МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“___” _____ 2025 р.
Зав. кафедри ___к.т.н., доцент___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ _____А.В. Войтік___
(підпис) (ініціали, прізвище)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту
___бакалавр___
(освітній рівень)

тема проекту: **«Обгрунтування технологічного процесу вирощування соняшника з удосконаленням конструкції сівалки Gaspardo MTR-8»**

Виконав: студент 3 курсу, групи 32к-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208
«Агроінженерія»
Третяк Олександр Андрійович
(прізвище та ініціали)

Керівник: доц., Петриченко Є. В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії
Освітня програма _____бакалавр
Спеціальність _____208 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ А.В. Войтік
“___” _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

студенту _____**Третяку Олександру Андрійовичу**_____
(прізвище, ім’я, по батькові)
1. Тема проекту: **«Обгрунтування технологічного процесу вирощування соняшника з удосконаленням конструкції сівалки Gaspardo MTR-8»**
керівник проекту _____доц., Петриченко Є. В._____
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
“14” листопада 2025 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом проекту _____15.05.2025 р._____

3. Вихідні дані до проекту: способи зниження коливань машинно-тракторних агрегатів; літературні джерела; шляхи підвищення тягово-зчіпних показників колісних тракторів.

4. Перелік питань, які потрібно розробити:
- модернізувати конструкцію прикочуючого механізму сівалки Gaspardo MTR-8;
- оцінити конструктивні особливості існуючого механізму, виявити недоліки та запропонувати оптимізацію з урахуванням застосування полімерно-композитних матеріалів (ПКМ);
- виконати розрахунки навантажень, а також перевірити здатність нових елементів витримувати експлуатаційні умови;
- проаналізувати особливості використання ПКМ у трибоспряженнях, включаючи їх фізико-механічні властивості, здатність до зношування та стійкість до впливу агресивних факторів навколишнього середовища;
- визначити, як полімерно-композитні матеріали можуть підвищити ефективність роботи прикочуючого механізму;
- провести оцінку витрат на впровадження модернізації, включаючи вартість матеріалів, робочої сили та можливу економію за рахунок підвищення довговічності та ефективності техніки
- порівняти отримані результати з попередніми показниками експлуатації сівалки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: план механізованих робіт вирощування соняшнику; загальний вигляд сівалки Gaspardo MTR-8; деталювання; показники економічної ефективності;

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		
Техніко-економічне обґрунтування	Петриченко Є. В., доцент		

7. Дата видачі завдання 23 квітня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	30.09.2024 р.	
2.	Розділ 1.	14.10.2024 р.	
3.	Розділ 2.	28.11.2024 р.	
4.	Розділ 3.	11.12.2024 р.	
5.	Розділ 4.	25.02.2025 р.	
6.	Виконання ілюстративної частини роботи	23.03.2025 р.	
7.	Представлення роботи керівнику на перевірку	15.05.2025 р.	

Студент _____ **Третяк О.А.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ **Петриченко Є.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП 5

1. ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ 7

1.1Розробка плану механізованих робіт вирощування соняшнику 7

1.2Узгодження роботи збирально-транспортного комплексу робіт 11

1.3Обґрунтування теми дипломного проєкту 14

2. МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИКОЧУЮЧОГО МЕХАНІЗМУ СІВАЛКИ GASPARDO MTR-8 17

2.1Проєктування конструкції рухомого з'єднання механізму прикочування 17

2.2Аналіз технологічних параметрів виготовлення ексцентрикової деталі з ПКМ 21

3. ОХОРОНА ПРАЦІ 27

3.1Загальні вимоги охорони праці до технологічних процесів при виготовленні деталей з пластмас 27

3.2Вимоги охорони праці до процесів екструзійної переробки пластиків та лиття під тиском 28

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ 30

ВИСНОВОК 34

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 36

ВСТУП

У 2022–2023 роках посіви соняшнику займали щонайменше чверть від загального обсягу площ, відведених під вирощування сільськогосподарських культур в Україні. Попри військову агресію росії, агропромисловий сектор продовжує стабільно функціонувати й забезпечувати значні надходження від зовнішньоекономічної діяльності. Так, у 2022 році сукупний обсяг експорту продукції сільського господарства та харчової промисловості становив 53 % від усіх товарів, реалізованих за кордон. Найбільш затребуваними експортними позиціями залишаються соняшник, зернова кукурудза, пшениця та їх перероблені продукти. Особливе місце займає соняшник і його похідні – зокрема соняшникова олія, експорт якої тривалий час забезпечував Україні лідерство на світовому ринку ще до початку повномасштабної війни.

Соняшник є культурою з глибокою, сильно розгалуженою кореневою системою, яка формує потужну вегетативну масу. Для досягнення високих урожаїв необхідно обирати ефективні попередники. Через підвищені вимоги до вологості ґрунту протягом усього періоду вегетації, слід забезпечити достатні запаси вологи в ґрунті. До того ж, через специфічні захворювання, що уражають цю культуру, повторне висівання на тому самому полі рекомендується здійснювати не раніше ніж через 4–5 років. Недотримання цього правила сприяє розвитку хвороб, що знижує врожайність.

В усіх сучасних технологіях вирощування соняшнику ключовим етапом є сівба. Для цієї операції використовуються спеціалізовані сівалки, обладнані однонасіннєвими висівними апаратами, що гарантують точний розподіл насіння в рядках. Водночас важливим є забезпечення якісного контакту насіння з ґрунтом — це є запорукою своєчасних і рівномірних сходів, формування дружного масиву рослин одного віку. Саме тому важливу роль у конструкції сівалки відіграють механізми прикочування рядка.

Одним із шляхів удосконалення роботи прикочувальних елементів і підвищення їхньої довговічності є впровадження новітніх деталей у вузлах тертя, які можуть працювати без застосування змащувальних матеріалів. Такі конструктивні рішення передбачають використання сучасних матеріалів з високими трибологічними властивостями, що забезпечують стабільну роботу в умовах

агресивного середовища та значних навантажень.

Щоб зменшити інтенсивність зношування контактних деталей у трибосполученнях, доцільно використовувати комбінацію матеріалів типу полімер – сталь. Такий підхід дозволяє зменшити тертя й подовжити термін експлуатації вузлів. Однак, у більшості випадків звичайна заміна стандартних компонентів на полімерно-композитні матеріали (ПКМ) не є достатньою. Необхідно здійснювати повноцінне проектування нової конструкції вузлів тертя з урахуванням усіх умов експлуатації, щоб забезпечити їхню надійність та функціональність.

У зв’язку з цим, головною метою дипломної роботи є підвищення ефективності експлуатації технічних засобів, що використовуються під час вирощування соняшнику, шляхом впровадження трибосполучень із ПКМ в конструкцію прикочувальних механізмів.

Досягнення поставленої мети потребує вирішення низки важливих задач:

– Дослідити роль культури соняшника в структурі сівозміни, а також вивчити особливості будови прикочувальних механізмів сівалок точного висіву;

– Розробити технологічну схему механізованих робіт, що забезпечують повний цикл вирощування соняшника;

– Запропонувати варіант технічного вдосконалення прикочувального механізму сівалки Gaspardo MTR-8, включаючи детальний аналіз конструктивних рішень і проведення необхідних розрахунків на міцність та працездатність;

– Вивчити специфічні вимоги до поводження з полімерними матеріалами в аграрній техніці;

– Здійснити оцінку техніко-економічної доцільності впровадження запропонованих рішень у практику.

Таким чином, дипломний проєкт орієнтований на створення технічно обґрунтованих шляхів підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва за рахунок раціонального використання сучасних матеріалів у механізмах техніки.

1. ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ

1.1 Розробка плану механізованих робіт вирощування соняшнику

Для проєктування вирощування соняшнику була обрана модифікована інтенсивна технологія, яка дозволяє знизити собівартість продукції за рахунок скорочення кількості операцій в обробітку ґрунту. Ось основні етапи цієї технології:

1. Обробіток ґрунту після збирання попередника: Після збору озимої пшениці в середині серпня необхідно провести дискування ґрунту на глибину до 18 см із застосуванням агрегату ХТЗ-17021 і борони БДФП-4,2. Цей етап дозволяє підготувати ґрунт до подальших операцій, покращуючи його структуру.

2. Внесення добрив: На початку або в середині вересня планується внесення амофосу в нормі 120 кг/га з одночасним загортанням під час культивації. Ця операція забезпечить рослини необхідними поживними речовинами на етапі початку вегетації, а також допоможе в боротьбі з бур’янами.

3. Боронування: Ранньою весною проводиться боронування для закриття вологи в ґрунті та знищення бур'янів. Цей захід сприяє підвищенню вологоємності ґрунту, що важливо для успішного проростання насіння.

4. Передпосівний обробіток ґрунту: Для підготовки до сівби використовуємо агрегат Case IH JX110 з культиватором Case IH 4500, який виконує обробіток на глибину 6-8 см. Цей етап забезпечує рівномірну підготовку ґрунту для посадки насіння.

5. Сівба: Сівбу соняшнику виконуємо за допомогою сівалки Gaspardo MTR 8, в комплекті з трактором Case IH JX110. Використовуємо насіння бренду Syngenta, що гарантує високу якість та схожість.

6. Догляд за рослинами: Після посіву проводиться обробка ґрунту гербіцидом Гезагард (норма 4 л/га) до появи сходів. Через місяць проводиться повторна обробка гербіцидом Селект у нормі 1 л/га в баковій суміші з водою (100 л/га). Ці заходи дозволяють ефективно контролювати бур’яни на різних етапах розвитку рослин.

Ця модернізована технологія дозволяє зменшити витрати на обробіток ґрунту та догляд за посівами, забезпечуючи при цьому високу врожайність та збереження вологості в ґрунті, що є важливим для росту соняшнику.

Додатковим етапом у процесі планування технології вирощування соняшнику є внесення фунгіциду Піктор (0,5 л/га) з нормою робочого розчину 100 л/га для запобігання розвитку хвороб на рослинах. Це важливий крок для забезпечення здоров'я посівів і збереження врожаю.

Для збору врожаю використовується комбайн Case 2388 з відповідною жаткою, що дозволяє ефективно збирати соняшник при вологості насіння в межах 13-15%. Після збирання врожаю здійснюється транспортування за допомогою вантажних автомобілів самоскидів, що гарантує швидке і безпечне переміщення продукції на склади.

Для розробки плану механізованих робіт вирощування соняшнику необхідно врахувати не лише обсяг та марочний склад засобів механізації, а й такі вихідні дані як тип ґрунтів, їх механічний склад, сівозміна, норми внесення мінеральних добрив, засоби захисту рослин, норма сівби та проектна врожайність. Ці фактори дозволяють точно спланувати кожен етап виробничого процесу.

Технологічна карта для кожної культури розробляється окремо та враховує особливості попередників. Якщо культура вирощується за різними технологіями, складаються окремі картки для кожної з них. План механізованих робіт складається з 23 стовпців, де на першому місці вказуються назви операцій, що виконуються, вимоги до виконання кожної операції, одиниці обліку та обсяг робіт.

Наступним кроком є обрання складу машинно-тракторного агрегату (МТА) для кожної технологічної операції на основі наявної техніки в господарстві або на основі планованих закупівель, якщо господарство ще не існує. У разі старту нового підприємства, важливо орієнтуватися на фінансові можливості для вибору відповідної техніки.

Крім того, після визначення складу МТА необхідно розрахувати техніко-експлуатаційні показники, такі як норма виробітку та витрати палива на виконання кожної операції, що дозволяє оцінити ефективність використання техніки та розрахувати витрати на енергетичні ресурси.

Для визначення показників технологічної карти необхідно застосовувати відповідні нормативи або типові норми, що використовуються в господарстві або базуються на стандартах [20-22], і заносити їх до відповідних стовпців (14 та 19). Після цього решта стовпців заповнюється на основі розрахунків, виконаних за

відомими методиками [18, 19], що дозволяє точно спланувати кожну операцію та визначити її техніко-економічні характеристики.

Розглянемо приклад розрахунку показників технологічної карти для операції сівби соняшнику з використанням МТА, що складається з трактора Case IH JX110 та сівалки Gaspardo серії MTR-8.

Норма виробітку для цієї операції визначається за допомогою розрахунків, що вказують, скільки гектарів землі можна обробити протягом однієї години зміни. Розрахунок норми виробітку включає врахування таких факторів, як швидкість роботи техніки, її продуктивність та ефективність сівби на гектар. Це дозволяє точно планувати обсяги робіт, які можна виконати в рамках заданого часу.

Такий підхід дає можливість чітко спланувати трудозатрати та матеріально-технічні ресурси для кожної операції, що є основою для ефективного управління агротехнічними процесами, за формулою (1.1).

Проте для робіт, пов’язаних із використанням хімічних речовин або добрив, ця тривалість зменшується до 6 годин. У разі необхідності, може застосовуватися інша тривалість згідно з встановленим виробничим графіком підприємства.

Підставивши конкретні значення в формули, можна визначити необхідні показники ефективності:

$$W_{\text{год}} = \frac{29,7}{7} = 4,228 \text{ га/год}$$

Добову продуктивність машино-тракторного агрегату (МТА) визначаємо за наступною формулою (1.2) (див. стовпчик 15).

Виходячи з підставлених даних, розраховуємо необхідну добову продуктивність для конкретного випадку:

$$W_{\text{доб}} = 4,228 \cdot 14 = 59,2 \text{ га/доб}$$

Загальну кількість машино-тракторних агрегатів (МТА), необхідних для своєчасного виконання певної агротехнічної операції згідно з технологічними вимогами вирощування культур, розраховують за такою формулою (1.3).

Для визначення потреби в основних та допоміжних працівниках, зокрема механізаторах, ми враховуємо кількість змін протягом робочої доби, а також специфіку виконання кожної технологічної операції. Наприклад, необхідність в обслуговуванні посівного агрегату (заправка насінням і добривами) також включається в план.

Нормативні значення витрат пального на одиницю виконаної роботи вибираються відповідно до стандартів, прийнятих на підприємстві. Якщо ці дані відсутні, можна використовувати загальноприйняті норми витрат пального для основних сільськогосподарських операцій. Для нового обладнання доцільно провести дослідження часу роботи та витрат палива, що дозволить точніше визначити показники. Обрані значення витрати палива заносяться до графи 19 плану механізованих робіт.

У сільському господарстві для обліку витрат пального часто використовують одиниці вимірювання за масою, а не за об’ємом. Це зумовлено тим, що постачання палива здійснюється за масою, і така система також полегшує планування технічного обслуговування техніки, на якій не встановлені лічильники мотогодин.

Норму витрати палива в кілограмах на гектар можна розрахувати, помноживши обсяг пального в літрах на його густину, за формулою (1.4).

На основі зазначених параметрів можна здійснити перерахунок витрат палива у потрібних одиницях:

$$g = 4{,}5 \cdot 0{,}83 = 3{,}73 \text{кг/га}$$

Потрібну кількість пального для виконання конкретної технологічної операції обчислюємо за формулою (1.5), як добуток питомої витрати палива (графа 19) на обсяг роботи, що має бути виконаний (графа 5).

Враховуючи наявні вихідні дані, обчислюємо обсяг пального, який буде використано для повного виконання даної агротехнічної дії:

$$G = 3{,}73 \cdot 215 = 801{,}95 \text{ кг}$$

Питомі трудові витрати визначаються за спеціальним виразом (1.6).

Загальні витрати праці на виконання технологічної операції (див. стовпчик 22) розраховуються шляхом множення питомих трудових витрат на загальний обсяг запланованої роботи.

$$З_{п} = 0,473 \cdot 215 = 101{,}69 \text{ люд-год.}$$

Кількість нормативних змін (нормо-змін), необхідних для повного виконання операції, визначається за формулою (1.7).

Для прикладу, при виконанні сівби із застосуванням машино-тракторного агрегату у складі трактора Case IH JX110 та сівалки Gaspardo серії MTR-8, розрахунок ведеться з урахуванням наведених параметрів:

$$Н_{зм} = \frac{215}{29,6} = 7,263 \text{ нормо-змін}$$

Для інших технологічних операцій, передбачених у процесі вирощування соняшнику, всі необхідні розрахунки здійснюються за аналогічною схемою, застосованою до попередніх етапів.

Узагальнені результати розробленого плану механізованих робіт оформлюються та систематизуються у додатку А, що дозволяє чітко представити всю інформацію в структурованому вигляді.

1.2 Узгодження роботи збирально-транспортного комплексу робіт

Рішення логістичних задач у процесі виконання збирально-транспортних робіт допомагає мінімізувати час простою комбайнів та підвищити ефективність використання транспортних засобів. Для цього важливо спочатку визначити ключові техніко-технологічні параметри роботи окремих елементів збирально-транспортної системи.

Початковим етапом є розрахунок необхідної кількості комбайнів, здатних забезпечити своєчасне виконання збирання на визначеній площі посіву соняшнику.

Визначення кількості зернозбиральних комбайнів здійснюється за спеціальним розрахунковою формулою (1.8).

Для даних умов обрано комбайн Case 2388 із жаткою MacDon FD-75, добовий виробіток якого складає 44 га/добу;

$Д_Р$ – агротехнічний термін проведення збирання – 10 днів.

Виходячи з цих даних, визначено, що одного комбайна достатньо для своєчасного збирання врожаю:

$$n = \frac{215}{44 \cdot 10} = 0,49 \approx 1$$

Далі розраховується добовий обсяг насіння, яке необхідно вивезти з поля до місця зберігання, за формулою (1.9).

За формулою підставимо вхідні данні:

$$М = 44 \cdot 2,45 \cdot 1 = 107,8\ m$$

Для перевезення врожаю обрано вантажні автомобілі КамАЗ-45144 з вантажопідйомністю 15 т. Розрахунок необхідної кількості транспорту проводиться з урахуванням часу одного рейсу проводиться за формулою (1.10).

Визначення тривалості руху проводиться за формулою (1.11).

Підставивши відомі значення отримаємо розрахунок:

$$t_{\text{рух}} = \frac{62{,}5 \cdot 7}{25 \cdot 0{,}5} = 35\text{хв}$$

Обсяг кузова вантажівки КамАЗ-45144 приймається 19 м³, обсяг бункера комбайна Case 2388 – 8,3 м³. Відповідно, автомобіль здатен вивезти два повних бункера. Потрібно також врахувати час переїзду між двома завантаженнями.

Час заповнення бункера комбайна визначається за формулою (1.12).

Згідно з технічними характеристиками обраної моделі КамАЗ-45144, стандартний об’єм кузова становить 19 м³. У практиці господарств часто застосовуються додаткові надставні борти, що збільшують загальний об’єм. Для розрахунків приймаємо V_a = 19 м³.

Виходячи з зазначених характеристик, можемо розрахувати, скільки повних бункерів комбайна здатен вмістити вантажний автомобіль за один рейс:

$$n_б = \frac{19}{8{,}3} = 2{,}28 \approx 2$$

Отже, у вантажний кузов автомобіля КамАЗ-45144 можна повністю вивантажити два бункери зернозбирального комбайна. Відповідно, потрібно виконати розрахунок уточненого часу, необхідного для повного завантаження транспортного засобу насінням. У цьому процесі слід врахувати час, витрачений на переїзд між першим та другим завантаженням.

Час завантаження врожаєм визначається за спеціальним виразом (1.13).

Час, необхідний для наповнення одного бункера комбайна насінням соняшнику, розраховується за формулою (1.14).

Приймаємо $К_в = 1{,}1$;

Підставивши всі вказані значення до формули, визначаємо орієнтовний час наповнення бункера, а також загальний час на повне завантаження автомобіля двома бункерами врожаю:

$$t_{\text{нап}} = \frac{1{,}1 \cdot 8{,}3 \cdot 0{,}4 \cdot 600}{2{,}45 \cdot 7{,}6 \cdot 6{,}2} = 18{,}98 \approx 19 \text{ хв}$$

Отже, повний час завантаження одного вантажного автомобіля насінням становитиме:

$$t_{\text{зав}} = 3 \cdot 2 + 19 = 25 \text{ хв}$$

З урахуванням цього, а також часу на транспортний цикл (рух від поля до

складу й назад), що складає 35 хвилин, визначаємо загальний цикл одного транспортного засобу:

$$t_{\text{ц}} = 35 + 25 + 5 + 3{,}5 = 68{,}5 \text{ хв}$$

Щоб уникнути простою зернозбирального комбайна, доцільно залучити два вантажні автомобілі, що дозволить забезпечити безперебійну роботу збирально-транспортної ланки. За вантажопідйомністю обраний автомобіль КамАЗ-45144 повністю відповідає потребам: загальна маса насіння з двох бункерів становить 6,64 т, що значно менше максимально допустимих 14 т.

Для оцінки необхідної кількості рейсів протягом доби, застосовується така формула (1.15).

За формулою проведемо розрахунок:

$$n_{\text{р}} = \frac{600}{68{,}5} = 8{,}76 \approx 9 \text{ рейсів}$$

Добовий обсяг перевезень, що здійснюється одним транспортним засобом, визначається множенням кількості рейсів на обсяг, який перевозиться за один рейс (дві бункерні норми насіння), за формулою (1.16).

Проведемо розрахунок:

$$\text{М}_1 = 9 \cdot 6{,}64 = 59{,}76\ m$$

На основі цього проводимо розрахунок загальної потреби у транспортних засобах, що гарантують вчасне перевезення всього добового обсягу врожаю. Аналіз показує, що двох автомобілів буде достатньо, з урахуванням як технічних, так і логістичних вимог за формулою (1.17).

Одразу проводимо розрахунок:

$$n = \frac{107{,}8}{59{,}76} = 1{,}8 \approx 2$$

Для обрахунку витрат пального, необхідно спершу визначити загальну кількість рейсів, які мають бути виконані в межах усієї кампанії з перевезення соняшнику. Це робиться за виразом (1.18).

Розрахунок U проводиться за формулою (1.19).

Таким чином розрахунок виглядає так:

$$U = 215 \cdot 2{,}45 = 526{,}75\ m$$

Отже, загальна кількість необхідних рейсів для перевезення всього обсягу врожаю становить:

$$n_{\text{р}}^{\text{заг}} = \frac{526,75}{6,64} = 79,3$$

Загальна кількість необхідних рейсів для перевезення всього обсягу врожаю становить 80 рейсів. Відповідно, на кожен вантажний автомобіль припадає по 40 рейсів.

Далі проводимо розрахунок сумарного пробігу вантажних автомобілів, використовуючи відповідну формулу з урахуванням кількості рейсів та відстані одного маршруту, за формулою (1.20).

Проведемо розрахунок:

$$L = \frac{80 \cdot 7}{0,5} = 1120 \text{ км}$$

Загальний обсяг вантажоперевезень (в тонно-кілометрах) визначається як добуток перевезеної маси врожаю та відстані транспортування, розраховуємо за формулою (1.21).

Розрахунок виглядає так:

$$\text{Р} = 80 \cdot 7 \cdot 6,64 = 3718,4 \; т \cdot \text{км}$$

Витрати пального, що необхідні для забезпечення всієї логістики з перевезення насіння соняшнику, обчислюються за такою формулою (1.22).

Таким чином, загальна витрата пального у розрахунку на одиницю перевезеного врожаю (в кг/т) розраховується так:

$$W_{\text{б}} = \frac{32 \cdot 1120 + 1,3 \cdot 3718,4}{100} = 406,74 \text{ л}$$

Усі отримані показники щодо роботи машино-тракторного агрегату та використання транспортних засобів вносяться до технологічної карти вирощування соняшнику (див. додаток А).

Створено технологічну карту для вирощування насіння соняшнику, застосовуючи мінімальну технологію. За підсумками розрахунків, питомі витрати пального на гектар складають 36,2 кг/га, що еквівалентно 14,77 кг/т на кожну тонну отриманої продукції. Загальна потреба в дизельному паливі для обробки площі 215 гектарів за мінімальною технологією становитиме 7262,5 кг. Питомі витрати праці на одиницю виконаної роботи складають 2,83 люд.-год/га.

1.3 Обґрунтування теми дипломного проекту

Однією з ключових операцій у виробництві сільськогосподарських культур є

сівба, яка суттєво впливає на майбутній врожай. Сучасні посівні машини обов'язково оснащені прикочуючими механізмами, які мають схожі конструктивні особливості у різних виробників, що визначає як переваги, так і недоліки. Більшість конструкцій використовують V-подібні колеса, що дозволяють регулювати прикладене зусилля. Однак, місце кріплення важеля механізму прикочування до рами посівної секції виконано без додаткового захисту, з використанням простого трибоспряження типу вал-втулка. Крім того, конструкція не передбачає мащення цього рухомого з'єднання і не має системи захисту від зовнішніх впливів, таких як волога чи абразивні частинки. Це призводить до низької довговічності елементів трибоспряжень. Збільшення зазорів у цих з'єднаннях впливає на точність прикочування та може погіршити контакт між ґрунтом та насінням, що, в свою чергу, знижує рівномірність сходів.

Таким чином, метою даного дипломного проєкту є підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки при вирощуванні соняшнику через впровадження елементів трибоспряжень із полімерно-композитних матеріалів (ПКМ). Для досягнення цієї мети необхідно вирішити низку завдань:

1. Провести аналіз місця соняшнику в сівозміні та особливостей конструкцій механізмів прикочування сівалок точного висіву.
2. Розробити план механізованих робіт для вирощування соняшнику.

У рамках дипломного проєкту буде здійснено модернізацію конструкції прикочуючого механізму сівалки Gaspardo MTR-8, зокрема, вдосконалення використання елементів трибоспряжень з полімерно-композитних матеріалів. Для цього слід виконати низку завдань, що включають:

1. Модернізація конструкції прикочуючого механізму сівалки Gaspardo MTR-8: Оцінити конструктивні особливості існуючого механізму, виявити недоліки та запропонувати оптимізацію з урахуванням застосування полімерно-композитних матеріалів (ПКМ). Включити розрахунки навантажень, а також перевірити здатність нових елементів витримувати експлуатаційні умови.
2. Розгляд основних вимог до поводження з полімерними матеріалами: Проаналізувати особливості використання ПКМ у трибоспряженнях, включаючи їх фізико-механічні властивості, здатність до зношування та стійкість до впливу агресивних факторів навколишнього середовища. Визначити, як полімерно-

композитні матеріали можуть підвищити ефективність роботи прикочуючого механізму.

3. Техніко-економічний аналіз ефективності проекту: Провести оцінку витрат на впровадження модернізації, включаючи вартість матеріалів, робочої сили та можливу економію за рахунок підвищення довговічності та ефективності техніки. Порівняти отримані результати з попередніми показниками експлуатації сівалки.

Цей підхід дозволить отримати більш ефективну конструкцію сівалки з покращеними характеристиками зносостійкості та продуктивності.

2. МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИКОЧУЮЧОГО МЕХАНІЗМУ СІВАЛКИ GASPARDO MTR-8

2.1 Проектування конструкції рухомого з'єднання механізму прикочування

Основним етапом при розробці або вдосконаленні конструкції машин та механізмів є визначення сил, які впливають на їх компоненти. У випадку прикочуючого механізму важливу роль відіграє сила, яка виникає через реакцію ґрунту і відповідає за притискання механізму до поверхні. Для сівалки Maschio MTR-8 максимальне значення цієї сили варіюється від 50 Н до 200 Н. Регулювання цього параметра здійснюється шляхом зміни положення рукоятки, яка контролює прикочуючий механізм (див. рис. 2.1), що дозволяє змінювати жорсткість пружини, яка генерує необхідне притискне зусилля.

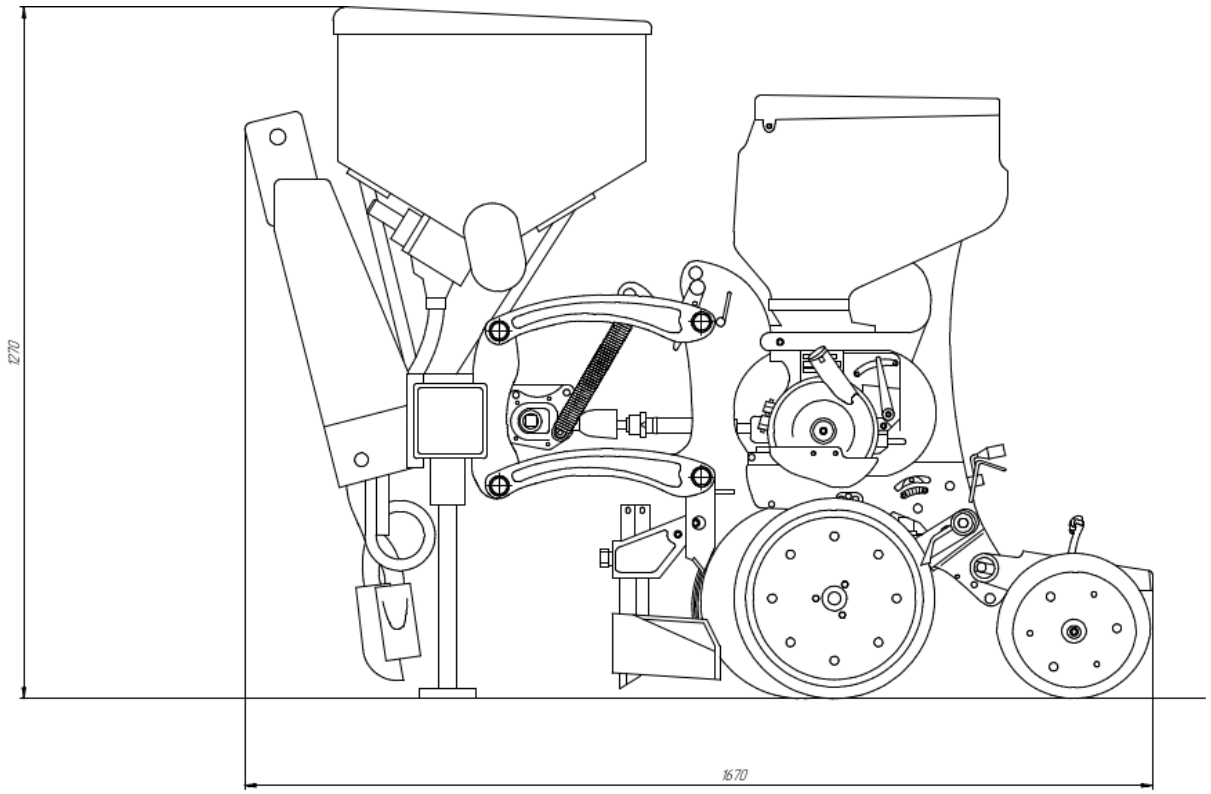


Рисунок 2.1 – Загальний вид сівалки Gaspardo MTR-8

Сили, що впливають на розглянутий механізм, можна зобразити у формі умовної схеми навантаження, яка подана на рисунку 2.2.

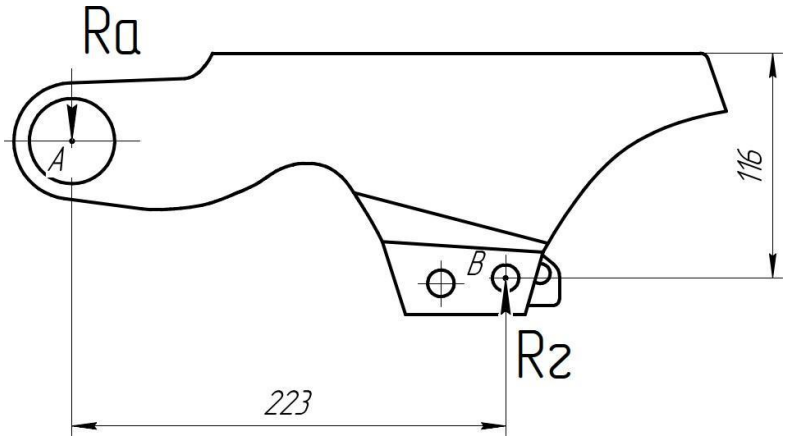


Рисунок 2.2 – Спрощена розрахункова схема для визначення навантаження, що діє на рухоме з'єднання прикочуючого механізму

Згідно з максимальним притискним навантаженням, яке припадає на прикочуючий механізм і становить 200 Н, реакція ґрунту також буде дорівнювати цій величині. Отже, сила Ra, що діє на механізм, складає 200 Н. Для точного визначення тиску, який діє на ексцентрикову деталь, необхідно враховувати її геометричні параметри та площу контакту деталі з важелем прикочуючого механізму. Основною проблемою, що виникає при експлуатації елементів трибоспряження механізму, є зношування самого важеля (рис. 2.3), що може впливати на ефективність роботи прикочуючого механізму.



Рисунок 2.3 – Важіль прикочуючого механізму Maschio серії MTR-8

З результату зношування на елементах прикочуючого механізму утворюються овальні отвори під ексцентрикову втулку. Заміна зношеної втулки без корекції цих отворів не забезпечує необхідної точності роботи механізму прикочування. Відновлення нормальної функціональності механізму можливо лише за умови заміни зношеного важеля на новий або шляхом його відновлення, наприклад, за допомогою механічної обробки та завтулювання. Оскільки вартість нового важеля досить висока, що коливається в межах 9400–10000 грн, розробка методів модернізації

трибоспряження з метою підвищення його довговічності та зменшення зносу важеля є важливим завданням.

Для досягнення цієї мети, в даній роботі пропонується використання самозмащувальних полімерно-композитних матеріалів (ПКМ), що дозволить зменшити тертя та знос. Першочерговим завданням є відновлення початкових розмірів спряжених деталей ексцентрикової конструкції. Для цього передбачається виконання механічної обробки отвору важеля з ліквідацією овальності та вварювання спеціальної втулки-вставки зі сталі.

Конструкція модернізованого трибоспряження прикочуючого механізму з урахуванням запропонованих змін і рішень представлена на рис. 2.4.

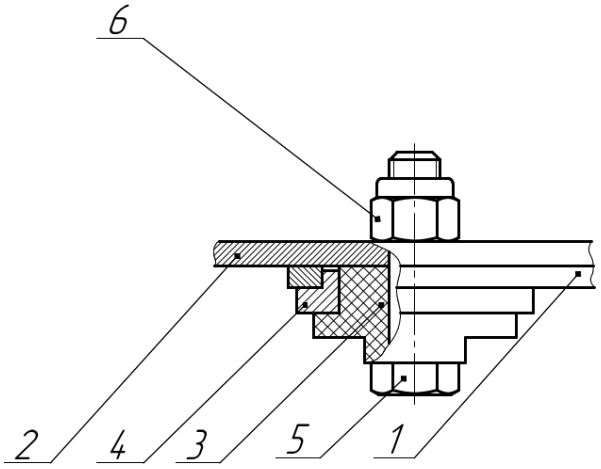


Рисунок 2.4 – Схема трибоспряження механізму прикочування сівалки: 1 – важіль механізму прикочування; 2 – рама посівної секції; 3 – деталь ексцентрикова з ПКМ; 4 – вставка стальна для відновлення геометрії отвору важеля; 5 – болт М12; 6 – гайка М12.

Вставка 4 (рис. 2.3) для відновлення геометрії отвору важеля приварюється за допомогою ручного електродугового зварювання, після чого проводиться зачистка зварного шва. Загальна висота вставки визначається таким чином, щоб площина ексцентрикової деталі 3 (рис. 2.3) з ПКМ, при її встановленні в приварену вставку, виступала за торець важеля прикочування не більше ніж на 0,2 мм. Якщо виникає необхідність, між вставкою 3 і деталлю з ПКМ встановлюється регулювальна шайба такої товщини, щоб забезпечити точне розміщення деталі в заданому діапазоні. Це дозволяє при затягуванні болта 5 з гайкою 6 створити необхідне зчеплення всіх елементів рухомого з’єднання. В результаті важіль буде обертатися відносно рами сівалки через зовнішній діаметр ексцентрикової втулки, що дозволить значно підвищити довговічність трибоспряження та зменшити навантаження на деталь з

ПКМ.

Щодо перевірки працездатності елементів розробленого трибоспряження, оскільки конструктивних змін у важелі механізму прикочування не здійснено, передбачається, що працездатність цієї деталі буде гарантована. Головною задачею є забезпечення ефективності роботи ексцентрикової деталі, виготовленої з ПКМ. Для таких деталей важливим показником є величина, яка обчислюється через добуток лінійної швидкості та тиску. Тому першим етапом є визначення тиску, який буде діяти на розроблені деталі з композитного матеріалу.

Розміри, необхідні для визначення тиску, обираємо згідно з робочим кресленням деталі (рис. 2.4). Як робочий розмір обираємо діаметр 36 мм, який буде використаний в подальших розрахунках. Для визначення площі контакту, крім робочого діаметру, потрібно врахувати ширину контакту ексцентрикової втулки з отвором важеля. Ця ширина відповідає висоті вставки 3 (рис. 2.3), яку визначаємо за робочим кресленням вставки, що наведено в додатку Б, і складає 10 мм.

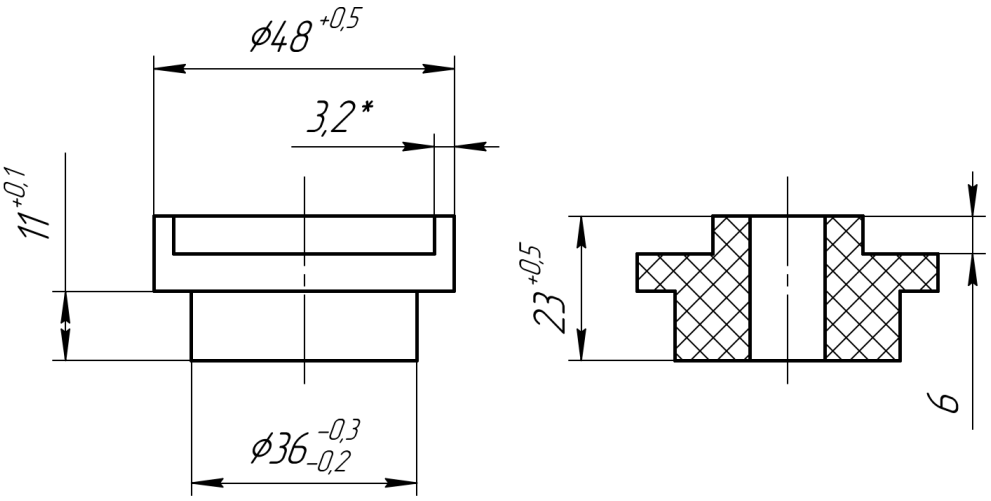


Рисунок 2.4 – Робоче креслення розробленої ексцентрикової деталі

Тиск, що діє на елемент трибоспряження, визначається за відповідною розрахунковою формулою (2.1) [23, 24]:

Враховуючи наведені вихідні дані:

R_{max}= 100 Н (оскільки навантаження розподіляється між двома ексцентриковими деталями), довжина площі контакту приймається 10 мм, діаметр контакту – 36 мм.

Таким чином, тиск на дослідну деталь розраховується так:

$$\text{р} = \frac{100}{0{,}036 \cdot 0{,}01} = 27778 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 0{,}27 \text{ МПа}$$

Кутова швидкість у зазначеному трибоспряженні, за результатами попередніх досліджень [23], не перевищує 7 рад/с. Це значення приймається як припущення для подальших розрахунків. Швидкість ковзання між елементами трибоспряження визначається за формулою (2.2).

Підставляючи значення:

$$v = 7 \cdot 0{,}018 = 0{,}126 \text{ м/с}$$

Розрахунок показника pv для ексцентрикової деталі:

$$pv = 0{,}27 \cdot 0{,}126 = 0{,}034 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$$

Обраний композитний матеріал ВПА-6-30 забезпечує стабільну роботу за значення pv, яке не перевищує 2 МПа·м/с. Таким чином, працездатність деталі з цього матеріалу гарантовано з значним запасом міцності.

2.2 Аналіз технологічних параметрів виготовлення ексцентрикової деталі з ПКМ

Виготовлення деталей із композитного матеріалу типу ВПА-6-30(20) здійснюється методом лиття під тиском із використанням спеціально розроблених прес-форм. У процесі перетворення термопластичного композиту на готові вироби, до основних технологічних параметрів, які потребують оптимізації, належать:

- максимальний тиск впорскування,
- температура розплаву,
- температура прес-форми,
- час заповнення форми,
- а також мінімізація технологічних дефектів, зокрема утворення повітряних пор на поверхнях деталей.

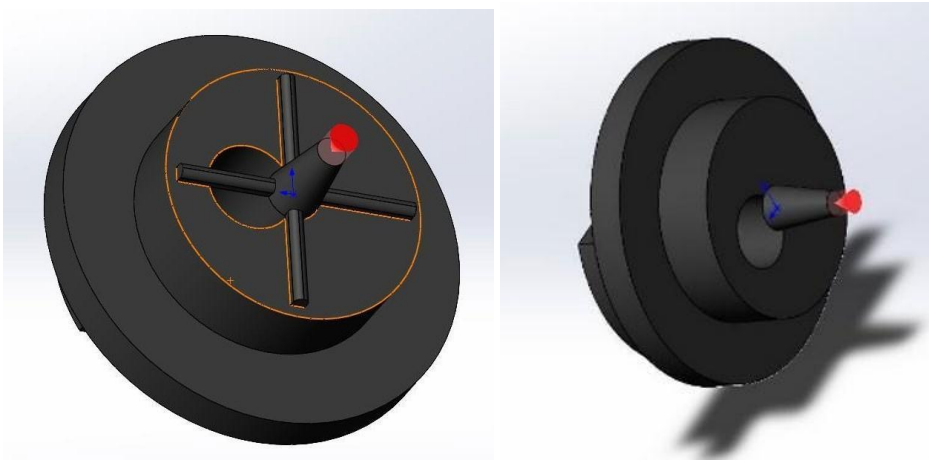
Для точного налаштування технологічного процесу застосовується програмне забезпечення SOLIDWORKS разом із модулем SolidWorks Plastics. Спершу в середовищі цієї програми створюється тривимірна модель деталі, після чого проєктуються системи літників, задаються технологічні параметри, а також вибирається відповідний матеріал.

У проведеному дослідженні були встановлені такі початкові параметри:

- матеріал – поліамід 6, модифікований 20% вуглецевого волокна;
- тиск впорскування – 100 МПа;
- температура розплаву – 270 ºС;

- температура прес-форми – 80 ºС;
- тиск у зоні прес-форми – 100 МПа;
- два варіанти системи литників:
- перший варіант – головний центральний литник із додатковими литниками квадратного перерізу 2×2 мм;
- другий варіант – використовується лише один центральний литник.

Модель ексцентрикової деталі, у якій реалізована система з одним основним литником, продемонстрована на рисунку 2.5.



а б

Рисунок 2.5 – 3D модель ексцентрикової деталі з системою літників: а – з додатковими літниками; б – без додаткових літників

На рисунку 2.5 представлено напрямок впорскування розплавленого матеріалу у формоутворювальну порожнину. Згідно з результатами аналізу, час заповнення прес-форми практично не залежить від конфігурації системи литників і становить:

- 3,6 с для варіанта з додатковими літниками,
- 3,7 с – для конфігурації з одним центральним літником (див. рисунок 2.6).

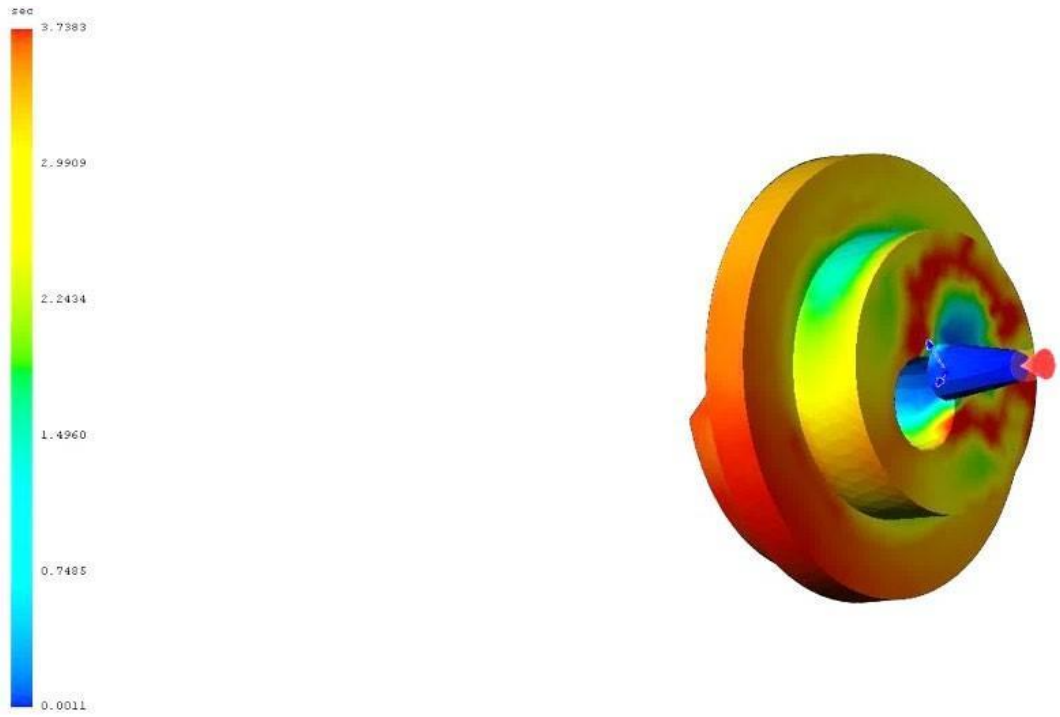


Рисунок 2.6 – Відображення часу заповнення деталі

Що стосується аналізу часу охолодження готових виробів при використанні двох різних варіантів системи литників, то результати вказують на майже ідентичну тривалість охолодження, яка становила приблизно 4 хвилини в обох випадках.

Графічні результати цього аналізу подано на рисунку 2.7.

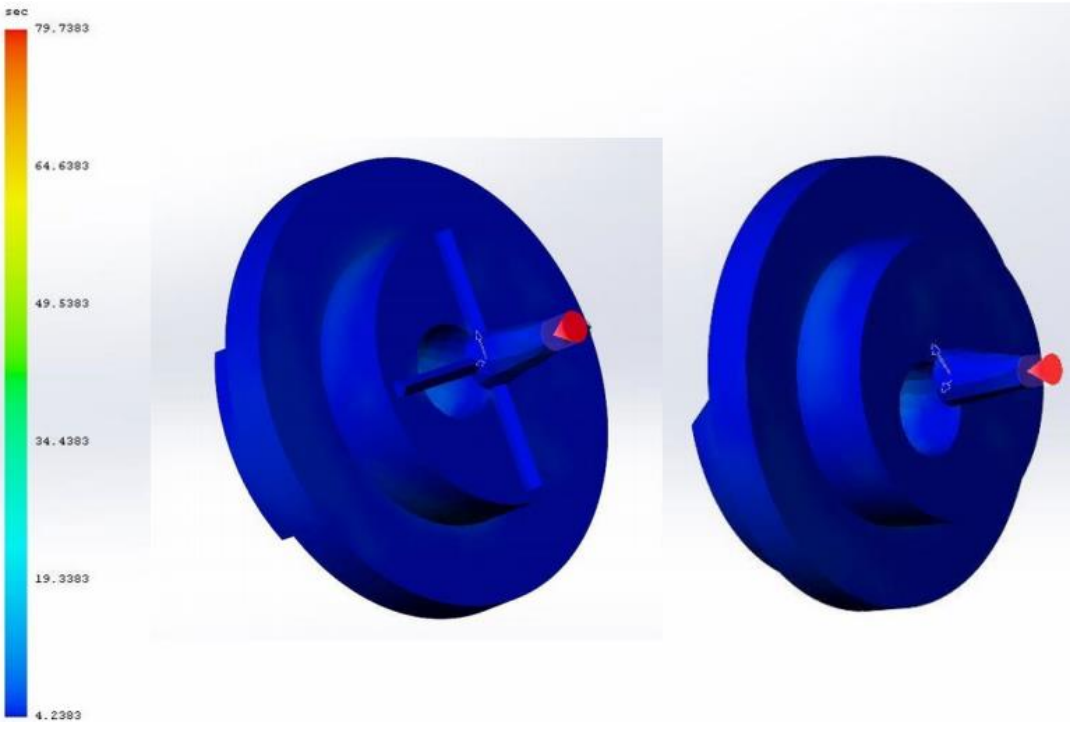


Рисунок 2.7 – Час охолодження деталей після заповнення матеріалом

Згідно з отриманими результатами (рис. 2.7), можна стверджувати, що процес охолодження відбувається досить рівномірно та швидко по всьому об'єму деталі. Величина утяжок не перевищує 0,2 мм і є стабільною, з максимальною величиною на

робочій поверхні в межах 0,12–0,15 мм. Це значення варто врахувати під час проєктування прес-форми.

Аналіз заповнення деталі демонструє її конструктивну простоту і відсутність значних проблем при виготовленні в процесі лиття. Одним з критичних параметрів, які необхідно врахувати при проектуванні деталей з композитних матеріалів, є утворення ліній спаю під час лиття під тиском. Результати, представлені на рис. 2.8, ілюструють поведінку матеріалу на лініях спаю залежно від конструкції літників.

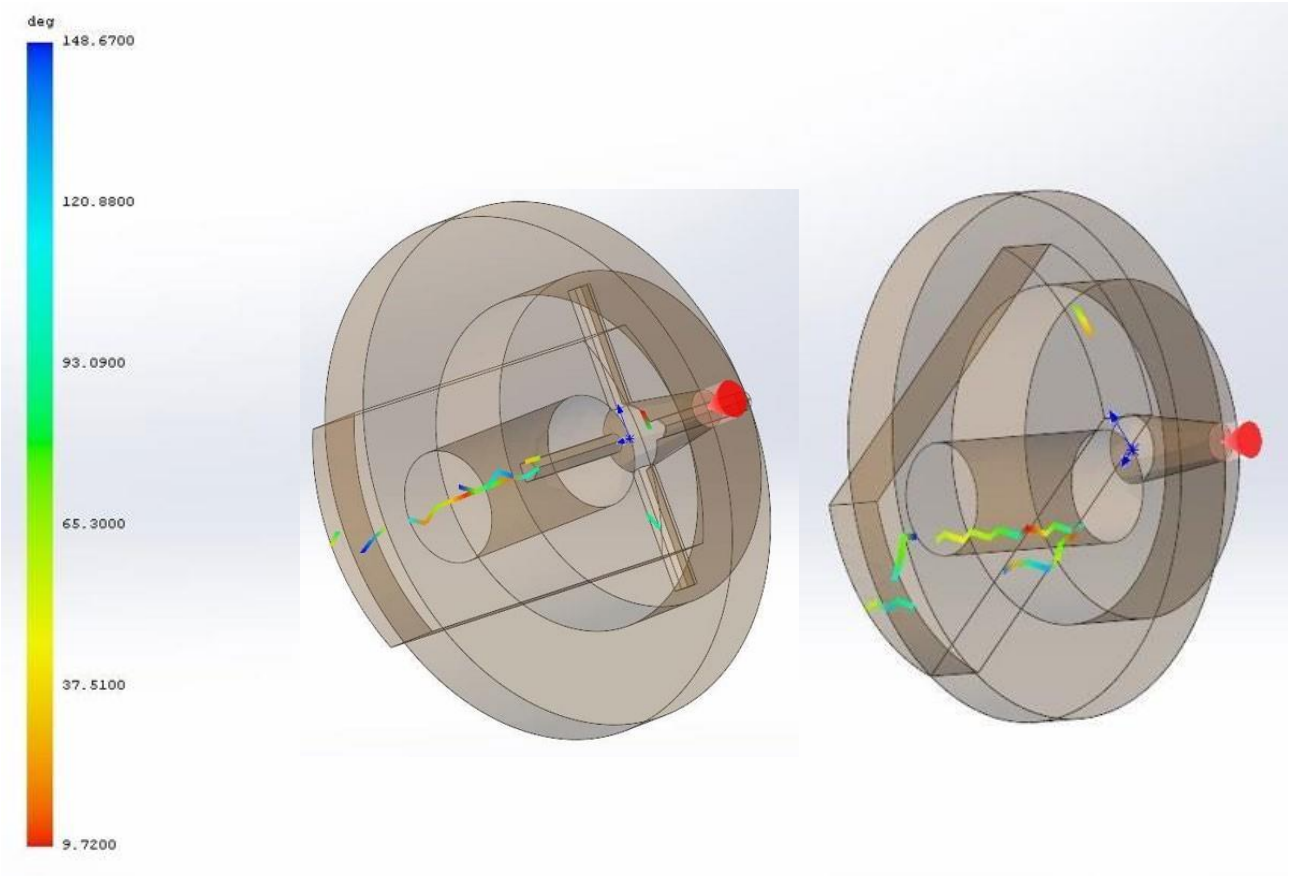


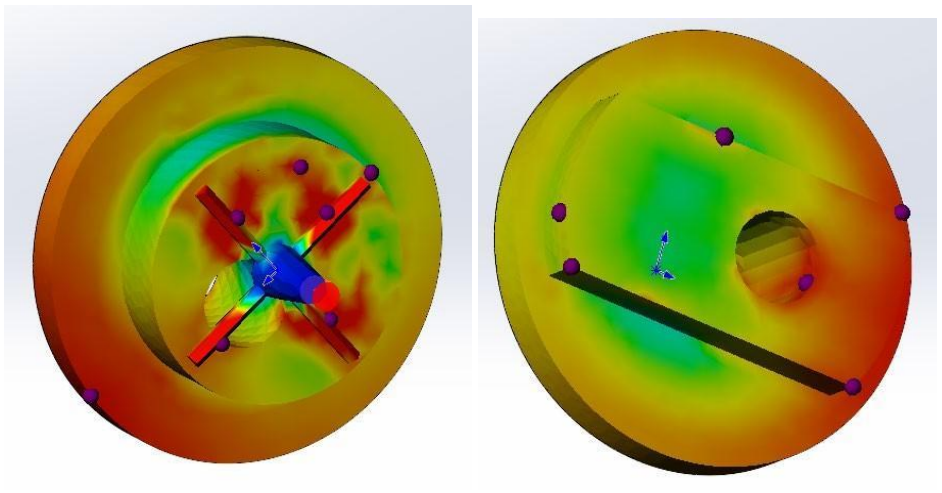
Рисунок 2.8 – Утворення ліній спаю при заповненні деталі, що має різну конструкцію літників

Таким чином, можна дійти висновку, що перший варіант системи литників демонструє меншу кількість ліній спаю, а також меншу їхню протяжність, що є безсумнівною перевагою порівняно з другим варіантом.

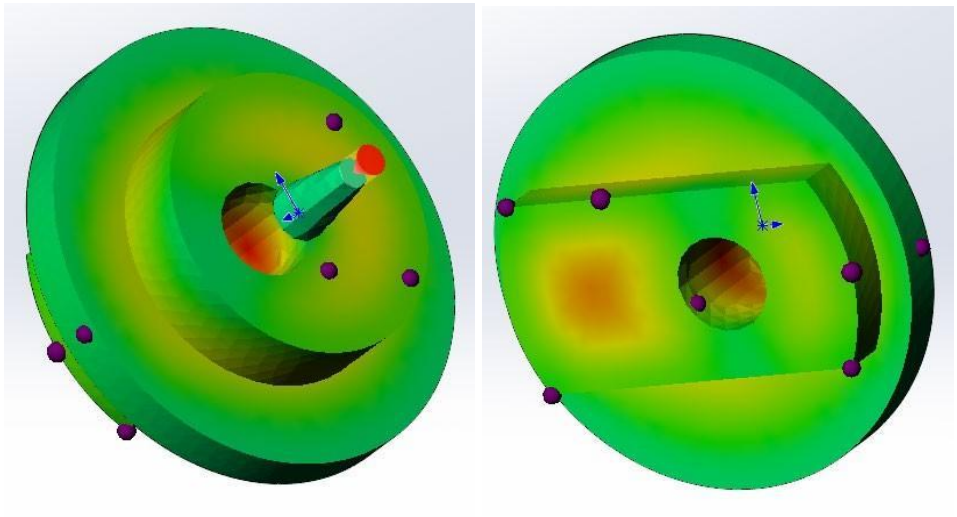
У процесі заповнення порожнини прес-форми розплавленим матеріалом виникає проблема: повітря, яке спочатку знаходиться всередині форми, не завжди встигає повністю вийти. Це призводить до утворення повітряних бульбашок у деяких ділянках, переважно в гострих кутах конструкції (див. рис. 2.9), що, у свою чергу, може стати причиною дефектів на поверхні готового виробу.

Одним із основних завдань при проєктуванні як прес-форми, так і самої деталі, є мінімізація появи повітряних включень і забезпечення високої якості поверхонь,

особливо у функціонально важливих зонах.



а



б

Рисунок 2.9 – Утворення бульбашок повітря при заповненні деталі у формі: а – варіант із додатковими літниками; б – без додаткових літників

У разі виявлення дефектів на робочих поверхнях деталей, необхідно забезпечити наявність спеціальних каналів у прес-формах для ефективного відведення повітря при впорскуванні розплавленого матеріалу.

Згідно з результатами, отриманими за допомогою програмного забезпечення SolidWorks Plastics, слід зазначити кілька важливих рекомендацій:

– Тиск впорскування можна знизити на 30 % без негативного впливу на якість та швидкість заповнення деталі.

– Максимальна температура в кінці процесу заповнення не має відхилення більше ніж на ±10 градусів, що свідчить про відсутність ризиків щодо погіршення характеристик матеріалу.

– Основна частина деталі охолоджується протягом 1 хвилини, а окремі її

ділянки потребують додаткового часу для охолодження.

Отже, з огляду на наведені результати, можна зробити висновок, що варіант системи літників з додатковими елементами (варіант 1) забезпечує отримання деталей високої якості з меншою кількістю дефектів. Рекомендується використовувати саме таку схему при проектуванні прес-форми для виготовлення ексцентрикової деталі з композитного матеріалу.

Розроблено конструкцію трибоспряження, яка дозволяє відновити працездатність та підвищити довговічність механізму прикочування. Визначено величину тиску, що діє на елементи запропонованого трибоспряження прикочуючого механізму – 0,27 МПа. Проведено перевірочні розрахунки щодо забезпечення працездатності ексцентрикової деталі за фактором pv. Розглянуто особливості функціонування та адаптації запропонованої конструкції при першочерговому збиранні. Проведено аналіз виготовлення готової ексцентрикової деталі та можливих дефектів, враховуючи технологічні можливості обладнання.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Загальні вимоги охорони праці до технологічних процесів при виготовленні деталей з пластмас

Виробничі процеси, пов'язані з переробкою пластмас у готові вироби, повинні відповідати вимогам нормативних актів, що регулюють санітарні умови організації виробництва [25] та правилам охорони праці, які визначають вимоги до переробки пластиків [26].

Переробка більшості полімерних матеріалів супроводжується утворенням різноманітних шкідливих продуктів, таких як гази, пари та розчини, що можуть негативно впливати на здоров'я працівників та навколишнє середовище. У зв'язку з цим, роботодавець зобов'язаний виконувати вимоги законодавства та нормативних актів, що регламентують викиди шкідливих речовин виробничим процесом, а також забезпечують захист населення від їх шкідливого впливу [27, 28].

У процесі переробки пластиків утворюються відходи виробництва, більшість з яких можуть мати шкідливий вплив на працівників, навколишнє середовище та населення. Тому при роботі з пластмасами необхідно дотримуватись державних санітарних вимог, які регулюють поводження з такими відходами [29].

У разі застосування на виробництві речовин, що належать до першого та другого класів небезпеки, відповідно до стандартів, потрібно організувати технологічний процес таким чином, щоб персонал не мав безпосереднього контакту з ними. Це можна забезпечити через використання герметичного обладнання для підготовки матеріалів, їх завантаження та інших етапів роботи, що здійснюються віддалено. Приміщення має бути обладнане автоматизованою аварійною вентиляцією, що реагує на сигнали газоаналізаторів. Система також повинна мати можливість ручного запуску у випадку несправності або втрати зв'язку з аналізатором газів.

Зберігання та транспортування вихідних матеріалів (сировини), готової продукції та відходів виробництва повинно здійснюватися виключно у спеціально підготовленій тарі, що відповідає вимогам безпеки. Сировину для виготовлення пластикових виробів слід зберігати з урахуванням її фізико-механічних властивостей, а також протипожежних характеристик, з обов'язковим дотриманням норм пожежної безпеки [30]. Організація зберігання сировини та компонентів повинна відбуватись у

спеціально відведених приміщеннях, що передбачають оптимальні умови зберігання відповідно до їх витрат протягом робочої зміни.

Сушильні камери та шафи для підготовки компонентів і матеріалів повинні бути оснащені автоматичними системами відключення, які спрацьовують при досягненні критичних температурних значень.

Операції з транспортування та завантаження компонентів і матеріалів повинні виконуватись за допомогою механізмів, що знижують ручну працю. Кнопки пуску і керування технологічними процесами повинні бути чітко позначені, мати системи запобіжників та аварійного вимкнення, що забезпечує безпеку на всіх етапах виробництва.

3.2 Вимоги охорони праці до процесів екструзійної переробки пластиків та лиття під тиском

Перед початком роботи екструзійного обладнання необхідно провести його ретельну перевірку та переконатися у відповідності всіх систем вимогам нормативних стандартів [31].

Основним етапом підготовки до запуску екструдера є очищення його від залишків попередньо використаного матеріалу. Для цієї процедури слід використовувати інструменти, виготовлені з міді або латуні, що запобігає пошкодженню робочих елементів екструдера. Очищення повинно здійснюватися лише після завершення технологічного процесу та за умови охолодження нагрівальних елементів на 20 °C або більше.

Ввімкнення основного шнека екструдера можливе тільки після досягнення усіма нагрівальними зонами заданих температурних значень. Якщо в процесі використовується полівінілхлорид, потрібно також звертати увагу на те, щоб деталі, що контактують з матеріалом, були в належному стані і відповідали стандартам безпеки для цього виду сировини.

Для забезпечення належної експлуатації екструзійного обладнання важливо, щоб матеріали, що контактують з робочими елементами, мали високу зносостійкість. Це зазвичай досягається за допомогою використання хромистих сталей. Якщо ж використовуються вуглецеві сталі, необхідно, щоб їх поверхня була покрита шаром хрому для досягнення відповідної зносостійкості. Робочі поверхні циліндра, шнеків і головки повинні бути в ідеальному стані, без видимих пошкоджень. Обладнання, яке

має пошкоджені хромовані деталі або порушену цілісність покриттів, забороняється до експлуатації.

У процесі виробництва деталей з ПКМ шляхом лиття під тиском необхідно дотримуватись вимог охорони праці. У зонах змикання прес-форм повинні бути встановлені захисні огородження, виготовлені з прозорих матеріалів. Такі огородження повинні бути оснащені системою запобіжників, яка не дозволяє запускати обладнання, якщо огородження знято для налаштування або сервісного обслуговування. Важливо, щоб заповнення прес-форми відбувалося без витоків матеріалу між формою та соплом ливарної машини. При проектуванні прес-форм слід приділяти особливу увагу геометрії форми та виконувати 3D-аналіз на якість заповнення, величину усадки та час, необхідний для заповнення форми.

У разі автоматичного функціонування машини потрібно забезпечити, щоб деталь кожного циклу виходила з прес-форми без застрягання. Якщо зафіксовано підклинювання деталі, перед її видаленням необхідно вимкнути живлення машини. Будь-які ремонтні роботи можна проводити лише після повної зупинки обладнання та вимкнення електроживлення.

Системи відведення газоподібних продуктів з робочої зони форми повинні бути розроблені таким чином, щоб виключити потрапляння шкідливих речовин в зону перебування обслуговуючого персоналу. Перебування операторів в робочих камерах під час технологічних процесів суворо заборонено.

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Оцінка вдосконалення технологічного процесу або конструкції обладнання повинна базуватися на порівнянні техніко-економічних характеристик роботи базової та вдосконаленої версії МТА. Якщо мова йде про оцінку роботи посівного агрегату, зокрема сівалки, то слід враховувати не тільки технічні показники роботи самої машини, але й її вплив на урожайність культури, що вирощується. Тому для оцінки економічної ефективності запропонованого рішення потрібно враховувати як техніко-експлуатаційні характеристики агрегатів, так і ймовірні зміни в плановій врожайності соняшнику.

Основні вихідні дані, необхідні для аналізу економічної ефективності запропонованого підходу, представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для аналізу ефективності проєкту

Показники	Варіант проєкту	
	базовий	модернізований
Найменування роботи (технологічної операції)	Сівба соняшнику	
Найменування елементів МТА	Case IH JX110+ Maschio Gaspardo MTR-8	Case IH JX110+ Maschio Gaspardo MTR-8M
Сумарне річне завантаження сівалки, га	840	888
Темп сівби, га/год.	4,00	4,23
Питома витрата пального $g_п$, кг/га	3,9	3,73
Вартість енергетичного засобу та сівалки (з врахуванням затрат на модернізацію), грн.	1900000	1916000

Удосконалення конструкції рухомого вузла прикочувального механізму сівалки позитивно впливає на якість виконання сівби. Зокрема, таке технічне рішення сприяє оптимізації процесу загортання насіння та його ефективному прикочуванню, що, в свою чергу, покращує рівномірність посіву.

Додатковою перевагою є збільшення ресурсу трибоспряження, завдяки застосуванню самозмащувального полімерного композитного матеріалу (ПКМ) у конструкції ексцентрикової втулки, що працює в парі зі сталевими елементами. Це забезпечує стабільне тертя та менший знос елементів вузла.

Модернізований механізм також дозволяє:

– підвищити робочу швидкість агрегату без погіршення якості сівби;

– зменшити витрати пального, оскільки прикочувальні колеса рухаються прямолінійно, без зайвих втрат енергії.

Сівалка MTR-8, призначена для точної сівби, забезпечує високу рівномірність розміщення насіння в ґрунті, що є ключовим фактором для отримання дружніх сходів і дотримання оптимальної густоти рослин на полі.

У межах даного дослідження проводиться розрахунок експлуатаційних витрат для базової та модернізованої версії сівалки, під час роботи з посівом соняшнику.

Витрати на одиницю виконаної роботи визначаються згідно з формулою (4.1) [19].

Витрати на паливо та мастильні матеріали визначаються за формулою (4.2).

З урахуванням вартості дизельного пального для оптової закупівлі – 45 грн/л, і витрат на мастила, обчислюється відповідне значення.

$$С^{б}_{пмм} = 60 \cdot 3{,}9 = 234{,}00 \text{ грн/га}$$

$$С^{п}_{пмм} = 60 \cdot 3{,}73 = 223{,}80 \text{ грн/га}$$

Загальні питомі експлуатаційні витрати на машино-тракторний агрегат визначаються за такою формулою (4.3).

Вартість агрегату за таблицею 4.1 трохи зростає для модернізованого варіанту через додаткові витрати на реалізацію нового технічного рішення.

Підставивши значення до формул, отримаємо резльтат:

$$С^{б}_{м} = \left[\frac{1900000 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 840} + \frac{152000}{840}\right] = 189{,}24 \text{ грн/га}$$

$$С^{п}_{м} = \left[\frac{1916000 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 888} + \frac{153280}{888}\right] = 180{,}52 \text{ грн/га}$$

Заробітна плата персоналу розраховується за формулою (4.4).

Підставимо відомі значення до розрахунку:

$$С^{б}_{зп} = \frac{1{,}49(1{,}2 \cdot 1 \cdot 480) \cdot 1{,}02}{28} = 31{,}26 \text{ грн/га}$$

$$С^{п}_{зп} = \frac{1{,}49(1{,}2 \cdot 1 \cdot 480) \cdot 1{,}02}{29{,}6} = 29{,}57 \text{ грн/га}$$

Підставивши значення, отримуємо загальні питомі експлуатаційні витрати для кожного з двох варіантів МТА.

$$С^{б}_{пит} = 234{,}00 + 189{,}24 + 31{,}26 = 454{,}50 \text{ грн/га}$$

$$С^{п}_{пит} = 223{,}80 + 180{,}52 + 29{,}57 = 433{,}89 \text{ грн/га}$$

Розрахунок економічного ефекту здійснюється шляхом порівняння витрат, а також враховується річне планове навантаження сівалки:

$$E_{еф}^{га} = П_в^п - П_в^б = 454{,}50 - 433{,}89 = 20{,}61 \text{ грн/га}$$

До цього, якщо враховувати річне планове завантаження сівалки, то отримаємо:

$$E_{еф}^{рік} = F \cdot (П_в^п - П_в^б) = 888 \cdot (454{,}50 - 433{,}89) = 18301{,}68 \text{ грн}$$

Термін окупності додаткових інвестицій у модернізацію обчислюється за відповідним виразом (4.5), із подальшим внесенням результатів до таблиці 4.2.

Підставивши відповідні значення отримаємо:

$$T_о = \frac{16000}{18301} = 0{,}87 \text{ років}$$

Таблиця 4.2 – Техніко-економічні показники МТА

Показники	Одиниці вимірювання	Варіант	
		Базовий	Модернізований
Склад МТА	-	Case IH JX110+ Maschio Gaspardo MTR-8	Case IH JX110+ Gaspardo MTR-8M
Темп робіт	га/год	4,00	4,23
Вартість МТА:	грн	1900000	19160000
Сумарні експлуатаційні витрати,	грн/га	454,50	433,89
в тому числі:			
-ПММ		234,00	223,80
-оплата ЗП		31,26	29,57
-витрати на амортизацію, ТО, ПР		189,24	180,52
Питомий економічний ефект	грн/га	-	20,61
Річний економічний ефект	грн	-	18301
Термін окупності капіталовкладень:	років	-	0,87

Встановлено, що питомі витрати на експлуатацію модернізованої сівалки у складі МТА знижуються на 20,61 грн/га. В роботі не враховано, що

запропоноване рішення сприяє підвищенню якості сівби, що також повинно забезпечити додатковий економічний ефект. Річний економічний ефект впровадження запропонованої модернізації, з врахуванням нормативного завантаження сівалки, складає 18301 грн. Термін окупності додаткових вкладень на реалізацію технічного рішення становить 0,87 років.

ВИСНОВОК

Незважаючи на військові дії, продукція агропромислового комплексу України продовжує забезпечувати стабільний дохід від експорту. Зокрема, у 2022 році аграрний сектор та харчова промисловість склали 53% від загального обсягу українського експорту. Найбільший попит за кордоном мали соняшник, пшениця, кукурудза та продукти їх переробки. Соняшник та його продукти, зокрема соняшникова олія, стали одними з основних експортних товарів України за 2022-2023 роки. До війни Україна була беззаперечним лідером на світовому ринку олії соняшнику.

Аналіз технологій вирощування соняшнику вказує на їх переваги та недоліки. Кожна технологія включає етап сівби, для якого використовуються сівалки з однонасіннєвим висівом, що забезпечує високу якість сівби. Однак, крім рівномірного розподілу насіння, необхідно забезпечити хороший контакт насіння з ґрунтом для отримання дружніх сходів і високої кількості одновікових рослин. Важливе значення при цьому мають механізми прикочування рядка. Аналіз конструкцій прикочуючих механізмів різних виробників показав їх схожість, що призводить до однакових переваг і недоліків.

Розроблена технологічна карта вирощування соняшнику за мінімальною технологією показала, що витрати пального на одиницю площі становлять 36,2 кг/га, що в перерахунку на одну тонну продукції дає 14,77 кг/т. Загальна потреба в дизельному паливі для вирощування соняшнику на площі 215 га за мінімальною технологією складе 7262,5 кг. Питомі витрати праці на одиницю площі становлять 2,83 люд.-год/га.

Розроблено конструкцію трибоспряження, яка забезпечує відновлення працездатності та підвищення довговічності роботи.

Було визначено величини тиску, що діє на елементи трибоспряження прикочуючого механізму, який становить 0,27 МПа. Проведені перевірочні розрахунки підтвердили працездатність ексцентрикової деталі з урахуванням фактора pv. Описані особливості функціонування та адаптації нової конструкції при первинному збиранні. Також проведено аналіз виготовлення готової ексцентрикової деталі та можливих дефектів з урахуванням особливостей технологічного обладнання.

У проекті розглянуті ключові вимоги щодо правильного поводження з полімерними матеріалами під час їх переробки та зберігання.

Встановлено, що експлуатаційні витрати на модернізовану сівалку у складі МТА знижуються на 20,61 грн/га. Однак не враховано, що запропонована модернізація також покращує якість сівби, що сприятиме додатковому економічному ефекту. Річний економічний ефект від впровадження цієї модернізації з урахуванням нормативного навантаження на сівалку складе 18 301 грн. Термін окупності додаткових інвестицій для реалізації технічного рішення становить 0,87 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для підготовки документації на дипломне проектування для студентів денної і заочної форми навчання Інституту механізації і електрифікації сільського господарства напряму підготовки 6.100102„ Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва”, освітньо-кваліфікаційних рівнів: „бакалавр”, „спеціаліст”, „магістр” / А.В. Рудь, І.М. Бендера, В.І. Дуганець, Ю.І. Панцир, І.О. Мошенко, О.В. Думанський; за ред. А.В. Рудя – Кам’янець-Подільський, ПДАТУ, 2014. – 127 с.

2. Дипломне проектування з ремонту машин агропромислового комплексу / І.М. Бендера, А.М. Оленюк, П.П. Федірко та ін. / За редакцією І.М. Бендери, А.М. Оленюка. Кам’янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2012. – 480 с.

3. Авдєєв М.О., Воловик Є.Л., Ульман І.Є. Технологія ремонту машин и обладнання. – К.: Урожай, 1996 – 247с.

4. Єсерберлін Р.Є. Капітальний ремонт автомобілів. – Харків: Транспорт, 1999 – 335с.

5. Бабусенко С.М. Проектування ремонтно-обслуговуючих підприємств. К.: Машинобудування, 2000 – 352с.

6. Довідник з ремонтно-обслуговуючого виробництва агропромислового комплексу. Корж О.Г. та інші. – К.: Урожай, 1998 – 240с.

7. Обладнання для ремонту сільськогосподарської техніки (Під ред. С.С. Черепанова) – К.: Урожай, 2001 – 245с.

8. Курсове і дипломне проектування з ремонту машин (Під ред. А.П. Смєлова – 3-е вид.) – К.: Урожай, 1994 – 192 с.

9. Воловик Є.Л. Довідник по відновленню деталей. – К.: Колос, 2001 – 351с.

10. Корсаков В.С. Основи технології машинобудування. Підручник для вузів. К., Вища школа, 1984 – 333с.

11. Ісаєв А.П. та інші. Гідравліка і гідромеханизація сільськогосподарських процесів – К.: Урожай, 2000 – 400с.

12. Ремонт сільськогосподарської техніки: Довідник / За ред. Сідашенко О.І., Науменка О.А. – К.: Урожай, 1992 – 304с.

13. Тельнов М.Я., Очкасов О.А., Бадаров Є.І. Ремонт машин / Під ред. М.Я. Тельнова – К.: Вища школа, 2002 – 558с.

14. Технічне обслуговування і ремонт машин / П.В. Лауш, М.В. Власенко, І.П. Столяров, В.Я. Чабаний – К.: Вища школа, 1999 – 351с.

15. Рассказов М.Я. Организація ремонтного виробництва агропрома. – К.: Урожай, 2000 – 208с.

16. Довідник технолога авторемонтного виробництва / Під ред. Г.А. Малишева – Харків: Транспорт, 1997 – 432с.

17. Охорона праці при ремонті і обслуговуванні сільськогосподарської техники: (Довідник) / Склав В.О. Недригайлов – К.: Урожай, 2001 – 320с.

18. Буракова С.О. Охорона праці в сільському господарстві. Навчальний посібник. – К.: Вища школа, 1999 – 280с.

19. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища / В.С. Джигирей. – К.: Знання. – 2000. – 205 с.

20. Методика визначення економічної ефективності капітальних вкладень. – К.: Вища школа, 1998. – 31 с.

21. Методичні вказівки для розрахунку економічної ефективності проектуємої машини, вузла, агрегата для студентів факультета механізації сільського господарства. – Мелітополь, 1997. – 24 с.

22. Методика розрахунку економічної ефективності впроваджень нової техники на автомобільному транспорті. – Харків: Транспорт, 1995. – 184 с.