Схема роботи висівного апарату

Правильна робота висівного апарату вакуумного типу включає два основних етапи:

Етап а – Розкладка

На цьому етапі відбувається наступне:

- **Забір насіння:** Вакуумний механізм захоплює насіння з ємності.
- **Розподіл насіння:** Висівний апарат рівномірно розподіляє насіння у висівному жолобі, забезпечуючи однакову відстань між насінням.

Етап б – Контакт насінини з ґрунтом

Цей етап забезпечує оптимальні умови для проростання:

- **Закладення насіння:** Насінина потрапляє у підготовлене посівне ложе.
- **Контакт з ґрунтом:** Система притискає насінину до ґрунту, забезпечуючи хороший контакт для впевненого проростання.

Правильна робота висівного апарату є критично важливою для отримання рівномірних та здорових сходів культур.

Контакт насінини з ґрунтом є критично важливим фактором після проходу сівалки. Від цього залежить рівномірність сходів, швидкість росту рослин та кількість поживних речовин, що в свою чергу впливає на врожайність. Для досягнення оптимального контакту насінини з ґрунтом необхідно враховувати декілька ключових аспектів:

1. **Рівномірність глибини залягання насіння:** Важливо, щоб насіння було закладено на однакову глибину для забезпечення рівномірних сходів. Це залежить від точності налаштування сівалки.

2. **Швидкість спрацювання механізму копіювання поверхні ґрунту:** Механізм копіювання повинен швидко та точно адаптуватися до змін рельєфу, щоб забезпечити постійний контакт насінини з ґрунтом.

3. **Зусилля, що прикладається до прикочуючого колеса, та його конструкція:** Правильне налаштування зусилля, з яким прикочується насіння, і конструкція прикочуючого колеса впливають на якість контакту насінини з ґрунтом. Вибір типу і конструкції прикочуючого колеса залежить від стану ґрунту і його типу.

При виборі типу і конструкції прикочуючого колеса для сівалки **Kinze-2000** необхідно враховувати стан ґрунту і його тип. На рисунку 1.19 представлені різні види прикочуючих коліс, що використовуються в сівалках Kinze-2000 різних моделей. Це дозволяє фермерам вибрати найбільш підходящий варіант для їх конкретних умов, забезпечуючи оптимальні умови для проростання насіння та покращення врожайності.

Ці додаткові органи та налаштування сівалки мають вирішальне значення для забезпечення високої якості посіву та максимізації врожайності культур.



а



б

Рисунок 1.17 – Види коліс для прикочування: а – гумові; б – чавунні

Кожен з цих типів прикочуючих коліс має свої переваги, що робить їх придатними для різних умов обробітку ґрунту:

Гумові колеса:

- **Переваги:** Гумові колеса добре працюють при традиційній технології обробітку ґрунту, забезпечуючи м'яке та рівномірне прикочування. Вони мають відмінну амортизацію, що зменшує вібрацію та покращує контакт насіння з ґрунтом.

- **Застосування:** Підходять для умов, де важливо зберегти структуру поверхневого шару ґрунту та забезпечити рівномірне розташування насіння.

Чавунні колеса:

- **Переваги:** Чавунні колеса забезпечують додаткове зусилля на прикочування, що особливо важливо для закриття борозни та ущільнення ґрунту. Вони є дуже ефективними на кам'янистих ґрунтах та в умовах нульового обробітку ґрунту, де потрібна більш інтенсивна обробка.

- **Застосування:** Ідеально підходять для важких умов, таких як обробка кам'янистих ґрунтів та робота за нульовою технологією, де необхідне щільне прикочування для закріплення насіння.

Таким чином, вибір типу і конструкції прикочуючого колеса для сівалки залежить від конкретних умов експлуатації і типу ґрунту, що дозволяє досягти оптимальних результатів посіву і забезпечити рівномірні сходи та високу врожайність.

1.3 Обґрунтування теми дипломної роботи

З огляду на поширене використання сівалок точного висіву фірми John Deere та аналогічних моделей в Україні та за її межами, обрано тему дипломної роботи, що спрямована на обґрунтування матеріалів неметалевого походження для трибоспрязень механізмів і машин. Це досягається шляхом зміни налаштувань обладнання для виготовлення матеріалів з ПКМ та адаптації деталей з них в конструкцію посівних машин.

2. ТЕОРЕТИЧНІ РОЗРАХУНКИ

2.1 Вихідні дані

З розвитком машинобудування в сільському господарстві все більше уваги приділяється системам копіювання ґрунту, якості укладання насіння в ґрунт та якісному його загортанню. Важливою умовою для безперебійної роботи механізмів є їх надійність, що істотно впливає на майбутній врожай і витрати на виробництво одиниці продукції.

На початковому етапі проектування трибоспряжень необхідно враховувати навантаження на вузли та вплив моменту сил під час наїзду опорних частин сошника на перешкоди. Для обмеження переміщення сошника в паралелограмному механізмі копіювання ґрунту встановлені обмежувачі, що значно збільшує навантаження на спряження.

Розглянемо рух важеля опорного колеса при його максимальному заглибленні в ґрунт і найбільшому притискному зусиллі. Для цього необхідно знати геометричні розміри деяких складових. Загальний вигляд важеля опорного колеса сівалки John Deere 7000 показано на рисунку 2.1.

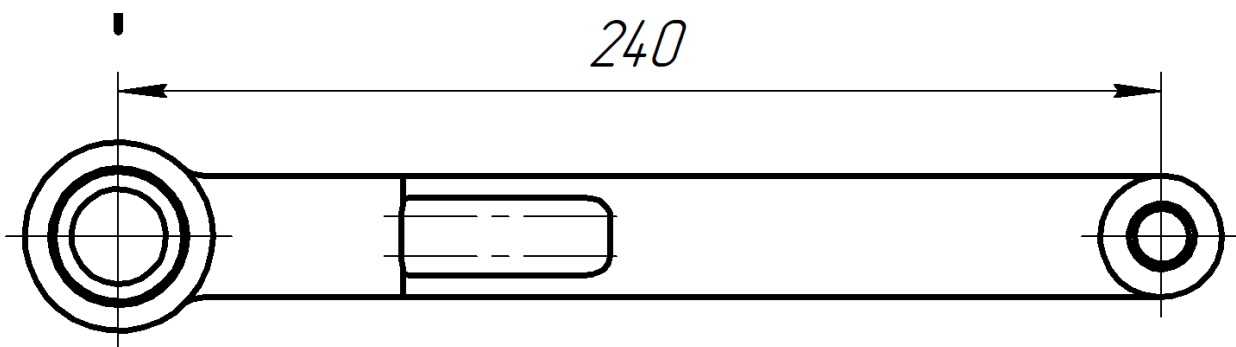


Рисунок 2.1 – Схема для визначення зусиль на важіль

Згідно з технічними характеристиками, відстань між осями кріплення важеля та додаткових елементів становить 240 мм (0,24 м). На рисунку 2.2

представлено спрощену схему, що ілюструє визначення та дію реакцій при наїзді опорного колеса сошника на перешкоду.

Ця схема допомагає зрозуміти, як впливають сили і моменти на різні частини конструкції, що є критично важливим для забезпечення надійності та працездатності механізму. Врахування цих навантажень на початковому етапі проектування дозволяє уникнути непередбачених поломок і підвищити ефективність роботи сільськогосподарської техніки.

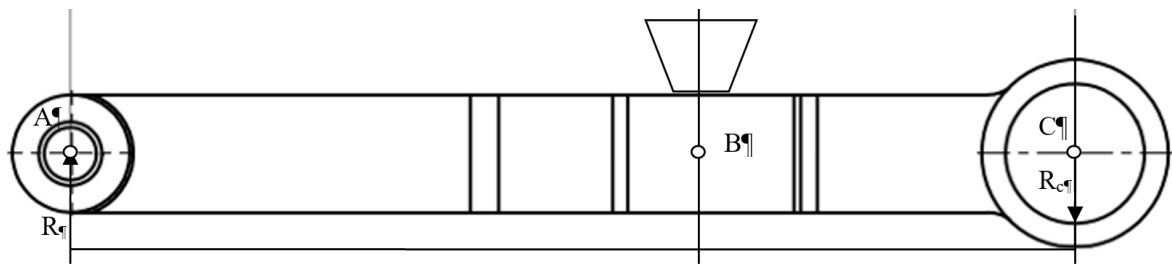


Рисунок 2.2 – Схема для визначення дій реакцій на важіль

Таким чином можемо записати формулу крутного моменту, який виникає в шарнірі:

$$M_{AB} = R \cdot AB \quad (3.1)$$

де M_{AB} – крутний момент, який виникає при наїзді опорного колеса на перешкоду;

R – максимальне зусилля притискання, Н;

AB – відстань від осі кріплення важеля до механізму регулювання глибини посіву насіння, м.

Ця формула допомагає визначити, який крутний момент виникає в шарнірному з'єднанні під час наїзду опорного колеса на перешкоду, що є важливою частиною аналізу навантажень на вузол та забезпечення його надійної роботи

Таким чином маємо:

$$M_{AB} = 1079,1 \cdot 0,15 = 161,86 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Наступний етап – визначення реакції в точці кріплення важеля до рами сошника, а саме точка С:

$$R_C = \frac{M_{AB}}{BC} \quad (3.2)$$

де R_C – реакція, яка діє на шарнірне з'єднання в точці С важеля, Н;

M_{AB} – крутний момент, Н·м;

BC – відстань на якій конструктивно встановлено механізм регулювання глибини висіву, м.

Підставивши числові значення у формулу маємо:

$$R_C = \frac{161,86}{0,09} = 1798,5\text{Н.}$$

Після визначення навантажень та проведення розрахунків для шарнірних з'єднань ці дані можуть бути використані як основа для майбутнього проектування елементів. Це включає вибір геометричних розмірів деталей з полімерно-композитних матеріалів та їх адаптацію до конкретних умов експлуатації.

Такий підхід дозволяє розробляти більш надійні та ефективні механізми, які здатні витримувати підвищені навантаження та забезпечувати довготривалу експлуатацію в умовах сільськогосподарських робіт. Правильний вибір матеріалів і розмірів деталей допомагає мінімізувати ризик поломок і підвищити продуктивність техніки.

2.2 Методика розподілу навантажень

Оскільки сошники більшості сучасних сівалок, будь то зернові чи сівалки для технічних культур, включають систему копіювання ґрунту у своїй конструкції, вважаємо за необхідне виконати розрахунки в шарнірах цих з'єднань. Це дозволить надати рекомендації щодо використання деталей з полімерно-композитних матеріалів (ПКМ) у таких вузлах.

У сучасному світі полімерні матеріали все частіше застосовуються в різних галузях народного і промислового господарства. Правильний вибір будь-якого виробу з ПКМ вимагає побудови кінематичної схеми роботи вузла або всього механізму, визначення навантажень та підбору відповідного ПКМ. Від правильності вибору ПКМ у сільському господарстві залежить якість виконання технологічних операцій, таких як посів, що безпосередньо впливає на врожайність.

На рисунку 2.3 показано схему руху і переміщення сошника в робочому положенні відносно поверхні поля.

Врахування цих аспектів дозволяє оптимізувати конструкцію сільськогосподарської техніки, підвищити її ефективність і довговічність, а також забезпечити високий рівень надійності при виконанні польових робіт. Правильний вибір і застосування ПКМ у конструкціях сівалок сприяє зменшенню витрат на технічне обслуговування і покращенню врожайності.

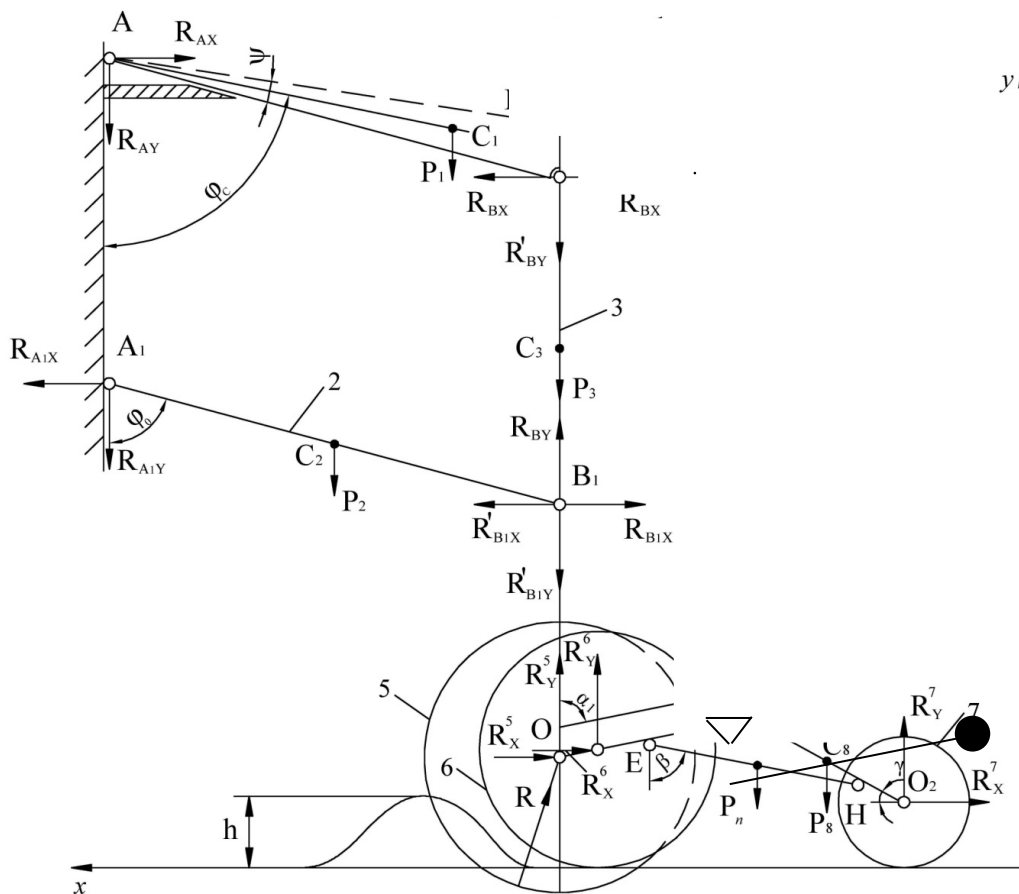


Рисунок 2.3 – Схема сил реакції у вузлах сошника сівалки Kinze-2000

Враховуючи конструктивні особливості сошника, зображеного на схемі сівалки, для розрахунків будемо брати висоту перешкоди (грудка, каміння), яка становить 20 см (0,2 м). Розрахунки навантажень виконаємо з урахуванням повного завантаження сівалки насінням і добривами. Окрім маси самого сошника, на його опори і шарнірні з'єднання буде впливати сила тяжіння несучої рами, при цьому частина її маси передаватиметься на енергетичний засіб.

Це дозволить точніше визначити навантаження, що діятимуть на вузли та з'єднання, і сприятиме вибору відповідних полімерно-композитних матеріалів для забезпечення надійної та довготривалої роботи конструкції. Такий підхід допоможе уникнути поломок і знизити витрати на технічне обслуговування, а також забезпечить високу врожайність культур.

2.3 Розрахунок навантажень у з'єднаннях важелів опорних коліс

Для модернізації обрано шарніри опорних коліс, оскільки вони відіграють ключову роль у виконанні технологічної операції посіву. Якщо розглядати сошник як окрему одиницю, майже вся його маса передається на опорні колеса через відповідні шарніри. Завдяки конструктивному розташуванню важелів уперед та нахилу поперечної осі під кутом до поверхні поля, цей вузол сприймає найбільші навантаження.

При наїзді на перешкоди даний вузол фактично сприймає удари. Тому необхідно провести розрахунок максимального навантаження. Тиск в з'єднанні можна визначити за формулою:

$$p = \frac{R_{max}}{l \cdot d} \quad (2.1)$$

де p – розраховане навантаження, Н/м²;

R_{max} – максимальне навантаження, яке виникає в шарнірі, Н

d – діаметр спроектованого елемента ПКМ (деталі), м;

l – висота спроектованого елемента з ПКМ, м.

У конструкції даного шарніру буде застосовано підшипник, а саме підшипник ковзання. Форма підшипника – конус. Менший діаметр конуса становить 25 мм (0,025 м). Максимальна висота деталі – 18 мм (0,018 м). При цьому (раніше розраховане) максимальне навантаження в з'єднанні 1798,5 Н.

Формула для визначення тиску в з'єднанні виглядає так

$$p = \frac{1798,5}{0,018 \cdot 0,025} = 3996666 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \text{ або } 3,99 \text{ МПа.}$$

Кутова швидкість [16] для вузла становить 7 рад/с.

Відповідно лінійна швидкість:

$$v = \omega \cdot r \quad (2.2)$$

Після всіх розрахунків, маємо:

$$v = 7 \cdot 0,0125 = 0,0875 \text{ м/с.}$$

Так як ми будемо використовувати матеріал з ПКМ, для нього важливим фактором є фактор pv .

Виконаємо розрахунок:

$$pv = 3,99 \cdot 0,0875 = 0,34 \text{ МПа} \cdot \text{м/с.}$$

Декілька із запропонованих полімерно-композитних матеріалів в даній дипломній роботі, були повністю розроблені в лабораторії технічного сервісу машин. При цьому фактор pv має межі 1,8...2 МПа·м/с.

2.4 Вдосконалення шарніру опорного колеса

Модернізація важеля опорного колеса сівалки потребує змін або приведення певних розмірів до геометрично правильних параметрів. На рисунку 2.4 видно, що діаметр по всій довжині осі важеля опорного колеса нерівномірний, що зазначено стрілкою.

Це нерівномірність може викликати нерівномірне розподілення навантаження, що в свою чергу може призвести до нерівномірного зносу та зниження ефективності роботи механізму. Тому для забезпечення надійності та довговічності конструкції необхідно провести коригування розмірів і форми осі важеля.

Приведення осі до геометрично правильного діаметру дозволить рівномірно розподілити навантаження та покращити працездатність опорного колеса, зменшуючи ризик зношування і поломок під час експлуатації. Це важливо для досягнення стабільної та ефективної роботи сільськогосподарської техніки в умовах інтенсивного використання.

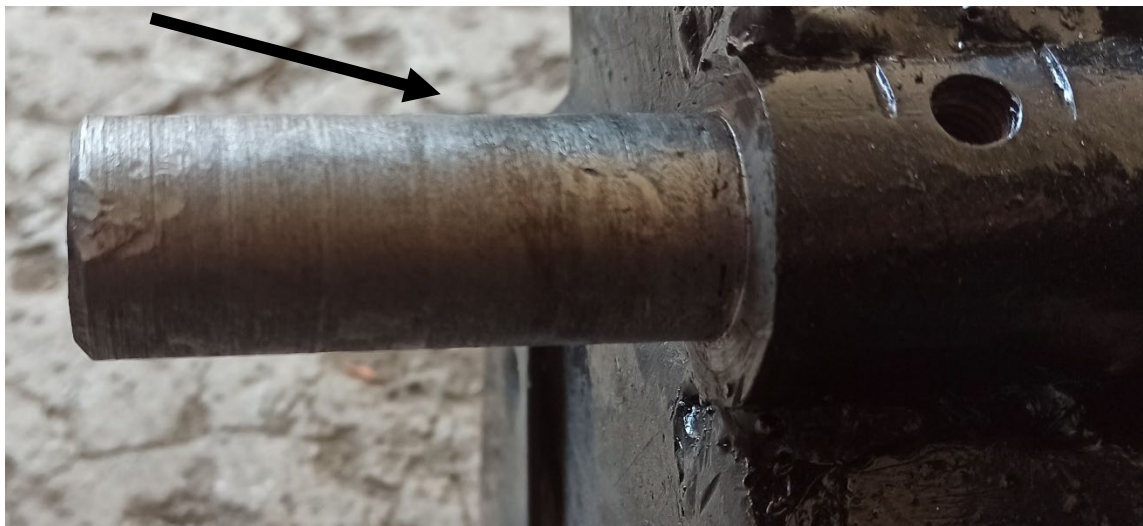


Рисунок 2.4 – Знос осі опорного колеса сошника

Найбільший знос по діаметру виявився в межах 22,8...23,2 мм. Відновлення цієї частини здійснювали шляхом нарощування металу за допомогою електродугового зварювання. Після цього проводили доведення розміру до номінального значення – $\text{Ø}25(\pm 0,05)$.

Це забезпечило повернення оригінальних розмірів та забезпечило правильне функціонування вузла без зниження його технічних характеристик. Цей процес є критично важливим для забезпечення тривалої служби та надійної роботи механізму.

Для відновлення важеля було прийнято рішення збільшити його внутрішній діаметр до $\text{Ø}36$. Це дозволило створити оптимальні умови для встановлення підшипників ковзання, виготовлених з розроблених полімерно-композитних матеріалів (ПКМ). Використання таких підшипників сприятиме підвищенню надійності та довговічності механізму, забезпечуючи плавну та ефективну роботу сівалки навіть у складних умовах експлуатації.

Застосування полімерно-композитних матеріалів у конструкції вузла дозволяє зменшити знос та забезпечити стійкість до різних видів навантажень, що є важливим для ефективного проведення технологічних операцій. Таким чином, модернізація важеля з використанням ПКМ підвищує загальну продуктивність та надійність сільськогосподарської техніки.

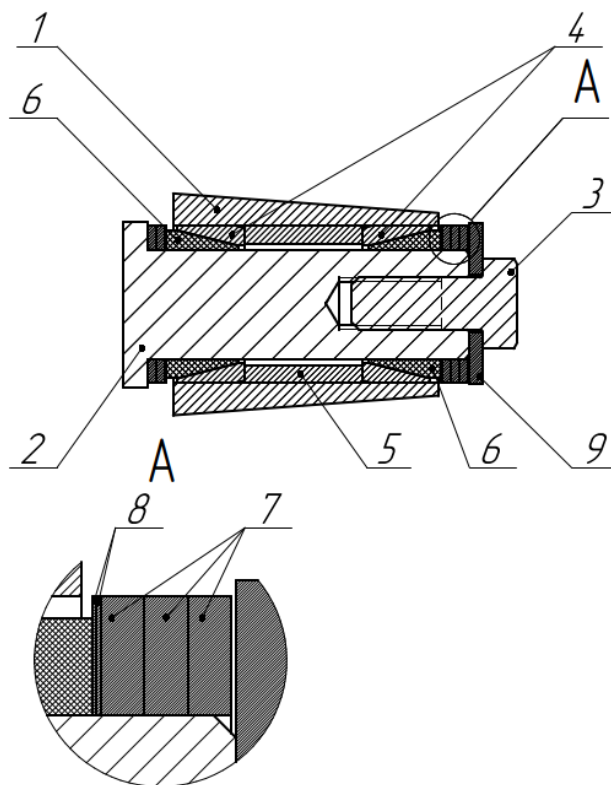


Рисунок 2.5 – Загальний вид модернізованого вузла

Суміжна втулка (рис. 2.5 (4)) виготовлена зі сталі марки 45 та має конусну внутрішню частину. Кут відхилення від осі складає 14° . Для підтримки постійної відстані між суміжними втулками була встановлена дистанційна втулка. Деталі з полімерно-композитних матеріалів (ПКМ) виготовляли з відповідним кутом нахилу, аналогічним до суміжних втулок.

Таке інженерне рішення дозволяє регулювати зазор в з'єднанні в міру зносу деталей з ПКМ за допомогою встановлення регулювальних шайб відповідного розміру. Конструкція повинна бути налаштована так, щоб важіль міг вільно обертатися на заданий кут, не заїдав та не мав люфтів. Зміною шайб між важелем і рамою сошника досягається правильне прилягання опорного колеса до диска сошника, забезпечуючи невеликий натяг між цими деталями.

Таким чином, у даному розділі було визначено реакції та зусилля у шарнірах сівалки, які складають 1798,5 Н. Розрахунками підтверджено працездатність підшипників ковзання у найбільш навантажених вузлах. Також наведено особливості складання та наладки.

3. ОБГРУНТУВАННЯ ПОЛІМЕРНО-КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ

3.1 Аналіз умов роботи

Зважаючи на особливості конструкції сівалок, основною проблемою зносу шарнірних з'єднань є потрапляння абразивних частинок у зони тертя. У ґрунті містяться різні хімічні елементи, які можуть сприяти зносу. До цього додаються недосконалі умови зберігання техніки, адже не кожен власник правильно консервує свою техніку.

Сівалки для висіву технічних культур використовують лише навесні, а решту часу вони стоять на відкритому майданчику, піддаючись впливу атмосферних факторів, таких як опади та сонячне проміння. Це призводить до інтенсивного зносу тертьових деталей.

У даній дипломній роботі буде запропоновано використання полімерно-композитних матеріалів (ПКМ) з оптимальними фізичними та триботехнічними характеристиками для найбільш навантаженого вузла — важеля прикочуючого колеса. У другому розділі виконано розрахунки відповідних реакцій, що діють на вказаний вузол при роботі в полі за найскладніших умов.

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку має на своєму складі лабораторію технічного обслуговування машин, оснащену сучасними пристроями для виготовлення полімерно-композитних матеріалів (ПКМ) із заданими властивостями.

На початковому етапі процесу виготовлення необхідно усунути вологу з вихідного матеріалу, оскільки його компоненти мають властивість поглинати вологу з навколишнього середовища. Для цього матеріалу нагрівають до температури, яка дозволяє точку кипіння води (понад 110°C), використовуючи сушильну шафу (рис. 3.1). Цей етап є критичним для забезпечення якісних характеристик готового матеріалу.

Це дозволить забезпечити належну якість та довговічність деталей, виготовлених із ПКМ, що є важливим для ефективної роботи сільськогосподарської техніки в складних умовах експлуатації.



Рисунок 3.1 – Термо-шафа типу СНОЛ

Після видалення зайвої вологи зі складових, складові проходили через екструдер – виготовлення гранул (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Загальний вид лабораторного екструдера

Екструдер оснащено додатковими дозаторами, що дозволяють виготовляти полімерні матеріали (ПМ) з різними властивостями та складом. Після дозування компонентів, їх нагріву та змішування, утворювалися стренги. Вони піддавалися охолодженню та подрібнювалися до циліндричних гранул діаметром 3 мм і довжиною 2-6 мм.

Отримані гранули знову сушили протягом 3-4 годин, після чого виготовляли лабораторні зразки для дослідження фізичних та трибологічних властивостей матеріалу. Лабораторні зразки виготовлялися методом лиття під тиском на ливарній машині вертикального типу ПЛ-62.

Також виготовили зразки для визначення абразивної стійкості у формі паралелограмних пластин розмірами 50×30×5 мм. Це дозволило провести всебічні дослідження характеристик матеріалу та забезпечити його відповідність вимогам для використання у сільськогосподарській техніці.

3.2 Дослідження міцнісних характеристик ПКМ

В лабораторії технічного сервісу машин достатньо обладнання для проведення лабораторних досліджень.

На зміну властивостей вихідного матеріалу можна впливати при виготовленні. Було виконано зміну відстані диска що перемішує матеріал до фільтри. Таким чином ступінь додаткового подрібнення вуглецевих волокон змінювався.

Після виготовлення гранули нового матеріалу піддавались термічному впливу за для видалення зайвої вологи, так як матеріал гігроскопічний.

Для виготовлення зразків для досліджень використовували ливарний прес типу ПЛ-60.

Також проводились дослідження для визначення міцнісних властивостей матеріалів. Зразки мали циліндричну форму з розмірами Ø10 мм та довжиною 14-15 мм. Ці ж зразки були використані для дослідження міцнісних характеристик FP-100/1 (рис. 3.10).

Ці тести допомагають оцінити, наскільки матеріали витримують навантаження, що є критично важливим для їх подальшого застосування у високонавантажених вузлах сільськогосподарської техніки. Вивчення фізико-механічних властивостей дозволяє підібрати матеріали, які забезпечать надійну і довготривалу роботу техніки навіть в найсуворіших умовах експлуатації.



Рисунок 3.3 – Машина для стиску FP-100/1

Випробувальна машина оснащена можливістю реєстрації внутрішніх змінених процесів, таких як напруження та опори, під час стискання зразка. Отримані дані відображаються в режимі реального часу на спеціальному папері за допомогою самописного приладу. Максимальне навантаження, яке здатне досягти моменту руйнування, фіксується стрілковим індикатором. Геометричні параметри та площини досліджуваних зразків повинні повністю давати відповіді, зазначені в інструкції з експлуатації обладнання.

Межа міцності:

$$\sigma = \frac{P}{F}, \quad (3.3)$$

де P - навантаження, МПа;

F - площа поперечного перерізу зразка, мм²;

$$F = \pi \cdot \frac{d^2}{4}, \quad (3.4)$$

де d - діаметр зразка, мм.

Деформація (відносна):

$$\varepsilon = \Delta h_{p.c.} \cdot 100/h_0, \quad (3.5)$$

де $\Delta h_{p.c.}$ - зміна висоти, мм;

h_0 – початкова довжина зразка, мм.

За наступним рівнянням знаходимо модуль пружності:

$$E = \frac{(F_2 - F_1) \cdot h_0}{A_0 \cdot (\Delta h_2 - \Delta h_1)}, \quad (3.6)$$

де F_1 - навантаження, при деформації 0,1%, Н;

F_2 - навантаження, при деформації 0,3%, Н;

h_0 – початкова висота зразка, мм;

A_0 – поперечний переріз зразка, мм;

Δh_1 - зміна висоти, яка відповідає навантаженню F_1 ;

Δh_2 - зміна висоти, яка відповідає навантаженню F_2 .

Кожен експеримент проводили п'ять разів, після чого обчислювали середнє арифметичне значення результатів. Це дозволяє отримати точніші та надійніші дані для оцінки міцнісних властивостей матеріалів. Повторення дослідів та усереднення результатів допомагають врахувати можливі варіації у вимірюваннях та мінімізують вплив випадкових помилок.

Цей підхід забезпечує високу точність і достовірність отриманих даних, що є важливим для подальших досліджень і застосувань розроблених матеріалів у сільськогосподарській техніці.

Для дослідження впливу частоти обертання ротора на характеристики вихідного матеріалу, до нього також додавали мастило марки ПМС-400.

Результати проведених досліджень приведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Результати досліджень напруження текучості розроблених матеріалів

№	h, мм	d, мм	σ , МПа
1	14,48	9,92	-
	14,50	9,90	89,37
	14,40	9,88	89,74
	14,42	9,94	92,80
	14,48	9,92	-
2	13,32	9,92	-
	14,42	9,88	97,00
	14,32	9,90	91,40
	14,52	9,88	-
	14,50	9,90	-
3	14,50	9,86	90,10
	14,46	9,83	83,30
	14,58	9,82	88,70
	14,56	9,86	80,70
	14,50	9,95	78,20
4	14,49	9,88	91,80
	13,93	9,35	108,30
	14,00	9,38	105,90
	14,06	9,38	101,87
	14,19	9,38	99,56
5	14,25	9,87	95,15
	14,52	9,86	-
	14,43	9,88	88,17
	14,50	9,91	95,40
	14,49	9,88	91,80

Для наглядної оцінки виконаної роботи виведемо середнє значення по отриманих результатах та зобразимо графічно (рис. 3.4).

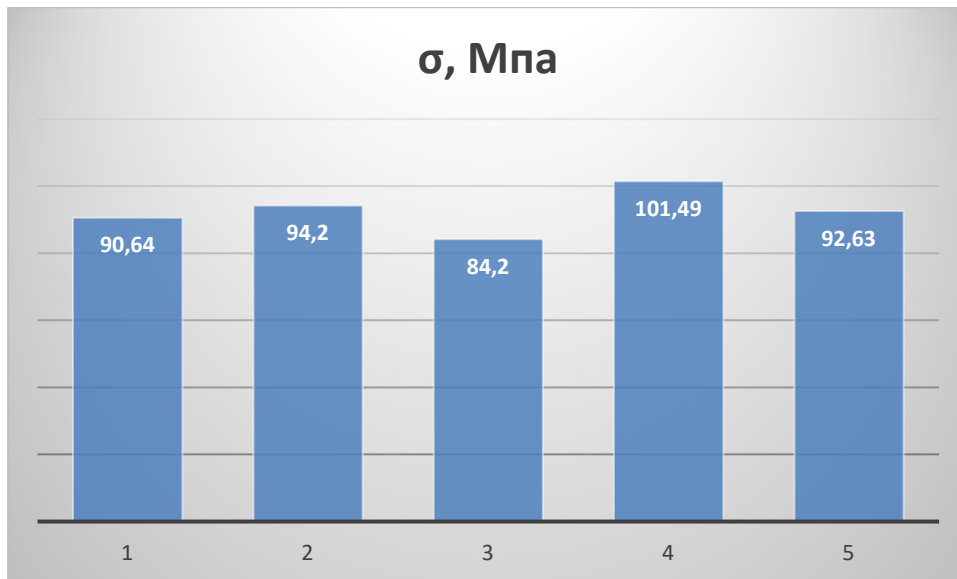


Рисунок 3.4 – Середнє значення по зразках

Як бачимо додавання в матрицю ПМС-400 значно покращує міцнісні характеристики розробленого та модифікованого матеріалу.

Для того щоб остаточно визначитися з вибором конкретного матеріалу були проведені дослідження ударної в'язкості.

Суть методу визначення ударної в'язкості полягає у випробуванні, при якому зразок розташовується на двох опорах з відстанню між ними 40 мм. Під час випробування маятник (молоток) завдає удару в точку, розташовану посередині між опорами. Прилад фіксує значення енергії удару (кДж/м²), при якому зразок руйнується.

Цей метод дозволяє визначити здатність матеріалу протистояти ударному навантаженню, що є важливим параметром для оцінки його міцності та надійності в умовах експлуатації.

Ліва частина таблиці має дані які були отримані з наново розробленої пресформи для виготовлення відповідних зразків. З правого боку – пресформа яка була розроблена набагато раніше та має в своїй конструкції недоліки.

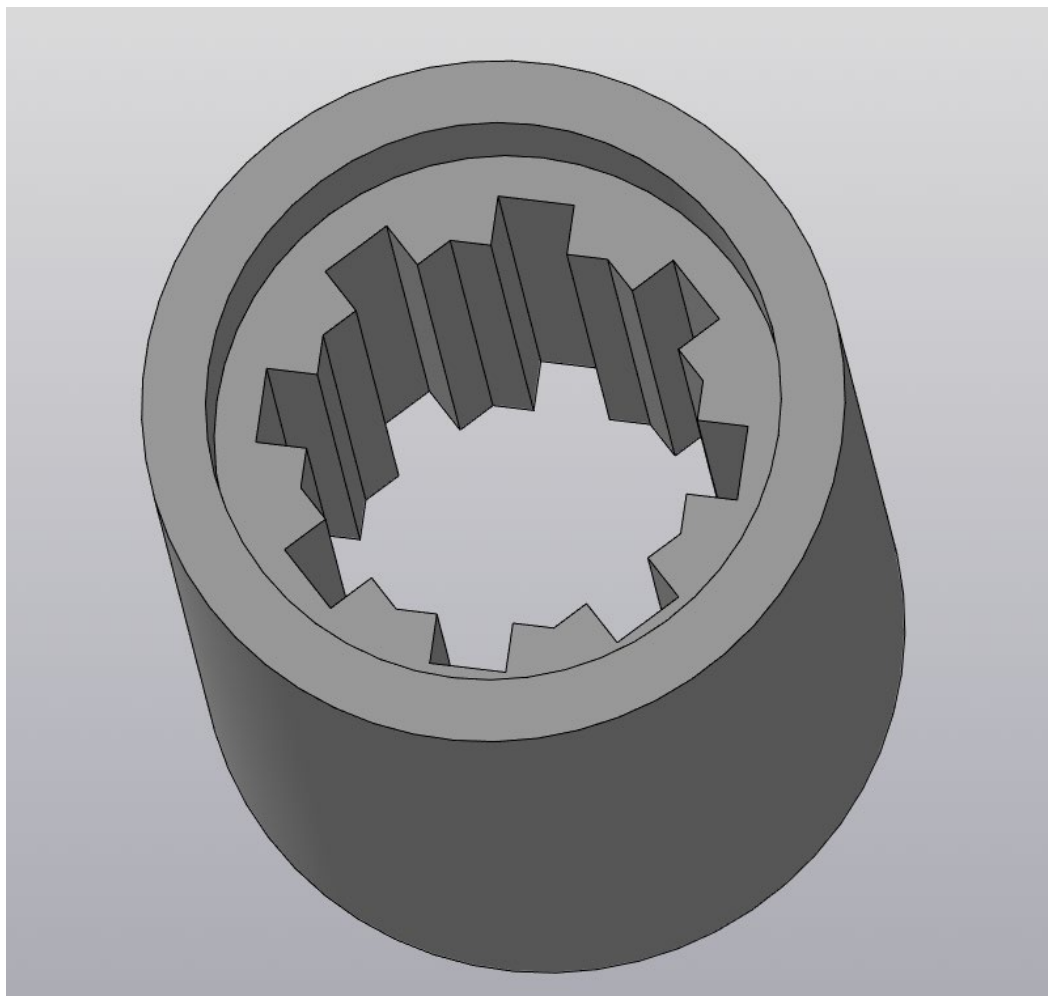


Рисунок 3.5 – Матриця розробленої пресформи

Таке виконання дає можливість матеріалу на стадії заповнення протікати рівномірним потоком на всю довжину зразка. При цьому за один цикл можна виготовити до восьми зразків.

Таблиця 3.2 – Результати ударної в'язкості

Дослід 1, n=70 об/хв			
	b×h	A	a
1	0,6×0,4	11,0	44,7
2	0,6×0,4	13,0	54,2
3	0,6×0,4	11,5	47,9
4	0,6×0,4	11,5	47,9
5	0,6×0,4	11,0	45,8
6	0,6×0,4	13,0	54,2
7	0,6×0,4	11,5	47,9
8	0,6×0,4	11,5	47,9
9	0,6×0,4	12,0	50,0
10	0,6×0,4	11,0	45,8

 $a_n=48,6 \text{ кДж/м}^2$

Дослід 1', n=70 об/хв			
	b×h	A	a
1	0,6×0,4	10,0	41,7
2	0,6×0,4	12,5	52,1
3	0,6×0,4	12,0	50,0
4	0,6×0,4	11,5	47,9
5	0,6×0,4	11,5	47,9
6	0,6×0,4	11,5	47,9

 $a_n=47,9 \text{ кДж/м}^2$

Дослід 2, n=80 об/хв			
	b×h	A	a
1	0,6×0,4	12,0	50,0
2	0,6×0,4	12,0	50,0
3	0,6×0,4	13,5	56,3
4	0,6×0,4	12,0	50,0
5	0,6×0,4	12,0	50,0
6	0,6×0,4	11,5	47,9
7	0,6×0,4	13,5	56,3
8	0,6×0,4	12,0	50,0
9	0,6×0,4	12,0	50,0
10	0,6×0,4	11,5	47,9

 $a_n=50,8 \text{ кДж/м}^2$

Дослід 2', n=80 об/хв			
	b×h	A	a
1	0,6×0,4	11,5	47,9
2	0,6×0,4	10,5	43,8
3	0,6×0,4	11,0	45,8
4	0,6×0,4	11,0	45,8
5	0,6×0,4	12,5	52,1
6	0,6×0,4	11,5	47,9

 $a_n=47,2 \text{ кДж/м}^2$

Дослід 3, n=90 об/хв			
	b×h	A	a
1	0,6×0,4	11,5	47,9
2	0,6×0,4	10,5	43,8
3	0,6×0,4	12,0	50,0
4	0,6×0,4	11,5	47,9
5	0,6×0,4	11,5	47,9
6	0,6×0,4	13,0	54,2
7	0,6×0,4	12,5	52,1
8	0,6×0,4	14,0	58,3
9	0,6×0,4	11,5	47,9
10	0,6×0,4	12,0	50,0

 $a_n=50,0 \text{ кДж/м}^2$

Дослід 3', n=90 об/хв			
	b×h	A	a
1	0,6×0,4	12,0	50,0
2	0,6×0,4	13,0	54,2
3	0,6×0,4	13,5	56,3
4	0,6×0,4	11,0	45,8
5	0,6×0,4	11,5	47,9

 $a_n=50,8 \text{ кДж/м}^2$

Продовження таблиці 3.2

Дослід 4 (+0,5% ПМС), n=90 об/хв			
	b×h	A	a
1	0,6×0,4	11,5	47,9
2	0,6×0,4	13,0	43,8
3	0,6×0,4	25,0	50,0
4	0,6×0,4	14,0	47,9
5	0,6×0,4	13,0	47,9
6	0,6×0,4	13,0	54,2
7	0,6×0,4	135,0	52,1
8	0,6×0,4	13,5	58,3
9	0,6×0,4	13,0	47,9

$$a_n=55,4 \quad \text{кДж/м}^2$$

Дослід 4' (+0,5% ПМС), n=90 об/хв			
	b×h	A	a
1	0,6×0,4	14,5	60,4
2	0,6×0,4	13,5	56,3
3	0,6×0,4	12,5	52,1
4	0,6×0,4	12,5	52,1
5	0,6×0,4	14,0	58,3
6	0,6×0,4	20,0	83,3

$$a_n=55,8 \quad \text{кДж/м}^2$$

Дослід 5 (+0,5% ПМС), n=100 об/хв			
	b×h	A	a
1	0,6×0,4	12,5	52,1
2	0,6×0,4	14,5	60,4
3	0,6×0,4	13,0	54,2
4	0,6×0,4	13,0	54,2
5	0,6×0,4	13,5	56,3
6	0,6×0,4	12,5	52,1
7	0,6×0,4	12,5	52,1
8	0,6×0,4	14,5	60,4
9	0,6×0,4	13,0	54,2
10	0,6×0,4	12,0	50,0

$$a_n=54,6 \quad \text{кДж/м}^2$$

Дослід 5' (+0,5% ПМС), n=100 об/хв			
	b×h	A	a
1	0,6×0,4	12,5	52,1
2	0,6×0,4	12,0	50,0
3	0,6×0,4	13,5	56,3
4	0,6×0,4	13,5	56,3
5	0,6×0,4	14,0	58,3

$$a_n=54,6 \quad \text{кДж/м}^2$$

Аналізуючи результати ударної в'язкості бачимо, що при зміні обертів шнека екструдера властивості отриманого матеріалу змінюються але не значно. А при додаванні ПМС-400 в матрицю базового матеріалу показник ударної в'язкості зростає на 10...14 %.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У лабораторії під час виконання робіт необхідно суворо дотримуватися правил і вимог з охорони праці та безпеки. Перед початком лабораторних досліджень студенти обов'язково проходять інструктаж з охорони праці, який документується у відповідному журналі реєстрації. У лабораторії також ведеться окремий журнал обліку присутніх співробітників і студентів.

Перед виконанням експериментів студенти та викладачі вивчають інструкції з експлуатації обладнання, що буде використовуватися під час дослідів. Усі технічні засоби, наявні в лабораторії технічного сервісу машин, оснащені системами захисту від перенапруги. Окрім того, всі обертові елементи обладнані захисними кожухами, муфтами та іншим приладдям, що забезпечує безпечну експлуатацію і контроль роботи.

Виконання дослідів вимагає обов'язкового використання засобів індивідуального захисту. Наприклад, під час механічної підготовки зразків застосовуються лабораторні халати, захисні рукавиці, навушники та окуляри. При виготовленні експериментальних зразків використовуються халати, захисні окуляри та термостійкі рукавиці. Для безпечного вилучення готових деталей із пресформи застосовуються спеціальні розпресувальні пристосування.

У процесі лиття деталей активно використовуються системи місцевої вентиляції, які забезпечують видалення продуктів реакції та нагрівання полімерних матеріалів. Після завершення лабораторних дослідів проводиться ретельне прибирання робочих місць: видаляються залишки мастила, протираються контактні поверхні спиртовими розчинами, а обладнання приводиться в належний стан.

Для забезпечення готовності до можливих надзвичайних ситуацій, таких як пожежа, у лабораторії передбачені вогнегасники відповідного типу, розташовані у визначених місцях.

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

У дипломній роботі при впровадженні конструкторської розробки значну увагу приділяють техніко-економічному обґрунтуванню, яке передбачає аналіз та порівняння експлуатаційних витрат базової машини із витратами модернізованої версії. Такий підхід дозволяє оцінити доцільність і економічну ефективність запропонованих змін.

Для виконання розрахунків використовуються вихідні дані, які наведені у таблиці 5.1. Ці дані слугують основою для обчислення експлуатаційних показників, таких як споживання палива, витрати на обслуговування, амортизація та інші параметри, що впливають на загальну вартість експлуатації. Результати порівняння дозволяють виявити економічні переваги модернізації та обґрунтувати її впровадження.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунків

Показники	Варіант МТА	
	Базовий	Вдосконалений
Назва технологічної операції	Посів технічних культур (соняшник)	
Склад машинно-тракторного агрегату	МТЗ-892+ John Deere 7000	МТЗ-892+ John Deere 7000 (з ПКМ)
Планове річне завантаження машинно-тракторного агрегату, га	714	792
Середнє значення темпу робіт МТА, га/год.	3,41	3,68
Нормативна витрата палива $g_{\text{н}}$, л/га	3,90	3,57
Вартість (балансова) агрегату Б, грн.	1120000	1148000

Застосування розробленого спряження механізму опорного колеса сівалки John Deere 7000 із використанням самозмащувального матеріалу дає змогу повністю відмовитися від технічного обслуговування цього вузла, зокрема від його регулярного мащення. Це нововведення значно скорочує час, необхідний для проведення технічного обслуговування, і водночас дозволяє уникнути витрат на закупівлю мастильних матеріалів. У результаті

підвищується економічна ефективність експлуатації сівалки та зменшується трудомісткість обслуговування техніки.

Зазначена сівалка належить до категорії сівалок точного висіву, а її модернізація із застосуванням самозмащувального матеріалу позитивно впливає на якість виконання технологічної операції посіву. Така зміна забезпечує підвищення надійності роботи вузла опорного колеса, зменшує кількість зупинок на обслуговування та покращує стабільність точності висіву насіння, що є критично важливим для отримання рівномірних сходів.

Економічні розрахунки проводитимуться для посівного агрегату, до складу якого входять трактор МТЗ-982 та сівалка John Deere 7000, призначена для посіву технічних культур з використанням системи точного висіву насіння. У рамках цих розрахунків буде оцінено зниження експлуатаційних витрат, підвищення продуктивності роботи агрегату та економічний ефект від зменшення витрат на мастильні матеріали й обслуговування.

Розрахунки виконаємо аналогічно до [6], а результати представимо в таблиці 5.2.

Показник	Од. виміру	Варіант	
		Базовий	Вдосконалений
Склад МТА	-	MT3-892 + John Deere 7000	MT3-892 + John Deere 7000 (ПКМ)
Виробіток	га/год	3,41	3,68
Ціна МТА:	грн	1120000	11480000
Питомі експлуатаційні затрати, в тому числі:		360,07	340,03
ПММ	грн/га	181,23	165,9
ЗП		42,14	39,03
ТО		136,7	135,1
Питомий ек. ефект	грн/га	-	20,04
Річний ек. ефект	грн	-	15871,7
Термін окупності:	років	-	1,7

Висновки до розділу.

Економічні розрахунки підтвердили ефективність модернізації сівалки John Deere 7000 з використанням самозмащувального матеріалу (ПКМ). Зокрема, впровадження цієї технології дозволяє знизити питомі експлуатаційні витрати на 20,04 грн/га.

Річний економічний ефект від застосування ПКМ у вузлах опорного колеса сівалки становить 15 871,7 грн, що свідчить про значну економію в експлуатації. Крім того, капітальні вкладення у модернізацію окупаються вже за 1,7 року, що робить проект економічно вигідним та доцільним для впровадження у виробничий процес.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Соняшник є однією з ключових культур для аграрного сектора України, яка має важливе значення для національної економіки та забезпечує експорт олії до багатьох країн світу. Як повідомляє портал LATIFUNDIST.COM, цього року Україна збрала високі врожаї соняшнику, перевищивши заплановані показники у багатьох регіонах. При аналізі тенденцій вирощування соняшнику не враховувалися дані з тимчасово окупованих територій.

Вивчено ринок посівних машин для вирощування технічних культур, зокрема соняшнику за традиційною технологією. Перші моделі, які з'явилися на українському ринку, були сівалки німецької компанії Kinze. Сівалка Kinze-2000, яка на початку 2000-х років стала зразком високоякісного виконання технологічних операцій, була оснащена системою точного висіву насіння. Вона забезпечувала рівномірне укладання насіння на заданій відстані, що дозволяло кожній рослині отримувати достатню кількість вологи та поживних речовин без конкуренції з сусідніми рослинами. Такі сівалки залишаються популярними серед малих фермерських господарств, хоча агрохолдинги використовують їх рідше.

Якість посіву значною мірою визначається роботою допоміжних механізмів, серед яких важливу роль відіграє опорне колесо сошника. Саме його коректна робота забезпечує задану глибину залягання насіння, а нерівномірна глибина негативно впливає на схожість та однорідність дозрівання культури.

У разі несправностей опорного колеса виникають такі проблеми:

- нерівномірний посів,
- недостатнє очищення дискового апарата,
- підвищений опір руху,
- збільшена витрата пального на гектар.

Ці недоліки призводять до зростання витрат на вирощування культур, що потребує оптимізації конструкції.

Модернізація опорного колеса та результати дослідження

Запропоновано вдосконалення конструкції важеля опорного колеса шляхом застосування підшипників ковзання з полімерно-композитних матеріалів (ПКМ). Розрахунки показали, що в найжорсткіших умовах роботи (наїзд на перешкоду) максимальне навантаження становить 1798,5 Н. Завдяки конструктивним особливостям це навантаження рівномірно розподіляється між чотирма деталями з ПКМ.

Проведено порівняння розробленого ПКМ із матеріалами, які вже використовуються у сільськогосподарській техніці. Основним критерієм була абразивна стійкість. Зносостійкість розробленого матеріалу виявилася у 2,6 рази вищою, ніж у матеріалу УПА-6-30. При цьому деталі з нового матеріалу працюють із навантаженням, нижчим за їх граничну міцність.

Економічна ефективність і заходи з охорони праці

Економічні розрахунки підтвердили доцільність застосування модернізованої конструкції з використанням розробленого ПКМ. Річний економічний ефект від впровадження становить 15 871,7 грн, а строк окупності капітальних вкладень складає 1,7 року.

У роботі також наведено заходи з охорони праці, які забезпечують безпечне виконання експериментів у лабораторії кафедри.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Деркач О.Д. Дослідження трибологічних та електромагнітних властивостей металовмісних композитів на основі вуглепластиків / О.Д. Деркач, Д. О. Макаренко, М. І. Лукашенко, А. Г. Мосіян, Є. С. Муранов // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. – Харків, 2014. – Вип. 145. – С. 207-210.
2. Аулин В.В. Триботехнология восстановления деталей мобильной сельскохозяйственной техники и транспортной техники модификацией моторного масла фуллеренсодержащим составом / В.В. Аулин, А.Д. Деркач, А.И. Буря, Д.А. Макаренко, Г.Я. Мищенко // Тракторы и сельхоз машины. – Москва, 2014. – №4. – С. 26-29. (Закордонне періодичне видання).
3. Деркач О.Д. До питання створення широкозахватних посівних комплексів з підвищеним ресурсом рухомих з'єднань / О.Д. Деркач, М.М. Науменко, Д.О. Макаренко, Є.С. Муранов // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Технічний сервіс машин для рослинництва. – Харків, 2015. – Вип. 159. – С. 185-191.
4. Науменко М.М. Побудова математичної моделі процесу взаємодії дисково-анкерного сошника з ґрунтом при динамічних навантаженнях / М.М. Науменко, О.Д. Деркач, Д.О. Макаренко // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Технічний сервіс машин для рослинництва. – Харків, 2017. – Вип. 181. – С. 267-274.
5. Derkach O. Development of high accuracy of the copy soil system / O. Derkach, D. Makarenko, M. Velyka, O. Shapoval. // International Scientific Journal. – Mechanization in agriculture & Conserving of the resources. – Year LXIII, Issue 5/2017. – Sofia. – 2017. – P. 185-187. (Закордонне періодичне видання).
6. <https://latifundist.com/urozhaj-online-2023>.

7. Універсальний дисково-анкерний сошник: пат. 94773 Україна: А01С 7/00 А01F 12/00 № у 2014 07555; заяв. 04.07.2014; опубл. 25.11.2014, Бюл. 22.3с.

8. Регульований вузол з конічними втулками із самозмащувальних і інших полімерних композитних матеріалів: пат. 142551 Україна: Н02К 15/00. № у 2020 00285; заяв. 20.01.2020; опубл. 10.06.2020, Бюл. № 11. 6с.

9. Кобець А.С. Дипломне проектування з машиновикористання у рослинництві / А.С Кобець, В.Ю. Ільченко, В.Г. Бутенко, [та ін.] – ДДАУ, Дніпропетровськ, 2007. – 288 с.

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

11. Методичні положення та норми продуктивності і витрат палива на сівбі, садінні та догляді за посівами / І. М. Демчак, В. О. Завалевська, В. С. Пивовар, М. Ф. Кисляченко та ін. – К.: НДІ “Украгпромпродуктивність”, 2014. – 184 с.

12. Аулін В.В., Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Гриньків А.В. Вплив режимів експлуатації на зношування деталей, виготовлених з полімерно-композитного матеріалу // Проблеми трибології, Том 90, № 4 (2018). – С. 65-69.

13. 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.

ДОДАТКИ

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку
Спеціальність 208 “Агроінженерія”

**ОБГРУНТУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ НЕМЕТАЛЕВОГО
ПОХОДЖЕННЯ ДЛЯ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ МЕХАНІЗМІВ І
МАШИН**

Виконав: студент 2 курсу,

групи МГАі-1-23

Бугайов Микита Акмальович

Керівник: к.т.н., доцент

Макаренко Дмитро Олександрович



Збір врожаю соняшнику по областях України в 2024 році

№ п/п	Область	Валовий збір, тис. т.
1	Кіровоградська	1551,90
2	Дніпропетровська	1520,10
3	Полтавська	1131,90
4	Харківська	899,91
5	Вінницька	873,50
6	Миколаївська	787,10
7	Черкаська	683,29
8	Сумська	660,00
9	Одеська	650,10
10	Хмельницька	560,00
11	Київська	556,00
12	Чернігівська	509,60
13	Тернопільська	327,20
14	Житомирська	277,00
15	Донецька*	247,32
16	Запорізька *	220,00
17	Рівненська	125,48
18	Львівська	105,20
19	Волинська	71,60
20	Чернівецька	62,50
21	Івано-Франківська	56,60
22	Херсонська*	45,00
23	Закарпатська	7,40

Врожай сільськогосподарських культур в Дніпропетровській області за 2024 рік

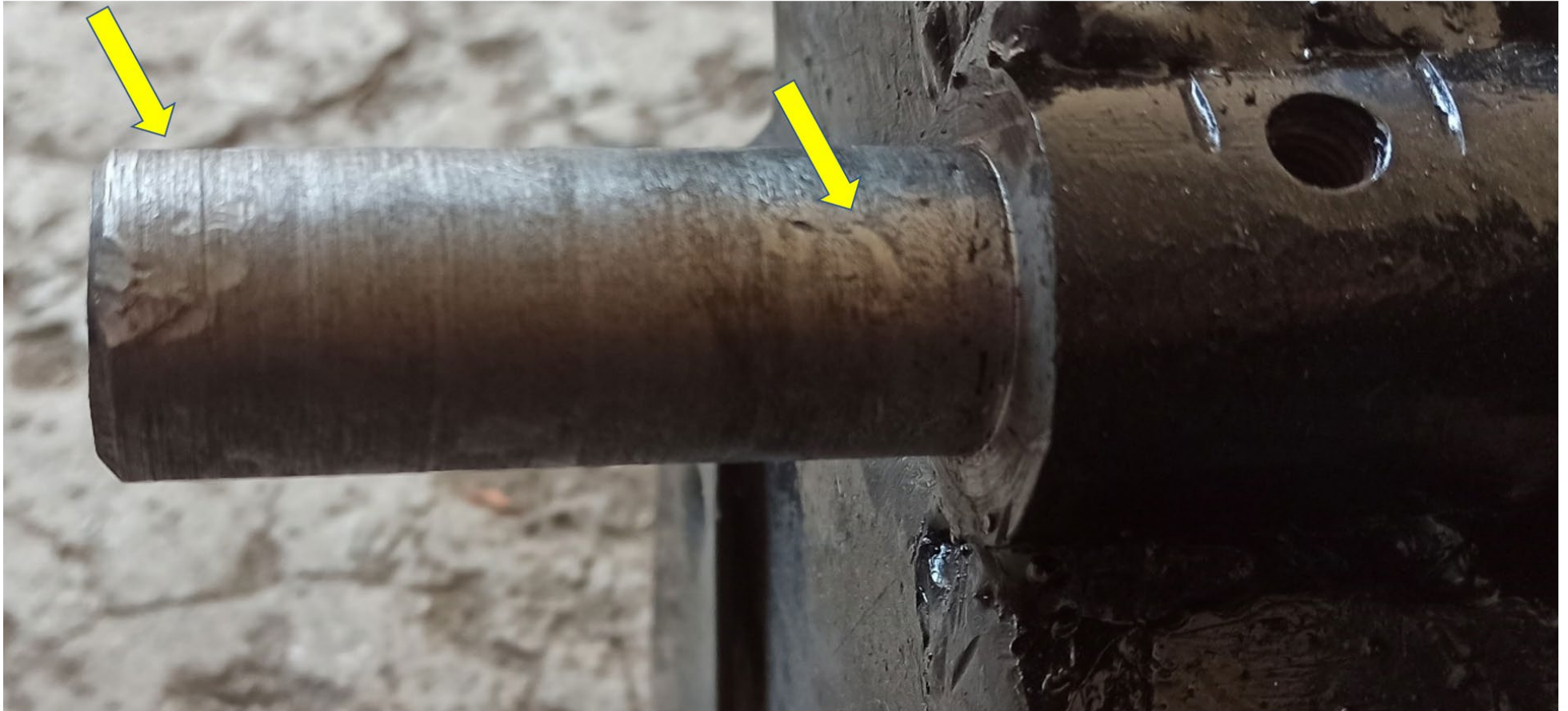
Культура	Намолочено зерна, тис. т.
Пшениця	2119,26
Соняшник	1250,1
Кукурудза	893,68
Ячмінь	569,18
Ріпак озимий	323,58
Горох	49,32
Цукровий буряк	24,6
Соя	20,77

Мета дипломної роботи полягає в модернізації важеля опорного колеса сівалки John Deere 7000, визначення навантажень у спряженні та підбір оптимального ПКМ

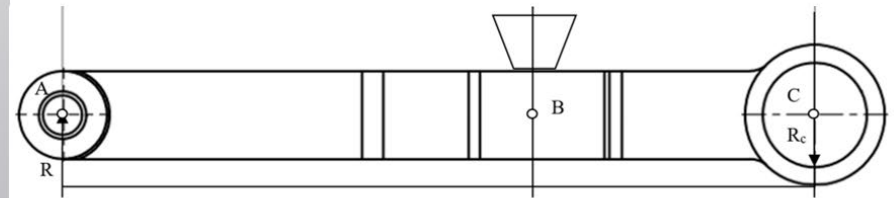
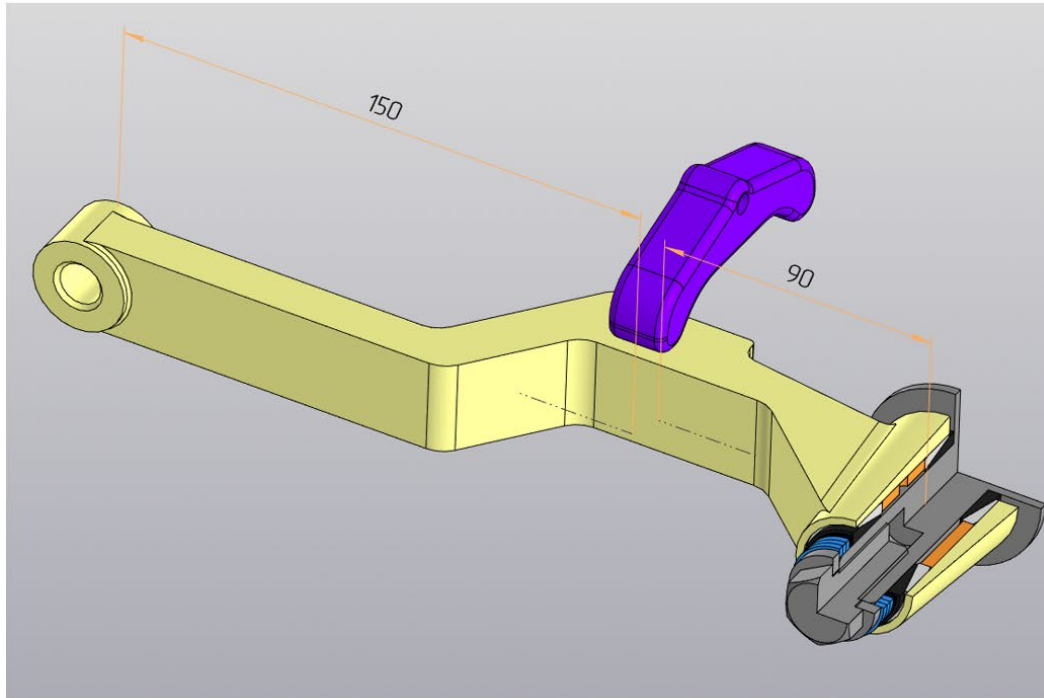
Аналіз проблеми



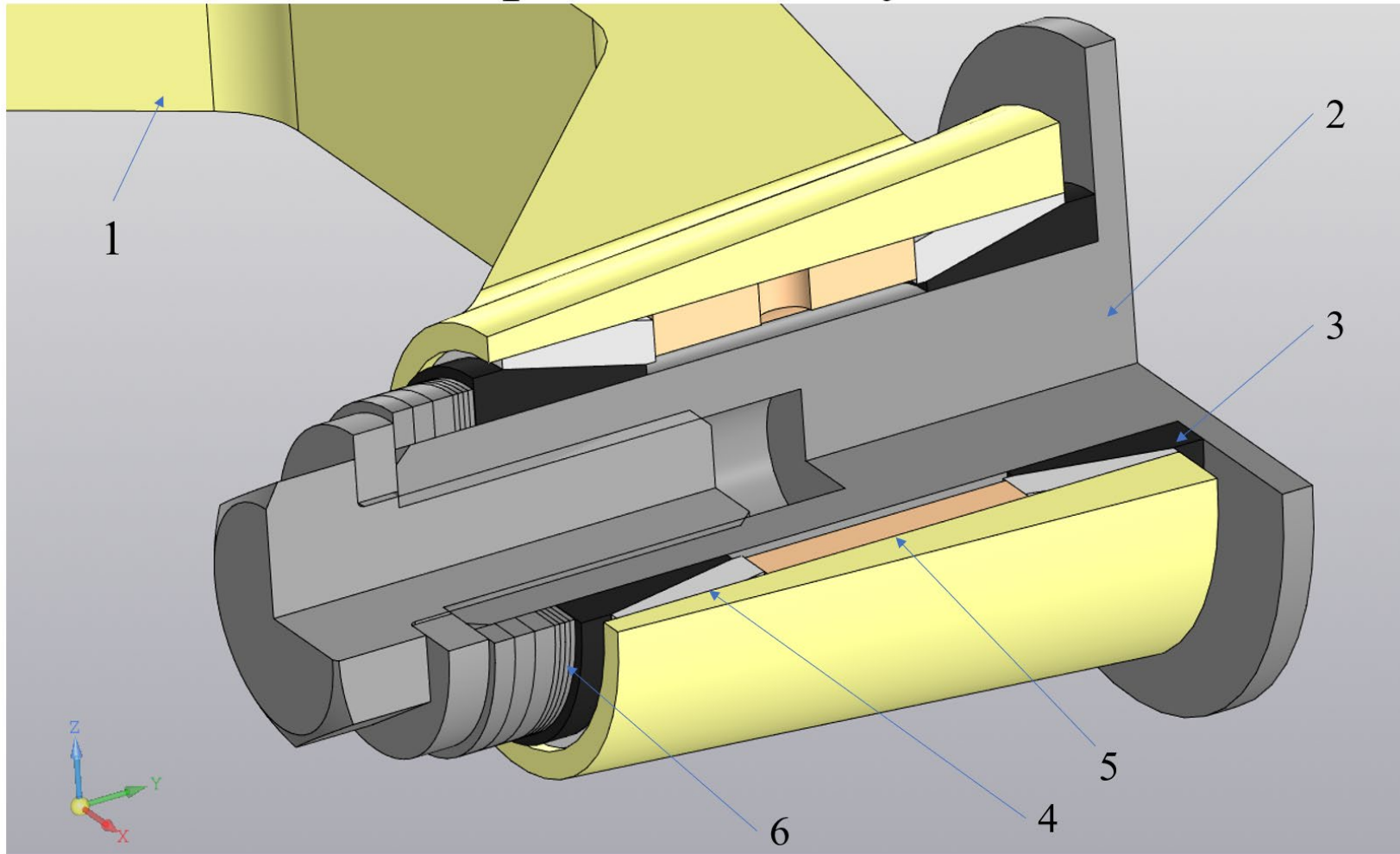
Аналіз проблеми



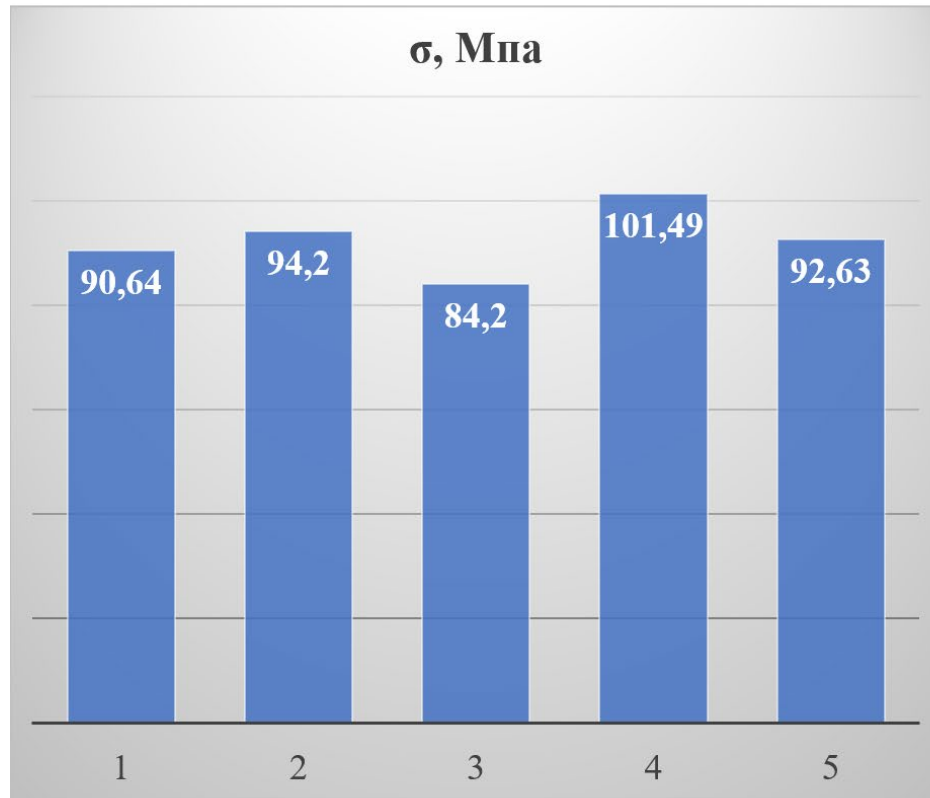
Розрахункова схема реакцій, які діють на важіль



Модернізований вузол



Лабораторні випробування



Економічні розрахунки

Показник	Одиниці вимірювання	Варіант	
		Базовий	Модернізо-ваний
Склад МТА	-	MT3-892+John Deere 7000	MT3-892+ John Deere 7000 (ПКМ)
Продуктивність агрегату	га/год	3,41	3,68
Вартість МТА:	грн	1120000	11480000
Питомі експлуатаційні затрати, в тому числі:			
ПММ	грн/га	181,23	165,9
ЗП		42,14	39,03
ТО		136,7	135,1
Питомий економічний ефект	грн/га	-	20,04
Річний економічний ефект	грн	-	15871,7
Термін окупності додаткових КВ:	років	-	1,7

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Вирощування соняшнику в Україні має вагоме значення для економіки та забезпечує низку країн у світі олією.

За даними сайту LATIFUNDIST.COM Україна в цьому році зібрала достатньо високі врожаї соняшнику, в багатьох областях цей показник навіть перевищував заплановані врожаї. Для показу тенденції вирощування соняшнику не були враховані тимчасово окуповані території.

Проаналізовано ринок посівних машин для висіву технічних культур, а саме соняшнику за традиційною технологією.

Рівномірність посіву значною мірою залежить від правильності роботи допоміжних механізмів. Одним з таких є опорне колесо сошника. Від правильності його роботи залежить глибина залягання насіння. Адже нерівномірність глибини посіву значно впливає на сходи та рівномірність дозрівання культури.

При неправильній його роботі не забезпечується рівномірність посіву, належним чином не очищується дисковий апарат, збільшується опір переміщенню та витрата палива на га. Це все тягне за собою додаткові витрати на вирощування культур. Запропоновано модернізацію важеля опорного колеса з застосуванням в його конструкції підшипників ковзання з полімерно-композитних матеріалів. Розраховано реакції та моменти, які виникають у вузлі при його роботі в найжорсткіших умовах – наїзду на перешкоду. Найбільше навантаження має величину 1798,5 Н. Враховуючи особливості запропонованої конструкції вказане навантаження розподіляється на чотири деталі з ПКМ.

Порівняно показники властивостей модернізованого ПКМ з властивостями тих які вже були розроблені в лабораторії технічного сервісу машин.

До уваги брали умови експлуатації механізму. Основним критерієм були показники напруження текучості та ударна в'язкість. Так при введенні в матрицю матеріалу ПМС-400 показники напруження текучості та ударна в'язкість зростає в межах 10...14 %. При цьому навантаження на деталь нижче ніж те, яке вона здатна витримувати, що доведено розрахунками.

Наведено заходи з охорони праці при виконанні робіт в лабораторії кафедри.

Економічними розрахунками доведено доцільність використання розробленої конструкції з застосуванням в ній модернізованого КМ. При цьому річний економічний ефект складає 15871,7 грн., а строк окупності капітальних вкладень – 1,7 року.

