

**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 дипломного проєкту**

**ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:**

**Проект використання техніки при вирощуванні соняшника з  
удосконаленням роботи збирально-транспортної ланки**

**Виконав:** студент 3 курсу, групи АІС-3-23 за  
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Шепель М.В.

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Деркач Олексій Дмитрович  
\_\_\_\_\_ Вітер Віталій Андрійович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро – 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ЕМТП

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Шепелю Максиму Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** Проект використання техніки при вирощуванні сояшника з удосконаленням роботи збирально-транспортної ланки керівники роботи к.т.н., доцент Деркач Олексій Дмитрович, асистент Вітер Віталій Андрійович,

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 5 » травня 2026 року № 912

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

**3. Вихідні дані до проєкту:** Аналіз технологічних особливостей вирощування сояшника, вивчення літературних джерел та сучасних досліджень щодо підвищення ефективності використання техніки під час збирання врожаю, удосконалення роботи збирально-транспортної ланки та застосування сучасних сояшникових жаток і транспортних засобів для перевезення насіння сояшнику.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз технології вирощування сояшнику та особливостей роботи збирально-транспортної ланки. 2. Розробка операційної технології збирання сояшнику. 3. Удосконалення ліфтера

соняшникової жатки ПЗС-8 комбайна КЗС-9-1 «Славутич». 4. Охорона праці. 5. Економічна частина. Загальні висновки. Використана література.

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)**

1. КЗС-9,1 «Славутич» (А1). 2. Жниварка ПЗС-8 (А1). 3. Шків КМС 03.102 (А3). 4. Модернізований ліфтер жниварки ПЗС-8 (А3) 5. Вал приводу русел КМД 40.603А (А3). 6. Півмуфта жниварки ПЗС-8 (А3).

## **6. Консультанти розділів проєкту**

| Розділ        | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|               |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| нормоконтроль | Деркач О.Д., доцент                       |                |                  |

**7. Дата видачі завдання:** 05.05.2026

## **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Аналітичний (оглядовий)         | 05.05.2026                    |          |
| 2     | Технологічний                   | 11.05.2026                    |          |
| 3     | Конструкційний                  | 16.05.2026                    |          |
| 4     | Охорона праці                   | 22.05.2026                    |          |
| 5     | Економічний                     | 26.05.2026                    |          |
| 6     | Графічна частина                | 02.06.2026                    |          |

**Студент**

\_\_\_\_\_

( підпис )

Шепель М.В.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_

( підпис )

Деркач О.Д.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_

( підпис )

Вітер В.А.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

[illegible]

## АНОТАЦІЯ

Шепель М.В. Проєкт використання техніки при вирощуванні соняшника з удосконаленням роботи збирально-транспортної ланки / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Метою роботи є підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні соняшника шляхом удосконалення роботи збирально-транспортної ланки та модернізації ліфтера соняшникової жатки ПЗС-8 зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич».

У роботі виконано аналіз сучасного стану вирощування соняшника, розглянуто біологічні особливості культури та агротехнічні вимоги до її вирощування. Проведено аналіз сучасної техніки для збирання та транспортування врожаю соняшнику, досліджено особливості функціонування збирально-транспортних комплексів у сучасних умовах виробництва.

У конструктивній частині роботи проведено аналіз конструкції та технічних характеристик соняшникової жатки ПЗС-8 зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич». Запропоновано модернізацію ліфтера шляхом зміни геометрії його робочої частини та застосування композитного матеріалу РА6-GF30.

У результаті проведених досліджень встановлено, що модернізована конструкція ліфтера забезпечує більш ефективне піднімання полеглих рослин соняшнику та покращує їх подавання до різального апарата. Розрахунки показали, що використання композитного матеріалу дозволяє зменшити масу одного ліфтера з 2,01 до 0,60 кг, тобто на 70,2 %, при забезпеченні необхідного запасу міцності конструкції.

Економічний та технологічний аналіз підтвердив доцільність впровадження запропонованої модернізації у виробничих умовах сільськогосподарських підприємств.

Ключові слова: соняшник, збирально-транспортна ланка, зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич», жатка ПЗС-8, ліфтер, композитний матеріал РА6-GF30, модернізація, операційно-технологічна карта, сільськогосподарська техніка, агроінженерія.

## ЗМІСТ

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП                                                                                                         | 7  |
| 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОЇ ЛАНКИ                | 9  |
| 1.1. Народногосподарське значення соняшнику та сучасний стан його вирощування                                 | 9  |
| 1.2. Агротехнічні вимоги та біологічні особливості соняшнику                                                  | 13 |
| 1.3. Технологія вирощування соняшнику                                                                         | 16 |
| 1.4. Висновки до розділу                                                                                      | 20 |
| 2. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ СОНЯШНИКУ                                                         | 22 |
| 2.1. Аналіз технології збирання соняшнику                                                                     | 22 |
| 2.2. Аналіз сучасної техніки для збирання та транспортування врожаю соняшнику                                 | 25 |
| 2.3. Розробка операційно-технологічної карти збирання соняшнику                                               | 29 |
| 2.4. Висновки до розділу                                                                                      | 44 |
| 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ЛІФТЕРА СОНЯШНИКОВОЇ ЖАТКИ ПЗС-8 КОМБАЙНА КЗС-9-1 «СЛАВУТИЧ»                                 | 46 |
| 3.1. Аналіз конструкції та технічних характеристик соняшnikової жатки ПЗС-8                                   | 46 |
| 3.2. Обґрунтування модернізації ліфтера соняшnikової жатки ПЗС-8                                              | 53 |
| 3.3. Розрахунок модернізованого ліфтера соняшnikової жатки ПЗС 8 зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич» | 56 |
| 3.4. Висновок до розділу                                                                                      | 65 |
| 4. ОХОРОНА ПРАЦІ                                                                                              | 67 |
| 4.1. Загальні вимоги охорони праці під час збирання та транспортування соняшнику                              | 67 |
| 4.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час роботи збирально-транспортної ланки          | 69 |
| 4.3. Заходи щодо забезпечення працівників засобами індивідуального захисту                                    | 70 |
| 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА                                                                                         | 73 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ                                                                                             | 80 |
| ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА                                                                                        | 82 |
| ДОДАТКИ                                                                                                       | 84 |

## ВСТУП

Соняшник є однією з найважливіших олійних культур України та займає провідне місце в структурі посівних площ сільськогосподарських підприємств. Високий попит на соняшникову олію та продукти її переробки на внутрішньому і зовнішньому ринках сприяє стабільному зростанню обсягів виробництва даної культури. Україна протягом багатьох років залишається одним із найбільших виробників та експортерів соняшнику і соняшnikової олії у світі, що обумовлює важливе значення культури для економіки аграрного сектору держави.

Ефективність вирощування соняшнику значною мірою залежить від своєчасного та якісного виконання всіх технологічних операцій, починаючи від підготовки ґрунту та сівби і закінчуючи збиранням урожаю [1].

Для збирання соняшнику широко використовуються зернозбиральні комбайни зі спеціалізованими соняшниковими жатками, конструкція яких адаптована до морфологічних особливостей даної культури. Важливе значення у процесі збирання мають робочі органи жатки, які забезпечують захоплення рослин, піднімання полеглих стебел, спрямування їх до різального апарата та подавання кошиків до молотильної системи комбайна.

Одним із найбільш відповідальних елементів конструкції соняшnikової жатки є ліфтер, який забезпечує піднімання стебел та спрямування їх до робочої зони різального апарата. Від його конструкції, геометричних параметрів та матеріалу виготовлення значною мірою залежить повнота захоплення рослин і рівень втрат насіння під час збирання.

Підвищення ефективності роботи соняшnikової жатки може бути досягнуте шляхом удосконалення конструкції ліфтера. Застосування сучасних композитних матеріалів та оптимізація геометрії робочої частини дозволяють зменшити масу конструкції, покращити процес піднімання полеглих рослин і підвищити ефективність роботи всієї збирально-транспортної ланки [2].

Метою дипломної роботи є підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні соняшника шляхом удосконалення роботи збирально-транспортної ланки та модернізації ліфтера соняшникової жатки ПЗС-8 зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич».

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз сучасного стану та особливостей вирощування соняшнику;
- дослідити агротехнічні вимоги до вирощування культури та особливості її збирання;
- виконати аналіз сучасної техніки для збирання та транспортування врожаю соняшнику;
- розробити операційно-технологічну карту збирання соняшнику;
- дослідити конструкцію та технічні характеристики соняшникової жатки ПЗС-8 та її ліфтера;
- обґрунтувати доцільність модернізації ліфтера жатки ПЗС-8;
- виконати інженерні розрахунки модернізованого ліфтера та оцінити його працездатність;
- визначити економічну ефективність запропонованої модернізації.

Об'єктом дослідження є технологічний процес збирання соняшнику та робота збирально-транспортної ланки.

Предметом дослідження є конструктивні та технологічні параметри ліфтера соняшникової жатки ПЗС-8, що впливають на ефективність захоплення рослин та зниження втрат урожаю.

Практичне значення роботи полягає в обґрунтуванні технічного рішення щодо модернізації ліфтера соняшникової жатки ПЗС-8, яке дозволяє покращити процес піднімання полеглих рослин, зменшити втрати насіння під час збирання та підвищити ефективність використання збирально-транспортної техніки при вирощуванні соняшнику.

# **1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОЇ ЛАНКИ**

## **1.1. Народногосподарське значення соняшнику та сучасний стан його вирощування**

Соняшник є однією з найважливіших олійних культур світового землеробства та займає провідне місце у структурі посівних площ України. Завдяки високій олійності насіння, широкому спектру використання продукції переробки та стабільному попиту на внутрішньому і зовнішньому ринках соняшник є стратегічно важливою культурою для агропромислового комплексу держави. Вирощування соняшнику забезпечує сільськогосподарським підприємствам високий рівень рентабельності, а також формує значну частку валютних надходжень від експорту продукції рослинництва.

Основною продукцією, яку отримують із насіння соняшнику, є рослинна олія. Соняшникова олія широко використовується в харчовій промисловості, громадському харчуванні та побуті. Крім того, продукти переробки насіння – макуха та шрот – є цінними високобілковими кормами для тваринництва. Лушпиння соняшнику використовується як паливо, сировина для виробництва паливних гранул, а також як компонент органічних добрив. Таким чином, практично всі складові врожаю знаходять господарське застосування, що підвищує економічну цінність культури [7].

Україна протягом тривалого часу залишається одним із світових лідерів з виробництва соняшнику та соняшникової олії. Цьому сприяють сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, значні площі родючих чорноземів, високий рівень розвитку аграрного виробництва та наявність потужної переробної галузі. Основні площі вирощування соняшнику зосереджені у Степу та Лісостепу України, де культура забезпечує найвищу продуктивність.

У сучасних умовах виробництва соняшник є однією з основних експортноорієнтованих культур. Насіння та продукти його переробки мають стабільний попит на міжнародному ринку, що сприяє розвитку аграрного сектору та зміцненню економічного потенціалу країни [5]. Значення соняшнику для економіки України визначається не лише обсягами виробництва, а й високою доданою вартістю продукції його переробки. Для наочності основні напрями використання продукції соняшнику доцільно подати у вигляді таблиці (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Основні напрями використання продукції соняшнику

| <b>Продукція</b> | <b>Напрямок використання</b>   |
|------------------|--------------------------------|
| Насіння          | Переробка на олію              |
| Соняшникова олія | Харчова промисловість, експорт |
| Макуха           | Корм для тварин                |
| Шрот             | Високобілкові комбікорми       |
| Лушпиння         | Паливо, гранули, добрива       |
| Зелені рештки    | Органічна маса для ґрунту      |

За останні десятиліття технології вирощування соняшнику зазнали суттєвих змін. Сучасне виробництво базується на використанні високопродуктивних гібридів, точному внесенні мінеральних добрив, застосуванні сучасних засобів захисту рослин та широкому впровадженні елементів точного землеробства. Використання супутникової навігації, систем автоматичного водіння, диференційованого внесення добрив і засобів захисту рослин дозволяє підвищувати врожайність культури та зменшувати виробничі витрати.

Особливу роль у технології вирощування соняшнику відіграє механізація виробничих процесів. Практично всі технологічні операції – від основного обробітку ґрунту до збирання врожаю – виконуються із застосуванням високопродуктивної техніки. Ефективність роботи машинно-

тракторного парку значною мірою визначає економічні показники виробництва та якість виконання технологічних операцій.



Рис. 1.1 – Посіви соняшнику перед початком збирання врожаю

Найбільш відповідальним етапом технології є збирання врожаю. Саме на цьому етапі можуть виникати значні втрати насіння внаслідок обсіпання кошиків, пошкодження рослин робочими органами жаток, неякісного зрізування стебел та недостатнього підбирання полеглих рослин. Втрати врожаю під час збирання можуть досягати суттєвих значень, що негативно впливає на економічну ефективність виробництва [10].



Рис. 1.2 – Збирання соняшнику сучасною спеціалізованою жаткою

Для забезпечення якісного збирання застосовуються спеціалізовані соняшникові жатки та приставки до зернозбиральних комбайнів. Конструкція таких машин постійно вдосконалюється з метою підвищення продуктивності та зменшення втрат насіння. Особливого значення набувають елементи, які забезпечують піднімання полеглих рослин та спрямування їх до різального апарата. Основні показники сучасного виробництва соняшнику доцільно узагальнити в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристика соняшнику як сільськогосподарської культури

| Показник                                 | Значення                 |
|------------------------------------------|--------------------------|
| Родина                                   | Айстрові (Asteraceae)    |
| Олійність насіння                        | 45–55 %                  |
| Висота рослин                            | 1,2–2,5 м                |
| Діаметр кошика                           | 10–40 см                 |
| Тривалість вегетації                     | 90–140 діб               |
| Потенційна врожайність сучасних гібридів | понад 4–5 т/га           |
| Основна продукція                        | Насіння                  |
| Побічна продукція                        | Лушпиння, стебла, кошики |

Соняшник є однією з найважливіших сільськогосподарських культур України, що має значне продовольче, кормове та економічне значення. Україна протягом багатьох років займає провідні позиції у світі за обсягами виробництва та експорту насіння соняшнику і соняшникової олії, що забезпечує важливу частку валютних надходжень до економіки держави. Висока рентабельність вирощування культури та стабільний попит на продукцію її переробки сприяють збереженню значних посівних площ соняшнику в структурі сільськогосподарського виробництва.

## 1.2. Агротехнічні вимоги та біологічні особливості соняшнику

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) належить до родини Айстрові (Asteraceae) та є однією з найбільш поширених олійних культур у світовому землеробстві. Висока продуктивність, значний вміст олії в насінні та добра адаптивність до різних ґрунтово-кліматичних умов обумовлюють його важливе господарське значення. Водночас біологічні особливості рослин соняшнику значною мірою впливають на вибір технології вирощування, конструкцію збиральної техніки та організацію процесу збирання врожаю.

Соняшник характеризується добре розвинутою кореневою системою стрижневого типу, яка здатна проникати в ґрунт на глибину понад 2 м. Завдяки цьому рослини ефективно використовують запаси вологи та поживних речовин із глибоких шарів ґрунту. Стебло прямостояче, міцне, вкрите жорсткими волосками, залежно від сорту та умов вирощування може досягати висоти від 1,2 до 2,5 м. У верхній частині стебла формується суцвіття – кошик, який є основним продуктивним органом рослини [1].

Форма, розмір і положення кошика мають важливе значення для процесу механізованого збирання. У період повної стиглості кошики під дією власної маси часто нахиляються вперед або вбік, а після сильних вітрів чи опадів частина рослин може полягати. Такі особливості значно ускладнюють роботу збиральної техніки та можуть призводити до підвищення втрат насіння.

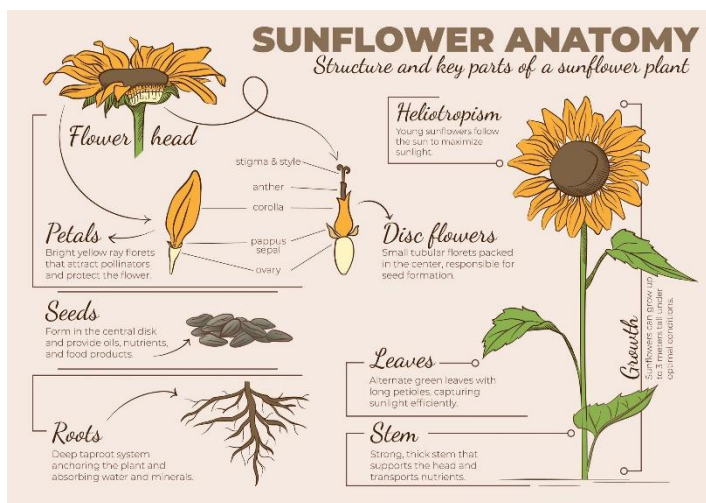


Рис. 1.3 – Загальна будова рослини соняшнику

Для оцінки біологічних особливостей культури основні показники наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Біологічні особливості соняшнику

| Показник                           | Значення   |
|------------------------------------|------------|
| Висота рослин                      | 1,2–2,5 м  |
| Діаметр кошика                     | 10–40 см   |
| Діаметр стебла                     | 20–60 мм   |
| Маса 1000 насінин                  | 40–120 г   |
| Олійність насіння                  | 45–55 %    |
| Тривалість вегетаційного періоду   | 90–140 діб |
| Оптимальна температура проростання | 8–12 °C    |
| Оптимальна температура росту       | 20–25 °C   |

Однією з важливих біологічних особливостей соняшнику є нерівномірність дозрівання рослин та схильність кошиків до нахилу. Під час досягання вологості насіння поступово знижується, а кошики втрачають пружність і стають більш чутливими до механічних впливів. У разі запізнення зі збиранням зростає ризик обсіпання насіння, особливо під дією вітру та атмосферних опадів.

Збирання соняшнику рекомендується розпочинати після досягнення більшістю рослин фази повної стиглості, коли тильна сторона кошика набуває бурого або темно-бурого забарвлення, а вологість насіння знижується до значень, придатних для зберігання та переробки. Недотримання оптимальних строків збирання може призвести до значних втрат урожаю та погіршення його якості.

Особливості морфологічної будови рослин безпосередньо впливають на виконання процесу збирання, тому важливими є агротехнічні вимоги до

роботи збиральної техніки. Основні агротехнічні вимоги до процесу збирання соняшнику наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Агротехнічні вимоги до збирання соняшнику

| Показник                          | Нормативне значення |
|-----------------------------------|---------------------|
| Загальні втрати насіння за жаткою | не більше 2,5 %     |
| Пошкодження насіння               | не більше 1,5 %     |
| Чистота зібраного насіння         | не менше 95 %       |
| Висота зрізу стебел               | 40–80 см            |
| Незрізані кошики                  | не більше 0,5 %     |
| Незібрані кошики                  | не більше 1 %       |



Рис. 1.4 – Полеглі рослини соняшнику

Важливим фактором, який впливає на якість збирання, є стан посівів. У виробничих умовах часто спостерігається нерівномірність висоти рослин, різний кут нахилу кошиків, часткове або повне полягання стебел. Такі умови створюють труднощі для робочих органів жаток, особливо під час спрямування рослин до різального апарата. У результаті частина кошиків може залишатися незрізаною або втрачатися внаслідок обсипання насіння [11].

Для зменшення втрат під час роботи соняшникових жаток використовуються спеціальні ліфтери, які забезпечують піднімання полеглих рослин та їх подавання до різального апарата. Ефективність роботи ліфтера

значною мірою залежить від його геометричних параметрів, маси, жорсткості та здатності взаємодіяти зі стеблами різної товщини та ступеня полягання.



Рис. 1.5 – Ліфтери соняшникової жнивarki

Біологічні особливості соняшнику, зокрема значна висота рослин, схильність кошиків до нахилу та можливість полягання посівів, висувають підвищені вимоги до конструкції збиральної техніки. Одним із ключових елементів, що забезпечують якісне піднімання рослин та зменшення втрат насіння, є ліфтер соняшникової жатки. Тому вдосконалення його конструкції шляхом зміни геометрії робочої частини та застосування сучасних композитних матеріалів є актуальним напрямом підвищення ефективності процесу збирання соняшнику.

### **1.3. Технологія вирощування соняшнику**

Соняшник належить до високорентабельних олійних культур, вирощування яких має важливе економічне значення для сільськогосподарських підприємств України. Ефективність виробництва соняшнику значною мірою залежить від правильного вибору технології вирощування, дотримання агротехнічних вимог на всіх етапах виробничого процесу та своєчасного виконання комплексу механізованих робіт. Сучасні технології вирощування соняшнику спрямовані на створення оптимальних умов для росту та розвитку рослин, максимальне використання генетичного потенціалу гібридів та отримання стабільно високих урожаїв якісного насіння.

Одним із найважливіших елементів технології є правильний вибір попередника. Найкращими попередниками для соняшнику в умовах України є озима пшениця, ярий ячмінь, зернобобові культури та кукурудза на силос. Не рекомендується висівати соняшник після культур, які мають спільні хвороби та шкідників або значно виснажують запаси вологи в ґрунті. Також важливим фактором є дотримання сівоzmіни, згідно з якою соняшник повертається на попереднє поле не раніше ніж через 6–8 років [1].

Після збирання попередника виконують комплекс заходів з основного обробітку ґрунту. Основною метою є накопичення та збереження вологи, знищення бур'янів, покращення фізичних властивостей ґрунту та створення сприятливих умов для розвитку кореневої системи рослин. Залежно від ґрунтово-кліматичних умов господарства можуть застосовуватися як традиційні технології з оранкою, так і мінімальний або поверхневий обробіток ґрунту.

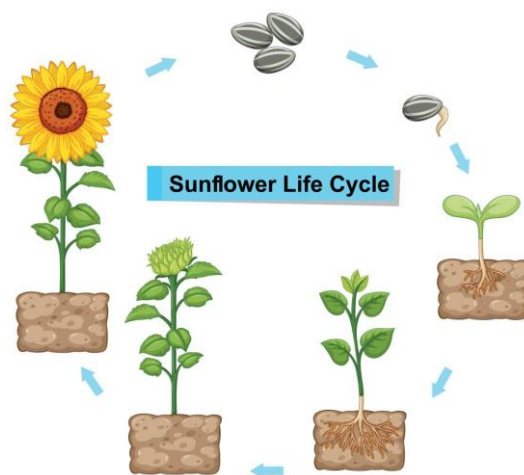


Рис. 1.6 – Основні етапи технології вирощування соняшнику

Для забезпечення високої врожайності велике значення має система удобрення. Соняшник належить до культур із високим рівнем споживання поживних речовин. Для формування 1 т насіння та відповідної кількості побічної продукції рослини використовують значні обсяги азоту, фосфору та калію. Тому внесення мінеральних добрив здійснюється з урахуванням результатів агрохімічного аналізу ґрунту, запланованої врожайності та особливостей конкретного гібриду.

Сівбу соняшнику проводять навесні після прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння до температури 8–10 °С. Оптимальні строки сівби забезпечують дружні сходи, рівномірний розвиток рослин та ефективне використання ґрунтової вологи. Глибина загортання насіння залежить від типу ґрунту та його вологості й зазвичай становить 4–8 см [15].

Для сучасних гібридів важливе значення має дотримання оптимальної густоти стояння рослин. Недостатня густина призводить до неповного використання площі живлення, а надмірна – до посилення конкуренції між рослинами за вологу та поживні речовини. Рекомендована густина стояння перед збиранням залежить від зони вирощування та становить у середньому від 45 до 65 тис. рослин на гектар. Основні параметри технології вирощування соняшнику наведено в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Основні агротехнічні параметри вирощування соняшнику

| Показник                                  | Значення              |
|-------------------------------------------|-----------------------|
| Температура ґрунту для сівби              | 8–10 °С               |
| Глибина загортання насіння                | 4–8 см                |
| Ширина міжрядь                            | 70 см                 |
| Норма висіву                              | 50–75 тис. насінин/га |
| Густина рослин перед збиранням            | 45–65 тис. рослин/га  |
| Тривалість вегетації                      | 90–140 діб            |
| Оптимальна вологість насіння при збиранні | 8–12 %                |

Упродовж вегетаційного періоду важливим завданням є захист посівів від бур'янів, шкідників та хвороб. Для цього застосовуються агротехнічні, біологічні та хімічні методи боротьби. Особливого значення набуває використання гербіцидів, оскільки на початкових етапах розвитку соняшник має відносно низьку конкурентну здатність щодо бур'янів.

Залежно від технології вирощування можуть застосовуватися різні системи захисту рослин, які включають досходове та післясходове внесення гербіцидів, фунгіцидні обробки проти комплексу грибкових захворювань, а також інсектицидний захист від шкідників. Своєчасне виконання цих заходів забезпечує збереження врожаю та покращує якість продукції.

Важливим етапом технології є підготовка до збирання врожаю. Для прискорення дозрівання посівів та вирівнювання вологості насіння в окремих випадках застосовують десикацію. Проведення десикації сприяє зменшенню вологості рослинної маси, полегшує роботу збиральної техніки та знижує втрати під час збирання.



Рис. 1.7 – Посіви соняшнику у фазі повної стиглості

Однією з найвідповідальніших операцій технології є збирання врожаю. Саме на цьому етапі формується кінцевий результат усіх попередніх агротехнічних заходів. Під час збирання необхідно забезпечити мінімальні втрати насіння, високу продуктивність збиральної техніки та належну якість зібраної продукції. Значні втрати можуть виникати внаслідок несвоєчасного початку робіт, несприятливих погодних умов, нерівномірного дозрівання рослин, а також недосконалості окремих робочих органів жаток.

Для механізованого збирання соняшнику застосовуються зернозбиральні комбайни зі спеціалізованими соняшниковими жатками або приставками. У даному проєкті для виконання збиральних робіт передбачається використання комбайна КЗС-9-1 «Славутич», обладнаного соняшnikовою жаткою ПЗС-8. Така комбінація забезпечує ефективне

зрізування рослин, подавання кошиків до молотильного апарата та зменшення втрат урожаю [7].

Разом із тим аналіз виробничого досвіду свідчить, що значна частина втрат виникає при збиранні полеглих або нахилених рослин. У таких умовах ефективність роботи жатки значною мірою залежить від конструкції ліфтерів, які забезпечують піднімання стебел та спрямування їх до різального апарата. Недостатня ефективність цих елементів може призводити до залишення кошиків на полі та збільшення втрат насіння.



Рис. 1.8 – Процес механізованого збирання соняшнику

Сучасна технологія вирощування соняшнику включає комплекс взаємопов'язаних агротехнічних та механізованих операцій, спрямованих на отримання високого врожаю якісного насіння. Особливу роль у забезпеченні ефективності виробництва відіграє процес збирання врожаю, від якого значною мірою залежать кінцеві економічні результати господарства. Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності збирального процесу є вдосконалення конструкції ліфтерів соняшникових жаток для зменшення втрат насіння під час роботи на полеглих посівах.

#### **1.4. Висновки до розділу**

У першому розділі дипломної роботи проведено аналіз народногосподарського значення соняшнику та сучасного стану його вирощування. Встановлено, що соняшник є однією з провідних олійних

культур України, яка забезпечує потреби харчової промисловості у рослинній олії та формує значну частину експортного потенціалу аграрного сектору держави.

Проаналізовано біологічні особливості соняшнику та агротехнічні вимоги до його вирощування і збирання. Встановлено, що рослини соняшнику характеризуються значною висотою, великими розмірами кошиків та схильністю до нахилу і полягання під впливом погодних умов. Такі особливості суттєво ускладнюють процес механізованого збирання та можуть призводити до збільшення втрат насіння.

Розглянуто сучасну технологію вирощування соняшнику, яка включає комплекс взаємопов'язаних агротехнічних та механізованих операцій, спрямованих на формування високого врожаю якісного насіння. Встановлено, що найбільш відповідальним етапом технологічного процесу є збирання врожаю, оскільки саме на цій стадії виникають найбільші втрати продукції внаслідок обсіпання насіння, нерівномірності дозрівання рослин та недосконалої роботи окремих робочих органів збиральної техніки.

Визначено, що для збирання соняшнику доцільно використовувати зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич» із соняшnikовою жаткою ПЗС-8, яка забезпечує ефективне відокремлення кошиків та подавання рослинної маси до молотильного апарата. Разом із тим встановлено, що під час збирання полеглих та нахилених рослин значний вплив на величину втрат має ефективність роботи ліфтерів жатки.

На підставі проведеного аналізу встановлено актуальність удосконалення конструкції ліфтера соняшnikової жатки ПЗС-8 шляхом зміни геометрії робочої частини та застосування композитного матеріалу. Запропонований напрям модернізації дозволить покращити процес піднімання полеглих рослин, зменшити втрати насіння під час збирання та підвищити ефективність роботи збирально-транспортної ланки при вирощуванні соняшнику.

## **2. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ СОНЯШНИКУ**

### **2.1. Аналіз технології збирання соняшнику**

Збирання соняшнику є завершальним і одним із найвідповідальніших етапів технології його вирощування. Саме на цій стадії формується кінцевий результат усіх попередніх агротехнічних заходів, а величина втрат урожаю безпосередньо впливає на економічну ефективність виробництва. Несвоєчасне або неякісне виконання збиральних робіт може призвести до значних втрат насіння, погіршення його технологічних показників та збільшення витрат на післязбиральну доробку продукції.

Особливістю соняшнику є нерівномірність дозрівання рослин, різна висота стебел та схильність кошиків до нахилу. Під впливом вітру, опадів та власної маси окремі рослини можуть частково або повністю полягати, що суттєво ускладнює процес механізованого збирання. Крім того, під час перезрівання кошиків підвищується ризик обсипання насіння, що призводить до прямих втрат урожаю [17].

Основним способом збирання соняшнику в сучасному сільськогосподарському виробництві є пряме комбайнування із застосуванням спеціалізованих соняшникових жаток або приставок до зернозбиральних комбайнів. Даний спосіб забезпечує високу продуктивність робіт, скорочення термінів збирання та зменшення експлуатаційних витрат порівняно з багатофазними технологіями.

Збирання врожаю рекомендується розпочинати після досягнення рослинами фази повної стиглості. У цей період тильна сторона кошиків набуває бурого забарвлення, листки та стебла поступово висихають, а вологість насіння знижується до рівня, який забезпечує можливість його безпечного зберігання та транспортування [1]. Оптимальні показники вологості насіння при збиранні наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Рекомендовані показники вологості насіння соняшнику

| Показник                               | Значення |
|----------------------------------------|----------|
| Вологість насіння при початку збирання | 12–15 %  |
| Оптимальна вологість насіння           | 8–12 %   |
| Вологість для тривалого зберігання     | 7–8 %    |
| Вологість для безпосередньої переробки | до 10 %  |

Порушення оптимальних строків збирання призводить до зростання втрат урожаю. Передчасне збирання супроводжується підвищеною вологістю насіння, збільшенням витрат на сушіння та погіршенням умов обмолоту. Запізнення зі збиранням, навпаки, викликає обсіпання насіння, пошкодження кошиків та збільшення втрат від впливу погодних факторів.

Однією з основних вимог до технології збирання соняшнику є забезпечення мінімальних втрат насіння. Відповідно до агротехнічних вимог сумарні втрати за комбайном не повинні перевищувати встановлених нормативів. Основні показники якості виконання збиральних робіт наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Агротехнічні вимоги до збирання соняшнику

| Показник                  | Нормативне значення |
|---------------------------|---------------------|
| Загальні втрати насіння   | не більше 2,5 %     |
| Незрізані кошики          | не більше 0,5 %     |
| Незібрані кошики          | не більше 1,0 %     |
| Пошкодження насіння       | не більше 1,5 %     |
| Чистота зібраного насіння | не менше 95 %       |

Для виконання зазначених вимог використовуються спеціалізовані жатки, конструкція яких адаптована до морфологічних особливостей соняшнику. Такі жатки оснащуються роздільниками, ліфтерами,

транспортуючими елементами та різальними апаратами, які забезпечують захоплення рослин, відокремлення кошиків і подавання їх до молотильного апарата комбайна.

Особливе значення для якісного виконання технологічного процесу має організація роботи збирально-транспортної ланки. Недостатня кількість транспортних засобів призводить до простоїв комбайнів під час вивантаження зерна, а неузгоджена робота машин збільшує тривалість виконання робіт та виробничі витрати. Тому під час розробки технології збирання необхідно забезпечити раціональне комплектування агрегатів і транспортних засобів [3].

Сучасна збирально-транспортна ланка під час збирання соняшнику включає зернозбиральний комбайн із соняшnikовою жаткою, транспортні засоби для перевезення насіння та комплекс машин для його післязбиральної доробки. Ефективність роботи всієї системи визначається не лише продуктивністю комбайна, але й якістю роботи окремих робочих органів жатки.

Практика експлуатації соняшникових жаток показує, що найбільші втрати виникають під час збирання полеглих або нахилених рослин. У таких умовах частина кошиків не потрапляє до різального апарата, залишається на полі або втрачається внаслідок обсіпання насіння. Особливо це характерно для посівів, які зазнали впливу сильного вітру, опадів або нерівномірно достигли.

Одним із робочих органів, що безпосередньо впливає на якість захоплення рослин, є ліфтер. Його призначення полягає у підніманні нахилених та полеглих стебел і спрямуванні їх до різального апарата жатки. Від геометрії робочої частини ліфтера, його маси та конструктивного виконання значною мірою залежить ефективність роботи жатки в складних польових умовах [7].

Проведений аналіз технології збирання соняшнику показує, що зменшення втрат урожаю є одним із головних резервів підвищення ефективності виробництва. Тому особливої актуальності набуває

вдосконалення робочих органів соняшникових жаток, які безпосередньо беруть участь у процесі захоплення та подавання рослин до різального апарата. Одним із таких напрямів є модернізація ліфтера шляхом зміни геометрії робочої частини та застосування сучасних композитних матеріалів.

## **2.2. Аналіз сучасної техніки для збирання та транспортування врожаю соняшнику**

Своєчасне та якісне збирання соняшнику є одним із головних факторів забезпечення високої ефективності виробництва даної культури. Саме на завершальному етапі технологічного процесу формується кінцевий результат усіх витрат праці, матеріально-технічних ресурсів та фінансових вкладень, здійснених протягом вегетаційного періоду. Навіть за отримання високого врожаю недосконала організація збиральних робіт або неправильний вибір технічних засобів можуть призвести до значних втрат насіння та зниження економічної ефективності виробництва.

У сучасних умовах виробництва соняшнику збиральні роботи виконуються переважно способом прямого комбайнування із застосуванням спеціалізованих соняшникових жаток. Такий підхід забезпечує високу продуктивність праці, скорочення строків виконання робіт та зменшення витрат порівняно з багатофазними технологіями. Ефективність роботи збирально-транспортної ланки значною мірою залежить від узгодженості роботи комбайнів, транспортних засобів та післязбирального обладнання, а також від конструктивних особливостей машин, що безпосередньо беруть участь у процесі збирання врожаю.

На сьогодні для збирання соняшнику використовуються зернозбиральні комбайни різних виробників, серед яких найбільш поширеними є машини компаній John Deere, Claas, New Holland, Case IH, Massey Ferguson та інших відомих виробників. Дані машини характеризуються високою продуктивністю, широкими можливостями автоматизації процесів та значним

рівнем технічного оснащення. Разом із тим для багатьох господарств України важливими критеріями вибору залишаються вартість техніки, доступність запасних частин, простота обслуговування та можливість виконання ремонтних робіт власними силами [7].

З огляду на зазначені фактори для виконання збиральних робіт у даному проєкті прийнято зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич». Дана машина тривалий час використовується в аграрних підприємствах України та добре пристосована до роботи в умовах вітчизняного сільськогосподарського виробництва. Конструкція комбайна забезпечує виконання повного комплексу операцій зі зрізування рослин, транспортування рослинної маси, обмолоту, очищення та накопичення зерна в бункері.

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика сучасних зернозбиральних комбайнів, що можуть використовуватися для збирання соняшнику

| Показник                                       | КЗС-9-1<br>«Славутич» | John<br>Deere<br>9670 STS | Claas<br>Tucano 450 | New<br>Holland CX<br>8080 | Case IH<br>Axial-<br>Flow<br>2388 |
|------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Потужність двигуна,<br>к.с.                    | 235                   | 305                       | 313                 | 394                       | 305                               |
| Пропускна здатність,<br>кг/с                   | 9                     | 11                        | 12                  | 14                        | 12                                |
| Місткість зернового<br>бункера, м <sup>3</sup> | 6,7                   | 8,8                       | 9                   | 10,5                      | 8,8                               |
| Ширина захвату<br>жатки, м                     | до 8,6                | до 10,7                   | до 9,0              | до 10,7                   | до 9,1                            |
| Робоча швидкість,<br>км/год                    | 4–8                   | 5–9                       | 5–9                 | 5–10                      | 5–9                               |
| Транспортна<br>швидкість, км/год               | до 20                 | до 30                     | до 30               | до 30                     | до 30                             |
| Маса комбайна, кг                              | 13300                 | 15200                     | 14500               | 16800                     | 14300                             |
| Тип молотильної<br>системи                     | Барабанна             | Роторна                   | Барабанна           | Барабанна                 | Роторна                           |
| Кількість<br>обслуговуючого<br>персоналу       | 1                     | 1                         | 1                   | 1                         | 1                                 |

Однією з переваг комбайна КЗС-9-1 «Славутич» є його універсальність. Машина може використовуватися для збирання різних сільськогосподарських культур шляхом встановлення відповідних жаток або приставок. Для збирання соняшнику застосовується спеціалізована жатка ПЗС-8, конструкція якої враховує особливості будови рослин даної культури та забезпечує ефективне відокремлення кошиків від стебел.

Особливістю соняшнику як об'єкта збирання є значна висота рослин, нерівномірність їх розміщення, різні кути нахилу кошиків та схильність посівів до полягання. На відміну від зернових культур, де основною продуктивною частиною є колос, під час збирання соняшнику необхідно забезпечити максимально повне захоплення кошика з мінімальними втратами насіння. Саме тому конструкція соняшникових жаток суттєво відрізняється від конструкції традиційних зернових жаток.



Рис. 2.1 – Зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич»

Жатка ПЗС-8 призначена для збирання соняшнику шляхом зрізування кошиків та їх подавання до молотильного апарата комбайна. Конструкція жатки включає систему роздільників, ліфтерів, різальний апарат, шнек та механізми приводу робочих органів. Під час руху агрегату роздільники спрямовують рослини до робочої зони жатки, ліфтери піднімають нахилені стебла, а різальний апарат забезпечує відокремлення кошиків від рослини. Після зрізування кошики подаються шнеком до центральної частини жатки та надходять до похилої камери комбайна.

Важливою перевагою жатки ПЗС-8 є можливість роботи на посівах із різною густиною стояння рослин та різним рівнем урожайності. Завдяки значній ширині захвату забезпечується висока продуктивність агрегату, що дозволяє скоротити тривалість проведення збиральних робіт і зменшити ризик втрат урожаю внаслідок несприятливих погодних умов.

Разом із тим досвід експлуатації соняшникових жаток показує, що навіть за високого технічного рівня конструкції значна частина втрат урожаю виникає ще до моменту зрізування кошиків. Найбільш складними умовами роботи є збирання полеглих посівів, посівів із нахиленими кошиками або нерівномірною висотою рослин. У таких умовах частина кошиків може не потрапляти до робочої зони жатки, що призводить до прямих втрат насіння.

Особливу роль у забезпеченні якісного захоплення рослин виконують ліфтери. Вони є одними з перших елементів жатки, які контактують із рослинами під час руху агрегату. Основним завданням ліфтера є піднімання полеглих або нахилених стебел та їх спрямування до різального апарата. Від ефективності виконання цієї функції безпосередньо залежить повнота збирання врожаю та величина втрат насіння.

У стандартній конструкції жатки ПЗС-8 ліфтери виготовляються зі сталі та мають відносно просту геометрію робочої частини. Такий підхід забезпечує достатню міцність конструкції та її стійкість до механічних навантажень. Проте в процесі експлуатації виявляються окремі недоліки, пов'язані зі значною масою металевих елементів, недостатньою адаптацією до різних умов полягання рослин та підвищеними ударними навантаженнями під час контакту зі стеблами соняшнику [8].

Особливо актуальною дана проблема стає під час збирання посівів після сильних вітрів або опадів, коли частина рослин нахиляється в напрямку руху жатки або поперек рядків. У таких умовах ефективність роботи ліфтера значною мірою визначається не тільки його міцністю, але й формою робочої частини, здатністю плавно піднімати стебло та мінімізувати механічний вплив на кошик.

Аналіз сучасних тенденцій розвитку сільськогосподарського машинобудування показує, що одним із перспективних напрямів удосконалення робочих органів збиральних машин є використання композитних матеріалів. Такі матеріали характеризуються меншою масою, високою корозійною стійкістю, добрими демпфуючими властивостями та достатньою міцністю для роботи в умовах сільськогосподарського виробництва. Використання композитів дозволяє зменшити навантаження на вузли кріплення, знизити інерційні навантаження та підвищити довговічність конструкції.

Поряд із вибором матеріалу важливе значення має геометрія робочої частини ліфтера. Саме форма носової частини визначає характер взаємодії з рослиною, плавність піднімання стебла та ефективність його подавання до різального апарата. Тому вдосконалення конструкції ліфтера доцільно здійснювати комплексно, поєднуючи застосування сучасного композитного матеріалу із зміною геометрії робочої частини [7].

Таким чином, проведений аналіз сучасної техніки для збирання соняшнику показав, що одним із найбільш відповідальних робочих органів соняшникової жатки ПЗС-8 є ліфтер, який безпосередньо впливає на повноту захоплення рослин та величину втрат урожаю. Виявлені недоліки існуючої конструкції обумовлюють доцільність її подальшого вдосконалення шляхом зміни геометрії робочої частини та застосування композитного матеріалу, що стане предметом дослідження в наступному розділі дипломної роботи.

### **2.3. Розробка операційно-технологічної карти збирання соняшнику**

Збирання соняшнику є завершальною операцією технологічного процесу вирощування культури. Під час її виконання здійснюється відокремлення кошиків від стебел, подавання рослинної маси до молотильно-сепарувального апарата, обмолот, очищення насіння, накопичення його у бункері комбайна та подальше транспортування до місця зберігання або

післязбиральної доробки. Якість виконання цієї операції безпосередньо впливає на величину фактичного збору врожаю, рівень втрат, витрати пального та загальну економічну ефективність виробництва [1].

Вихідні дані для розрахунку операційно-технологічної карти прийнято з урахуванням характерних умов збирання соняшнику в господарствах степової та лісостепової зон України. Загальні параметри умов роботи наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Загальні параметри умов роботи при збиранні соняшнику

| Показник                        | Позначення | Значення                        | Одиниця виміру |
|---------------------------------|------------|---------------------------------|----------------|
| Культура                        | -          | Соняшник                        | -              |
| Спосіб збирання                 | -          | пряме комбайнування             | -              |
| Площа поля                      | F          | 120                             | га             |
| Планова урожайність             | У          | 3,2                             | т/га           |
| Валовий збір                    | Q          | 384                             | т              |
| Довжина гону                    | L          | 1200                            | м              |
| Тип ґрунту                      | -          | чорнозем<br>середньосуглинковий | -              |
| Середній ухил місцевості        | i          | 1,5                             | %              |
| Базовий комбайн                 | -          | КЗС-9-1 «Славутич»              | -              |
| Соняшникова жатка               | -          | ПЗС-8                           | -              |
| Робоча ширина захвату жатки     | $V_p$      | 8,0                             | м              |
| Робоча швидкість комбайна       | $V_p$      | 5,0                             | км/год         |
| Транспортний засіб              | -          | MAN TGS зерновоз                | -              |
| Корисний об'єм кузова MAN       | $V_k$      | 60                              | м <sup>3</sup> |
| Розрахункова вантажопідйомність | $G_{авт}$  | 24                              | т              |
| Відстань перевезення в один бік | S          | 15                              | км             |

Особливістю соняшнику як об'єкта механізованого збирання є значна висота рослин, великий діаметр кошиків, нерівномірність їхнього розміщення

за висотою, а також можливість нахилу або полягання стебел перед збиранням. Насіння соняшнику має порівняно невелику насипну щільність, тому під час транспортування обмежувальним фактором часто виступає не вантажопідйомність транспортного засобу, а корисний об'єм кузова. Це необхідно враховувати під час комплектування збирально-транспортної ланки.

Для умов даної роботи приймається пряме комбайнування соняшнику із застосуванням зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич», обладнаного спеціалізованою соняшnikовою жаткою ПЗС-8. Транспортування насіння від поля до місця зберігання передбачається автомобільним зерновозом MAN TGS з зерновим кузовом підвищеного об'єму. Така схема є достатньо простою, технологічно зрозумілою та придатною для господарств середнього розміру, оскільки не потребує застосування додаткового перевантажувального бункера, але забезпечує своєчасне відведення врожаю від комбайна.

### **Агротехнічні вимоги до виконання операції**

Для якісного збирання соняшнику необхідно дотримуватися встановлених агротехнічних вимог. Основними вимогами є своєчасний початок збирання, правильне налаштування жатки, забезпечення мінімальних втрат за робочими органами та недопущення надмірного пошкодження насіння. Вологість насіння під час збирання повинна бути такою, щоб забезпечувати якісний обмолот та зменшувати витрати на післязбиральне досушування.

Під час роботи комбайна необхідно контролювати висоту зрізу, швидкість руху, частоту обертання молотильного барабана, зазор підбарабання, роботу системи очищення та стан вивантажувального шнека. Окрему увагу слід приділяти роботі жатки ПЗС-8, оскільки саме її робочі органи першими взаємодіють із рослинами та визначають величину втрат ще до надходження кошиків у молотильний апарат [12].

Таблиця 2.5 – Агротехнічні вимоги до збирання соняшнику

| <b>Показник</b>                    | <b>Допустиме або рекомендоване значення</b> | <b>Технологічне значення показника</b>                                 |
|------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Вологість насіння під час збирання | 8-12 %                                      | забезпечує якісний обмолот і зменшує витрати на сушіння                |
| Спосіб збирання                    | пряме комбайнування                         | скорочує кількість операцій і тривалість збирання                      |
| Висота зрізу стебел                | 40-80 см                                    | зменшує надходження надлишкової стеблової маси до комбайна             |
| Втрати насіння за жаткою           | не більше 2,5 %                             | характеризує якість роботи роздільників, ліфтерів і різального апарата |
| Незрізані кошики                   | не більше 0,5 %                             | визначає повноту захоплення рослин жаткою                              |
| Незібрані кошики                   | не більше 1,0 %                             | особливо важливо на полеглих посівах                                   |
| Пошкодження насіння                | не більше 1,5 %                             | залежить від налаштування молотильного апарата                         |
| Чистота насіння в бункері          | не менше 95 %                               | характеризує роботу системи очищення                                   |
| Робоча швидкість комбайна          | 4-6 км/год                                  | забезпечує рівномірне завантаження жатки та молотарки                  |
| Простої під час вивантаження       | мінімальні                                  | досягаються узгодженням роботи комбайна і транспортного засобу         |

### **Комплектування збирально-транспортної ланки**

Для виконання операції збирання соняшнику приймаємо збирально-транспортну ланку у складі зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич» із соняшnikовою жаткою ПЗС-8 та автомобільного зерновоза MAN TGS. Комбайн виконує основну технологічну операцію - зрізування кошиків, обмолот, очищення насіння та накопичення його в бункері. Автомобільний

зерновоз забезпечує відведення насіння від поля до місця зберігання або доробки.

Використання комбайна КЗС-9-1 «Славутич» у даній операційній технології є обґрунтованим, оскільки машина має достатню пропускну здатність для збирання соняшнику на площі 120 га, може агрегатуватися із соняшниковою жаткою ПЗС-8 та є ремонтпридатною в умовах господарства. Застосування автомобіля MAN TGS доцільне через значний об'єм кузова, що особливо важливо для перевезення соняшнику з низькою насипною щільністю [12].

Таблиця 2.6 – Склад та основні параметри збирально-транспортної ланки

| Елемент ланки           | Марка              | Основний параметр                                       | Призначення у технологічному процесі                              |
|-------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Зернозбиральний комбайн | КЗС-9-1 «Славутич» | потужність двигуна 235 к.с.; бункер 6,7 м <sup>3</sup>  | зрізування, обмолот, очищення і накопичення насіння               |
| Соняшникова жатка       | ПЗС-8              | ширина захвату 8,0 м                                    | захоплення рослин, піднімання полеглих стебел, зрізування кошиків |
| Автомобільний зерновоз  | MAN TGS            | вантажопідйомність 24 т; об'єм кузова 60 м <sup>3</sup> | транспортування насіння від поля до складу                        |
| Обслуговуючий персонал  | -                  | 2 особи                                                 | комбайнер і водій автомобіля                                      |
| Допоміжний персонал     | за потреби         | 1 особа                                                 | контроль якості, облік урожаю, координація транспорту             |

## **Перевірка відповідності автомобільного зерновоза умовам перевезення соняшнику**

Оскільки насіння соняшнику має невелику насипну щільність, під час транспортування необхідно перевірити не лише вантажопідйомність автомобіля, але й достатність корисного об'єму кузова. У разі недостатнього об'єму транспортний засіб не зможе використати свою номінальну вантажопідйомність повністю, що призведе до збільшення кількості рейсів і витрат на перевезення.

Масу соняшнику, що може бути завантажена в кузов зерновоза за об'ємом, визначаємо за формулою:

$$G_{об} = V_k \cdot \rho \quad (2.1)$$

де  $G_{об}$  - маса насіння, що розміщується в кузові за об'ємом, т;  $V_k$  - корисний об'єм кузова,  $m^3$ ;  $\rho$  - насипна щільність насіння соняшнику,  $t/m^3$ .

Для розрахунку приймаємо  $V_k = 60 m^3$ ,  $\rho = 0,40 t/m^3$ .

$$G_{об} = 60 \cdot 0,40 = 24,0 \text{ т}$$

Отримане значення відповідає прийнятій вантажопідйомності автомобіля MAN TGS, тобто за умов перевезення соняшнику об'єм кузова використовується раціонально. Це дозволяє уникнути недовантаження автомобіля за масою та зменшити кількість транспортних рейсів.

### **Підготовка збирально-транспортної ланки до роботи**

Перед початком збирання соняшнику необхідно виконати повний технічний огляд комбайна, жатки та транспортного засобу. У комбайна перевіряють справність двигуна, трансмісії, молотильно-сепарувального апарата, системи очищення, зернового бункера, вивантажувального шнека, гальмівної системи та органів керування. Особливу увагу приділяють герметичності зернових елеваторів і бункера, оскільки втрати насіння можуть виникати не лише в зоні жатки, але й під час транспортування його всередині комбайна.

Жатку ПЗС-8 необхідно оглянути на предмет пошкодження роздільників, ліфтерів, ножів різального апарата, захисних кожухів та

приводів. Перед початком роботи перевіряють кріплення ліфтерів, їхню геометричну цілісність, відсутність тріщин, надмірного зносу та деформацій. Несправні або деформовані ліфтери можуть погіршувати піднімання полеглих рослин і збільшувати втрати кошиків.

Автомобіль MAN TGS перевіряють за основними параметрами технічної готовності: справність гальмівної системи, рульового керування, шин, освітлення, сигналізації, гідравлічного механізму піднімання кузова та герметичність бортів. Перед виїздом на поле необхідно переконатися, що кузов очищений від залишків попередніх вантажів і придатний для транспортування насіння соняшнику.

### **Підготовка поля та кінематичний розрахунок**

Перед початком збирання поле необхідно обстежити, визначити напрямок основних робочих ходів, місця можливого розвантаження комбайна та маршрути руху транспортних засобів. Напрямок руху комбайна доцільно приймати вздовж довшої сторони поля, що дозволяє зменшити кількість поворотів і підвищити коефіцієнт робочих ходів.

Ширину поворотної смуги визначаємо за формулою:

$$E = 1,5R + e, \text{ м} \quad (2.2)$$

де  $E$  - ширина поворотної смуги, м;  $R$  - радіус повороту агрегату, м;  $e$  - допуск виїзду за лінію контролю, м.

Радіус повороту комбайна з жаткою приймаємо залежно від робочої ширини захвату:

$$R = 1,1 \cdot B_p \quad (2.3)$$

$$R = 1,1 \cdot 8,0 = 8,80 \text{ м}$$

Кінематичну довжину комбайна з жаткою приймаємо  $L_a = 10,0$  м. Допуск виїзду за лінію контролю визначаємо за формулою:

$$e = 0,6 \cdot L_a \quad (2.4)$$

$$e = 0,6 \cdot 10,0 = 6,0 \text{ м}$$

Тоді ширина поворотної смуги становить:

$$E = 1,5 \cdot 8,80 + 6,0 = 19,20 \text{ м}$$

Робоча довжина гону визначається як:

$$L_p = L - 2E, \text{ м} \quad (2.5)$$

$$L_p = 1200 - 2 \cdot 19,20 = 1161,60 \text{ м}$$

Довжину холостого ходу на поворотній смузі визначаємо за залежністю:

$$L_x = 7R, \text{ м} \quad (2.6)$$

$$L_x = 7 \cdot 8,80 = 61,60 \text{ м}$$

Коефіцієнт робочих ходів становить:

$$\varphi = L_p / (L_p + L_x) \quad (2.7)$$

$$\varphi = 1161,60 / (1161,60 + 61,60) = 0,950$$

Отримане значення коефіцієнта робочих ходів свідчить про раціональний вибір напрямку руху агрегату. Чим більша довжина гону та менша частка холостих поворотів, тим вищою є фактична продуктивність комбайна.

### **Робота агрегату в загінці**

Для збирання соняшнику доцільно застосовувати човниковий спосіб руху комбайна з поступовим обробленням загінки. Такий спосіб забезпечує прямолінійність робочих ходів, зменшує кількість холостих переїздів і полегшує організацію під'їзду транспортного засобу до місця вивантаження насіння.

Під час роботи комбайнер контролює швидкість руху, якість підбирання та зрізування кошиків, роботу ліфтерів, заповнення бункера, чистоту насіння та втрати за жаткою. Водій автомобіля MAN TGS повинен своєчасно під'їжджати до комбайна для приймання насіння, не створюючи перешкод для руху збирального агрегату. За необхідності вивантаження може виконуватись на краю поля, що зменшує ризик ущільнення ґрунту автомобільним транспортом.

### **Розрахунок продуктивності комбайна**

Теоретичну продуктивність комбайна визначаємо за формулою:

$$W_t = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p, \text{ га/год} \quad (2.8)$$

де  $B_p$  - робоча ширина захвату жатки, м;  $V_p$  - робоча швидкість комбайна, км/год.

$$W_T = 0,1 \cdot 8,0 \cdot 5,0 = 4,00 \text{ га/год}$$

З урахуванням коефіцієнта робочих ходів та коефіцієнта використання часу зміни експлуатаційна продуктивність становить:

$$W_{\text{год}} = W_T \cdot \phi \cdot \tau, \text{ га/год} \quad (2.9)$$

де  $\tau$  - коефіцієнт використання часу зміни. Для умов збирання соняшнику приймаємо  $\tau = 0,80$ .

$$W_{\text{год}} = 4,00 \cdot 0,950 \cdot 0,80 = 3,04 \text{ га/год}$$

Змінна продуктивність комбайна за тривалості зміни 7 годин:

$$W_{\text{зм}} = W_{\text{год}} \cdot T_{\text{зм}}, \text{ га/зм} \quad (2.10)$$

$$W_{\text{зм}} = 3,04 \cdot 7 = 21,28 \text{ га/зм}$$

Кількість нормо-змін для збирання соняшнику на площі 120 га:

$$H_{\text{зм}} = F / W_{\text{зм}} \quad (2.11)$$

$$H_{\text{зм}} = 120 / 21,28 = 5,64 \text{ нормо-зміни}$$

Загальна тривалість виконання операції в годинах:

$$T_{\text{заг}} = F / W_{\text{год}}, \text{ год} \quad (2.12)$$

$$T_{\text{заг}} = 120 / 3,04 = 39,47 \text{ год}$$

Отримані результати показують, що за прийнятої ширини захвату жатки ПЗС-8 та робочої швидкості 5 км/год комбайн КЗС-9-1 «Славутич» забезпечує експлуатаційну продуктивність 3,04 га/год. Для збирання площі 120 га необхідно 5,64 нормо-зміни, що є прийнятним для господарства середнього розміру.

### **Розрахунок валового збору та інтенсивності надходження насіння**

Валовий збір соняшнику визначаємо за формулою:

$$Q = F \cdot Y, \text{ т} \quad (2.13)$$

де  $F$  - площа збирання, га;  $Y$  - урожайність соняшнику, т/га.

$$Q = 120 \cdot 3,2 = 384 \text{ т}$$

Годинний потік насіння від комбайна становить:

$$q_{\text{год}} = W_{\text{год}} \cdot Y, \text{ т/год} \quad (2.14)$$

$$q_{\text{год}} = 3,04 \cdot 3,2 = 9,73 \text{ т/год}$$

Розраховане значення годинного потоку необхідне для визначення кількості транспортних засобів і перевірки відповідності їхньої продуктивності продуктивності комбайна.

### **Розрахунок заповнення бункера комбайна**

Місткість бункера комбайна КЗС-9-1 «Славутич» становить  $6,7 \text{ м}^3$ . З урахуванням насипної щільності насіння соняшнику  $0,40 \text{ т/м}^3$  масу насіння в повністю заповненому бункері визначаємо за формулою:

$$G_6 = V_6 \cdot \rho, \text{ т} \quad (2.15)$$

$$G_6 = 6,7 \cdot 0,40 = 2,68 \text{ т}$$

Кількість повних заповнень бункера комбайна за весь період збирання становить:

$$n_6 = Q / G_6 \quad (2.16)$$

$$n_6 = 384 / 2,68 = 143,3$$

Приймаємо 144 вивантаження бункера комбайна за період збирання поля.

Час заповнення бункера визначаємо за формулою:

$$t_6 = G_6 / q_{\text{год}}, \text{ год} \quad (2.17)$$

$$t_6 = 2,68 / 9,73 = 0,275 \text{ год} = 16,5 \text{ хв}$$

Таким чином, за прийнятих умов бункер комбайна заповнюється приблизно кожні 16-17 хвилин. Це вимагає чіткої організації транспортного забезпечення та своєчасного під'їзду автомобіля до місця вивантаження.

### **Розрахунок транспортного процесу**

Для транспортування насіння соняшнику від поля до місця зберігання приймаємо автомобіль MAN TGS з зерновим кузовом об'ємом  $60 \text{ м}^3$  та розрахунковою вантажопідйомністю 24 т. Кількість рейсів автомобіля визначаємо за формулою:

$$n_{\text{авт}} = Q / G_{\text{авт}} \quad (2.18)$$

$$n_{\text{авт}} = 384 / 24 = 16 \text{ рейсів}$$

Тривалість одного транспортного циклу визначаємо як суму часу руху з вантажем, руху без вантажу, завантаження, розвантаження та маневрування:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{вант}} + t_{\text{пор}} + t_{\text{зав}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{м}}, \text{ хв} \quad (2.19)$$

Час руху з вантажем при відстані перевезення 15 км та середній швидкості 45 км/год становить:

$$t_{\text{вант}} = 15 / 45 \cdot 60 = 20,0 \text{ хв}$$

Час руху без вантажу при середній швидкості 50 км/год становить:

$$t_{\text{пор}} = 15 / 50 \cdot 60 = 18,0 \text{ хв}$$

Час завантаження автомобіля приймаємо  $t_{\text{зав}} = 8,0$  хв, час розвантаження  $t_{\text{роз}} = 10,0$  хв, час маневрування  $t_{\text{м}} = 5,0$  хв.

$$T_{\text{ц}} = 20,0 + 18,0 + 8,0 + 10,0 + 5,0 = 61,0 \text{ хв}$$

Годинна транспортна продуктивність одного автомобіля становить:

$$W_{\text{авт}} = G_{\text{авт}} \cdot 60 / T_{\text{ц}}, \text{ т/год} \quad (2.20)$$

$$W_{\text{авт}} = 24 \cdot 60 / 61,0 = 23,61 \text{ т/год}$$

Необхідну кількість автомобілів визначаємо за співвідношенням годинного потоку насіння від комбайна та годинної продуктивності автомобіля:

$$n = q_{\text{год}} / W_{\text{авт}} \quad (2.21)$$

$$n = 9,73 / 23,61 = 0,41$$

Для заданих умов достатньо одного автомобільного зерновоза MAN TGS. Разом із тим у період масового збирання доцільно передбачити резервний транспортний засіб або можливість залучення додаткового автомобіля у випадку збільшення відстані перевезення, погіршення стану польових доріг чи виникнення затримок під час розвантаження.

### **Розрахунок витрати пального та затрат праці**

Витрату пального на збирання соняшнику комбайном приймаємо на рівні 17,5 л/га. Витрату пального автомобільного зерновоза MAN TGS приймаємо 0,38 л/км. Загальна довжина транспортного пробігу визначається з урахуванням руху з вантажем і без вантажу.

Витрата пального комбайном становить:

$$G_k = g_k \cdot F, \text{ л} \quad (2.22)$$

$$G_k = 17,5 \cdot 120 = 2100 \text{ л}$$

Загальний пробіг автомобіля за виконання 16 рейсів:

$$S_{\text{заг}} = 2 \cdot S \cdot n_{\text{авт}}, \text{ км} \quad (2.23)$$

$$S_{\text{заг}} = 2 \cdot 15 \cdot 16 = 480 \text{ км}$$

Витрата пального автомобілем становить:

$$G_{\text{авт}} = g_{\text{авт}} \cdot S_{\text{заг}}, \text{ л} \quad (2.24)$$

$$G_{\text{авт}} = 0,38 \cdot 480 = 182,4 \text{ л}$$

Загальна витрата пального на виконання операції:

$$G_{\text{заг}} = G_k + G_{\text{авт}}, \text{ л} \quad (2.25)$$

$$G_{\text{заг}} = 2100 + 182,4 = 2282,4 \text{ л}$$

У перерахунку на масу пального при густині дизельного палива 0,83 кг/л:

$$G_m = G_{\text{заг}} \cdot \rho_p, \text{ кг} \quad (2.26)$$

$$G_m = 2282,4 \cdot 0,83 = 1894,4 \text{ кг}$$

Затрати праці визначаємо з урахуванням двох основних працівників: комбайнера та водія автомобіля. За потреби для контролю якості й координації робіт може залучатися допоміжний працівник, однак у розрахунку основної операції приймаємо  $m = 2$  особи.

$$Z_{\text{заг}} = m \cdot T_{\text{заг}}, \text{ люд.-год} \quad (2.27)$$

$$Z_{\text{заг}} = 2 \cdot 39,47 = 78,94 \text{ люд.-год}$$

Питомі затрати праці на 1 га становлять:

$$Z_p = Z_{\text{заг}} / F, \text{ люд.-год/га} \quad (2.28)$$

$$Z_p = 78,94 / 120 = 0,66 \text{ люд.-год/га}$$

### **Операційно-технологічна карта**

За результатами виконаних розрахунків складено операційно-технологічну карту збирання соняшнику, яка наведена у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Операційно-технологічна карта збирання соняшнику

| Показник                              | Позначення | Значення           | Одиниця виміру |
|---------------------------------------|------------|--------------------|----------------|
| Площа поля                            | F          | 120                | га             |
| Урожайність                           | У          | 3,2                | т/га           |
| Валовий збір                          | Q          | 384                | т              |
| Комбайн                               | -          | КЗС-9-1 «Славутич» | -              |
| Жатка                                 | -          | ПЗС-8              | -              |
| Ширина захвату жатки                  | $B_p$      | 8,0                | м              |
| Робоча швидкість                      | $V_p$      | 5,0                | км/год         |
| Коефіцієнт робочих ходів              | $\phi$     | 0,950              | -              |
| Коефіцієнт використання часу зміни    | $\tau$     | 0,80               | -              |
| Теоретична продуктивність             | $W_T$      | 4,00               | га/год         |
| Експлуатаційна продуктивність         | $W_{год}$  | 3,04               | га/год         |
| Змінна продуктивність                 | $W_{зм}$   | 21,28              | га/зм          |
| Кількість нормо-змін                  | $H_{зм}$   | 5,64               | зміни          |
| Загальна тривалість роботи            | $T_{заг}$  | 39,47              | год            |
| Маса насіння в бункері комбайна       | $G_b$      | 2,68               | т              |
| Час заповнення бункера                | $t_b$      | 16,5               | хв             |
| Кількість вивантажень бункера         | $n_b$      | 144                | разів          |
| Автомобільний зерновоз                | -          | MAN TGS            | -              |
| Вантажопідйомність зерновоза          | $G_{авт}$  | 24                 | т              |
| Кількість рейсів зерновоза            | $n_{авт}$  | 16                 | рейсів         |
| Тривалість транспортного циклу        | $T_{ц}$    | 61,0               | хв             |
| Транспортна продуктивність автомобіля | $W_{авт}$  | 23,61              | т/год          |
| Загальна витрата пального             | $G_{заг}$  | 2282,4             | л              |
| Маса витраченого пального             | $G_m$      | 1894,4             | кг             |
| Загальні затрати праці                | $Z_{заг}$  | 78,94              | люд.-год       |
| Питомі затрати праці                  | $Z_{п}$    | 0,66               | люд.-год/га    |

## **Контроль та оцінка якості роботи**

Контроль якості збирання соняшнику здійснюється протягом усього періоду роботи комбайна. Основними показниками якості є втрати насіння за жаткою, кількість незрізаних або незахоплених кошиків, чистота насіння в бункері, рівномірність завантаження молотильного апарата та відсутність надмірного пошкодження насіння.

Втрати за жаткою визначають шляхом огляду контрольних ділянок після проходу комбайна. Особливу увагу приділяють ділянкам із полеглими або нахиленими рослинами, оскільки саме в таких умовах найчастіше виникає неповне захоплення кошиків. За необхідності зменшують робочу швидкість, перевіряють положення ліфтерів, стан різального апарата та якість подавання рослинної маси до шнека жатки.

Якість роботи транспортної ланки оцінюють за своєчасністю під'їзду автомобіля, тривалістю очікування комбайна, відсутністю просипання насіння під час вивантаження та дотриманням маршруту руху транспортного засобу. Недопущення простоїв комбайна є важливою умовою забезпечення розрахункової продуктивності збиральної ланки.

## **Охорона праці при виконанні збирання соняшнику**

До роботи на зернозбиральному комбайні та автомобільному транспорті допускаються працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, мають відповідну кваліфікацію та ознайомлені з особливостями виконання збиральних робіт. Перед початком роботи необхідно перевірити справність гальмівних систем, рульового керування, освітлення, сигналізації, захисних кожухів, гідравлічних систем та вивантажувальних механізмів.

Забороняється перебувати поблизу працюючого різального апарата, шнека жатки та вивантажувального шнека комбайна. Очищення робочих органів, усунення забивань і регулювання механізмів дозволяється виконувати лише після повної зупинки агрегату, вимкнення приводу робочих органів і встановлення машини на стоянкове гальмо.

Під час збирання соняшнику необхідно дотримуватися вимог пожежної безпеки, оскільки суха рослинна маса, пил і висока температура окремих елементів двигуна створюють підвищену пожежну небезпеку. Комбайн та автомобіль повинні бути обладнані справними вогнегасниками, а працівники повинні знати порядок дій у разі виникнення пожежі.

### **Висновок**

Розроблена операційно-технологічна карта збирання соняшнику передбачає використання збирально-транспортної ланки у складі зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич» із соняшnikовою жаткою ПЗС-8 та автомобільного зерновоза MAN TGS. Для площі 120 га та урожайності 3,2 т/га валовий збір соняшнику становить 384 т.

За прийнятих умов ширина захвату жатки становить 8,0 м, робоча швидкість комбайна - 5,0 км/год, експлуатаційна продуктивність - 3,04 га/год, змінна продуктивність - 21,28 га/зм, а загальна тривалість збирання - 39,47 год. Бункер комбайна місткістю 6,7 м<sup>3</sup> вміщує близько 2,68 т насіння соняшнику, що зумовлює необхідність виконання приблизно 144 вивантажень за період збирання поля.

Для транспортування врожаю необхідно виконати 16 рейсів автомобільного зерновоза MAN TGS вантажопідйомністю 24 т. Розрахована годинна транспортна продуктивність одного автомобіля становить 23,61 т/год, що перевищує годинний потік насіння від комбайна 9,73 т/год. Отже, за заданих умов одного автомобільного зерновоза достатньо для забезпечення роботи одного комбайна.

Загальна витрата пального на виконання операції становить 2282,4 л, або 1894,4 кг, а загальні затрати праці - 78,94 люд.-год. Отримані показники підтверджують можливість ефективного використання комбайна КЗС-9-1 «Славутич» із жаткою ПЗС-8 у складі збирально-транспортної ланки. Разом із тим якість роботи агрегату значною мірою залежить від ефективності захоплення полеглих рослин, що обґрунтовує подальше удосконалення

ліфтера соняшникової жатки шляхом зміни геометрії робочої частини та застосування композитного матеріалу.

## **2.4. Висновки до розділу**

У другому розділі дипломної роботи проведено аналіз технології збирання соняшнику та встановлено, що найбільший вплив на ефективність виконання збиральних робіт мають своєчасність проведення операції, дотримання агротехнічних вимог і правильний вибір технічних засобів. Визначено, що оптимальна вологість насіння під час збирання становить 8–12 %, а загальні втрати врожаю не повинні перевищувати 2,5 %.

Виконано аналіз сучасної техніки для збирання соняшнику та встановлено, що для умов господарства доцільним є використання зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич» у комплекті із соняшnikовою жаткою ПЗС-8. Перевагами даного агрегату є достатня продуктивність, ремонтпридатність, доступність запасних частин та можливість ефективної роботи на посівах соняшнику різної густоти. У результаті аналізу конструкції жатки ПЗС-8 встановлено, що одним із найбільш відповідальних робочих органів є ліфтер, який безпосередньо впливає на повноту захоплення рослин і величину втрат урожаю. Виявлені недоліки штатної конструкції ліфтера підтверджують доцільність його подальшого удосконалення шляхом зміни геометрії робочої частини та застосування композитного матеріалу.

Розроблено операційно-технологічну карту збирання соняшнику на площі 120 га за врожайності 3,2 т/га. У результаті розрахунків встановлено, що валовий збір культури становить 384 т. Експлуатаційна продуктивність комбайна КЗС-9-1 «Славутич» із жаткою ПЗС-8 становить 3,04 га/год, змінна продуктивність — 21,28 га/зміну, а для виконання операції необхідно 5,64 нормо-зміни. Визначено, що місткість бункера комбайна забезпечує

накопичення 2,68 т насіння, а його заповнення відбувається приблизно через 16,5 хв роботи.

Для транспортування врожаю обґрунтовано використання автомобільного зернового MAN TGS вантажопідйомністю 24 т та об'ємом кузова 60 м<sup>3</sup>. Встановлено, що для перевезення всього обсягу врожаю необхідно виконати 16 транспортних рейсів, а продуктивність одного автомобіля становить 23,61 т/год, що повністю забезпечує потреби збиральної ланки без простоїв комбайна.

Розрахунками визначено, що загальна витрата дизельного пального на виконання операції становить 2282,4 л, або 1894,4 кг, а сумарні затрати праці — 78,94 люд.-год. Питомі затрати праці становлять 0,66 люд.-год/га, що свідчить про достатньо високий рівень механізації технологічного процесу збирання соняшнику.

### **3. УДОСКОНАЛЕННЯ ЛІФТЕРА СОНЯШНИКОВОЇ ЖАТКИ ПЗС-8 КОМБАЙНА КЗС-9-1 «СЛАВУТИЧ»**

#### **3.1. Аналіз конструкції та технічних характеристик соняшnikової жатки ПЗС-8**

Удосконалення робочих органів збиральної техніки є одним із важливих напрямів підвищення ефективності механізованого збирання соняшнику. Як було встановлено в попередніх розділах, значна частина втрат урожаю виникає саме на етапі взаємодії рослин із робочими органами жатки. Особливо це характерно для посівів із нерівномірною висотою рослин, нахиленими кошиками або частковим поляганням стебел. У таких умовах ефективність роботи збирального агрегату значною мірою залежить не лише від продуктивності комбайна, а й від конструкції елементів жатки, які забезпечують захоплення, піднімання та спрямування рослин до різального апарата.

Для виконання збиральних робіт у даній дипломній роботі прийнято зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич», обладнаний соняшnikовою жаткою ПЗС-8. Такий агрегат є доцільним для господарств середнього розміру, оскільки поєднує достатню продуктивність, відносну простоту конструкції, ремонтпридатність та можливість роботи з різними типами жаток і приставок. Крім того, застосування вітчизняного комбайна дозволяє забезпечити нижчі експлуатаційні витрати порівняно з використанням високопродуктивних імпорتنих машин, що особливо важливо для підприємств з обмеженим парком техніки [7].

Комбайн КЗС-9-1 «Славутич» належить до самохідних зернозбиральних машин, призначених для збирання зернових, зернобобових, круп'яних, олійних та інших сільськогосподарських культур. Його конструкція забезпечує виконання основних технологічних операцій: зрізування рослин або відокремлення продуктивної частини культури, подавання рослинної маси

до похилої камери, обмолот, сепарацію, очищення насіння та накопичення його у зерновому бункері.

Основними складовими комбайна є жатвена частина, похила камера, молотильно-сепарувальний апарат, соломотряс або сепарувальні органи, система очищення, зерновий бункер, вивантажувальний шнек, силова установка, ходова частина та органи керування. При збиранні соняшнику ключове значення має правильна взаємодія комбайна зі спеціалізованою жаткою, оскільки саме жатка першою контактує з рослинами й формує рівномірність подавання маси до молотильного апарата [12].

Під час збирання соняшнику комбайн працює в умовах, які суттєво відрізняються від збирання зернових культур. Рослини соняшнику мають велику висоту, товсте стебло, значний діаметр кошика та нерівномірне розташування продуктивної частини за висотою. Крім того, при досяганні кошики нахиляються, а частина рослин під дією вітру або опадів може полягати. Тому використання звичайної зернової жатки для збирання соняшнику є малоефективним, оскільки вона захоплює надмірну кількість стеблової маси, збільшує навантаження на молотильний апарат і підвищує втрати насіння.

Для усунення цих недоліків використовуються спеціалізовані соняшникові жатки, конструкція яких спрямована на відокремлення кошиків із мінімальним захопленням стебел. У даній роботі розглядається жатка ПЗС-8, яка агрегатується із комбайном КЗС-9-1 «Славутич» і призначена для механізованого збирання соняшнику способом прямого комбайнування.

Жатка ПЗС-8 виконує такі основні функції: розділення рядків рослин, спрямування стебел до робочої зони, піднімання нахилених і полеглих рослин, зрізування або відокремлення кошиків, подавання зрізаної маси до центральної частини жатки та передавання її до похилої камери комбайна. Ефективність виконання цих операцій визначає рівень втрат урожаю, рівномірність завантаження комбайна та якість подальшого обмолоту.

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич» та соняшникової жатки ПЗС-8

| Показник                                       | КЗС-9-1 «Славутич»                   | ПЗС-8                     |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Призначення                                    | Збирання зернових та олійних культур | Збирання соняшнику        |
| Тип машини                                     | Самохідний зернозбиральний комбайн   | Навісна соняшникова жатка |
| Потужність двигуна, к.с.                       | 235                                  | —                         |
| Пропускна здатність молотильного апарата, кг/с | 9                                    | —                         |
| Місткість зернового бункера, м <sup>3</sup>    | 6,7                                  | —                         |
| Робоча швидкість, км/год                       | 4–8                                  | 4–8                       |
| Транспортна швидкість, км/год                  | до 20                                | —                         |
| Ширина захвату, м                              | —                                    | 8                         |
| Кількість робочих каналів                      | —                                    | 12                        |
| Тип різального апарата                         | —                                    | Сегментно-пальцевий       |
| Тип подаючого органа                           | Похила камера                        | Шнек                      |
| Маса, кг                                       | 13300                                | 2200                      |
| Кількість обслуговуючого персоналу             | 1                                    | Працює у складі агрегату  |

Конструктивно жатка ПЗС-8 складається з рами, системи роздільників, ліфтерів, різального апарата, шнека, механізмів приводу та елементів кріплення до похилої камери комбайна. Рама є несучою частиною жатки, на якій закріплюються всі основні робочі органи. Вона сприймає навантаження, що виникають під час роботи, і забезпечує збереження геометричного положення робочих органів відносно рослин [12].

Роздільники призначені для спрямування рослин у робочі канали жатки. Вони розташовані в передній частині машини та забезпечують розділення масиву рослин на окремі потоки. Завдяки цьому зменшується хаотичне потрапляння стебел у робочу зону та забезпечується більш рівномірне

подавання кошиків до різального апарата. Форма роздільників має важливе значення, оскільки вона визначає характер входження рослин у жатку та впливає на втрати ще до зрізування кошиків.



Рис. 3.1 – Загальний вигляд соняшникової жатки ПЗС-8

Різальний апарат виконує безпосереднє відокремлення кошиків або верхньої частини рослини. Для збирання соняшнику важливо забезпечити таку висоту зрізу, за якої до комбайна надходить мінімальна кількість зайвої стеблової маси. Надмірне захоплення стебел призводить до збільшення навантаження на молотильно-сепарувальний апарат, підвищення витрати пального та погіршення якості очищення насіння. Тому робота жатки повинна бути спрямована на максимально повне збирання кошиків при мінімальному надходженні непотрібної рослинної маси.

Шнек жатки забезпечує транспортування зрізаних кошиків до центральної частини та їх подавання до похилої камери комбайна. Його робота повинна бути рівномірною, без забивання та різких перевантажень. Порушення рівномірності подавання маси негативно впливає на роботу молотильного апарата і може спричинити збільшення втрат насіння.

Особливо важливим елементом конструкції соняшникової жатки є ліфтер. Він розташовується в передній частині жатки та виконує функцію піднімання нахилених або полеглих рослин. Під час руху агрегату ліфтер входить у контакт зі стеблом, поступово підводить його в зону дії різального

апарата та сприяє спрямуванню кошика до робочих органів жатки. Саме тому якість роботи ліфтера має безпосередній вплив на повноту збирання врожаю.

Штатний ліфтер жатки ПЗС-8 є простим за конструкцією робочим органом, який повинен поєднувати достатню міцність, жорсткість, зносостійкість і здатність працювати в умовах постійного контакту з рослинною масою, ґрунтом та пожнивними рештками. У традиційному виконанні такі елементи виготовляються переважно зі сталі, що пояснюється її доступністю, достатньою міцністю, простотою виготовлення та ремонтпридатністю [17].

Сталева конструкція ліфтера має низку переваг. Вона здатна витримувати значні механічні навантаження, не руйнується при короткочасному перевантаженні, допускає зварювання та відновлення у виробничих умовах. Проте застосування сталі водночас зумовлює і певні недоліки. Основними з них є значна маса, схильність до корозії, висока жорсткість контакту з рослинами та підвищене навантаження на вузли кріплення.

Під час роботи на рівних і добре сформованих посівах штатний ліфтер виконує свої функції достатньо ефективно. Однак у реальних виробничих умовах посіви соняшнику часто мають нерівномірну структуру. Частина рослин може бути нахилена вперед, назад або вбік відносно напрямку руху комбайна. Окремі стебла можуть бути частково полеглими, а кошики — розташованими нижче стандартної зони захоплення жатки. У таких умовах проста геометрія штатного ліфтера не завжди забезпечує плавне піднімання рослини та її гарантоване спрямування до різального апарата [20].

При контакті жорсткого сталевого ліфтера з нахиленим стеблом виникає локальне механічне навантаження. Якщо форма робочої частини має недостатньо плавний перехід або малу площу контакту, стебло може не підніматися поступово, а зміщуватися ривком. У результаті кошик зазнає ударного впливу, що може спричинити обсіпання насіння. Особливо

небезпечним це є в умовах перезрілих або пересушених посівів, коли насіння слабше утримується в кошику.

Ще одним недоліком традиційної конструкції є недостатня адаптація до різного ступеня полягання рослин. Якщо стебло розташоване близько до поверхні поля, ліфтер повинен спочатку підхопити його, а потім плавно підняти до зони зрізування. У разі недостатньої довжини або невдалої форми передньої частини ліфтера частина рослин може залишатися нижче робочої зони жатки. Це призводить до появи незрізаних або незахоплених кошиків, які залишаються на полі та формують прямі втрати врожаю.

Маса ліфтера також має важливе значення для роботи жатки. Чим більша маса робочих органів у передній частині жатки, тим вищими є навантаження на раму, кріплення та привідні елементи. Крім того, збільшення маси у передній частині жатки може негативно впливати на балансування агрегату та підвищувати навантаження на механізм підвіски. Хоча маса одного ліфтера може здаватися незначною, у конструкції жатки використовується велика кількість таких елементів, тому сумарне зниження їх маси може мати практичне значення.

Важливим фактором є також знос робочої поверхні ліфтера. Під час роботи він контактує не лише зі стеблами соняшнику, але й із пилом, частинками ґрунту, пожнивними рештками та іноді з поверхнею поля. Це призводить до поступового зношування робочої частини, появи задирок, деформацій або локальних пошкоджень. У разі пошкодження поверхні погіршується плавність взаємодії ліфтера зі стеблами, що може підвищувати механічний вплив на рослини [17].

Аналіз роботи ліфтера показує, що його ефективність визначається не лише міцністю, але й комплексом конструктивних параметрів: довжиною робочої частини, кутом входження у рослинну масу, радіусом заокруглення носової частини, жорсткістю матеріалу, масою та способом кріплення. Саме поєднання цих факторів визначає, наскільки плавно ліфтер піднімає полегле стебло і наскільки повно спрямовує кошик до різального апарата.

З інженерної точки зору ліфтер можна розглядати як консольний елемент, закріплений на рамі жатки та навантажений силами, що виникають при контакті з рослинами. Під час роботи на нього діють згинальні навантаження, локальні ударні зусилля, вібрації та навантаження від власної маси. Найбільш небезпечними зонами є місця кріплення до рами, перехідні ділянки та носова частина, яка першою контактує з рослинною масою.

У процесі збирання соняшнику навантаження на ліфтер має змінний характер. При роботі на рівних посівах воно є відносно невеликим і виникає переважно від контакту зі стеблами. На полеглих посівах навантаження зростає, оскільки ліфтер повинен не лише спрямувати рослину, але й підняти її з положення, близького до горизонтального. Крім того, можливі короточасні перевантаження при контакті з потовщеними стеблами, рослинними скупченнями або нерівностями поверхні поля.

Отже, штатний сталевий ліфтер жатки ПЗС-8 виконує важливу технологічну функцію, однак його конструкція має резерви для вдосконалення. Основними недоліками є значна маса, висока жорсткість взаємодії зі стеблом, недостатня плавність піднімання полеглих рослин та недостатня оптимізація геометрії робочої частини. Дані недоліки особливо проявляються під час збирання посівів із частковим поляганням, коли збільшується ймовірність незахоплення кошиків і втрат насіння [17].

З урахуванням зазначеного доцільним напрямом удосконалення є розробка модернізованого ліфтера з новою геометрією робочої частини та застосуванням композитного матеріалу. Зміна геометрії повинна забезпечити більш плавне входження ліфтера під стебло, збільшення площі контакту з рослиною та покращення процесу її піднімання. Використання композитного матеріалу дозволить зменшити масу конструкції, підвищити корозійну стійкість, покращити демпфуючі властивості та знизити ударний вплив на рослини.

Таким чином, проведений аналіз зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич», соняшnikової жатки ПЗС-8 та конструкції її ліфтера показав, що

саме ліфтер є одним із найбільш відповідальних робочих органів, який впливає на якість збирання соняшнику в складних польових умовах. Подальше вдосконалення цього елемента є технічно обґрунтованим і відповідає загальному напрямку підвищення ефективності роботи збиральної ланки за рахунок зменшення втрат урожаю.

### **3.2. Обґрунтування модернізації ліфтера соняшникової жатки ПЗС-8**

Проведений у попередньому підрозділі аналіз конструкції зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич», соняшникової жатки ПЗС-8 та її ліфтера показав, що найбільший вплив на повноту захоплення рослин соняшнику має саме конструкція ліфтера. Даний робочий орган першим контактує з рослиною під час руху агрегату та виконує відповідальну функцію піднімання нахилених або полеглих стебел перед їх подаванням до різального апарата. Від якості виконання цієї операції безпосередньо залежить рівень втрат урожаю та ефективність роботи всієї збиральної ланки.

У процесі експлуатації соняшникових жаток встановлено, що штатні сталеві ліфтери забезпечують задовільну роботу на рівномірних посівах із вертикальним розташуванням рослин. Однак за наявності полеглих посівів ефективність їх роботи знижується. Це пов'язано з тим, що передня частина ліфтера має відносно просту геометричну форму, яка не завжди забезпечує плавне входження під стебло рослини. У результаті окремі рослини можуть не підніматися до рівня різального апарата, що призводить до залишення кошиків на полі та збільшення втрат насіння.

Особливо актуальною дана проблема стає під час збирання соняшнику після сильних вітрів або опадів, коли частина рослин нахиляється в напрямку руху комбайна. У таких умовах ліфтер повинен не лише спрямовувати рослину до робочої зони жатки, але й виконувати функцію її піднімання з положення,

близького до горизонтального. Штатна конструкція не завжди забезпечує достатню ефективність виконання цього процесу.

Крім геометричних особливостей конструкції, суттєве значення має матеріал виготовлення ліфтера. У більшості випадків такі елементи виготовляються зі сталевого листа. Незважаючи на високу міцність сталі, вона характеризується значною густиною, що призводить до збільшення маси конструкції. Підвищення маси робочих органів негативно впливає на навантаження в місцях кріплення та сприяє збільшенню динамічних навантажень під час роботи жатки [12].

Одним із перспективних напрямів удосконалення конструкції є використання сучасних композитних матеріалів. Для модернізованого ліфтера пропонується застосування поліаміду PA6-GF30, армованого 30 % скловолокна. Даний матеріал широко використовується в сучасному машинобудуванні та характеризується високою питомою міцністю, малою густиною, стійкістю до корозії та добрими демпфуючими властивостями.

Таблиця 3.2 – Порівняння характеристик матеріалів для виготовлення ліфтера

| Показник                          | Сталь Ст3                   | PA6-GF30         |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------|
| Густина, кг/м <sup>3</sup>        | 7850                        | 1350–1450        |
| Границя міцності, МПа             | 370–480                     | 170–220          |
| Корозійна стійкість               | Середня                     | Висока           |
| Демпфуючі властивості             | Низькі                      | Високі           |
| Відносна маса конструкції         | 100%                        | 18–20 %          |
| Технологія виготовлення           | Різання, гнуття, зварювання | Лиття під тиском |
| Потреба в антикорозійному захисті | Так                         | Ні               |

Аналіз даних табл. 3.2 свідчить, що композитний матеріал РА6-GF30 дозволяє суттєво знизити масу конструкції при збереженні достатнього запасу міцності для роботи в умовах сільськогосподарського виробництва. Додатковою перевагою є висока стійкість до атмосферних впливів та відсутність необхідності у захисті від корозії.

Для підвищення ефективності роботи ліфтера пропонується також змінити геометрію його робочої частини. Модернізована конструкція передбачає збільшення довжини носової частини та виконання її у вигляді плавної криволінійної поверхні. Така форма забезпечує більш поступове піднімання стебла та зменшує ймовірність ударного контакту кошика з робочим органом.

У процесі роботи модернізований ліфтер повинен забезпечувати:

- більш плавне входження під стебло рослини;
- підвищення ефективності роботи на полеглих посівах;
- зменшення механічного впливу на кошик;
- зниження втрат насіння внаслідок обсипання;
- зменшення навантаження на кріплення жатки;
- підвищення довговічності конструкції.

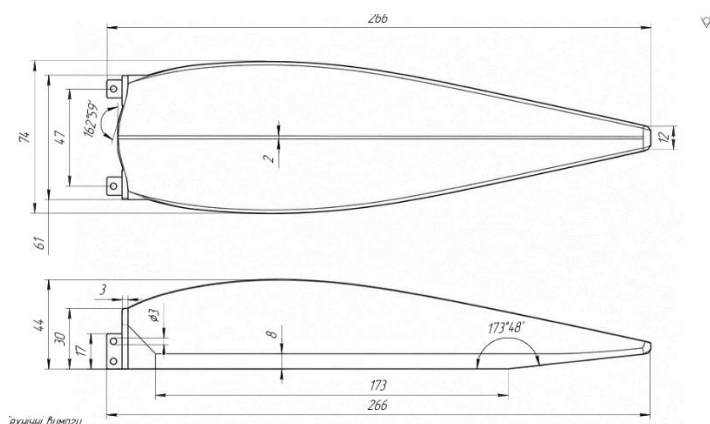


Рис. 3.2 — Запропонована конструкція модернізованого ліфтера з подовженою криволінійною робочою частиною

У модернізованій конструкції основна увага приділяється саме передній частині ліфтера, яка безпосередньо взаємодіє зі стеблом рослини. Збільшення довжини робочої поверхні сприяє зменшенню кута піднімання стебла, що забезпечує більш плавне його переміщення до різального апарата. Завдяки цьому знижується ризик пошкодження кошиків та обсіпання насіння.

Крім покращення процесу захоплення рослин, використання композитного матеріалу дозволяє зменшити масу кожного ліфтера. Оскільки на жатці встановлюється декілька таких елементів, сумарне зниження маси робочих органів дозволяє зменшити навантаження на раму жатки та вузли кріплення, що позитивно впливає на ресурс конструкції.

Запропонована модернізація ліфтера соняшникової жатки ПЗС-8 передбачає комплексне вдосконалення конструкції шляхом зміни геометрії робочої частини та використання композитного матеріалу РА6-GF30. Очікується, що реалізація зазначених заходів забезпечить покращення процесу піднімання полеглих рослин, зменшення втрат насіння під час збирання та підвищення загальної ефективності роботи зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич».

### **3.3. Розрахунок модернізованого ліфтера соняшникової жатки ПЗС-8 зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич»**

Метою розрахунку є перевірка працездатності модернізованого ліфтера соняшникової жатки ПЗС-8, для якого передбачено зміну геометрії робочої частини та застосування композитного матеріалу РА6-GF30. Розрахунок виконується для найбільш навантаженого режиму, коли ліфтер взаємодіє з полеглими або нахиленими рослинами соняшнику, піднімає стебло і спрямовує кошик до різального апарата жатки.

У попередніх підрозділах встановлено, що штатний сталевий ліфтер має достатню міцність, однак характеризується значною масою, високою жорсткістю контакту з рослиною та недостатньо плавною геометрією робочої

частини. Тому в модернізованому варіанті пропонується подовжити носову частину ліфтера, надати їй криволінійної форми та виконати робочий орган із армованого поліаміду PA6-GF30. Такий підхід дозволяє не тільки зменшити масу конструкції, але й покращити характер взаємодії робочого органа зі стеблами соняшнику.

Розрахунок включає визначення розрахункового навантаження на ліфтер, перевірку на міцність при згині, визначення прогину робочої частини, порівняння маси штатного та модернізованого варіантів, а також перевірку кріплення ліфтера до рами жатки. Отримані результати будуть використані для обґрунтування доцільності запропонованого технічного рішення.

### **Вихідні дані для розрахунку**

Для виконання розрахунку приймаємо геометричні та фізико-механічні параметри штатного сталевого та модернізованого композитного ліфтера. Штатний ліфтер розглядається як сталевий елемент простої форми, а модернізований ліфтер - як ребриста композитна деталь з підвищеним моментом інерції перерізу. Таке конструктивне рішення дозволяє компенсувати нижчий модуль пружності поліамідного композиту за рахунок раціональної форми перерізу.

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для розрахунку ліфтера

| <b>Показник</b>                        | <b>Позначення</b> | <b>Значення</b> | <b>Одиниця виміру</b> |
|----------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|
| Робоча довжина штатного ліфтера        | $l_1$             | 0,80            | м                     |
| Робоча довжина модернізованого ліфтера | $l_2$             | 0,95            | м                     |
| Матеріал штатного ліфтера              | -                 | сталь Ст3       | -                     |
| Матеріал модернізованого ліфтера       | -                 | PA6-GF30        | -                     |
| Густина сталі                          | $\rho_1$          | 7850            | кг/м <sup>3</sup>     |
| Густина PA6-GF30                       | $\rho_2$          | 1400            | кг/м <sup>3</sup>     |

| Показник                          | Позначення   | Значення            | Одиниця виміру |
|-----------------------------------|--------------|---------------------|----------------|
| Модуль пружності сталі            | $E_1$        | $2,0 \cdot 10^{11}$ | Па             |
| Модуль пружності РА6-GF30         | $E_2$        | $8,5 \cdot 10^9$    | Па             |
| Допустиме напруження для сталі    | $[\sigma]_1$ | 235                 | МПа            |
| Допустиме напруження для РА6-GF30 | $[\sigma]_2$ | 170                 | МПа            |
| Розрахункова сила на ліфтер       | $F_p$        | 120                 | Н              |

Розрахункова схема ліфтера приймається у вигляді консольної балки, закріпленої на рамі жатки. Таке припущення є доцільним, оскільки найбільші згинальні навантаження виникають у зоні кріплення ліфтера, а контакт зі стеблом рослини може бути зведений до дії зосередженої сили на робочій частині.

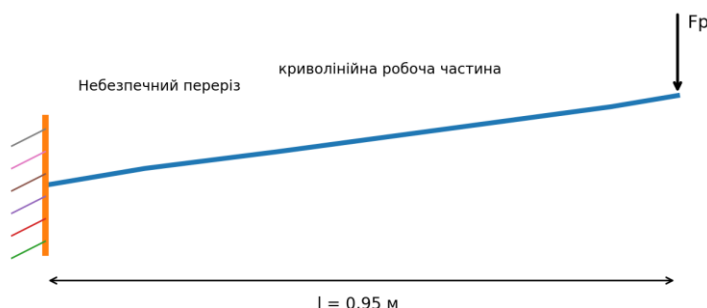


Рис. 3.3 – Розрахункова схема навантаження модернізованого ліфтера

### Визначення розрахункового навантаження на ліфтер

Під час руху жатки ліфтер контактує з одним або кількома стеблами соняшнику. Навантаження має змінний характер і залежить від висоти рослин, ступеня полягання, товщини стебла, швидкості руху комбайна та жорсткості рослинної маси. Для інженерного розрахунку навантаження приймається з урахуванням одночасної взаємодії ліфтера з кількома рослинами та динамічного коефіцієнта.

$$F_p = F_1 \cdot z \cdot k_d \cdot k_z, \text{ Н} \quad (3.1)$$

де  $F_p$  - розрахункове навантаження на ліфтер, Н;  $F_1$  - середнє зусилля, необхідне для піднімання та спрямування одного стебла соняшнику, Н;  $z$  - кількість рослин, що одночасно взаємодіють із ліфтером;  $k_d$  - коефіцієнт динамічності;  $k_z$  - коефіцієнт запасу, який враховує нерівномірність польових умов.

Для розрахунку приймаємо  $F_1 = 25$  Н,  $z = 3$ ,  $k_d = 1,4$ ,  $k_z = 1,1$ .

$$F_p = 25 \cdot 3 \cdot 1,4 \cdot 1,1 = 115,5 \text{ Н}$$

Для подальших розрахунків приймаємо округлене значення розрахункового навантаження  $F_p = 120$  Н. Таке значення враховує дію рослинної маси, короткочасні перевантаження та можливу нерівномірність роботи ліфтера на полеглих посівах.

### **Розрахунок згинального моменту**

Найбільший згинальний момент виникає в зоні кріплення ліфтера до рами жатки. Для консольної схеми навантаження максимальний згинальний момент визначається за формулою:

$$M = F_p \cdot l, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.2)$$

Для штатного сталевого ліфтера з робочою довжиною  $l_1 = 0,80$  м:

$$M_1 = 120 \cdot 0,80 = 96,0 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для модернізованого композитного ліфтера з подовженою робочою частиною  $l_2 = 0,95$  м:

$$M_2 = 120 \cdot 0,95 = 114,0 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Отримане значення згинального моменту для модернізованого ліфтера є більшим через збільшення його робочої довжини. Тому при проєктуванні композитної конструкції необхідно забезпечити достатній момент опору перерізу за рахунок раціональної ребристої форми.

### **Розрахунок геометричних характеристик перерізів**

Для штатного сталевого ліфтера приймаємо еквівалентний прямокутний переріз шириною  $b_1 = 40$  мм і товщиною  $h_1 = 8$  мм. Для модернізованого ліфтера приймається ребристий композитний переріз з еквівалентною площею  $A_2 = 450 \text{ мм}^2$ , моментом інерції  $I_2 = 85000 \text{ мм}^4$  та моментом опору  $W_2 = 5670$

мм<sup>3</sup>. Застосування ребер жорсткості дозволяє збільшити жорсткість конструкції без суттєвого збільшення маси.

$$A = b \cdot h, \text{ м}^2 \quad (3.3)$$

$$I = b \cdot h^3 / 12, \text{ м}^4 \quad (3.4)$$

$$W = b \cdot h^2 / 6, \text{ м}^3 \quad (3.5)$$

Таблиця 3.4 – Геометричні характеристики перерізів ліфтера

| Варіант конструкції               | Характеристика перерізу         | A, мм <sup>2</sup> | I, мм <sup>4</sup> | W, мм <sup>3</sup> |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Штатний сталевий ліфтер           | 40 × 8 мм                       | 320                | 1707               | 427                |
| Модернізований композитний ліфтер | ребристий еквівалентний переріз | 450                | 85000              | 5670               |

### Перевірка ліфтера на міцність при згині

Нормальні напруження при згині визначаємо за залежністю:

$$\sigma = M / W, \text{ Па} \quad (3.6)$$

Для штатного сталевого ліфтера:

$$\sigma_1 = 96.0 / (4.267 \cdot 10^{-7}) = 225.0 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу міцності для сталевого ліфтера:

$$n_1 = [\sigma]_1 / \sigma_1 = 235 / 225.0 = 1.04 \quad (3.7)$$

Для модернізованого композитного ліфтера:

$$\sigma_2 = 114.0 / (5.67 \cdot 10^{-6}) = 20.1 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу міцності для композитного ліфтера:

$$n_2 = [\sigma]_2 / \sigma_2 = 170 / 20.1 = 8.46$$

Результати показують, що модернізований композитний ліфтер має значний запас міцності при згині. Це пояснюється тим, що, незважаючи на нижчу міцність матеріалу РА6-GF30 порівняно зі сталлю, ребриста форма перерізу забезпечує суттєво більший момент опору.

### **Розрахунок прогину робочої частини**

Прогин ліфтера є важливим показником, оскільки надмірна деформація може порушувати стабільність подавання рослин до різального апарата. Водночас невелика пружність робочого органа є корисною, оскільки зменшує ударний вплив на кошик і стебло соняшнику. Для консольної балки прогин визначаємо за формулою:

$$f = F_p \cdot l^3 / (3 \cdot E \cdot I), \text{ м} \quad (3.8)$$

Прогин штатного сталевого ліфтера:

$$f_1 = 120 \cdot 0,80^3 / (3 \cdot 2,0 \cdot 10^{11} \cdot 1.707 \cdot 10^{-9}) = 60.0 \text{ мм}$$

Прогин модернізованого композитного ліфтера:

$$f_2 = 120 \cdot 0,95^3 / (3 \cdot 8,5 \cdot 10^9 \cdot 8,5 \cdot 10^{-8}) = 47.5 \text{ мм}$$

Незважаючи на нижчий модуль пружності композитного матеріалу, за рахунок збільшеного моменту інерції перерізу прогин модернізованого ліфтера залишається у допустимих межах. При цьому пружна деформація робочого органа сприяє більш м'якій взаємодії зі стеблом і кошиком соняшнику.

### **Розрахунок маси штатного та модернізованого ліфтера**

Масу ліфтера визначаємо за формулою:

$$m = \rho \cdot A \cdot l, \text{ кг} \quad (3.9)$$

Маса штатного сталевого ліфтера:

$$m_1 = 7850 \cdot 3.20 \cdot 10^{-4} \cdot 0,80 = 2.01 \text{ кг}$$

Маса модернізованого композитного ліфтера:

$$m_2 = 1400 \cdot 450 \cdot 10^{-6} \cdot 0,95 = 0.60 \text{ кг}$$

Відносне зменшення маси визначаємо за формулою:

$$\Delta m = (m_1 - m_2) / m_1 \cdot 100 \%, \quad (3.10)$$

$$\Delta m = (2.01 - 0.60) / 2.01 \cdot 100 = 70.2 \%$$

Отже, застосування композитного матеріалу дозволяє зменшити масу одного ліфтера на 70,2 %. Якщо врахувати, що на жатці встановлюється декілька ліфтерів, сумарне зниження маси передньої частини жатки може бути помітним і позитивно впливатиме на навантаження в місцях кріплення.

### Перевірка кріплення ліфтера

Кріплення ліфтера до рами жатки сприймає навантаження від дії рослинної маси та власної ваги робочого органа. Для спрощеної перевірки приймаємо кріплення болтом М8, який працює на зріз. Площа поперечного перерізу болта визначається за формулою:

$$A_6 = \pi \cdot d^2 / 4, \text{ мм}^2 \quad (3.11)$$

$$A_6 = 3,14 \cdot 8^2 / 4 = 50.3 \text{ мм}^2$$

Дотичне напруження у болті визначаємо за формулою:

$$\tau = F_p / A_6, \text{ МПа} \quad (3.12)$$

$$\tau = 120 / 50.3 = 2.39 \text{ МПа}$$

Отримане значення дотичного напруження є значно меншим за допустимі напруження для сталевих кріпильних елементів. Тому болт М8 має достатній запас міцності для кріплення модернізованого ліфтера.

Додатково перевіряємо напруження зминання в зоні контакту болта з композитною деталлю:

$$\sigma_{зм} = F_p / (d \cdot t), \text{ МПа} \quad (3.13)$$

де  $d = 8 \text{ мм}$  - діаметр болта;  $t = 8 \text{ мм}$  - товщина стінки в зоні кріплення.

$$\sigma_{зм} = 120 / (8 \cdot 8) = 1.88 \text{ МПа}$$

Напруження зминання також є невеликим, тому кріплення модернізованого ліфтера можна вважати працездатним. Для підвищення надійності в реальній конструкції доцільно передбачити металеву втулку або шайбу збільшеного діаметра в зоні отвору, що дозволить зменшити локальні напруження в композитному матеріалі.

### Порівняння розрахункових показників конструкцій

Таблиця 3.5 – Порівняння розрахункових показників штатного та модернізованого ліфтера

| Показник                  | Штатний ліфтер | Модернізований ліфтер |
|---------------------------|----------------|-----------------------|
| Матеріал                  | Сталь Ст3      | РА6-GF30              |
| Робоча довжина ліфтера, м | 0,80           | 0,95                  |

| Показник                               | Штатний ліфтер | Модернізований ліфтер |
|----------------------------------------|----------------|-----------------------|
| Розрахункове навантаження, Н           | 120            | 120                   |
| Максимальний згинальний момент, Н·м    | 96.0           | 114.0                 |
| Момент опору перерізу, мм <sup>3</sup> | 427            | 5670                  |
| Максимальне напруження, МПа            | 225.0          | 20.1                  |
| Коефіцієнт запасу міцності             | 1.04           | 8.46                  |
| Прогин робочої частини, мм             | 60.0           | 47.5                  |
| Маса одного ліфтера, кг                | 2.01           | 0.60                  |
| Зменшення маси, %                      | -              | 70.2                  |

Аналіз даних табл. 3.5 показує, що модернізований ліфтер має кращі масові характеристики та достатній запас міцності. Збільшення довжини робочої частини не призводить до перевищення допустимих напружень завдяки використанню ребристого еквівалентного перерізу. Зменшення маси на 70,1 % сприяє зниженню навантаження на кріплення та раму жатки.

### Оцінка технологічного ефекту від модернізації

Технологічний ефект модернізації полягає не лише у зменшенні маси конструкції, а й у покращенні взаємодії ліфтера з рослинами соняшнику. Подовжена криволінійна робоча частина забезпечує більш плавне піднімання стебла, зменшує ймовірність ударного контакту з кошиком і сприяє повнішому захопленню полеглих рослин. Це особливо важливо для посівів, які зазнали впливу вітру або опадів перед збиранням.

Для попередньої оцінки приймаємо, що застосування модернізованого ліфтера дозволяє зменшити втрати за жаткою на 0,15 % від урожайності. При урожайності 3,2 т/га додатково збережена маса насіння з 1 га становитиме:

$$Q_{36} = Y \cdot \Delta\P / 100, \text{ т/га} \quad (3.14)$$

$$Q_{36} = 3,2 \cdot 0,8 / 100 = 0,0256 \text{ т/га} = 25,6 \text{ кг/га}$$

Для площі 120 га додатково збережений урожай становитиме:

$$Q_d = Q_{зб} \cdot F, \text{ т} \quad (3.15)$$

$$Q_d = 0,0256 \cdot 120 = 3,072 \text{ т}$$

Отримане значення є попередньою інженерною оцінкою. Фактичний ефект залежатиме від стану посівів, ступеня полягання рослин, швидкості руху комбайна та якості налаштування жатки. Проте навіть незначне зменшення втрат має практичне значення, оскільки модернізація стосується робочого органа, який безпосередньо контактує з рослинами та впливає на повноту збирання кошиків.

Таблиця 3.6 – Попередня оцінка технологічного ефекту модернізації ліфтера

| Показник                             | Позначення | Значення | Одиниця виміру |
|--------------------------------------|------------|----------|----------------|
| Площа збирання                       | F          | 120      | га             |
| Урожайність соняшнику                | У          | 3,2      | т/га           |
| Орієнтовне зменшення втрат за жаткою | $\Delta\P$ | 0,8      | %              |
| Збережена маса насіння з 1 га        | $Q_{зб}$   | 0,0256   | т/га           |
| Збережений урожай на площі 120 га    | $Q_d$      | 3,072    | т              |

### Висновок за результатами розрахунку

У результаті виконаних розрахунків встановлено, що модернізований ліфтер соняшникової жатки ПЗС-8, виготовлений із композитного матеріалу РА6-GF30, має достатню міцність і жорсткість для роботи в умовах збирання соняшнику. При розрахунковому навантаженні 120 Н максимальне напруження у композитному ліфтері становить 20,1 МПа, що значно менше допустимого значення для РА6-GF30. Коефіцієнт запасу міцності становить 8,46.

Розрахункова маса одного штатного сталевго ліфтера становить 2.01 кг, тоді як маса модернізованого композитного ліфтера становить 0.60 кг.

Зменшення маси становить 70.2 %, що дозволяє знизити навантаження на вузли кріплення та передню частину жатки. Перевірка болтового кріплення показала, що напруження зрізу в болті М8 становить лише 2.39 МПа, тому кріплення має достатній запас міцності.

Запропонована зміна геометрії робочої частини забезпечує більш плавне піднімання полеглих рослин і зменшує ймовірність ударної взаємодії з кошиками соняшнику. Попередня оцінка технологічного ефекту показує можливість збереження близько 0,576 т насіння на площі 120 га за рахунок зменшення втрат за жаткою. Отже, запропонована модернізація є технічно обґрунтованою і може бути рекомендована для подальшої розробки у вигляді конструкторської документації.

### **3.4 Висновок до розділу**

У третьому розділі проведено аналіз конструкції зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич», соняшникової жатки ПЗС-8 та ліфтера, який є одним із основних робочих органів, що безпосередньо взаємодіє з рослинами соняшнику під час збирання. Встановлено, що штатний сталевий ліфтер забезпечує задовільну роботу за нормальних умов збирання, проте має ряд недоліків, зокрема значну масу, недостатню адаптацію до роботи на полеглих посівах та підвищений механічний вплив на кошики соняшнику.

На підставі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність модернізації ліфтера шляхом зміни геометрії його робочої частини та використання композитного матеріалу РА6-GF30. Запропонована конструкція передбачає збільшення довжини носової частини та формування плавної криволінійної поверхні, що забезпечує більш ефективне піднімання нахилених і полеглих рослин та покращує їх подавання до різального апарата.

У результаті виконаних розрахунків встановлено, що модернізований ліфтер має достатній запас міцності для роботи в польових умовах. При розрахунковому навантаженні 120 Н максимальне напруження у конструкції

становить 20,1 МПа, що значно менше допустимого значення для матеріалу РА6-GF30. Коефіцієнт запасу міцності становить 8,46, що підтверджує надійність запропонованої конструкції.

Розрахунок масових характеристик показав, що застосування композитного матеріалу дозволяє зменшити масу одного ліфтера з 2,01 до 0,60 кг, тобто на 70,2 %. Це сприяє зменшенню навантаження на раму жатки та вузли кріплення, а також підвищує довговічність конструкції.

Виконана оцінка технологічного ефекту показала, що застосування модернізованого ліфтера дозволяє зменшити втрати насіння за жаткою приблизно на 0,15 %. За урожайності соняшнику 3,2 т/га та площі збирання 120 га це забезпечує додаткове збереження близько 0,576 т насіння.

## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **4.1. Загальні вимоги охорони праці під час збирання та транспортування соняшнику**

Збирання соняшнику належить до найбільш відповідальних технологічних операцій у рослинництві, оскільки виконується в стислі агротехнічні строки та супроводжується використанням високопродуктивних зернозбиральних комбайнів, соняшникових жаток і транспортних засобів. Робота збирально-транспортної ланки пов'язана з підвищеною небезпекою через наявність рухомих механізмів, значну масу машин, роботу в умовах підвищеної запиленості та постійне переміщення техніки по полю і дорогах господарства.

До виконання робіт допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктажі з охорони праці, навчання безпечним методам роботи та мають посвідчення на право керування відповідними видами техніки. Працівники повинні бути ознайомлені з технологічною картою виконання робіт, правилами пожежної безпеки та порядком дій у разі виникнення аварійних ситуацій [6].

Перед початком робіт необхідно виконати технічний огляд усіх машин, що входять до складу збирально-транспортної ланки. Особливу увагу слід приділити справності гальмівних систем, рульового керування, світлової сигналізації, карданних передач, гідравлічних систем, робочих органів зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич», соняшникової жатки ПЗС-8 та транспортного автомобіля MAN. Не допускається експлуатація машин із несправними гальмами, підтіканням палива, пошкодженими захисними кожухами або несправною системою сигналізації.

Під час роботи зернозбирального комбайна та транспортних засобів забороняється перебування сторонніх осіб у зоні виконання робіт. Відстань між працюючими агрегатами повинна забезпечувати безпечне виконання

маневрів та виключати можливість зіткнення техніки. Усі операції з очищення, регулювання або ремонту робочих органів дозволяється виконувати лише після повної зупинки двигуна та вимкнення приводів.

Особливу небезпеку становлять робочі органи соняшникової жатки, зокрема різальний апарат, шнек та ліфтери. Під час роботи жатки забороняється перебування людей у зоні дії робочих органів, а також виконання будь-яких регулювальних або ремонтних операцій. У разі забивання жатки рослинною масою очищення дозволяється проводити лише після повної зупинки комбайна, вимкнення двигуна та вжиття заходів щодо недопущення його самовільного запуску [16].

Під час транспортування насіння соняшнику автомобілем MAN необхідно дотримуватись вимог безпеки дорожнього руху та правил експлуатації транспортних засобів. Завантаження кузова повинно здійснюватися рівномірно, без перевищення допустимої вантажопідйомності автомобіля. Перед виїздом на автомобільні дороги необхідно перевіряти справність освітлювальних приладів, гальмівної системи та надійність закриття бортів кузова.

Під час виконання польових робіт у спекотний період року працівники повинні дотримуватись встановленого режиму праці та відпочинку, забезпечуватись питною водою та мати можливість перебувати у затінених місцях під час технологічних перерв. При виконанні робіт у нічний час усі машини повинні бути обладнані справними світловими приладами та сигнальними елементами.

Дотримання вимог охорони праці під час виконання збирально-транспортних робіт забезпечує безпечну експлуатацію техніки, зменшує ризик виробничого травматизму та сприяє підвищенню ефективності збирання соняшнику.

#### **4.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час роботи збирально-транспортної ланки**

Під час збирання соняшнику працівники збирально-транспортної ланки працюють в умовах впливу різних небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Основними джерелами небезпеки є зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич», соняшникова жатка ПЗС-8, транспортні засоби для перевезення врожаю та допоміжне обладнання.

До небезпечних виробничих факторів належать:

- рухомі та обертові частини машин;
- різальний апарат, шнек та ліфтери жатки;
- карданні передачі та привідні механізми;
- рух комбайна і транспортних засобів по полю;
- можливість травмування під час технічного обслуговування;
- пожежна небезпека внаслідок накопичення сухих рослинних решток.

Найбільшу небезпеку під час роботи становлять робочі органи жатки ПЗС-8. При виконанні очищення або регулювання механізмів існує ризик травмування рухомими елементами конструкції. Усі роботи з технічного обслуговування повинні проводитися лише після повної зупинки двигуна та відключення приводів.

Під час руху комбайна та автомобіля MAN можливе виникнення небезпечних ситуацій, пов'язаних із наїздом на працівників або зіткненням техніки під час маневрування. Для їх попередження необхідно дотримуватися встановленої організації руху та використовувати сигнальні засоби.

До основних шкідливих виробничих факторів належать:

- шум і вібрація;
- підвищена запиленість повітря;
- вихлопні гази дизельних двигунів;
- підвищена температура повітря та сонячне випромінювання;
- психофізіологічне навантаження на операторів машин.

У процесі збирання соняшнику утворюється значна кількість пилу та дрібних рослинних частинок, які можуть негативно впливати на органи дихання та зору працівників. Додатковий негативний вплив створюють шум і вібрації від роботи комбайна та транспортних засобів.

Особливу увагу необхідно приділяти пожежній безпеці, оскільки сухі стебла, листя та пил соняшнику легко займаються від нагрітих елементів двигуна або електрообладнання. Тому техніка повинна регулярно очищуватися від рослинних залишків і бути забезпечена первинними засобами пожежогасіння [6].

Під час виконання збирально-транспортних робіт найбільшу небезпеку становлять рухомі робочі органи машин, транспортні операції, підвищена запиленість, шум та пожежонебезпечність технологічного процесу. Дотримання вимог охорони праці дозволяє мінімізувати ризик травматизму та забезпечити безпечні умови роботи персоналу.

#### **4.3. Заходи щодо забезпечення працівників засобами індивідуального захисту**

Безпечне виконання робіт під час збирання соняшнику значною мірою залежить від правильного застосування засобів індивідуального захисту. Навіть за умови використання сучасної сільськогосподарської техніки повністю усунути вплив небезпечних та шкідливих виробничих факторів неможливо, тому працівники повинні бути забезпечені відповідними засобами захисту відповідно до характеру виконуваних робіт.

Під час роботи збирально-транспортної ланки оператори комбайнів, водії транспортних засобів та обслуговуючий персонал можуть зазнавати впливу підвищеного шуму, вібрацій, пилу рослинного походження, несприятливих погодних умов, а також контактувати з елементами машин, що рухаються. У зв'язку з цим використання засобів індивідуального захисту є обов'язковою умовою безпечної організації праці.

Для працівників, зайнятих на збиранні соняшнику, рекомендується застосовувати:

- робочий костюм або комбінезон із міцної тканини;
- захисне взуття зі стійкою до ковзання підошвою;
- рукавиці для проведення ремонтних і регулювальних робіт;
- захисні окуляри для запобігання потраплянню пилу та механічних частинок;
- респіратори або напівмаски для захисту органів дихання;
- головні убори для захисту від перегріву та сонячного випромінювання;
- сигнальні жилети підвищеної видимості;
- засоби захисту органів слуху.

Особливу увагу слід приділяти спецодягу механізаторів. Він повинен бути зручним, не обмежувати рухів та не мати вільних елементів, які можуть бути захоплені рухомими частинами машин. У холодний або дощовий період працівники повинні додатково забезпечуватися утепленням або водозахисним одягом.

Під час обслуговування жатки ПЗС-8 та проведення робіт, пов'язаних із регулюванням або заміною елементів модернізованого ліфтера, працівники повинні використовувати рукавиці та захисні окуляри. Це дозволяє уникнути порізів, подряпин і травмування очей при контакті з металевими деталями, інструментом або пилом [6].

При роботі комбайна та в процесі перевантаження насіння соняшнику в кузови транспортних засобів утворюється значна кількість дрібнодисперсного пилу. Для запобігання його потраплянню до органів дихання необхідно використовувати респіратори з фільтрувальними елементами. Захисні окуляри додатково зменшують негативний вплив пилу на органи зору.

Під час роботи в зоні руху зернозбирального комбайна та автомобілів особливого значення набуває використання сигнального одягу.

Світловідбивальні елементи дозволяють підвищити помітність працівника та зменшити ризик виникнення нещасних випадків під час виконання маневрів техніки.

Тривала робота в кабіні комбайна супроводжується впливом шуму та вібрацій. Для зниження їх негативного впливу доцільно використовувати протишумні навушники або спеціальні вкладиші. Це сприяє збереженню працездатності оператора та зменшує втому протягом робочої зміни.

У літній період особливу увагу необхідно приділяти профілактиці перегріву організму. Працівники повинні мати доступ до питної води, використовувати легкі головні убори та дотримуватися встановлених перерв для відпочинку. За високих температур повітря доцільно організовувати додаткові технологічні перерви.

Правильний підбір та використання засобів індивідуального захисту є важливим елементом системи охорони праці під час збирання соняшнику. Їх застосування дозволяє зменшити вплив шкідливих виробничих факторів, підвищити безпеку працівників та забезпечити стабільну роботу збирально-транспортної ланки.

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У сучасних умовах аграрного виробництва важливим завданням є не лише підвищення урожайності сільськогосподарських культур, а й зменшення втрат продукції на завершальних етапах технологічного процесу. Для соняшнику особливого значення набуває якість роботи збиральної техніки, оскільки під час збирання втрати можуть виникати внаслідок обсіпання насіння, незахоплення кошиків, неповного піднімання полеглих рослин та нерівномірного подавання рослинної маси до різального апарата.

У даній дипломній роботі запропоновано удосконалення ліфтера соняшникової жатки ПЗС-8 зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич». Сутність модернізації полягає у зміні геометрії робочої частини ліфтера та застосуванні композитного матеріалу РА6-GF30. Запропонована конструкція забезпечує більш плавне піднімання нахилених і полеглих стебел соняшнику, зменшує ймовірність ударної взаємодії з кошиком та сприяє повнішому захопленню рослин жаткою.

На відміну від модернізації вузлів, які безпосередньо збільшують продуктивність перевантаження або швидкість руху агрегату, економічний ефект від удосконалення ліфтера формується переважно за рахунок зменшення втрат насіння під час збирання. Тому розрахунок економічної ефективності доцільно виконувати через визначення додатково збереженої маси урожаю, її вартості, витрат на впровадження модернізації та строку окупності запропонованого технічного рішення.

Для розрахунку прийнято площу збирання соняшнику 120 га. Урожайність культури становить 3,0 т/га. Такий рівень урожайності є реалістичним для господарств, які застосовують сучасні гібриди, дотримуються основних агротехнічних вимог і використовують спеціалізовану техніку для збирання соняшнику. Зменшення втрат від модернізації прийнято помірним – з 2,0 до 1,8 %, тобто лише на 0,2

відсоткових пункти. Такий підхід дозволяє уникнути завищення економічного ефекту та відповідає характеру запропонованої модернізації.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для економічного аналізу

| Показник                                   | Позначення     | Значення |
|--------------------------------------------|----------------|----------|
| Площа збирання соняшнику, га               | F              | 120      |
| Урожайність соняшнику, т/га                | Y              | 3,0      |
| Валовий збір урожаю, т                     | Q              | 360      |
| Втрати насіння до модернізації, %          | L <sub>1</sub> | 2,0      |
| Втрати насіння після модернізації, %       | L <sub>2</sub> | 1,6      |
| Зменшення втрат, %                         | ΔL             | 0,2      |
| Розрахункова ціна насіння соняшнику, грн/т | Ц              | 22000    |
| Вартість впровадження модернізації, грн    | K <sub>м</sub> | 15000    |

Першим етапом економічного аналізу є визначення валового збору соняшнику з прийнятої площі. Валовий збір залежить від площі збирання та урожайності культури і визначається за формулою:

$$Q = F \cdot Y, \text{ т} \quad (5.1)$$

де Q – валовий збір урожаю, т; F – площа збирання, га; Y – урожайність соняшнику, т/га.

$$Q = 120 \cdot 3,0 = 360 \text{ т}$$

Отже, за площі збирання 120 га та урожайності 3,0 т/га валовий збір соняшнику становить 360 т. Саме від цієї маси продукції надалі визначається величина втрат урожаю та можливий економічний ефект від їх зменшення.

Ефект від модернізації ліфтера полягає у тому, що частина кошиків, які за базової конструкції могли залишатися нижче робочої зони жатки або не потрапляти до різального апарата, після зміни геометрії робочого органа краще піднімаються та спрямовуються до жатки. Для економічного

розрахунку прийнято, що втрати насіння зменшуються з 2,0 до 1,8 %. Абсолютне зменшення втрат визначається за формулою:

$$\Delta L = L_1 - L_2, \% \quad (5.2)$$

$$\Delta L = 2,0 - 1,8 = 0,2 \%$$

Додатково збережена маса насіння визначається за формулою:

$$\Delta Q = Q \cdot \Delta L / 100, \text{ т} \quad (5.3)$$

де  $\Delta Q$  – додатково збережена маса насіння, т;  $Q$  – валовий збір, т;  $\Delta L$  – зменшення втрат насіння, %.

$$\Delta Q = 360 \cdot (0,2 - 1,6) / 100 = 1,44 \text{ т}$$

Отримане значення показує, що навіть незначне зменшення втрат на 0,2 % дозволяє додатково зберегти 0,72 т товарного насіння соняшнику. Для одного поля такий результат не є завищеним, однак він має практичне значення, оскільки досягається за рахунок відносно нескладної модернізації робочого органа жатки.

Вартість додатково збереженої продукції визначається множенням додатково збереженої маси насіння на розрахункову ціну реалізації:

$$E_d = \Delta Q \cdot \text{Ц}, \text{ грн} \quad (5.4)$$

де  $E_d$  – вартість додатково отриманої продукції, грн;  $\Delta Q$  – додатково збережена маса насіння, т;  $\text{Ц}$  – ціна реалізації 1 т насіння соняшнику, грн/т.

$$E_d = 1,44 \cdot 22000 = 31680 \text{ грн}$$

Таким чином, за рахунок зменшення втрат насіння при збиранні соняшнику на площі 120 га господарство може додатково отримати продукцію вартістю 31680 грн. Цей показник є основним джерелом економічного ефекту від запропонованої модернізації.

Таблиця 5.2 – Розрахунок додатково збереженого урожаю

| Показник           | Позначення | Розрахунок      | Значення |
|--------------------|------------|-----------------|----------|
| Валовий збір, т    | Q          | $120 \cdot 3,0$ | 360      |
| Зменшення втрат, % | $\Delta L$ | $2,0 - 1,6$     | 0,4      |

|                                    |            |                               |       |
|------------------------------------|------------|-------------------------------|-------|
| Додатково збережене насіння, т     | $\Delta Q$ | $360 \cdot (0,2 - 1,6) / 100$ | 1,44  |
| Ціна насіння, грн/т                | Ц          | прийнято                      | 22000 |
| Вартість додаткової продукції, грн | $E_d$      | $1,44 \cdot 22000$            | 31680 |

Наступним етапом є визначення витрат на впровадження запропонованої модернізації. Оскільки конструкція ліфтера не потребує зміни всієї жатки, капітальні витрати є порівняно невеликими. Вони включають придбання композитного матеріалу, виготовлення комплекту модернізованих деталей, кріпильні елементи, монтаж і регулювання робочого органа.

Для дипломного розрахунку вартість модернізації прийнято на рівні 8500 грн. Така сума є реалістичною для виготовлення дослідного комплекту ліфтерів або окремих модернізованих елементів у ремонтній майстерні господарства чи на невеликому виробничому підприємстві.

Таблиця 5.3 – Орієнтовна структура витрат на модернізацію ліфтера ПЗС-8

| Стаття витрат                                  | Сума, грн    |
|------------------------------------------------|--------------|
| Композитний матеріал PA6-GF30                  | 4500         |
| Виготовлення комплекту модернізованих ліфтерів | 5500         |
| Кріпильні елементи та витратні матеріали       | 1200         |
| Монтаж, регулювання та перевірка роботи        | 1850         |
| Інші організаційно-технічні витрати            | 2000         |
| <b>Загальна вартість модернізації</b>          | <b>15050</b> |

Чистий економічний ефект за перший сезон використання визначається як різниця між вартістю додатково отриманої продукції та витратами на модернізацію:

$$E_q = E_d - K_m, \text{ грн} \quad (5.5)$$

де  $E_{\text{ч}}$  – чистий економічний ефект за сезон, грн;  $E_{\text{д}}$  – вартість додатково збереженої продукції, грн;  $K_{\text{м}}$  – витрати на модернізацію, грн.

$$E_{\text{ч}} = 31\,680 - 15\,000 = 16\,680 \text{ грн}$$

Отже, після відшкодування витрат на модернізацію чистий економічний результат за перший сезон становить 7340 грн. У наступні роки експлуатації, коли основні витрати на виготовлення вже понесені, економічний ефект може дорівнювати вартості додатково збереженої продукції за мінусом лише поточних витрат на обслуговування.

Для оцінки ефективності капітальних вкладень визначається коефіцієнт економічної ефективності:

$$E_{\text{к}} = E_{\text{д}} / K_{\text{м}} \quad (5.6)$$

$$E_{\text{к}} = 31680 / 15050 = 2,11$$

Отримане значення показує, що на кожну гривню витрат на модернізацію припадає 1,86 грн вартості додатково збереженої продукції. Це свідчить про достатньо високу ефективність запропонованого технічного рішення за умови його використання на площі 120 га.

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою:

$$T_{\text{о}} = K_{\text{м}} / E_{\text{д}}, \text{ року} \quad (5.7)$$

$$T_{\text{о}} = 15050 / 16680 = 0,90 \text{ року}$$

Отже, витрати на модернізацію окупаються менш ніж за один рік експлуатації. У перерахунку на календарний період це становить приблизно 6–7 місяців. Для сезонних робіт у рослинництві такий результат є прийнятним, оскільки модернізація окупається протягом одного циклу збирання або найближчого виробничого сезону.

Крім прямого економічного ефекту, запропонована модернізація має низку додаткових виробничих переваг, які складніше точно оцінити у грошовому вираженні. До них належать зменшення кількості незахоплених кошиків, покращення роботи жатки на полеглих посівах, зменшення ударного впливу на рослини та зниження маси робочого органу. У сукупності ці фактори підвищують надійність технологічного процесу збирання соняшнику.

Також слід враховувати, що модернізований ліфтер виготовляється з композитного матеріалу РА6-GF30, який має меншу густину порівняно зі сталлю та не потребує антикорозійного захисту. Це позитивно впливає на експлуатаційні властивості вузла, зменшує навантаження на кріплення та полегшує технічне обслуговування жатки.

Таблиця 5.4 – Аналіз техніко-економічних показників модернізації ліфтера ПЗС-8

| Показник                                      | Базовий варіант | Проектний варіант |
|-----------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Площа збирання, га                            | 120             | 120               |
| Урожайність соняшнику, т/га                   | 3,0             | 3,0               |
| Валовий збір, т                               | 360             | 360               |
| Втрати насіння за жаткою, %                   | 2,0             | 1,6               |
| Зменшення втрат, %                            | –               | 0,4               |
| Додатково збережене насіння, т                | –               | 1,44              |
| Вартість додатково збереженої продукції, грн  | –               | 31680             |
| Вартість модернізації, грн                    | –               | 15000             |
| Чистий економічний ефект за перший сезон, грн | –               | 16680             |
| Коефіцієнт економічної ефективності           | –               | 2,11              |
| Термін окупності, року                        | –               | 0,90              |

Проведений техніко-економічний аналіз підтверджує доцільність запропонованої модернізації ліфтера соняшникової жатки ПЗС-8. Застосування модернізованої конструкції дозволяє зменшити втрати насіння під час збирання з 2,0 до 1,6 %. Для площі 120 га це забезпечує додаткове збереження 1,44 т насіння соняшнику.

У грошовому вираженні вартість додатково збереженої продукції становить 31680 грн. Вартість впровадження модернізації прийнята на рівні 15000 грн, що включає матеріали, виготовлення деталей, кріпильні елементи, монтаж і регулювання. Чистий економічний ефект за перший сезон становить 16680 грн.

Розрахований термін окупності становить 0,90 року, що свідчить про економічну доцільність запропонованого технічного рішення. Модернізація не потребує заміни всієї жатки або значного переобладнання комбайна, тому може бути реалізована в умовах сільськогосподарського підприємства або ремонтної майстерні.

Удосконалення ліфтера соняшникової жатки ПЗС-8 є економічно обґрунтованим, оскільки дозволяє знизити втрати насіння, підвищити якість роботи жатки на полеглих посівах і забезпечити швидку окупність витрат на модернізацію. Отримані результати підтверджують практичну доцільність впровадження запропонованої конструкції під час збирання соняшнику.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломній роботі виконано аналіз технології вирощування соняшнику та обґрунтовано шляхи підвищення ефективності використання техніки при його вирощуванні за рахунок удосконалення роботи збирально-транспортної ланки.

1. Проведено аналіз сучасного стану виробництва соняшнику та встановлено, що культура залишається однією з найбільш рентабельних і стратегічно важливих для аграрного сектору України. Визначено, що значна частина втрат урожаю виникає саме під час збирання внаслідок полягання рослин, нахилу кошиків та недосконалості окремих робочих органів соняшникових жаток.

2. Розглянуто біологічні особливості соняшнику та агротехнічні вимоги до його вирощування і збирання. Встановлено, що якість роботи збиральної техніки значною мірою залежить від здатності робочих органів ефективно піднімати полегли рослини та забезпечувати їх подавання до різального апарата з мінімальними втратами насіння.

3. Розроблено операційно-технологічну карту збирання соняшнику на площі 120 га. Для виконання технологічного процесу обрано зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич» із соняшnikовою жаткою ПЗС-8 та автомобіль MAN для транспортування врожаю. Виконані розрахунки підтвердили можливість своєчасного проведення збиральних робіт у встановлені агротехнічні строки.

4. Проведено аналіз конструкції зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич» та соняшnikової жатки ПЗС-8. Встановлено, що одним із найбільш навантажених елементів жатки є ліфтер, від конструкції якого залежить ефективність піднімання полеглих рослин і рівень втрат насіння під час збирання.

5. Обґрунтовано модернізацію ліфтера соняшnikової жатки ПЗС-8 шляхом зміни геометрії робочої частини та застосування композитного

матеріалу РА6-GF30 замість традиційної сталеві конструкції. Запропоноване рішення сприяє покращенню взаємодії ліфтера зі стеблами соняшнику та зменшенню навантаження на робочі органи жатки.

6. Виконані інженерні розрахунки показали працездатність модернізованої конструкції. У результаті застосування композитного матеріалу маса одного ліфтера зменшилась з 2,01 до 0,60 кг, тобто на 70,2 %, при забезпеченні необхідного запасу міцності та жорсткості конструкції.

7. Установлено, що модернізований ліфтер забезпечує більш якісне піднімання полеглих і нахилених рослин соняшнику, покращує їх спрямування до різального апарата та сприяє зменшенню втрат урожаю під час збирання.

8. Розроблено заходи з охорони праці під час виконання збирально-транспортних робіт, проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів та визначено комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці механізаторів.

9. Виконано економічне обґрунтування запропонованої модернізації. Встановлено, що зменшення втрат насіння під час збирання дозволяє отримати додаткову товарну продукцію та забезпечує позитивний економічний ефект від впровадження модернізованої конструкції ліфтера у виробничих умовах.

10. Проведені дослідження підтвердили технічну та економічну доцільність використання модернізованого ліфтера соняшникової жатки ПЗС-8 на зернозбиральному комбайні КЗС-9-1 «Славутич». Запропоноване конструктивне рішення сприяє підвищенню ефективності роботи збирально-транспортної ланки, зменшенню втрат урожаю та покращенню техніко-економічних показників виробництва соняшнику.

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Hanhur, V., & Kosminskyi, O. (2024). Біоенергетична оцінка ефективності різних рівнів мінерального живлення у технології вирощування соняшнику. *Scientific Progress & Innovations*, 27(1), 13-18.
2. Sydorenko, V. (2023). Удосконалення процесу механізації збирання соняшнику з розробкою пристосування для збирання врожаю.
3. Булгаков, В., Адамчук, В., Надикто, В., & Ружи́ло, М. (2022). Розробка та обґрунтування нового методу теоретичного дослідження коливальних процесів функціонування сільськогосподарських машин і машинних агрегатів. *Вісник аграрної науки*, 100(6), 48-54.
4. Гамаюнова, В. В., & Касянов, П. В. (2026). Розробка ресурсощадних заходів вирощування соняшнику в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*, 98-105.
5. Думич, В., & Крупич, О. (2024). ВПЛИВ СПОСОБІВ СІВБИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА В УМОВАХ ЗАХОДУ УКРАЇНИ. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*, 1(34) 48).
6. Іваненко, В. С. (2022). Управління економічними та соціальними питаннями у сфері охорони праці на підприємствах аграрного профілю. *Управління соціально-економічними трансформаціями господарських*, 105.
7. Кобець, А. С., Деркач, О. Д., & Макаренко, Д. О. (2025). *Машиновикористання в рослинництві (енергетичний аналіз)*.
8. Кобець, А. С., Теслюк, Г. В., Пугач, А. М., Золотовська, О. В., Лепеть, Є. І., & Бойко, В. Б. (2025). *Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва*.
9. Кононенко, Л. В., Сисоліна, І. П., & Сисоліна, Н. П. (2023). Формування стратегії підприємствами агропромислового комплексу в умовах циркулярної економіки. *Економічний простір*, (184), 91-94.

10. Марчишина, Є. І. ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРАЦІ МЕХАНІЗАТОРІВ НА МЕХАНІЗОВАНИХ ПРОЦЕСАХ У РОСЛИННИЦТВІ. JEL CLASSIFICATION Q 01; D 24; P 42 3 38, 340.
11. Плахотний, О. А., & Бабин, І. А. Обґрунтування конструктивних параметрів робочих органів зернозбирального комбайна.
12. Пугач, А. М., Кобець, О. М., & Лепеть, Є. І. (2025). Система «Машина-Поле».
13. Рудік, О. Л., Сергєєв, Л. А., & Римар, Д. Є. (2022). Аналіз та агроекологічне обґрунтування вирощування соняшника в проміжних посівах.
14. Сівак, І. М. АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНОЇ АГРОТЕХНІКИ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР СИСТЕМОТЕХНІКИ РОСЛИННИЦТВА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ АГРЕГАТИВ. JEL CLASSIFICATION Q 01; D 24; P 42 3 38, 401.
15. Соловйов, О. В., & Сидякіна, О. В. (2025). Біологізація технології вирощування соняшнику: огляд технологій та перспективи їх впровадження.
16. Спірін, А. В., Цуркан, О. В., & Борисюк, Д. В. (2022). Ергономічні аспекти охорони праці в сільському господарстві. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2022.№ 1 (116). С. 41-50.
17. Стендер, С. В., Балла, І. В., & Борковська, В. В. (2024). Сучасні тенденції розвитку сільського господарства в умовах цифровізації економіки України. Здобутки економіки: перспективи та інновації, (11).
18. Ткачук, О. П., & Бондарук, Н. В. (2023). Фактори інтенсифікації та екологізації вирощування соняшнику. Аграрні інновації. 2023.№ 18. С. 120-127. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.17>.
19. Томашук, І., & Хаєцька, О. (2022). Вплив аграрного сектору економіки на сталий розвиток сільських територій. Економіка та суспільство, (40).
20. Шевченко, А. А., Петренко, О. П., & Гелас, В. М. (2024). Стратегічний розвиток вирощування соняшнику в Україні: виклики та перспективи.

## ДОДАТКИ

## **Додаток А – Графічний матеріал**

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

### **Проект використання техніки при вирощуванні соняшника з удосконаленням роботи збирально-транспортної ланки**

Демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Бакалавр»

---

**Виконав:** студент 3 курсу, групи АІС-3-23 за

спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Шепель М.В.

**Керівники:** к.т.н., доцент Деркач Олексій Дмитрович

асистент Вітер Віталій Андрійович

### **Огляд мети роботи**

Метою даної роботи є дослідження та обґрунтування шляхів підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні соняшника шляхом удосконалення роботи збирально-транспортної ланки та модернізації ліфтера соняшникової жатки ПЗС-8 зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич».

У процесі виконання роботи передбачено аналіз сучасних технологій вирощування та збирання соняшнику, дослідження особливостей функціонування збирально-транспортної ланки, вивчення конструктивних особливостей зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич» і соняшникової жатки ПЗС-8, розробку операційно-технологічної карти збирання культури та модернізацію ліфтера жатки шляхом удосконалення геометрії його робочої частини і застосування композитного матеріалу РА6-GF30.

Основна увага зосереджена на підвищенні ефективності піднімання полеглих рослин соняшнику, покращенні подавання рослинної маси до різального апарата, зменшенні втрат насіння під час збирання врожаю, зниженні маси робочих органів жатки та підвищенні ефективності використання збиральної техніки.

Результати дослідження спрямовані на оцінку технічної та економічної доцільності впровадження модернізованого ліфтера соняшникової жатки ПЗС-8 у виробничих умовах сільськогосподарських підприємств з метою підвищення продуктивності збирально-транспортної ланки та зменшення втрат урожаю соняшнику під час збирання.

## Аналіз технологій вирощування соняшнику



Рис. 1.1 – Посіви соняшнику перед початком збирання врожаю

Таблиця 1.1 – Характеристика соняшнику як сільськогосподарської культури

| Показник                                 | Значення                |
|------------------------------------------|-------------------------|
| Родина                                   | Айстрові (Asteraceae)   |
| Олійність насіння                        | 45–55 %                 |
| Висота рослин                            | 1,2–2,5 м               |
| Діаметр кошика                           | 10–40 см                |
| Тривалість вегетації                     | 90–140 діб              |
| Потенційна врожайність сучасних гібридів | понад 4–5 т/га          |
| Основна продукція                        | Насіння                 |
| Побічна продукція                        | Лущиння, стебла, кошики |

Таблиця 1.3 – Основні агротехнічні параметри вирощування соняшнику

| Показник                                  | Значення              |
|-------------------------------------------|-----------------------|
| Температура ґрунту для сівби              | 8–10 °C               |
| Глибина загортання насіння                | 4–8 см                |
| Ширина міжрядь                            | 70 см                 |
| Норма висіву                              | 50–75 тис. насінин/га |
| Густота рослин перед збиранням            | 45–65 тис. рослин/га  |
| Тривалість вегетації                      | 90–140 діб            |
| Оптимальна вологість насіння при збиранні | 8–12 %                |

Таблиця 1.2 – Біологічні особливості соняшнику

| Показник                           | Значення   |
|------------------------------------|------------|
| Висота рослин                      | 1,2–2,5 м  |
| Діаметр кошика                     | 10–40 см   |
| Діаметр стебла                     | 20–60 мм   |
| Маса 1000 насінин                  | 40–120 г   |
| Олійність насіння                  | 45–55 %    |
| Тривалість вегетаційного періоду   | 90–140 діб |
| Оптимальна температура проростання | 8–12 °C    |
| Оптимальна температура росту       | 20–25 °C   |

## Розробка технології збирання соняшнику



Рис. 2.1 – Збирання посівів соняшнику

Таблиця 2.1 – Рекомендовані показники вологості насіння соняшнику

| Показник                               | Значення |
|----------------------------------------|----------|
| Вологість насіння при початку збирання | 12–15 %  |
| Оптимальна вологість насіння           | 8–12 %   |
| Вологість для тривалого зберігання     | 7–8 %    |
| Вологість для безпосередньої переробки | до 10 %  |

Таблиця 2.2 – Агротехнічні вимоги до збирання соняшнику

| Показник                  | Нормативне значення |
|---------------------------|---------------------|
| Загальні втрати насіння   | не більше 2,5 %     |
| Незрізані кошики          | не більше 0,5 %     |
| Незібрані кошики          | не більше 1,0 %     |
| Пошкодження насіння       | не більше 1,5 %     |
| Чистота зібраного насіння | не менше 95 %       |

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика сучасних зернозбиральних комбайнів, що можуть використовуватися для збирання соняшнику

| Показник                           | КЗС-9-1<br>«Славутич» | John<br>Deere<br>9670 STS | Claas<br>Tucano 450 | New<br>Holland CX<br>8080 | Case IH<br>Axial-<br>Flow<br>2388 |
|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Потужність двигуна, к.с.           | 235                   | 305                       | 313                 | 394                       | 305                               |
| Пропускна здатність, кг/с          | 9                     | 11                        | 12                  | 14                        | 12                                |
| Місткість зернового бункера, м³    | 6,7                   | 8,8                       | 9                   | 10,5                      | 8,8                               |
| Ширина захвату жатки, м            | до 8,6                | до 10,7                   | до 9,0              | до 10,7                   | до 9,1                            |
| Робоча швидкість, км/год           | 4–8                   | 5–9                       | 5–9                 | 5–10                      | 5–9                               |
| Транспортна швидкість, км/год      | до 20                 | до 30                     | до 30               | до 30                     | до 30                             |
| Маса комбайна, кг                  | 13300                 | 15200                     | 14500               | 16800                     | 14300                             |
| Тип молотильної системи            | Барабанна             | Роторна                   | Барабанна           | Барабанна                 | Роторна                           |
| Кількість обслуговуючого персоналу | 1                     | 1                         | 1                   | 1                         | 1                                 |

## Операційно технологічна карта збирання соняшнику

Таблиця 2.3 - Загальні параметри умов роботи

| Показник                  | Значення                        |
|---------------------------|---------------------------------|
| Культура                  | Соняшник                        |
| Спосіб збирання           | пряме комбайнування             |
| Площа поля                | 120 га                          |
| Урожайність               | 3,2 т/га                        |
| Валовий збір              | 384 т                           |
| Довжина гону              | 1200 м                          |
| Тип ґрунту                | чорнозем<br>середньосуглинковий |
| Середній ухил місцевості  | 1,50%                           |
| Комбайн                   | КЗС-9-1 «Славутич»              |
| Робоча ширина жатки       | 8,0 м                           |
| Робоча швидкість комбайна | 6 км/год                        |
| Транспортний засіб        | MAN TGS                         |

Таблиця 2.4 - Агротехнічні вимоги до збирання соняшнику

|                              |                     |
|------------------------------|---------------------|
| Вологість насіння            | 8–12 %              |
| Спосіб збирання              | пряме комбайнування |
| Висота зрізу стебел          | 40–80 см            |
| Втрати насіння за жаткою     | не більше 2,5 %     |
| Незрізані кошики             | не більше 0,5 %     |
| Незібрані кошики             | не більше 1,0 %     |
| Пошкодження насіння          | не більше 1,5 %     |
| Чистота насіння              | не менше 95 %       |
| Робоча швидкість             | 4–8 км/год          |
| Простої під час вивантаження | мінімальні          |

Таблиця 2.5 - Склад та основні параметри збирально-транспортної ланки

| Елемент ланки           | Марка              | Основний параметр       |
|-------------------------|--------------------|-------------------------|
| Зернозбиральний комбайн | КЗС-9-1 «Славутич» | потужність 235 к.с.     |
| Соняшникова жатка       | ПЗС-8              | ширина захвату 8,0 м    |
| Автомобільний зерновоз  | MAN TGS            | вантажопідйомність 24 т |
| Обслуговуючий персонал  | —                  | 2 особи                 |
| Допоміжний персонал     | за потреби         | 1 особа                 |

### Умови роботи

- Соняшник
- Площа поля 120 га
- Урожайність 3,2 т/га
- Валовий збір 384 т
- Довжина гону 1200 м
- Комбайн КЗС-9-1 «Славутич»
- Жатка ПЗС-8

### Агротехнічні вимоги

- Вологість 8–12 %
- Втрати не більше 2,5 %
- Незрізані кошики не більше 0,5 %
- Незібрані кошики не більше 1,0 %
- Пошкодження не більше 1,5 %
- Чистота насіння не менше 95 %
- Швидкість 4–8 км/год

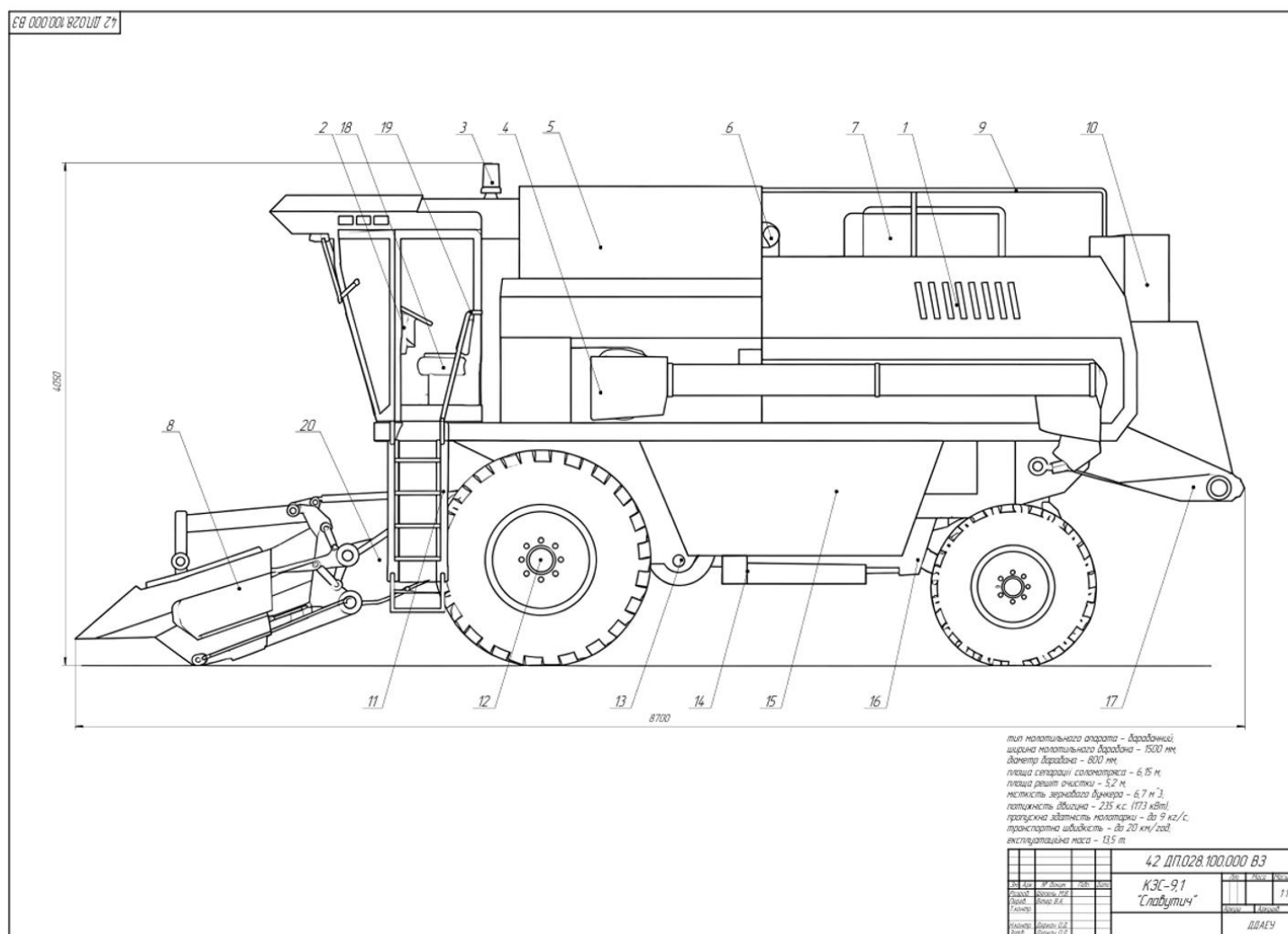
### Склад агрегату

- КЗС-9-1 «Славутич»
- ПЗС-8
- MAN TGS
- 2 працівники

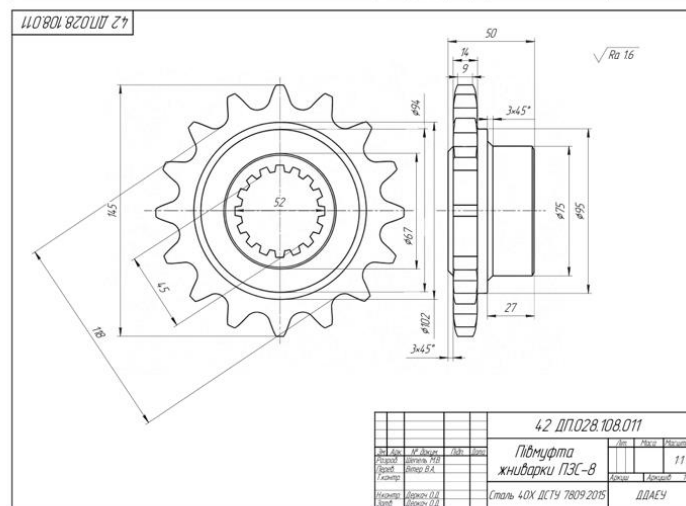
### Результати розрахунків

- Експлуатаційна продуктивність — **3,04 га/год**
- Змінна продуктивність — **21,28 га/зм**
- Загальна тривалість робіт — **39,47 год**
- Маса насіння в бункері — **2,68 т**
- Кількість вивантажень бункера — **144**
- Кількість рейсів зерновоза — **16**
- Транспортна продуктивність — **23,61 т/год**
- Загальна витрата пального — **2282,4 л**
- Загальні затрати праці — **78,94 люд.-год**









## Економічна доцільність модернізації

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для економічного аналізу

| Показник                                   | Позначення     | Значення |
|--------------------------------------------|----------------|----------|
| Площа збирання соняшнику, га               | F              | 120      |
| Урожайність соняшнику, т/га                | Y              | 3,0      |
| Валовий збір урожаю, т                     | Q              | 360      |
| Втрати насіння до модернізації, %          | L <sub>1</sub> | 2,0      |
| Втрати насіння після модернізації, %       | L <sub>2</sub> | 1,6      |
| Зменшення втрат, %                         | ΔL             | 0,8      |
| Розрахункова ціна насіння соняшнику, грн/т | Ц              | 22000    |
| Вартість впровадження модернізації, грн    | Км             | 15050    |

Таблиця 5.2 – Аналіз техніко економічних показників

| Показник                                      | Базовий варіант | Проектний варіант |
|-----------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Площа збирання, га                            | 120             | 120               |
| Урожайність соняшнику, т/га                   | 3,0             | 3,0               |
| Валовий збір, т                               | 360             | 360               |
| Втрати насіння за жаткою, %                   | 2,0             | 1,6               |
| Зменшення втрат, %                            | –               | 0,4               |
| Додатково збережене насіння, т                | –               | 1,44              |
| Вартість додатково збереженої продукції, грн  | –               | 31680             |
| Вартість модернізації, грн                    | –               | 15050             |
| Чистий економічний ефект за перший сезон, грн | –               | 16680             |
| Коефіцієнт економічної ефективності           | –               | 2,11              |
| Термін окупності, року                        | –               | 0,90              |

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломній роботі виконано аналіз технології вирощування соняшнику та обґрунтовано шляхи підвищення ефективності використання техніки при його вирощуванні за рахунок удосконалення роботи збирально-транспортної ланки.

1. Розглянуто біологічні особливості соняшнику та агротехнічні вимоги до його вирощування і збирання. Встановлено, що якість роботи збиральної техніки значною мірою залежить від здатності робочих органів ефективно піднімати полегли рослини та забезпечувати їх подавання до різального апарата з мінімальними втратами насіння.

2. Розроблено операційно-технологічну карту збирання соняшнику на площі 120 га. Для виконання технологічного процесу обрано зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич» із соняшnikовою жаткою ПЗС-8 та автомобіль MAN для транспортування врожаю. Виконані розрахунки підтвердили можливість своєчасного проведення збиральних робіт у встановлені агротехнічні строки.

3. Проведено аналіз конструкції зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич» та соняшnikової жатки ПЗС-8. Встановлено, що одним із найбільш навантажених елементів жатки є ліфтер, від конструкції якого залежить ефективність піднімання полеглих рослин і рівень втрат насіння під час збирання.

4. Обґрунтовано модернізацію ліфтера соняшnikової жатки ПЗС-8 шляхом зміни геометрії робочої частини та застосування композитного матеріалу РА6-GF30 замість традиційної сталеві конструкції. Запропоноване рішення сприяє покращенню взаємодії ліфтера зі стеблами соняшнику та зменшенню навантаження на робочі органи жатки.

5. Виконані інженерні розрахунки показали працездатність модернізованої конструкції. У результаті застосування композитного матеріалу маса одного ліфтера зменшилась з 2,01 до 0,60 кг, тобто на 70,2 %, при забезпеченні необхідного запасу міцності та жорсткості конструкції.

6. Установлено, що модернізований ліфтер забезпечує більш якісне піднімання полеглих і нахилених рослин соняшнику, покращує їх спрямування до різального апарата та сприяє зменшенню втрат урожаю під час збирання.

7. Розроблено заходи з охорони праці під час виконання збирально-транспортних робіт, проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів та визначено комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці механізаторів.

8. Виконано економічне обґрунтування запропонованої модернізації. Встановлено, що зменшення втрат насіння під час збирання дозволяє отримати додаткову товарну продукцію та забезпечує позитивний економічний ефект від впровадження модернізованої конструкції ліфтера у виробничих умовах.

---

Дякую за увагу!

