

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допущено до захисту

“ ” 2025 p.

Зав. кафедри, д.т.н., професор

Дідур В.В.

Кваліфікаційна робота (дипломна робота)

другий (магістерський)

(освітній рівень)

на тему **«ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЖАТКИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ
СОНЯШНИКУ З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ВРОЖАЮ»**

Виконав: студент 2 курсу,

групи 21м-ім

Спеціальність 208

«Агроінженерія»

Артур ГІЛЕВИЧ

(прізвище та ініціали)

Керівник Юрій КОВАЛЬЧУК

(прізвище та ініціали)

Рецензент Андрій ЧЕРНЕГА

(прізвище та ініціали)

Умань – 2025

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень _____ магістр _____
 Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія» _____
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Дідур В.В.
 “ ” _____ 2025 р.

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

_____ Гілевичу Артуру Сергійовичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Обґрунтування параметрів жатки для збирання соняшнику з метою зменшення втрат врожаю»

керівник роботи _____ Ковальчук Ю.О., к.т.н., доцент _____
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“14” листопада 2023 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом роботи _____ 20.11.2025 _____

3. Вихідні дані до роботи: існуючі конструкції жаток для збирання соняшнику.

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

провести аналіз існуючих способів збирання соняшнику та конструкцій жаток для збирання соняшнику; провести конструктивне вдосконалення жатки для збирання соняшника з метою зменшення втрат насіння за жаткою; дослідити ефективність роботи розробленого вдосконалення; розробити заходи охорони праці при вирощуванні та збиранні соняшнику; техніко-економічне обґрунтування роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 04.04.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	04.04.25 р.	
2.	Розділ 1. Стан питання і задачі досліджень	05.05.25 р.	
3.	Розділ 2. Вдосконалення затискно-транспортувального пристрою жатки для збирання соняшника	04.06.25 р.	
4.	Розділ 3. Дослідження розроблених гнучких затискних елементів	03.09.25 р.	
5.	Розділ 4. Охорона праці	01.10.25 р.	
6.	Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування	06.11.25 р.	
7.	Виконання презентаційної частини роботи	13.11.25 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	20.11.25 р.	

Студент

(підпис)

Артур ГІЛЕВИЧ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Юрій КОВАЛЬЧУК
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Гілевич А.С. Обґрунтування параметрів жатки для збирання соняшнику з метою зменшення втрат врожаю. (Дипломна робота. Умань, Уманський національний університет, 2025: пояснювальна записка на 46 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 17 рисунків, 2 таблиці, 22 джерела).

Об'єкт дослідження – затискно-транспортувальний пристрій зрізаних рослин в жатці для збирання соняшнику.

Мета роботи – вдосконалити пристрій для транспортування зрізаних стебел соняшника до гвинтового конвеєра жатки для зменшення втрат насіння за жаткою при збиранні врожаю.

У першому розділі “Стан питання і задачі досліджень” наведено огляд існуючих жаток для збирання соняшнику, їх переваги та недоліки, та сформуовано задачі досліджень.

У другому розділі “Вдосконалення затискно-транспортувального пристрою жатки для збирання соняшника” вдосконалено затискно-транспортувальний пристрій для соняшникової жатки комбайна та визначено його оптимальні конструктивні параметри.

У третьому розділі “Дослідження розроблених гнучких затискних елементів”, досліджено та встановлено оптимальні параметри вдосконаленого пристрою та визначено втрати насіння в даному пристрої.

У четвертому розділі “Охорона праці” розглянуто особливості охорони праці при вирощуванні та збиранні соняшника з використанням вдосконаленої жатки.

У п'ятому розділі “Техніко-економічне обґрунтування” розраховано ефект від впровадження запропонованого гнучкого затискного елемента транспортувального пристрою жатки.

ЖАТКА ДЛЯ ЗБИРАННЯ СОНЯШНИКА, ЗАТИСКНО-ТРАНСПОРТУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ЖАТКИ, ВТРАТИ НАСІННЯ ЗА ЖАТКОЮ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	7
1.1. Вимоги та способи збирання соняшника	7
1.2. Огляд конструкцій жаток для збирання соняшника	9
РОЗДІЛ 2 ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАТИСКНО-ТРАНСПОРТУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ЖАТКИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ СОНЯШНИКА	16
2.1. Розрахунок параметрів конвеєрного ланцюга	19
2.2. Розрахунок параметрів затискних елементів	21
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ГНУЧКИХ ЗАТИСКНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	25
3.1. Швидкість затискання стебел рослин	26
3.2. Зазор для затискання стебел рослин	27
3.3. Висота зрізання рослин	28
3.4. Показник успіху транспортування рослин	28
3.5. Коефіцієнт втрат зерна	29
3.6. Результати експериментальних досліджень	29
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	32
4.1. Охорона праці при вирощуванні соняшника	32
4.2. Охорона праці при виконанні збиральних робіт соняшника	32
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	37
ВИСНОВКИ.....	44
Список використаних джерел.....	46

ВСТУП

Збирання соняшнику — одна з ключових операцій у технологічному ланцюгу вирощування культури, що визначає кінцеву врожайність і якість насіння. Через особливості біології рослини (великі кошики, неоднаковий ступінь досягання, схильність до вилягання й розтріскування насіння при надмірному висушуванні) та умов збирання (різна густота посіву, рельєф, наявність бур'янів і пожнивних решток) жатки для соняшнику повинні поєднувати високу пропускну здатність, акуратність обмолоту й мінімальні втрати насіння. Ефективність жатки прямо впливає на собівартість збирання, втрати продукції та подальшу переробку насіння.

Сучасні конструкції жаток для соняшнику розвивалися від простих ріжучих ножів і нерухомих платформ до складних багатофункціональних агрегатів. До основних типів належать секторні (конвенційні) жатки з фіксованими підбарам, флекс-платформи з адаптацією до рельєфу, стріппери (знімають тільки кошики), роторні й барабанні рішення, а також універсальні платформи на базі зернових комбайнів із спеціальними доповненнями. Ключові конструктивні питання — система підбору кошиків, механізм зрізу і транспортування матеріалу у молотильний апарат, запобігання розсипанню насіння та адаптація до різної висоти стебел. Також важливі міцність і маса конструкції, швидкість роботи, енергоефективність та простота обслуговування.

Найсуттєвіші експлуатаційні проблеми — втрати насіння при ударі й падінні кошиків, заклинювання підбирача через бур'яни або сторонні предмети, задири й зношування ножових елементів, недостатня адаптація до нерівностей ґрунту і різних форм рослинності, а також проблеми з транспортуванням і зберіганням соломи та решток. Окрім цього, сучасні аграрії очікують від жаток можливості швидкої переоснастки (наприклад, перехід від збирання соняшника до кукурудзи), зниження енергоспоживання та зменшення потреби в кваліфікованому обслуговуванні.

Перспективні напрями вдосконалення конструкцій жаток з урахуванням досягнень машинобудування та цифровізації включають:

адаптивні підбирачі і системи активної подачі (електроприводи, регульовані шнеки/конвеєри), що мінімізують викиди і втрати насіння;

сенсорну і автоматизовану систему контролю положення платформи щодо рельєфу (електронне або гідравлічне опускання/підйом), інтегровану з GPS/RTK для підтримки заданої висоти й кута атаки;

комбіновані робочі органи (гібрид нож-молоток, роторні вставки), які забезпечують м'яке відділення кошиків при мінімальній фракції битого насіння;

легкі високоміцні матеріали, композитні елементи та оптимізована конструкція рами для зниження маси і паливних витрат;

модульність і швидкокороз'ємні вузли для швидкої переобладнання між культурами;

інтеграція телематики, датчиків втрат насіння, камер і алгоритмів машинного навчання для оперативної діагностики заклинювань, оцінки якості збирання і автоматичної корекції режимів;

електрифікація приводів і гібридні схеми для підвищення ККД та зменшення викидів;

рішення для управління рештками (подрібнення/розподіл щепи, бункери для соломи) та можливості прямої подачі рослинної маси на переробку або енергію.

Слід проаналізувати конструктивні особливості діючих моделей жаток, кількісно оцінити фактори втрат при різних режимах роботи та запропонувати технічні й організаційні заходи, які дозволять підвищити ефективність і рентабельність збирання соняшнику. Поєднання механічних інновацій, матеріалознавчих рішень та цифрових систем управління дає змогу створити наступне покоління жаток, адаптованих до вимог сучасного землеробства й кліматичних викликів.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Вимоги та способи збирання соняшника.

Соняшник одна з найважливіших олійних культур у світі. На відміну від більшості інших олійних культур, соняшникова олія в основному використовується для споживання людиною, також можна використовувати для виробництва біодизеля [4].

Збирання соняшнику проводять спеціальними жатками, які призначені для збирання насіння соняшнику та транспортування його до похилої камери зернозбирального комбайна.

Процес збирання насіння соняшника має наступні етапи: стебла з корзинками ліфтерами соняшникової жатки доставляються до ріжучого апарату; відокремлені корзинки далі через транспортер і шнек жатки, через транспортер похилої камери приймаються для подальшого обмолоту в молотильному апараті комбайна; з молотильного апарату основна частина насіння відправляється на очистку; рослинна маса і насіння яке не вимолотилось попадають на соломотряс, де відокремлюється решта насіння; далі рослинна маса спрямовуються до подрібнювача [5].

Використання соняшникових жаток зазвичай пов'язане з втратами насіння біля 2% [6]. Робоча швидкість зернозбирального комбайна в основному коливається від мінімального 3,80 км/год до максимального значення 9,60 км/год. Польова продуктивність коливається від 1,50 га/год до 3,70 га/год у восьмирядних жаток; і від 4,3 га/год до 5,40 га/год для жаток, що мають 12 рядів. Витрата палива коливається від 6,71 л/га до 11,50 л/га [7].

В процесі збирання соняшника основними темами для досліджень виступають: можливість зменшити втрати насіння, зменшити кількість домішок зібраного насіння та обґрунтування використання поживних решток.

При збиранні відбувається тертя між рослиною та механізмами жатки а також удари рослини об жатку призводить до втрат зерна соняшнику.

Щоб зменшити втрати насіння під час зрізання та транспортування, пропонуються різні вдосконалення жаток для збирання соняшника, на основі чого можна виділити наступні види жаток [8]: 1) жатка з лопатевим мотовилом; 2) жатка без мотовила, оснащена ліфтерами, транспортерами соняшникових стебел, кошиків і сім'янок; 2) пристосуваннями, оснащеними ліфтерами, транспортерами стебел і вібростолом; 3) пристосуваннями, оснащеними трубним мотовилом із захопленнями; 4) пристосуваннями з напрямною пластиною і відривальним вальцем.

Використання пристрою з лопатевим мотовилом за своїм технологічним процесом схоже на пряме комбайнування, яке використовується для збирання зернових. Висота встановлення мотовила залежить від висоти основної маси рослин, та виставляється таким чином щоб захоплювати стеблини біля корзинок. При роботі жатки, стебlopідйомники входять в ряди насаджень, причому два з них входять в одне міжряддя щоб відокремити окремі рядки. Планки мотовила нахиляють верхню частину рослин та подають їх до різального апарата, де відбувається відокремлення верхньої частини рослин з корзинками. Далі зрізана рослинна маса тими ж планками подається до шнека жатки і похилої камери комбайна.

Пристосування, що містить трубне мотовило має наступні недоліки: значні втрати насіння, тому що багато корзинок не відокремлюються від стебел. Також частина корзинок вдаряється об мотовило, діаметр якого становить 0,5 м. Що сприяє їхньому частковому вимолочуванню. Інша частина насіння попадає до стебlopідйомників і далі пересувається до днища жатки. Ще частина насіння падає в простір між стебlopідйомниками й залишається на ґрунті.

Пристосування з ліфтерами мають наступні недоліки: ліфтери і транспортери взаємодіючи з рослинною масою сприяють її значному осипанню на стрічку стрічкового транспортера. Також багато насінин потрапляють в зазор між

полотном транспортера та корпусом ліфтера, що відповідно сприяє додатковим втратам на полі.

Пристосування з прямою пластиною і відривальним вальцем жатки мають наступні недоліки: корзинки можуть спрямовуватись в сторону регулювальною прямою пластиною з подальшою їх втратою; важко правильно зробити необхідні регулювання таких робочих органів як пряма пластина, відривальні вальця та стебlopідйомників, тому що вони залежать від великої кількості зовнішніх факторів, таких як фізико-механічні властивості рослин, ґрунту та поверхні поля, а також погодних умов.

1.2 Огляд конструкцій жаток для збирання соняшника.

На сьогодні провідні виробники у галузі сільськогосподарського машинобудування пропонують різноманітні конструкції жаток для збирання соняшника [9]. Жатка John Deere Frontier SH (рис. 1.1), має конструкцію, яка містить вібротранспортери, що дозволяють збільшити об'єм сировини, який може оброблятися з одиниці площі поля за рахунок зменшення втрат насіння [10]. Проте, таке конструктивне рішення спричиняє швидке зношування обладнання та необхідність додаткового технічного обслуговування.



Рисунок 1.1 Комбайн із жаткою John Deere Frontier SH.

Жатка виробника CLAAS має назву Sunspeed (рис. 1.2) [11]. У полі соняшник захоплюється ліфтерами. Після цього регульована спрямовуюча пластина відхиляє корзинку соняшника вперед. Одночасно із цим протягувальний валець під ріжучим апаратом притискає стебла вниз. Спрямовуюча пластина і валець унеможливають передчасне зрізування стебел. Зрізування відбувається лише тоді, коли корзинки соняшнику захоплюються мотовилом. Внаслідок цього під дію шнека потрапляють лише корзинки, які потім спрямовуються в похилу камеру. Це дозволяє зменшити засмічення рухомих елементів конструкції, оскільки стебла не потрапляють до шнека. Проте, конструкція жатки має недоліки: виникнення додаткової сили тертя між стеблом соняшника та спрямовуючою пластиною; за рахунок пружності стебла, після проходження соняшником ділянки із пластиною, рослина соняшника може повернутися у своє початкове положення.

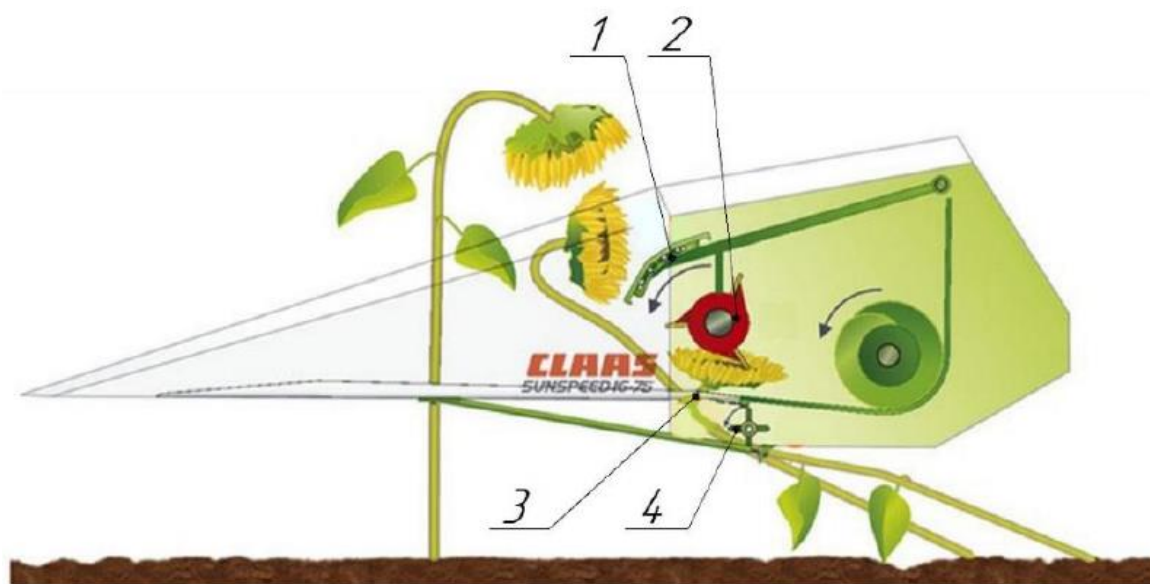
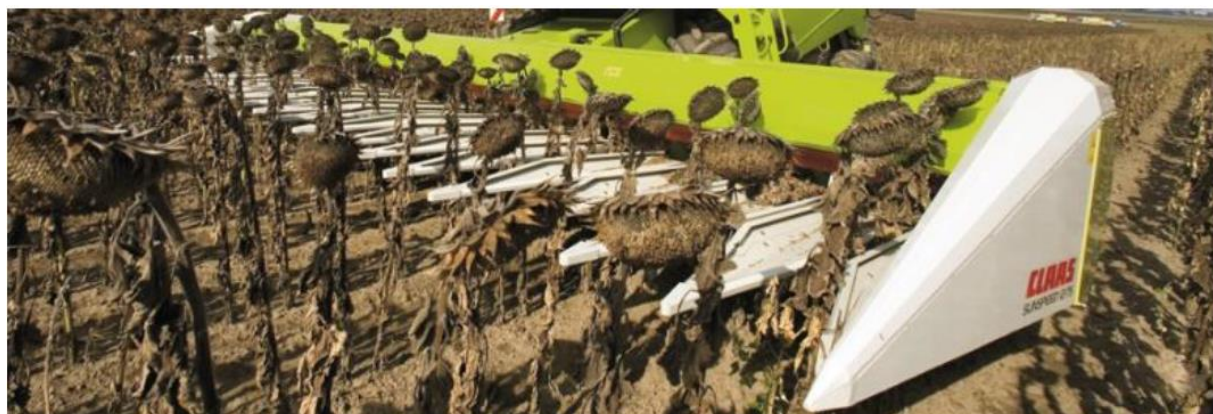


Рисунок 1.2. Принципова схема роботи жатки Claas Sunspeed: 1 – спрямовуюча пластина; 2 – мотовило; 3 – ріжучий апарат; 4 – протягувальний валець.

Іспанська жатка MORESIL G-4570 (рис. 1.3) має додатковий вертикальний ланцюг (крім стандартних горизонтальних ланцюгових механізмів) [12], який забезпечує можливість підбору нахилених стебел соняшнику та унеможливорює значні накопичення соняшнику в піддонах. Але у такий спосіб збільшується засмічення елементів жатки через збільшення кількості залишків стебел та листя, які потрапляють на шнек та ланцюги. Це вимагає регулярних зупинок з метою проведення очищення.



Рис. 1.3. Соняшникова жатка MORESIL G-4570.

Жатка для збирання соняшнику OROS SUN (рис. 1.4) має зворотний нахил стола та вібротранспортер, що дозволяє зменшити втрати корзинонок та насіння на шляху до жолоба шнека [13]. Разом із тим, застосування вібротранспортерів спричиняє обмолочування насіння.



Рисунок 1.4. Соняшникова жатка OROS SUN.

Жатка Franco Fabril SF (рис. 1.5) має модифіковане мотовило, яке має вигляд трубчатого валу із навареними скобами-пальцями [14]. Це дозволяє сповільнити просування корзинки соняшнику та унеможливити вплив різких ударів на неї. Також за всією довжиною жатки розташовано зубчатий вал, який протягує стебла соняшнику, зменшуючи забивання механізму обмолоту. Таке конструктивне рішення хоча і дозволяє збільшити швидкість руху комбайну, але не дозволяє адаптувати роботу жатки до стебел соняшнику із різним діаметром та збирати полегли стебла на полі.



Рисунок 1.5. Соняшникова жатка Franco Fabril SF.

Італійський виробник жаток Capello SRL виготовляє соняшкову жатку Helianthus (рис. 1.6) [15]. Жатка безрядкова, оригінальні конструктивні відмінності відсутні. Виробник зробив акцент на високу якість матеріалів та перевірену часом конструкцію.



Рисунок 1.6 Соняшникова жатка Capello Helianthus.

Безрядкова жатка Geringhoff SunLite оснащена подільниками з вузькими носиками, які забезпечують максимальну гнучкість під час роботи на різних міжряддях, та подавальними вальцями, які призначені для плавного підводу зрізаних стебел із корзинками до шнеку (рис. 1.7) [16]. Поєднання оригінальних подільників із подавальними вальцями забезпечує збирання соняшнику із низькими втратами урожаю.



Рисунок 1.7. Соняшникова жатка Geringhoff SunLite.

Також Geringhoff виготовляє рядкову жатку SunStar (рис. 1.8) [17]. Особливістю жатки є те, що вона обладнана двома подавальними ланцюгами, які транспортують рослини до ротаційних здвоєних ножів, де відбувається відокремлення головок. Розробниками також застосовано привод без пасів і ланцюгів, натомість з використанням редукторів. Привод відбувається через запобіжну муфту безпосередньо від редуктора, що зменшує енерговитрати. Система здвоєних ножів майже не вимагає технічного обслуговування і має надзвичайно високу довговічність завдяки довжині площини зрізу близько 1535 мм.



Рисунок 1.8. Соняшникова жатка Geringhoff SunStar.

Жатка METALAGRO SunMaster (рис. 1.9) [18] дозволяє проводити збирання соняшника на ранніх строках – відразу після дозрівання насіння, не чекаючи повного висихання стебел. Застосування жатки дозволяє забезпечити збільшення швидкості збирання соняшнику на 20%, що створює умови для скорочення термінів проведення збиральних робіт.



Рисунок 1.9. Соняшникова жатка METALAGRO SunMaster.

Висновки та завдання досліджень.

Аналіз конструкцій жаток соняшнику виявив, що виробники постійно впроваджують новітні технічні рішення, спрямовані на покращення якісних показників процесу збирання, а саме на зменшення втрат насіння. Але втрати насіння за жаткою досі залишаються доволі великими. Тому метою даної роботи є дослідження спрямовані на вдосконалення конструкції жатки для збирання соняшника.

Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Дослідити існуючі конструкції жаток для збирання соняшнику.
2. Вдосконалити затисчно-транспортувальний пристрій жатки для збирання соняшнику.
3. Дослідити якість виконання роботи вдосконаленими гнучкими затискними елементами для збирання соняшнику.
4. Розробити заходи охорони праці при роботі з удосконаленим агрегатом.
5. Провести аналіз економічних показників застосування вдосконаленого затисчно-транспортувального пристрою для збирання соняшнику.

РОЗДІЛ 2

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАТИСНО-ТРАНСПОРТУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ЖАТКИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ СОНЯШНИКА

На основі принципу затискного конвеєра розроблено гнучкий затисно-транспортувальний пристрій жатки для збирання соняшника [19] (рис. 2.1).

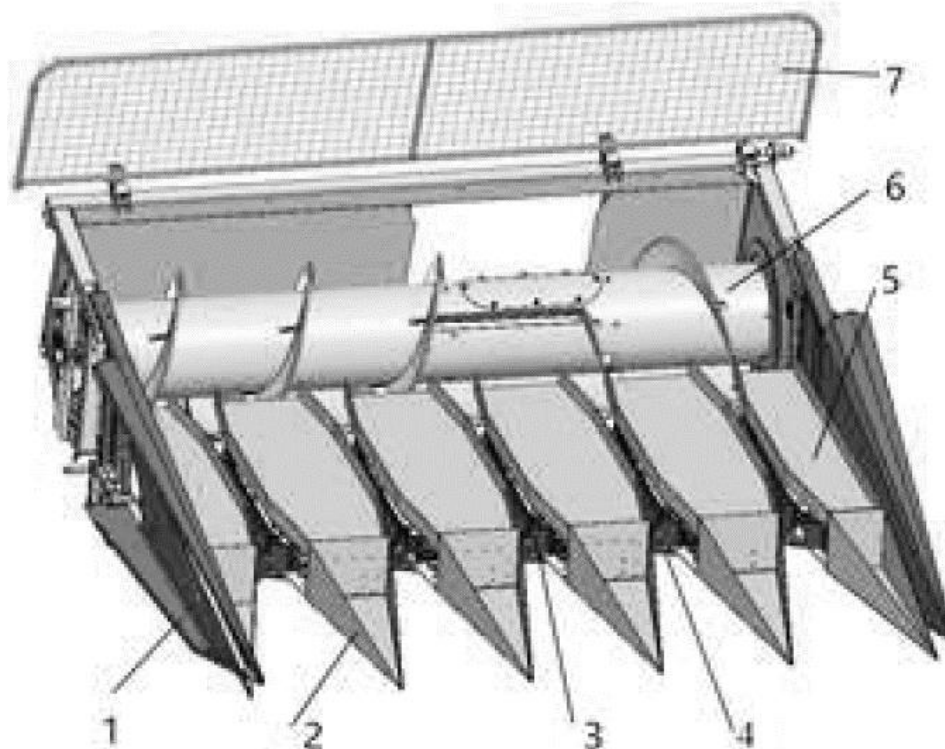


Рисунок 2.1. Жатка до зернозбирального комбайна для збирання насіння соняшника 1 – зовнішній подільник; 2 – носок подільника; 3 – затисно-транспортувальний пристрій; 4 – ножі; 5 – подільник; 6 – гвинтовий конвеєр; 7 – захисна сітка.

Як показано на рис. 2.2, гнучкий затискний конвеєрний пристрій складається з ведучої зірочки, веденої зірочки, транспортувального ланцюга, гнучкого затискного елемента, ножа, приводної зірочки, ножа та інших частин.

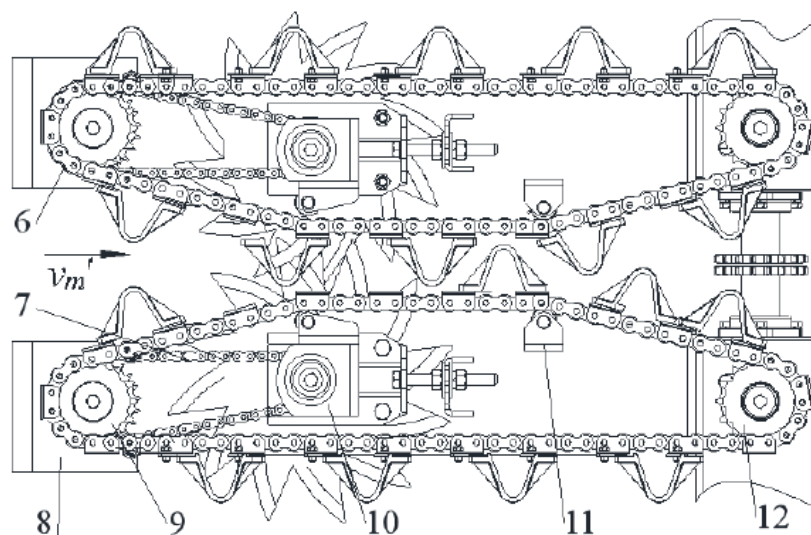
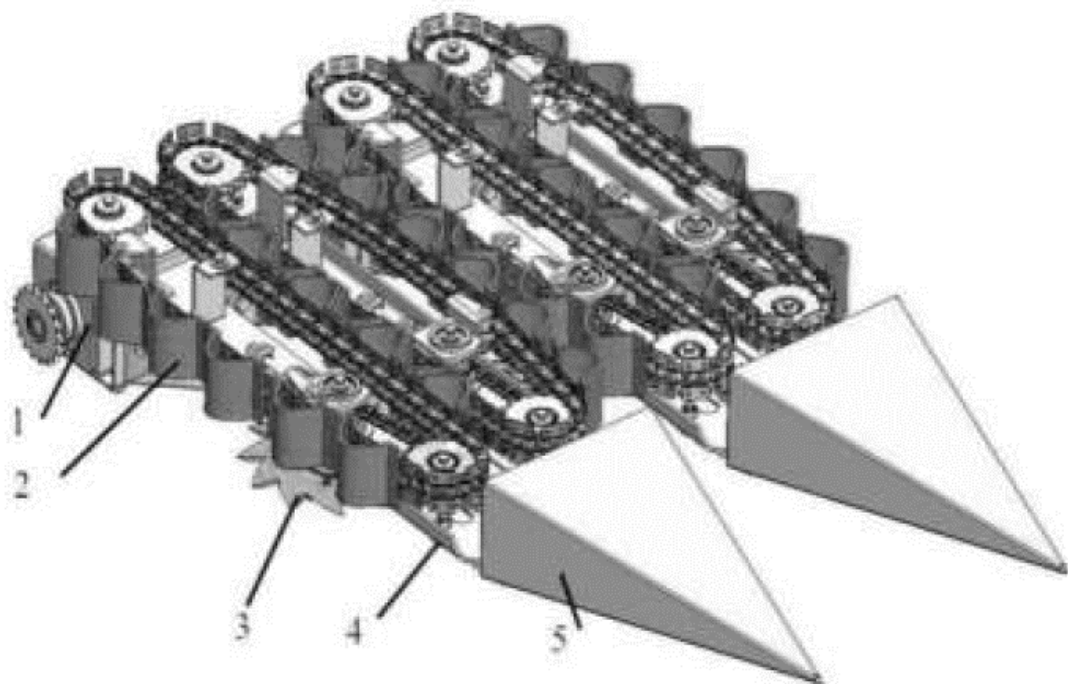


Рисунок 2.2. Затискно-транспортувальний пристрій. 1 – коробка передач, 2 – затискний елемент, 3 – ніж, 4 – опорна плита, 5 – носок подільника, 6 – транспортний ланцюг, 7 – ланцюг приводу фрези. 8 – натяжний пристрій ланцюга, 9 – ведена зірочка, 10 – привідний ланцюг, 11 – направляючий механізм ланцюга, 12 – привідна зірочка.

Під час роботи коробка передач приводить в рух приводну зірочку, ведену зірочку і транспортувальний ланцюг.

Переміщення рослини соняшника включає два процеси, а саме процес зрізання рослин та процес їх транспортування затискачами. Під час процесу зрізання рослин

імпульс зіткнення може бути перетворений у потенціальну енергію затискного елемента завдяки гнучкій поверхні та буферному ефекту гнучкого елемента. Таким чином, втрати зерна, спричинені зіткненням, можуть бути зменшені. Під час процесу затискання та транспортування відносна швидкість двох затискних елементів (А та В) дорівнює нулю, що робить пристрій здатним затискати та плавно транспортувати стебла соняшника до гвинтового конвеєра, подібно до «руки», таким чином зменшуючи втрати падіння зерна в процесі транспортування.

Під час роботи затискний і транспортувальний пристрій повинен відповідати функціям мотовила зерна та підйому стебел рослини, одночасно зменшуючи вплив на рослину. Схема конвеєрного ланцюга показана на рис. 2.3. Його основні параметри включають параметри конвеєрного ланцюга та параметри конструкції затискного елемента.

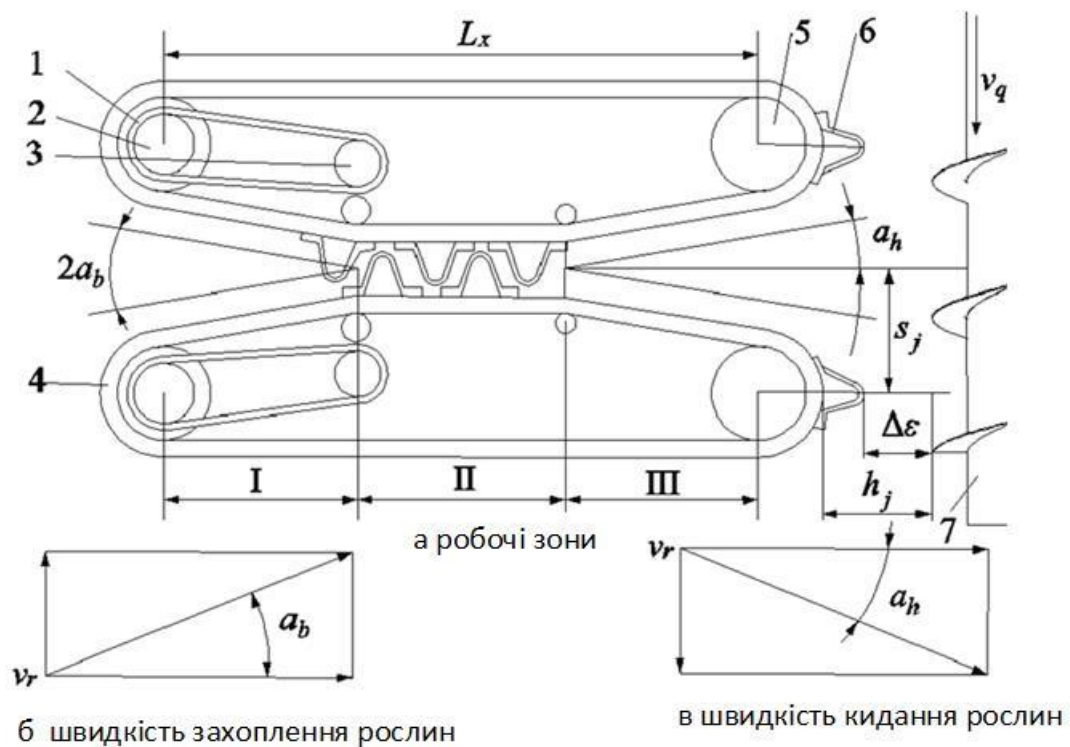


Рисунок 2.3. Схематичне зображення та вектори швидкості ланцюга: 1 – привідний ланцюг, 2 – ведуча зірочка, 3 – ведуча зірочка для приводу ножа, 4 – транспортувальний ланцюг, 5 – ведена зірочка, 6 – затискний елемент, 7 – гвинтовий конвеєр, I – захоплення, II – затискання та транспортування, III – подача до конвеєра.

2.1. Розрахунок параметрів конвеєрного ланцюга

Основні параметри затискного та транспортувального пристрою включають відстань між зірочками, нахил ланцюга, тощо.

Розрахунок відстані між зірочками. Транспортувальний ланцюг встановлений у нижній частині подільника (рис. 2.3 а) [19]. Щоб гарантувати, що насіння, що впало, може бути зібрано резервуаром для збору дроблення, відповідно до розміру конструкції бункера та просторового розташування транспортувального ланцюга, поздовжня довжина ланцюга повинна відповідати таким умовам:

$$L_{sc} \geq L_x + \frac{(D_l + D_c)}{2} + C_s \quad (2.1)$$

де, L_{sc} – довжина жолоба для збирання насіння, що осипається, мм;

L_x – відстань між ведучою та веденою зірочками, мм;

D_c – діаметр веденої зірочки, мм;

D_l – діаметр ведучої зірочки, мм;

C_s – висота затискного елемента, мм.

Підставляючи ці параметри з діаметром ведучої зірочки $D_l = 120$ мм, діаметром веденої зірочки $D_c = 100$ мм, висотою затискного елемента $C_s = 50$ мм і довжиною жолоба для збирання насіння, що осипається $L_{sc} = 960$ мм у формулу (2.1), отримаємо, що відстань між ведучою та веденою зірочками $L_x = 800$ мм.

Передній кут встановлення ланцюга. Рослини захоплені ланцюгом рухаються в протилежному напрямку до руху машини (рис. 2.3 б) [19]. Щоб забезпечити можливість успішного затискання та транспортування рослин, швидкість руху ланцюга відносно руху машини повинна бути більшою або дорівнювати їй:

$$v_r \cos \alpha_b \geq v_m \quad (2.2)$$

де, a_b – кут нахилу передньої частини ланцюга, який є кутом затиску між транспортуючим ланцюгом і напрямком руху машини;

v_r – швидкість транспортувального ланцюга, м/с;

v_m – швидкість ходу комбайна, м/с.

Рекомендована швидкість руху транспортувального ланцюга становить 0,8-2,5 м/с, а діапазон поступальної швидкості руху комбайна – 0,5-2,2 м/с.

Підставивши ці дані у формулу (2.2), отримаємо, що доступний діапазон для a_b : $a_b \leq 28,35$. Враховуючи особливості встановлення зірочки, a_b було вибрано на 25° .

Задній кут встановлення ланцюга.

Швидкість ланцюга при скиданні рослин показана на рис. 2.3 в. Щоб гарантувати, що рослина може бути захоплена спіральним конвеєром і не впаде до нижньої частини ланцюга, коли вона досягне спірального конвеєра. Необхідно, щоб мінімальна відстань від транспортувального ланцюга до спірального леза конвеєра не перевищувала відстані між центром двох гілок ланцюгів та центром веденої зірочки:

$$\frac{h_j}{v_r \cos a_h} \geq \frac{s_j}{v_r \sin a_h} \quad (2.3)$$

де, a_h – кут нахилу заднього кута ланцюга;

h_j – відстань від транспортуючого ланцюга до спіральної лопаті, мм;

s_j – відстань між центром двох гілок ланцюгів і центром веденої зірочки, мм.

Щоб запобігти контакту затискача та спірального леза гвинтового конвеєра, було встановлено додатковий зазор $\Delta\varepsilon = 10-20$ мм. Таким чином отримаємо:

$$\begin{cases} h_j \geq C_s + \Delta\varepsilon \\ s_j \geq \frac{D_c}{2} + \frac{s_f}{2} \end{cases} \quad (2.4)$$

де, $\Delta\epsilon$ – мінімальна відстань від затискача до спірального леза гвинтового транспортера, мм;

S_f – зазор між двома подільниками, мм.

Підставляючи формулу (2.4) у формулу (2.3), отримуємо:

$$\tan a_h \geq \frac{s_j}{h_j} \quad (2.5)$$

Підставивши $S_f = 60$ мм, $C_s = 50$ мм, $\Delta\epsilon = 20$ мм, $D_c = 100$ мм у формулу (2.5), діапазон заднього встановлення кута нахилу ланцюга, буде наступним: $a_h \geq 41,19^\circ$; для зручності прийняли $a_h = 42^\circ$.

2.2. Розрахунок параметрів затискних елементів.

Основними параметрами затискного елемента є висота затискного елемента, монтажна ширина затискного елемента, а також ширина і товщина затискного елемента [19]. Принципова схема затискного елемента показана на рис. 2.4.

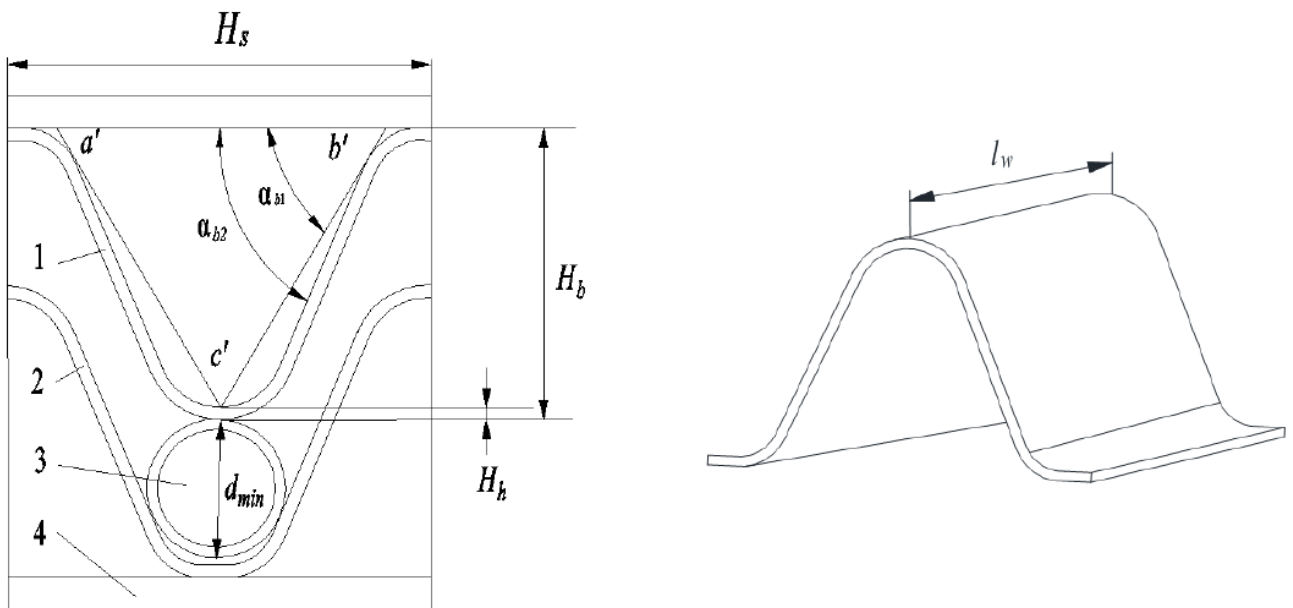


Рисунок 2.4. Схема затискного елемента: 1 – затискний елемент А, 2 – затискний елемент Б, 3 – стебло рослини, 4 – транспортний ланцюг.

Висота затискного елемента - це відстань від вершини до основи, і визначає, ефективність переміщення рослин. Щоб забезпечити ефективне затискання, висота утримуючого елемента повинна бути більшою за максимальний діаметр рослини. Щоб гарантувати, що всі рослини будуть стабільно тримаються, напишемо умову затискання для рослин із найменшим діаметром:

$$d_{\max} \leq H_b \leq S_f - H_h - d_{\min} \quad (2.6)$$

де, H_b – висота затискного елемента, мм;

$d_{\max}$ – максимальний діаметр рослини, мм;

$d_{\min}$ – мінімальний діаметр рослини, мм;

H_h - товщина затискного елемента, мм.

Вибрано товщину затискного елемента $H_h = 5$ мм; параметри $d_{\max} = 32$ мм і $d_{\min} = 9,92$ мм; зазор між двома подільниками S_f , з попереднього аналізу, дорівнював 60 мм. Ці параметри були підставлені у формулу (2.6), таким чином висота затискного елемента H_b буде в діапазоні $32 \leq H_b \leq 46,08$ мм. Для зручності вибираємо $H_b = 45$ мм.

Довжина у основи затискного елемента.

Довжина у основи затискного елемента показано на рис. 2.4. Якщо значення буде занадто велике, міцність затискного елемента буде занадто низькою; якщо значення буде занадто мале, то це не сприятиме установці затискного елемента. Відповідно до геометричного співвідношення ширина кріплення затискного елемента буде відповідати наступним вимогам [19]:

$$\begin{cases} \overline{a'b'} \leq H_s \\ \alpha_{b1} < \alpha_{b2} \\ \tan \alpha_{b1} = \frac{2(H_b - H_h)}{\overline{a'b'}} \end{cases} \quad (2.7)$$

$$\frac{2(H_b - H_h)}{\tan \alpha_{b2}} < H_s \quad (2.8)$$

Кут нахилу та поверхні установки зернового ланцюга повинні бути меншими від відповідного кута тертя, а саме α_{b1} φ_{b2} , який підставивши у формулу (2.8), отримали:

$$\frac{2(H_b - H_h)}{\tan \varphi_{b2}} < H_s \quad (2.9)$$

де, H_s – довжина у основи затискного елемента, мм;

φ_{b2} – кут тертя між затискним елементом і установкою, ° ($\varphi_{b2}=47,5^\circ$).

Параметри $H_b = 45$ мм, $H_h = 5$ мм були отримані з попередньо. Таким чином, отримано діапазон H_s : $75,91 \leq H_s$. Поєднуючи отримані дані, був обраний як ланцюг з кроком 19,05 мм. Залежно від положення довжина у основи затискного елемента повинна бути в цілих інтервалах кроку; таким чином, було вибрано $H_s = 76$ мм.

Ширина затискного елемента.

Принципова схема установки затискного елемента показана на рис. 2.5, де показано, що ширина затискного елемента повинна відповідати формулі (2.10).

$$H_l \leq l_w \leq 2H_g + H_l \quad (2.10)$$

де, l_w – ширина затискного елемента, мм;

H_l – ширина кріплення транспоруючого ланцюга, мм ($H_l=56,40$ мм);

H_g – відстань між ланцюгом та монтажною пластиною, мм ($H_g=22,50$ мм).

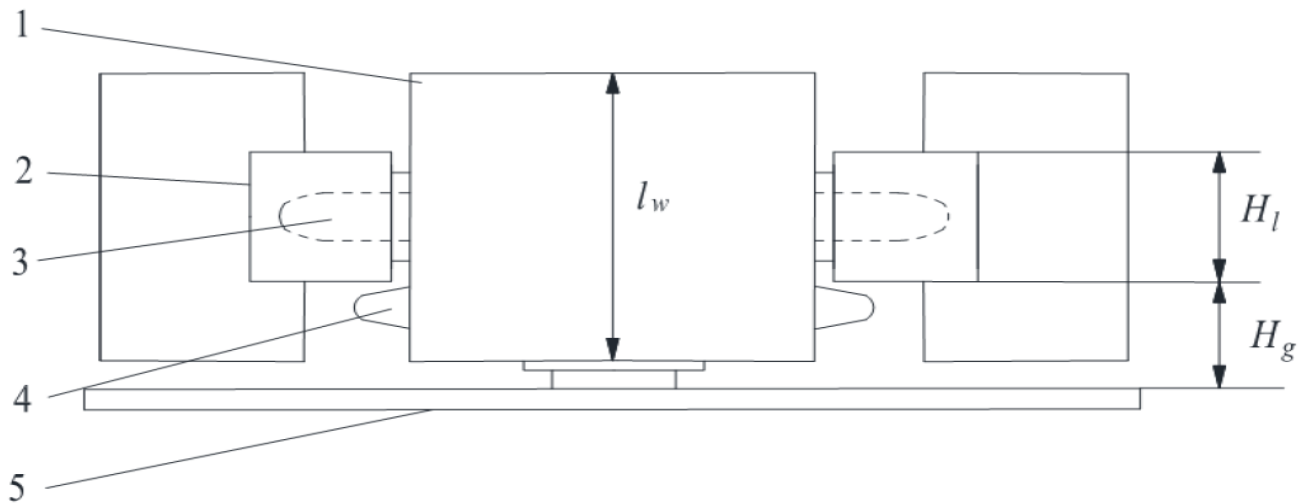


Рисунок 2.5. Вигляд збоку кріплення затискного елемента: 1 – затискний елемент, 2 – кріплення ланцюга, 3 – ведена зірочка, 4 – привідна зірочка ножа, 5 – нижня монтажна пластина.

Підставляючи наведені вище параметри у формулу (2.10), отримано діапазон ширини затискного елемента $56,40 \leq l_w \leq 101,4$ мм. Враховуючи, що загальноприйнятими розмірами матеріалу ПВХ є 60 мм і 80 мм, ширина затискного елемента була обрана 80 мм.

Висновки до розділу.

1. Для вирішення проблеми втрат насіння під час збирання врожаю соняшника за жаткою зернозбирального комбайна вдосконалено затисно-транспортувальний пристрій для соняшникової жатки комбайна.

2. Оптимальними конструктивними параметрами розробленого затисно-транспортувального пристрою будуть наступні: відстань між ведучою та веденою зірочками 800 мм, передній кут встановлення ланцюга 25° , задній кут встановлення ланцюга $41,19^\circ$, висота затискного елемента 45 мм, довжина у основи затискного елемента 76 мм, ширина затискного елемента була 80 мм.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ГНУЧКИХ ЗАТИСКНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Дослідження розроблених гнучких затискних елементів були проведені на жатці комбайна шляхом заміни стандартних елементів розробленими.



Рисунок 3.1 Експериментальна жатка для збирання соняшнику Geringhoff SunStar

На основі теоретичного аналізу були визначені такі фактори, як висота затискання рослини (l_1), співвідношення швидкостей затискного конвеєрного пристрою та зернозбирального комбайна, а також зазор між затискними елементами. Ці фактори були вибрані як експериментальні для дослідження роботи жатки.

3.1. Швидкість затискання стебел рослин.

На швидкість руху рослин впливає як швидкість транспортування рослин v_r , так і швидкість руху зернозбирального комбайна v_m . Дослідження раціонального співвідношення цих швидкостей допоможе оптимізувати параметри гнучкого затискного та транспортувального пристрою.

$$\begin{cases} \frac{v_r}{\sin \alpha} = \frac{v_m}{\sin(180-\gamma-\alpha)} \\ \alpha - \beta = 90 \end{cases} \quad (3.1)$$

Адже, якщо коефіцієнт співвідношення цих швидкостей буде занадто великий, рослина просто буде збита; якщо коефіцієнт співвідношення цих швидкостей буде занадто малий, рослину буде важко транспортувати. Рух рослини під час зрізання і транспортування показано на рис. 3.2.

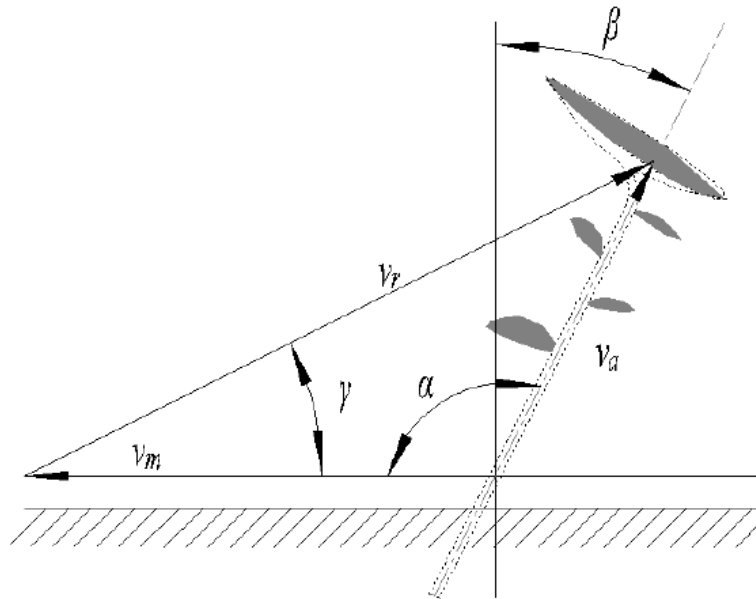


Рисунок 3.2. Рух рослини під час зрізання і транспортування.

Коефіцієнт швидкості, розраховувався наступним чином:

$$k = \frac{v_r}{v_m} = \frac{\cos \beta}{\cos(\gamma + \beta)} \quad (3.2)$$

де, k – коефіцієнт затискання (співвідношення швидкостей конвеєра та комбайна);

α – кут між рослиною та горизонталлю;

β – кут між рослиною та вертикаллю;

γ – кут між жаткою та поверхнею ґрунту.

Під час фактичного процесу затискання та транспортування значення β нахилу установки коливається від 5° до 30° , а значення кута γ між жаткою та поверхнею ґрунту коливається від 10° до 30° . Підставляючи ці параметри у формулу (3.2), встановлено, що:

$$1,03 \leq k \leq 1,73$$

Тому при проведенні однофакторного експерименту був вибраний діапазон цього фактора:

$$1,0 \leq k \leq 1,8;$$

Таким чином, обрані параметри для k були наступні: 1,0, 1,2, 1,4, 1,6 і 1,8.

3.2. Зазор для затискання стебел рослин.

Великий зазор між затискними елементами призводить до того, що рослина просто не тримається. Занадто малий зазор призводить до заклинювання транспортеру. Враховуючи, що діапазон діаметрів стебел соняшника становить 18,72 мм–41,3 мм, діапазон вибору коефіцієнта затискного зазору був визначений:

$$10 \leq d_1 \leq 50$$

Для проведення експерименту було використано зазори d_1 : 10 мм, 20 мм, 30 мм, 40 мм і 50 мм.

3.3. Висота зрізання рослин.

Коли затиснута рослина є занадто довгою, вона легко нахилялася, що призводило до збою транспортування; коли зрізана рослина занадто коротка, рослина легко випадає з жатки, що призводить до втрат насіння. Для полегшення подальшого обмолоту та очищення затиснутої рослини необхідно зрізати на довжину не більше $1/3$ всієї довжини стебла. Тому діапазон висоти затискання рослин був визначений як:

$$150,6 \leq L_0 \leq 655 \text{ мм}$$

А фіксовані значення для проведення експерименту, в межах діапазону: 150 мм, 250 мм, 350 мм, 450 мм, 550 мм і 650 мм.

3.4. Показник успіху транспортування рослин.

Рівень успіху транспортування дорівнює відсотку успішно транспортованих рослин у кожній групі відносно загальної кількості транспортованих рослин. Кожен груповий тест повторювався чотири рази. Випробування проводили в трьох повторях для отримання середнього значення. Коефіцієнт успіху транспортування розраховувався таким чином:

$$y_1 = \frac{n_o}{n} \cdot 100\% \quad (3.3)$$

де, y_1 – коефіцієнт успішності транспортування установки, %;
 n – загальна кількість транспортованих рослин;
 n_0 – кількість успішно транспортованих рослин.

3.5 Коефіцієнт втрат зерна.

Після кожної групи дослідів рослини соняшника, що були успішно транспортовані обмолочували, а насіння зважували. Одночасно насіння, що випало, зважували окремо.

Втрати насіння визначали як відсоток маси насіння, яке не вдалося транспортувати в кожній групі, і загальної маси насіння, яке успішно транспортувалося. Випробування проводили в трьох повторах для отримання середнього значення. Коефіцієнт втрат зерна розраховували наступним чином:

$$y_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \times 100\% \quad (3.4)$$

де, y_2 – коефіцієнт втрат зерна, %;

m_1 – маса насіння, що була втрачена під час транспортування, г;

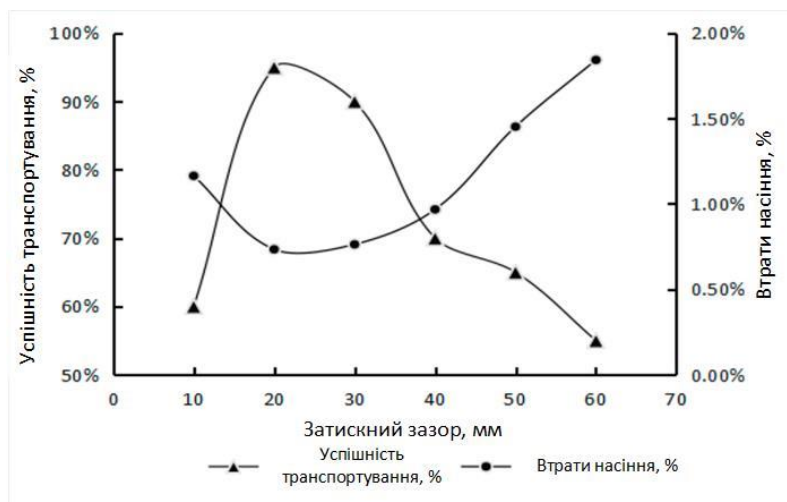
m_2 – маса успішно транспортованого насіння в соняшнику.

3.6. Результати експериментальних досліджень.

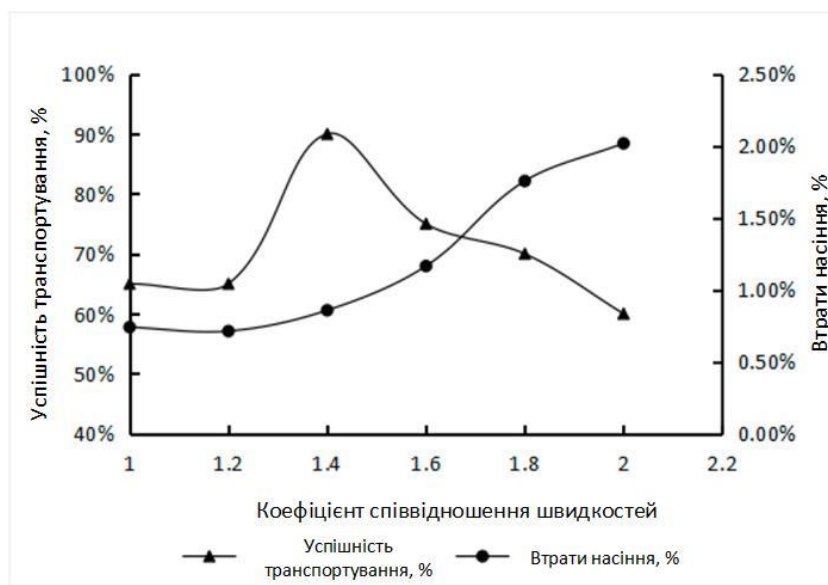
Швидкість конвеєра рослини регулювалася за допомогою привідного гідродвигуна. Затискний зазор регулювався регулюванням зазору затискного ланцюга.

Зі збільшенням затискного зазору швидкість успішного транспортування спочатку збільшується (рис.3.3 а), а потім зменшується; при цьому швидкість втрат зерна спочатку зменшується, а потім зростає. У діапазоні 20-60 мм зі збільшенням затискного зазору амплітуда коливання процесу транспортування рослин стає більшою, що призводить до збільшення втрат рослинного зерна. Зазор ланцюга був кращим у діапазоні 20-40 мм: у цьому діапазоні рівень втрат зерна був низьким, а рівень успіху транспортування кращим.

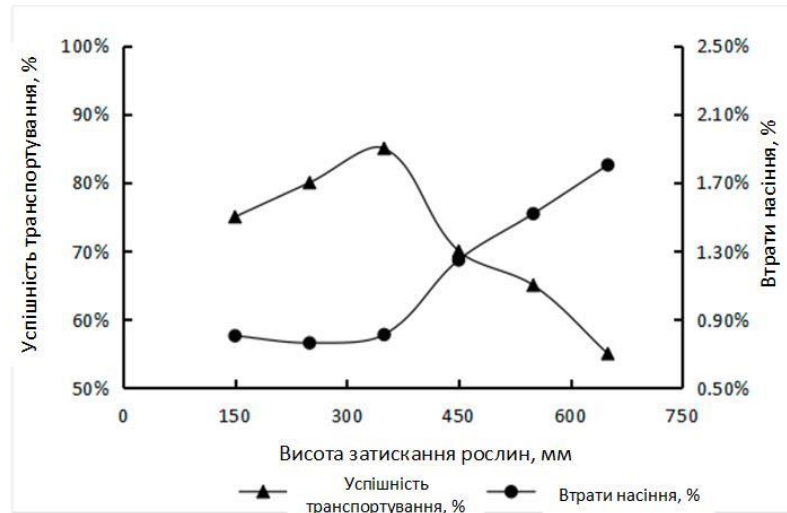
Успішність транспортування спочатку зростала (рис. 3.3 б), а потім спадала зі збільшенням коефіцієнта співвідношення швидкостей; як видно з рисунку, втрати насіння була невеликими з коефіцієнтом швидкості в діапазоні 1,0-1,2. Коли коефіцієнт співвідношення швидкостей більший за 1,2, втрати насіння зростають лінійно з коефіцієнтом співвідношення швидкостей.



а



б



В

Рисунок 3.3. Результати експерименту. (а) вплив затискного зазору на успішність транспортування та втрати насіння. (б) вплив коефіцієнта співвідношення швидкостей на успішність транспортування та втрати насіння. (в) вплив висоти затискання рослин на успішність транспортування та втрати насіння.

Оптимальне рішення комбінації параметрів було отримано з допомогою програмного забезпечення MATLAB: зазор затискання 20 мм, коефіцієнт співвідношення швидкостей 1,27 і висота затискання рослин 344,8 мм.

Після округлення оптимальними вибрані такі параметри: затискний зазор 20 мм, коефіцієнт співвідношення швидкостей 1,3 і висота затискання рослин 345 мм. За цієї умови максимальне значення коефіцієнта успішності транспортування становило 85,16%, а мінімальне значення коефіцієнта втрат насіння при транспортуванні становило 1,57%.

Висновки до розділу.

В результаті проведених досліджень було встановлено, оптимальними вибрані наступні параметри: затискний зазор 20 мм, коефіцієнт співвідношення швидкостей 1,3 і висота затискання рослин 345 мм. За цієї умови максимальне значення коефіцієнта успішності транспортування становило 85,16%, а мінімальне значення коефіцієнта втрат насіння при транспортуванні становило 1,57%.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Охорона праці при вирощуванні соняшника.

Вирощування соняшнику пов'язано з дією на робітників цілого ряду шкідливих факторів, які можуть досягати рівня, що перевищує допустимі норми. Так при оранці, культивуванні, боронуванні, повітря робочої зони забруднюється ґрунтовим пилом. Пил впливає на органи дихання, легені, очі, шкіру. В процесі дихання, близько половини кількості пилу, що знаходиться в повітрі затримується слизистою оболонкою і альвеолами легень, що веде до їх подразнення і може привести до захворювань дихальних органів [20].

При використанні пестицидів, аміаку і інших мінеральних добрив, а також нафтопродуктів в органи дихання попадають їх пари і газу. Парогазові речовини, а також аерозолі попадають в організм, через органи дихання і викликають різні захворювання. Деякі газу і пари отруйних речовин вибухонебезпечні, наприклад пари аміаку вибухають при концентрації 0,16-0,28 %, бензину 0,67-5,03%.

Під час обприскування посівів соняшник рідкими речовинами аерозолі завдають шкоди працівникам – захворювання шкіри. Також можливе отруєння людей. Тому при вирощуванні соняшника необхідно забезпечити працівників відповідними засобами індивідуального захисту.

4.2 Охорона праці при виконанні збиральних робіт соняшника.

Збирання соняшнику — вкрай відповідальний і травмонебезпечний етап виробництва, що характеризується підвищеною інтенсивністю робіт, високою зайнятістю техніки й персоналу, а також роботою в змінних погодних і часових умовах. Сучасні вимоги з охорони праці передбачають системний підхід:

превентивну організацію робіт, технічні заходи безпеки, контролювання стану працівників і повну формалізацію процедур експлуатації й обслуговування техніки.

Організаційні заходи

Підбір і допуск персоналу: допуск до роботи осіб не молодше 18 років після обов'язкового медичного огляду; документальне підтвердження пройденого первинного та періодичних інструктажів (професійні, посадові, інструкції з експлуатації конкретної техніки); стажування під наглядом досвідченого механізатора.

Планування робіт: складання графіків з урахуванням умов погоди, ротації змін для запобігання перевтомі, обмежень нічної роботи; визначення безпечних маршрутів руху техніки на полях і дорогах господарства; використання трекінгу/телематики для контролю маршруту й часу роботи агрегатів.

Керування ризиками: оцінка ризиків на кожній операції, розробка *procedimientos* безпечної роботи (SOP), організація бригад з чітким розподілом відповідальності; призначення старшого загону під час масових збирань.

Інформація та маркування: позначення зон відпочинку, харчування, місць зберігання ПММ; таблички «Робота техніки», «Вхід стороннім заборонено», маркування небезпечних зон.

Забезпечення зв'язку та першої допомоги: мобільний зв'язок/рації на бригаду, укомплектовані аптечки, план евакуації, наявність навчений персонал з першої допомоги.

Технічні та експлуатаційні заходи

Стан техніки: забороняти експлуатацію комбайнів і тракторів без повного проходження передзмінного технічного огляду; ведення журналів ТО; негайне виведення з роботи агрегатів з дефектами.

Захисні устаткування: обов'язкове наявність установлених захисних кожухів, ґрат, екранувань на рухомих частинах; функціональні аварійні вимикачі, захисні блокування при відкритті кришок; системи виявлення і блокування при заклинюванні подачі.

Lockout-Tagout (локдаути): обов'язкова процедура відключення джерел

енергії і маркування при ремонті/налагодженні; заборона виконувати регулювання або чистку при працюючих приводах.

Електробезпека й заземлення: контроль стану кабелів, пускових шаф, УЗО; зарядні й електричні системи обладнання мають бути справні і захищені.

Пожежна безпека: іскрогасники на двигунах, заправних майданчиках й транспорті; заправка ПММ тільки на обладнаних майданчиках із засобами пожежогасіння; утилізація й зберігання відходів згідно правил.

Рух і маневрування: обмеження швидкостей на полях, правила обміну сигналами між машинами; заборона перебування людей у зоні маневру; використання оглядових камер і датчиків наближення на комбайнах для зниження «сліпих зон».

Експлуатація на схилах: дотримання граничних кутів експлуатації згідно технічних паспортів; застосування стабілізаторів/контртяг; заборона роботи на небезпечних схилах без додаткових заходів безпеки.

Забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ)

Обов'язкові ЗІЗ: захисне взуття, рукавички, захисні окуляри/щитки, протишумові навушники (при рівні шуму >85 дБ), респіратори при сильному пилі; спеціальний одяг із високою видимістю для роботи поблизу рухомої техніки.

Контроль використання ЗІЗ та їхнього технічного стану; регулярна заміна або санітарна обробка.

Безпека при роботі зі збиральним обладнанням

Подача та очищення робочих органів: очищення ножів, підбирачів та решіт дозволяти тільки при повністю зупинених і промаркованих агрегатах; застосування інструментів-ударників (гачки, щітки), заборона застосування рук.

Операції з налаштування та ремонту: виконувати тільки після виконання процедур LOTO; роботи проводити на обладнаних майданчиках механіками з посвідченням.

Запобігання втратам та пиловиділенню: використання бункерних накривок, систем гасіння пилу, регулювання швидкостей подачі; моніторинг втрат насіння та оперативне налаштування режимів.

Здоров'я та втома працівників

Управління втомою: обмеження тривалості змін, організація перерв, ротація операцій (наприклад, комбайнер ↔ диспетчер), моніторинг робочих годин через телеметрію.

Захист від кліматичних ризиків: надання питної води, тіньових місць відпочинку, план дій при тепловому стресі; спецрежими при екстремальних погодних умовах.

Медичні огляди: періодичні профілактичні огляди для операторів техніки; навчання з надання першої допомоги при порізах, опіках, ушкодженнях кінцівок.

Безпека на зернових токах і при обробці насіння

Обмеження доступу: висіска «Вхід стороннім заборонено», контроль доступу; бункери обладнані сітками і кришками.

Енергетична безпека: відключення й блокування електроживлення при обслуговуванні; вивішування попереджувальних табличок «Не вмикати! Працюють люди!».

Очищення і техобслуговування: виконувати тільки навчений персонал після ЛОТО; наявність інструкцій та журналів обслуговування.

Сучасні технології підтримки безпеки

Телеметрія та системи моніторингу: віддалений контроль роботи машин, сповіщення про перевищення навантажень, виявлення незвичних вібрацій/температури; геозони і трекінг для попередження роботи поза дозволеними маршрутами.

Камери та датчики наближення: зниження ризику наїзду на людей та обладнання в «сліпих зонах» жаток і комбайнів.

Системи автоматичного керування: часткова автоматизація машин з функціями утримання робочої висоти, автопідбору та аварійної зупинки при виявленні перешкод.

Електронні журнали і QR-інструкції: цифрове фіксування інструктажів, паспортів техніки та процедур ЛОТО доступних у мобільних додатках.

Висновки до розділу.

Таким чином, розглянуто особливості охорони праці при вирощуванні соняшника. Розроблено заходи охорони праці при роботі з удосконаленою жаткою для збирання соняшнику, які дозволять зменшити рівень травматизму при виконанні операцій по збиранню врожаю соняшника.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Основний економічний ефект при використанні вдосконаленої жатки для збирання соняшнику є зменшення втрат насіння при транспортуванні зрізаних рослин через жатку до молотильного апарату комбайну.

В результаті проведених досліджень показник успіху транспортування жаткою з гнучким затискним і транспортуючим механізмом становив 83,50%, з втратою зерна при падінні 1,49%, а показник успіху транспортування жаткою з жорстким затискним і транспортуючим механізмом становив 55%, з втратою зерна при падінні 4-6%, що свідчить про те, що ефект гнучкого затискного і транспортувального механізму є кращим.

При проведенні розрахунку економічної ефективності зернозбиральних комбайнів, їх оцінка здійснюється за експлуатаційними показниками [21]. При цьому, також необхідно враховувати функціональні показники машини, такі як втрати за жаткою. Виконаємо розрахунок експлуатаційних показників роботи комбайнів з вдосконаленою та базовою жаткою. Так як вони є однаковими в обох комбайнів, для порівняння їх роботи використаємо показник втрат врожаю за жаткою та вплив цих втрат на кінцевий економічний результат.

Експлуатаційні показники, які характеризують ефективність застосування розробленого пристрою, визначали відповідно до стандартної методики.

Вихідні дані для розрахунків наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності комбайна з удосконаленою жаткою

Показник	Базовий варіант	Удосконалений варіант
Марка енергетичного засобу	Claas Lexion 740 + Geringhoff SunStar	Claas Lexion 740+ Geringhoff SunStar
Номінальна потужність двигуна енергозасобу, кВт	280	280
Вартість комбайна з жаткою, грн.	6558750	6708750
Річне завантаження комбайна, год.	170	170
Сумарні відрахування на комбайн (амортизація, ТО та поточний і капітальний ремонт), %	21,5	21,5
Сумарні відрахування (амортизація, ТО та поточний та капітальний ремонт), %	21,5	21,5
Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
Робоча швидкість агрегату, км/год	5	5
Коефіцієнт використання часу зміни	0,7	0,7
Продуктивність, га/год	3	3
Заробітна плата, грн./год.	200,00	200,00
Витрата палива, кг/га	14,0	14,0
Ціна палива, грн.	40,00	40,00
Середня урожайність, т/га	2	2
Втрати врожаю за жаткою, %	4	1,49

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю роботи становлять:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \quad (5.1)$$

де C_1 – оплата праці персоналу, що обслуговує агрегати та відрахування на соціальні заходи, грн./га;

C_2 – вартість витрачених паливо-мастильних матеріалів, грн./га;

C_3 – відрахування на реновацію та капітальний ремонт агрегату, грн./га;

C_4 – відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування агрегату, грн./га.

Оплата праці обслуговуючому персоналу дорівнює:

$$C_1 = \frac{m_1 n_1 + m_2 n_2 + \dots + m_i n_i}{W_{зм}}, \quad (5.2)$$

де m_i – кількість працівників i -ої кваліфікації на агрегаті;

n_i – оплата праці за змінну норму виробітку працівника i -ої кваліфікації, грн;

$W_{зм}$ – змінна продуктивність агрегату, га/зм.

для базового варіанту:

$$C_1 = \frac{1 \cdot 1600}{24,02} = 66,6 \text{ грн./га},$$

для нового варіанту:

$$C'_1 = \frac{1 \cdot 1600}{24,02} = 66,6 \text{ грн./га}$$

Вартість паливно-мастильних матеріалів дорівнює:

$$C_2 = \Pi_K Q_{\Pi}, \quad (5.3)$$

де Π_K – комплексна ціна кілограма палива, грн/кг;

Q_{Π} – витрата палива, кг/га.

для базового варіанту:

$$C_2 = 40,00 \cdot 5,6 = 224,00 \text{ грн./га},$$

для нового варіанту:

$$C'_2 = 40,00 \cdot 5,6 = 224,00 \text{ грн./га}$$

Відрахування на реновацію та капітальний ремонт машин в агрегаті визначаються з формули:

$$C_3 = \frac{B_{TP} \cdot a_{TP}}{100 \cdot W_z \cdot t_{TP}}, \quad (5.4)$$

де B_{TP} – балансова вартість комбайна, грн;

a_T – норми відрахувань на амортизацію та капітальний ремонт відповідно агрегату, % ($a_k = 15\%$);

t_{TP}, t_M – зональне річне (або фактичне) завантаження агрегату, год.

для базового варіанту:

$$C_3 = \frac{6558750 \cdot 15}{100 \cdot 3 \cdot 170} = 1929,04 \text{ грн./га},$$

для нового варіанту:

$$C'_3 = \frac{6708750 \cdot 15}{100 \cdot 3 \cdot 170} = 1973,162 \text{ грн./га}$$

Відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування машин в агрегаті дорівнюють:

$$C_4 = \frac{B_{TP} \cdot P_{TP}}{100 \cdot W_z \cdot t_{TP}}, \quad (5.5)$$

де P_{TP} – сумарна норма відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування агрегату, % ($P_{TP} = 6,5\%$).

Для базового варіанту:

$$C_4 = \frac{6558750 \cdot 6,5}{100 \cdot 3 \cdot 170} = 835,92 \text{ грн./га},$$

для нового варіанту:

$$C'_4 = \frac{6708750 \cdot 6,5}{100 \cdot 3 \cdot 170} = 855,03 \text{ грн./га.}$$

Тоді прямі експлуатаційні витрати на одиницю роботи для базового варіанта становлять:

$$C = 66,60 + 224,00 + 1929,04 + 835,92 = 3055,56 \text{ грн./га},$$

для нового варіанту:

$$C' = 60,60 + 224,00 + 1973,16 + 855,03 = 3118,86 \text{ грн./га}.$$

Різниця прямих експлуатаційних витрат на гектар при впровадженні удосконаленої жатки у виробництво буде становити:

$$E_n = C - C' = 3118,86 - 3055,56 = 63,30 \text{ грн/га.} \quad (5.6)$$

При використанні комбайна з удосконаленою жаткою на площі 400 га різниця прямих витрат буде становити:

$$E'_n = E_n \cdot F = 63,30 \cdot 400 = 25320,00 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від зниження витрат насіння при використанні вдосконаленої жатки визначається з формули [22]:

$$E_e = W_e \cdot t_{mp} \cdot Y \cdot a \cdot Ц, \quad (5.7)$$

де W_e – продуктивність машини за годину змінного часу, га/год;

t_{mp} – річне планове завантаження машини, год;

Y – середня урожайність насіння соняшника, т/га;

a – питома збільшення (зменшення) збору врожаю за рахунок зменшення (збільшення) їх витрат у дослідної машини у порівнянні з базовою:
 $a = (4 - 1,49) / 100\% = 0,025$;

$Ц$ – закупівельна ціна насіння соняшника, грн/т ($C = 12000$ грн/т).

$$E_e = 3 \cdot 170 \cdot 2 \cdot 0,025 \cdot 12000 = 306000 \text{ грн.}$$

Розрахунковий економічний ефект від зниження витрат насіння соняшнику на один гектар зібраної площі становить:

$$E_{\epsilon}' = E_{\epsilon} / (W_{\epsilon} \cdot t_{mp}), \quad (5.8)$$

$$E_{\epsilon}' = 306000 / 3 \cdot 170 = 600 \text{ грн/га.}$$

Враховуючи, експлуатаційні витрати на машини та економічний ефект від зниження втрат врожаю можна записати, що економічний ефект від на гектар посівів буде становити:

$$E' = E_{\epsilon}' - E_n = 600 - 63,3 = 536,7 \text{ грн/га}$$

$$E = E' \cdot 400 = 214680,00 \text{ грн}$$

Визначимо річний економічний ефект від впровадження:

$$E_p = E + E_n \cdot \Delta B, \quad (5.9)$$

де E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень $E_n = 0,15$;

ΔB - вартість удосконалення, грн. $\Delta B = 150000$ грн.

Тоді:

$$E_p = 214680,00 + 0,15 \cdot 150000 = 237180,00 \text{ грн.}$$

Визначимо термін окупності удосконаленої жатки:

$$T_{ок} = \frac{\Delta B}{E_p} = \frac{150000}{237180,00} \approx 1 \text{ роки} \quad (5.10)$$

Складові витрати коштів на збирання подано в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Розрахунок показників економічної ефективності впровадження комбайна з удосконаленою жаткою

Показник	Варіанти		Відхилення
	Базовий варіант	Удосконалений варіант	
Затрати праці, люд.-год/га	0,33	0,33	0
Заробітна плата, грн./га.	66,67	66,67	0
Вартість палива, грн./га	224,00	224,00	0
Відрахування на реновацію та капітальний ремонт, грн./га;	1929,04	2973,16	+44,12
Відрахування на поточний ремонт та ТО, грн./га.	835,92	855,04	+19,12
Сумарні прямі експлуатаційні витрати, грн./га	3055,54	3118,87	+63,33
Економічний ефект від зниження втрат насіння, грн/га		600	
Різниця прямих експлуатаційних витрат, грн.	25320,00		
Річний економічний ефект, грн	237180,00		
Термін окупності капіталовкладень, років	1		

Застосування удосконаленого агрегата Claas Lexion 740+ Geringhoff SunStar забезпечує економію коштів в порівнянні з базовим варіантом 536,7 грн./га.

Річний економічний ефект від застосування удосконаленої жатки в порівнянні з існуючим варіантом – 237180,00 грн/рік при обсязі роботи 400 га.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз конструкцій жаток соняшнику виявив, що виробники постійно впроваджують новітні технічні рішення, спрямовані на покращення якісних показників процесу збирання, а саме на зменшення втрат насіння. Але втрати насіння за жаткою досі залишаються доволі великими. Тому метою даної роботи є дослідження спрямовані на вдосконалення конструкції жатки для збирання соняшника.

2. Для вирішення проблеми втрат насіння під час збирання врожаю соняшника за жаткою зернозбирального комбайна розроблено новий затисково-транспортувальний пристрій для соняшникової жатки комбайна.

3. Оптимальними конструктивними параметрами розробленого затисково-транспортувального пристрою будуть наступні: відстань між ведучою та веденою зірочками 800 мм, передній кут встановлення ланцюга 25° , задній кут встановлення ланцюга $41,19^\circ$, висота затискного елемента 45 мм, довжина у основи затискного елемента 76 мм, ширина затискного елемента була 80 мм.

4. В результаті проведених досліджень було встановлено, оптимальними вибрані наступні параметри: затискний зазор 20 мм, коефіцієнт співвідношення швидкостей 1,3 і висота затискання рослин 345 мм. За цієї умови максимальне значення коефіцієнта успішності транспортування становило 85,16%, а мінімальне значення коефіцієнта втрат насіння при транспортуванні становило 1,57%.

5. Розглянуто особливості охорони праці при вирощуванні соняшника. Розроблено заходи охорони праці при роботі з удосконаленою жаткою для збирання соняшнику, які дозволять зменшити рівень травматизму при виконанні операцій по збиранню врожаю соняшника.

6. Застосування удосконаленого агрегата Claas Lexion 740+ Geringhoff SunStar забезпечує економію коштів в порівнянні з базовим варіантом 536,7 грн./га. Річний економічний ефект від застосування удосконаленої жатки в порівнянні з існуючим варіантом – 237180,00 грн/рік при обсязі роботи 400 га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Production volume of sunflower seed in major producer countries in 2019/2020. Retrieved September 30, 2021, from <https://www.statista.com/statistics/263928/production-of-sunflower-seed-since-2000-by-major-countries>.
2. Троценко, В. (2020). Соняшник: методи створення вихідного матеріалу та селекція (Sunflower: Methods of Creating Source Material and Selection). Київ: Українська книга.
3. Налобіна, О.О., Васильчук, Н.В., Івашко, П.Г. Експериментальне дослідження взаємодії стебел соняшнику із роторами жатки. Сільськогосподарські машини, 2021, 46: 58-69.
4. Production volume of sunflower seed in major producer countries in 2019/2020. Statista. <https://www.statista.com/statistics/263928/production-of-sunflower-seed-since-2000-by-major-countries/>
5. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини; підручник [2-е вид.] / Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк. – Київ : Каравела, 2008. – 552 с.
6. Капустін, В. П. Аналіз втрат при збиранні соняшнику / В. П. Капустін, С. А. Кунаков // Вісник ТДТУ. - 2004. - Т. 10. - № 3. - С. 773-778.
7. Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві. -Київ, Кондор., - 2007. -334 с.
8. Володимир ВДОВЕНКО Огляд ринку жаток для збирання соняшнику // Агробізнес сьогодні. <http://agro-business.com.ua/ahrotekhnolohiyi/item/1238-ohliad-rynku-zhatok-dlia-zbyrannia-soniashnyku-video.html>.
9. Васильчук, Н. В. (2021). Огляд новітніх конструкцій жаток для збирання соняшнику. Сільськогосподарські машини, 47, 15-24. <https://doi.org/10.36910/acm.vi47.617>.
10. Зернозбиральні комбайни (Harvesters). Retrieved September 30, 2021, from https://www.deere.ua/uk_UA/products/equipment/combines/headers/frontier_sunflower_header/frontier_sunflower_header.page
11. Sunspeed. Retrieved September 30, 2021, from <http://www.claas.ua/cl-pw-ru/produkte/maehdrescher/vorsatzgeraete2016/vorsatzgeraete/sunspeed>
12. Cabezal de girasol de cadenas modelo G-4570. Retrieved September 30, 2021, From <https://www.moresil.com/cabezales/cabezales-de-girasol/cabezal-de-girasol-de-cadenas.html>
13. Жатки для уборки подсолнечника OROS SUN (Sunflower Header OROS SUN). Retrieved September 30, 2021, from <https://astra-group.ua/ru/catalogue/tehnika/zhatki/oros-30.html>
14. Sunflower Head. Retrieved September 30, 2021, from <https://www.francofabrilsa.com.ar/the-products/135-sunflower-head>

15. Helianthus Sunflower Attachment. Retrieved September 30, 2021, from <https://www.capelloworld.com/cereal-harvesting-equipment-technologies/helianthus-sunflower-attachment>
16. SunLite. Retrieved September 30, 2021, from https://www.geringhoff.com/en/Products/Sunflower-Heads/SunLite-/p/gp_SunLite
17. Соняшникова жатка Geringhoff Sun Star (Sunflower Header Geringhoff Sun Star). Retrieved September 30, 2021, from https://agsolco.com/ua/zhatka_dlya_podsolnechnika_geringhoff_sun_star/
18. Sunmaster Sunflower Harvesting Header. Retrieved September 30, 2021, from <http://www.metalagro.bg/>
19. Liu, Yang, et al. Optimization of clamping and conveying device for sunflower oil combine harvester header. *Agriculture*, 2021, 11.9: 859.
20. Працехоронні засади у схемах, таблицях і графіках: Посібник / Укл. Войналович О.В. – К.: Основа, 2009. – 88 с.
21. Мельник І.І. Проектування технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник / І.І. Мельник, В.Д. Гречкосій, С.М. Бондар; За ред. І.І. Мельника. – Ніжин: ТОВ “Видавництво Аспект-Поліграф”, 2005. – 192 с.
22. Данильченко М. Г., Гладич Б. Б., Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г. Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки: Навчально-методичний посібник для студентів економічних спеціальностей. – Тернопіль: Економічна думка, 2001. – 61 с.