

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра механічної та електричної інженерії**

Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти  
*«магістр»*

на тему: «Покращання технологічного процесу обмолоту соняшнику шляхом  
модернізації жатки комбайна»

КРМ.133ГМмд\_21.50.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
*«Машини і засоби механізації  
сільськогосподарського  
виробництва»*  
спеціальності *133 Галузеве  
машинобудування*  
ступеня вищої освіти *магістр*  
*групи 133ГМмд\_21*  
ОЧНЄВ Олександр

Керівник: к.т.н., доцент  
ДУДНИК Володимир

Рецензент: к.т.н., доцент  
ПАДАЛКА Вячеслав

**Полтава – 2024 року**

## 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1 Аналіз технологічних засобів для збирання соняшника

Поряд із існуючими в технології збирання соняшника пристосуваннями розробляються більш вдосконалені моделі жаток.

Науковими співробітниками розроблена жатка, основними робочими елементами якої є: платформа 1 (рис. 1.1), шнек 2 жатки, похилий транспортер 3 і ріжучий апарат 4 [1]. Збоку до платформи 1 жатки кріпляться розподільники 5, по ширині – стеблепіднімачі 6, оснащені стрілоподібними стрілчастими стінками 7. Мотовило жатки виконано у вигляді валу, на якому встановлені транспортуючі робочі органи 9, кількість яких дорівнює кількості каналів для проходу стебел соняшнику. Кожен транспортуючий орган 9 виконаний у вигляді кола з захоплюючими елементами 10, що мають криволінійну поверхню, які за рахунок кривошипа з роликком 11 пов'язані з концентрично розташованою щодо приводного валу біговою доріжкою 12 нерухомого копіра 13.

Рисунок 1.1 – Жатка для збирання соняшника: 1 – платформа; 2 – шнек жатки; 3 – похилий транспортер; 4 – ріжучий апарат; 5 – подільники; 6 – стеблепіднімачі; 7 – стрілоподібними стрілчасті стінки; 8 – подавальний пристрій у вигляді центрального валу; 9 – транспортуючий орган у вигляді кола; 10 – криволінійні захоплюючі елементи; 11 – ролик; 12 – бігова доріжка; 13 – нерухомий копір

Технологічна схема збирання соняшника наступна. Комбайн, оснащений жаткою, що входить в стеблистий соняшнику. Стеблепіднімачі 6 з стрілоподібними стрілчастими стінками 7 направляють стебла в робочі русла. В результаті цього стебла потрапляють в зону дії захоплюючих елементів 10, криволінійна форма яких забезпечує їх подальше плавне проходження в робочих руслах пристосування.

Транспортуючий орган 9 із захоплюючими елементами 10 робить нахил стебел на платформу 1 жатки. У цей момент відбувається зріз корзинок ріжучим апаратом 4, після чого захоплюючі елементи 10 повертаються навколо своєї осі, повертаючись у вихідне положення, і розташовуються поруч з колом 9.

Захоплюючі елементи, що мають криволінійну форму, забезпечують плавне входження стебел в робочі русла і дозволяють знизити втрати насіння за рахунок згину корзинок над платформою жатки.

Жатка має такі недоліки:

- висока ймовірність забивання стеблами соняшнику простору між колом 9 і захоплюючими елементами 10;

- наявність активних і пасивних робочих органів пристосування збільшує кількість зон контакту корзинок з їх поверхнями, що призводить до обмолочування і як наслідок – до втрат насіння;

- технологія вимагає дотримання точної відстані між стеблами соняшнику. В іншому випадку виключається надійне захоплення стебел криволінійними елементами 10.

Групою дослідників розроблена жатка для збирання соняшника, що включає в себе платформу 1 (рис. 1.2) і розташований на ній шнек 2 жатки [2]. На платформі встановлено похилий транспортер 3 і ріжучий апарат 4. Пристосування оснащене приводним валом 5 стеблепіднімачами і роторами 6 з похилими лопатями.

Гвинтові лопаті виготовлені з нахилом до витків шнека жатки. Ротори 6 розташовуються на приводному валу по гвинтовий лінії і мають можливість фіксованого переміщення по ньому в залежності від ширини міжряддя. Поверхні роторів покриті еластичним матеріалом, що знижує ударну дію лопатей на корзинки соняшнику [1].

Рисунок 1.2 – Жатка для збирання соняшника: 1 – платформа; 2 – шнек жатки; 3 – похилий транспортер; 4 – ріжучий апарат; 5 – приводний вал стеблепіднімачів; 6 – ротори з гвинтовими лопатями; 7 – стебла соняшнику

Жатка працює наступним чином. При входженні зернозбирального комбайна в стеблистий соняшнику відбувається взаємодія лопатей роторів 6 із стеблами 7. В результаті цього здійснюється плавний нахил стебел під гострим кутом до центру платформи. Корзинки зрізаються ріжучим апаратом 4 і підводяться шнеком 2 жатки до похилого транспортеру 3.

Пристрій відрізняється конструкцією гвинтових лопатей, які забезпечують плавний нахил стебел під гострим кутом до платформи жатки. В результаті знижується кількість втрат насіння за рахунок осипання їх на платформу.

Однак пристосування не оснащено стеблепіднімачами, що ускладнює напрямок руху комбайна, виключає точність захоплення стебел лопатями роторів, сприяючи відриву корзинок, що збільшує втрати насіння.

При цьому в процесі роботи не всі стебла захоплюються гвинтовими лопатями. Чи не захоплені або не повністю захоплені стебла контактують з приводним валом 5 стеблепіднімачів і піддаються ударному впливу. Внаслідок цього відбувається додаткове осипання насіння або відрив корзинок.

Жатка для збирання соняшника [2], містить раму 1, стеблепіднімачі 2, суміжні сторони кожухів яких утворюють підвідні канали 3, ланцюгові транспортери 4, дискові ножі 5 (рис. 1.3).

Рисунок 1.3 – Жатка для збирання соняшника: 1 – рама; 2 – стеблепіднімачі; 3 – підвідні канали; 4 – ланцюгові транспортери; 5 – дискові ножі; 6 – транспортери насіння; 7 – вібростоли; 8 – гнучкі бурти

Між підвідними каналами 3 у вигляді опорних плит встановлені транспортери 6 насіння, на яких шарнірно закріплені вібростоли 7, що приводяться в коливальний рух у вертикальній площині.

Вібростоли 7 нахилені в сторону шнека жатки під кутом  $\alpha$ , рівним 10-16°. Якщо кут  $\alpha$  менше 10°, то просування насіння і зрізаних корзинок в сторону шнека жатки буде утруднено. При збільшенні кута  $\alpha$  більше 16° буде утруднений зріз корзинок, розташованих вище вібростолів 7, дисковими ножами 5. По периметру вібростолів 7 встановлені гнучкі бурти 8, які відкидають насіння соняшнику від країв вібростолів 7 при їх роботі.

Жатка працює наступним чином. При русі комбайна стебла соняшнику заходять між стеблепіднімачі 2 в направляючі канали 3, після чого захоплюються транспортерами 4 і підводяться до дискових ножів 5, розташованих вище підвідних каналів 3. В результаті цього стебло зрізається біля основи корзинки.

Корзинки і осипане насіння падають на вібростоли 7, коливання яких відбувається у вертикальній площині. За рахунок коливань насіння підвищеної вологості не налипає на транспортер, що виключає його забивання і як наслідок – втрати насіння. Так як вібростоли 7 нахилені в сторону шнека жатки під кутом  $\alpha=10-16^\circ$ , то в процесі коливань, під дією їх ваги, відбувається переміщення корзинок і осипаного насіння до шнеку жатки [2].

Основний недолік конструкції – мимовільна зміна кута  $\alpha$ , яка може відбуватися в процесі роботи. Даний кут забезпечує якість роботи. При відхиленні  $\alpha$  від заданого значення можливо осипання насіння за межі вібростолів в підвідні канали, потім на ґрунт.

Крім того, слід зазначити складність конструкції і додаткову енергоємність на привід вібростолів.

## **1.2 Класифікація технічних засобів для збирання соняшника**

В даний час ринок України технологічних засобів для збирання соняшника насичений різними пристосуваннями вітчизняного і зарубіжного виробництва, а також зарубіжними конструкціями вітчизняного виробництва [ 3, 4, 5].

Конструкції робочих органів існуючих серійних пристосувань для збирання соняшника орієнтовані на фізико-механічні властивості даної культури [4, 6, 7, 8, 9].

Слід також враховувати схожість конструкцій деяких вітчизняних і зарубіжних зразків і модернізацію класичних адаптерів.

Таким чином, технологічні засоби, що застосовуються для збирання соняшника, можна класифікувати за схемою підведення стебел соняшнику до ріжучого апарату жнивarki: транспортерами з гачками, мотовилом; по конструкції – з ліфтерами, транспортерами стебел і насіння.

До таких пристосувань відносяться як вітчизняні, так і жатки, вироблені в країнах ближнього і далекого зарубіжжя [1, 10].

1. Жатки, оснащені ліфтерами, транспортерами стебел і насіння підрозділяються:

- за конструкцією ліфтерів – з транспортерами стебел і насіння;
- по виконанню рами – з цільною або складною рамою;
- по виконанню ліфтерів – з цільними або складними ліфтерами;
- за формою наконечників стеблепіднімачів: з призматичними або конусними наконечниками.

2. По конструкції технічні засоби для збирання соняшника також бувають з ліфтерами, транспортерами стебел і насіння, з вібростолами.

Подібні конструкції також оснащуються штовхачами.

3. Жатки та пристосування, оснащені мотовилом. Їх можна класифікувати:

3.1. За виконанням робочих органів мотовила:

а) з лопатевим мотовилом (жатки, призначені для збирання зернових культур, переобладнані для збирання соняшника); зі спеціалізованим лопатевим мотовилом;

б) з мотовилом, які мають захоплення;

в) з мотовилом, роторами з гвинтовими лопатями;

г) з мотовилом, захоплювачами, регульованим щитком;

д) з мотовилом і транспортувальним пристроєм у вигляді кола, з криволінійними захоплюючими елементами.

3.2. За виконання стеблепіднімачів:

а) зі звичайними стеблепіднімачами;

б) зі стеблепіднімачами, що мають регулюючі накладки.

4. Жатка, оснащена шнеком-мотовилом.

Всі технічні засоби для збирання соняшника можна класифікувати по ширині захоплення: чотири-, п'яти-, шести-, семи-, восьми- і дванадцяти метрові; за величиною міжряддя посівів соняшнику – 45; 60; 70; 80 см; за кількістю збираних рядків – чотирьох-, п'яти-, шести-, восьми- і дванадцяти метрові.

### **1.3 Дослідження взаємодії робочих органів жаток і пристосувань зі стеблостоєм соняшнику**

Взаємодія жаток, оснащених лопатевим мотовилом, зі стеблостоєм розглянуто в ряді робіт [9, 11, 12, 13, 14]. Як було відзначено, робота жатки з лопатевим мотовилом для збирання зернових культур аналогічна роботі жатки для збирання соняшника. Тому розроблена математична модель для лопатевого мотовила застосовна в разі збирання соняшника.

Дослідниками були визначені межі показника кінематичного режиму  $\lambda$ . Для

жнивних машин  $\lambda=1,2-1,9$  [12, 13, 15]. Виведено вирази для обчислення ступеня впливу мотовила на культуру, що збирається.

Ступінь впливу мотовила на культуру, що збирається – це відношення сумарної ширини пучків, що підводяться планками за один оборот мотовила, до довжини шляху, що проходить комбайн за цей час. Величина  $\eta$  показує, на якій частині відстані, яку проходить комбайн, стебла підводяться до ріжучого апарату мотовила [12, 15]:

$$\eta = \frac{z\Delta x}{L}; \quad (1.1)$$

$$\Delta x = x_1 - x_2, \quad (1.2)$$

де  $x_1$  – координата входу планки лопатевого мотовила в стеблостій, м;  
 $x_2$  – координата виходу планки лопатевого мотовила із стеблостою, м;  
 $z$  – кількість планок, шт.

Шлях, який проходить комбайн за один оберт мотовила:

$$L = v_{\text{комб}} \cdot T, \quad (1.3)$$

де  $v_{\text{комб}}$  – швидкість руху зернозбирального комбайна, м/с;  
 $T$  – час одного оберту, с.

$$T = \frac{2\pi}{\omega}. \quad (1.4)$$

Підставивши формулу (1.3)  $v_{\text{комб}} = \frac{\omega R}{\lambda}$ , визначаємо шлях  $L$ :

$$L = \frac{2\pi R}{\lambda}. \quad (1.5)$$

Кінцевий вираз для  $\eta$  матиме вигляд:

$$\eta = \frac{z}{2\pi} \left( \varphi_1 + \sqrt{\lambda^2 - 1 - \frac{\pi}{2}} \right), \quad (1.6)$$

де  $\varphi_1$  – кут входження планки в хлібну масу, рад [15].

Вираз для визначення критичної швидкості руху комбайна [6]:

$$v_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{кр}} \Delta t}{4g \left( \frac{3l^2}{h_1} - 2l - h_1 \right) + m_{\text{к}} \left( \frac{3l}{2h_1} - \frac{1}{2} \right)}, \quad (1.7)$$

де  $M_{\text{кр}}$  – критичний згинальний момент, кг/м;

$l$  – довжина стебла соняшника, м;

$h_1$  – відстань від ґрунту до корзинки, м;

$\Delta t$  – час удару, с;

$q$  – маса одиниці довжини стебла, кг/м;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$m_k$  – маса корзинки, кг.

Швидкість удару корзинки соняшника об поверхню стеблепіднімачів:

$$v_{уд} = v_M \sqrt{1 - \frac{h_1^2}{l^2}}, \quad (1.8)$$

де  $v_{уд}$  – швидкість удару стебла, м/с;

$v_M$  – швидкість відвідного козирка стеблепіднімача, м/с;

$h$  – висота розміщення корзинки, м;

$l$  – довжина стебла соняшника, м.

Величина загального відхилення стебел  $S$  біля носка стеблепіднімача визначали за виразом [6]:

$$S = \sqrt{L_{заг}^2 + (\delta - KB)^2}, \quad (1.9)$$

де  $L_{заг}$  – довжина стеблепіднімача, м;

$\delta$  – величина поперечного відхилення;

$KB$  – половина ширини стеблепіднімача, м.

Наведені формули описують взаємодію зі стеблостоем лише деяких робочих органів пристосувань, які можуть бути задіяні на збиранні соняшнику. Такими в наведених математичних моделях є: лопатеве мотовило і пристосування для збирання.

Однак виведені вирази не можна застосувати до конструкцій пристосувань, оснащених спеціальними робочими органами, що забезпечують зниження втрат насіння соняшнику за жатками комбайнів.

Висновки і постановка завдань досліджень

За результатами аналізу літератури можна зробити наступні висновки:

1. В даний час існує чотири основні технологічні схеми для збирання соняшника: жаткою, оснащеною лопатевим мотовилом, жаткою з транспортерами

стебел і насіння, жаткою з трубним мотовилом і захоплювачами, жаткою з регульованою направляючої пластиною.

2. Найбільш ефективним для збирання соняшника є пристосування, оснащене транспортерами стебел і насіння, що забезпечує мінімальну величину втрат насіння на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі, проте воно має порівняно невисоку продуктивність від 3 до 3,58 га/год, складність конструкції.

3. Жатки з трубним мотовилом і захоплювачами відрізняються більш високою технологічною швидкістю, простотою конструкції і мінімальною матеріаломісткістю. Однак конструкції робочих органів недосконалі. В процесі роботи не виключено ударну дію на корзину, а також намотування стебел, що сприяє вимолочуванню насіння з його подальшим осипання на поверхню поля.

4. Удосконалення технологічного процесу збирання соняшнику має бути орієнтоване: на зниження ударного впливу на корзину; більш плавне захоплення стебел з подальшим нахилом корзинок над днищем жатки; розробку модернізованого шнека-мотовила.

Мета дослідження – покращення ефективності збирання насіння соняшника шляхом зниження втрат його за жаткою.

Для досягнення мети в даній роботі ставляться наступні завдання:

1. Обґрунтувати конструктивно-технологічну схему шнека-мотовила жатки для збирання соняшника, що забезпечує зниження втрат насіння.

2. Теоретично дослідити технологічний процес захоплення стебел і корзинок соняшнику шнеком-мотовилом і отримати аналітичні вирази для визначення втрат насіння в залежності від його конструктивно-режимних параметрів.

3. Провести експериментальні дослідження втрат насіння соняшнику в залежності від конструктивних і режимних параметрів шнека-мотовила.

4. Провести виробничі випробування шнека-мотовила і дати техніко-економічну оцінку ефективності його використання.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

### 2.1 Вибір полінома, що описує процес збирання соняшнику

Залежність втрат насіння на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі від зміни довжини відсікачів з рівнями варіювання  $L_{отс}$  0,34; 0,38; 0,42; 0,46 м при фіксованих значеннях інших чотирьох чинників:

- ширини витка  $H_{вит} (x_3)=0,15$  м;

- зазору між кінцевою точкою відсікача і навивкою шнека жатки  $S_{шнек} (x_4) = 0,025$  м;

- зазору між кінцевою точкою відсікача і площиною ріжучого апарату  $S_{ра}, (x_5) = 0,025$  м.

Для кожного роду виконаних спостережень визначали вибіркове середнє за формулою:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad (2.1)$$

де  $i = \overline{1, n}$ ,  $n$  – число спостережень [16].

Вибіркове середньоквадратичне відхилення:

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}, \quad (2.2)$$

Коефіцієнт варіації [16]:

$$v = \frac{\bar{s}}{\bar{y}} \cdot 100 \%. \quad (2.3)$$

Методом обчислення максимального відносного відхилення, згідно [16, 17], проводили відсів грубих похибок:

$$\frac{|y_1 - \bar{y}|}{\bar{s}} \leq \tau_{1-p}, \quad (2.4)$$

де  $y_1$  – крайній (найбільший або найменший) елемент вибірки;

$\tau_{1-p}$  – табличне значення статистики  $\tau_1$ , врахуване при довірчій ймовірності  $q=1-p$ .

На наступному етапі обробки результатів експериментальних дослідів визначали функцію відгуку:

$$y = f(x_1; x_2; x_3; x_4; x_5), \quad (2.5)$$

де  $y$  – критерій оптимізації (відгук);

$x_1; x_2; x_3; x_4; x_5$  – незалежні змінні (фактори).

Для перевірки тісноти зв'язку між величинами проводили кореляційний аналіз, в результаті якого визначали коефіцієнти тісноти зв'язку між функцією відгуку і фактором [16, 18]:

$$r_n = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{\eta} y_i) - \frac{\sum_{i=1}^n x_{\eta} \sum_{i=1}^n y_i}{n}}{\sqrt{\left( \sum_{i=1}^n x_{\eta}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_{\eta})^2}{n} \right) \cdot \left( \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n} \right)}}, \quad (2.6)$$

де  $y$  – функція відгуку;

$x_i$  – фактори ( $j = \overline{1 \dots 5}$ ).

Коефіцієнт, що показує попарно тісноту зв'язку між факторами  $x$ , розраховували за формулою [16, 18]:

$$r_{x_i x_j} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_y x_{ik}) - \frac{\sum_{i=1}^n x_y \sum_{i=1}^n x_{ik}}{n}}{\sqrt{\left( \sum_{i=1}^n x_y^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_y)^2}{n} \right) \cdot \left( \sum_{i=1}^n x_{ik}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_{ik})^2}{n} \right)}}. \quad (2.7)$$

Для визначення впливу факторів на відгук був обраний поліном виду:

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^5 b_j x_j + \sum_{j=1}^5 b_{jj} x_j^2 + \sum_{\substack{j,k=1 \\ j \neq k}}^5 b_{jk} x_j x_k. \quad (2.8)$$

Відповідно з завданнями і теоретичними розробками лабораторно-польові досліди передбачали дослідження впливу режимних параметрів шнека-мотовила на втрати насіння соняшнику.

З огляду на значний вплив кожного фактору на обраний критерій, багатofакторну модель експерименту побудували для п'яти чинників:

- коефіцієнта кінематичного режиму роботи мотовила  $\lambda (x_1)$ ;
- довжини відсікача  $L_{отс} (x_2)$ ;
- ширини витка  $H_{вит} (x_3)$ ;
- зазору між кінцевою точкою відсікача і витком шнека жатки  $S_{шнек} (x_4)$ ;
- зазору між кінцевою точкою відсікача і площиною ріжучого апарату  $S_{ра} (x_5)$ .

Дослідивши робочі органи шнека-мотовила згідно матриці проведення експерименту, перевірили однорідність дисперсії дослідів за допомогою критерію Кохрена [16-18]:

$$G = \frac{\sigma_{i md}^2}{\sum_1^n \sigma_i^2}, \quad (2.9)$$

де  $\sigma_i^2 = \frac{\sum_i^{m_n} (y_i - \bar{y})^2}{m_n - 1}$  – дисперсія результатів паралельних дослідів;

$m_i = 3$  – число повторень одного досліду;

$n = 16$  – кількість дослідів;

$v_i$  – втрати при повторенні досліду;

$\bar{y}$  – середні втрати за один дослід.

Для отриманих в ході експерименту результатів для всіх типів відсікачів критерій Кохрена менше табличного значення  $G=0,3346$ . Отже, умова однорідності дисперсії дослідів дотримується.

Для визначення впливу факторів на відгук був обраний поліном виду [16-19]:

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^5 b_j \lambda_j + \sum_{j=1}^5 b_{jj} x_j^2 + \sum_{h=1}^5 b_{hhh} x_h. \quad (2.10)$$

Коефіцієнти даного полінома (табл. 2.1) визначали за методом найменших квадратів в середовищі Matlab [20].

Таблиця 2.1 – Коефіцієнти полінома

Вид коефіцієнта	Прямий відсікач	Відсікач з кутом згину 140°	Відсікач з кутом згину 160°	Дугоподібний відсікач
$b_0$	30,4875	363,62	-154,21	-197,22
$b_1$	-84,769	-132,94	-55,855	-39,024
$b_2$	269,55	302,31	352,14	389,87
$b_3$	179,55	198,84	154,6	230,4
$b_4$	1087,9	1156,2	1193,1	1193,3
$b_5$	869,04	1231	1236,8	1228,7
$b_{11}$	-124,77	-437,33	49,155	103,47
$b_{22}$	215,48	187,53	309,27	349,41
$b_{33}$	69,829	64,911	66,297	97,922
$b_{44}$	80,5	85,121	88,523	88,595
$b_{55}$	64,301	90,66	91,754	91,21
$b_{111}$	60,66	184,61	-20,989	-48,341
$b_{222}$	130,61	102,34	192,21	219,69
$b_{333}$	20,759	18,067	20,19	29,88
$b_{444}$	4,6105	4,8673	5,0743	5,0795
$b_{555}$	3,6827	5,1846	5,2594	5,2293

## 2.2 Визначення оптимальних значень факторів оптимізації

Вирази для першої похідної від функції відгуку по кожному фактору приймуть вид [16]:

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = b_1 + 2b_{11}x_1 + 3b_{111}x_1^2;$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} = b_2 + 2b_{22}x_2 + 3b_{222}x_2^2;$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_3} = b_3 + 2b_{33}x_3 + 3b_{333}x_3^2;$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_4} = b_4 + 2b_{44}x_4 + 3b_{444}x_4^2;$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_5} = b_5 + 2b_{55}x_5 + 3b_{555}x_5^2;$$

Прирівнявши кожен з отриманих виразів до нуля, отримаємо систему рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} b_1 + 2b_{11}x_1 + 3b_{111}x_1^2 = 0 \\ b_2 + 2b_{22}x_2 + 3b_{222}x_2^2 = 0 \\ b_3 + 2b_{33}x_3 + 3b_{333}x_3^2 = 0 \\ b_4 + 2b_{44}x_4 + 3b_{444}x_4^2 = 0 \\ b_5 + 2b_{55}x_5 + 3b_{555}x_5^2 = 0 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} x_1 = \frac{-b_{11} \pm \sqrt{b_{11}^2 - 3b_{111}b_1}}{3b_{111}} \\ x_2 = \frac{-b_{22} \pm \sqrt{b_{22}^2 - 3b_{222}b_2}}{3b_{222}} \\ x_3 = \frac{-b_{33} \pm \sqrt{b_{33}^2 - 3b_{333}b_3}}{3b_{333}} \\ x_4 = \frac{-b_{44} \pm \sqrt{b_{44}^2 - 3b_{444}b_4}}{3b_{444}} \\ x_5 = \frac{-b_{55} \pm \sqrt{b_{55}^2 - 3b_{555}b_5}}{3b_{555}} \end{array} \right. \quad (2.11)$$

Підставимо значення коефіцієнтів в рівняння регресії для кожного виду відсікачів. В результаті отримаємо комбінації чинників, що містять уявні (комплексні) значення [16, 21]. Отже, слід розглянути поведінку функції відгуку в області, обмеженою інтервалами факторів. Оптимальні значення факторів для чотирьох видів відсікачів представили в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Оптимальні значення факторів для чотирьох видів відсікачів

Вид	Прямий відсікач	Відсікач з кутом згину 140°	Відсікач з кутом згину 160°	Дугоподібний відсікач
$x_1$	1,7	1,7	1,7	1,7
$x_2$	0,34	0,34	0,34	0,34
$x_3$	0,15	0,15	0,15	0,15
$x_4$	0,025	0,025	0,025	0,025
$x_5$	0,025	0,025	0,025	0,025
$y$	19	10,33	26,33	37,33

З таблиці 2.2 видно, що з усіх чотирьох видів відсікачів оптимальним є Г-подібний з кутом згину робочої частини до основи  $140^\circ$ , при його використанні значення втрат насіння соняшнику на  $1 \text{ м}^2$  зібраної площі найменше – 0,63%.

Оптимальні значення факторів підставили в відповідні рівняння регресії і отримали 3- і 2-мірні графічні залежності втрат насіння від факторів експерименту. Кожному графіку відповідала одна експериментальна точка.

Рівняння регресії проаналізували з точки зору математичної статистики [21]. Отримані коефіцієнти тісноти зв'язку між функцією відгуку і фактором і коефіцієнти, що показують попарно тісноту зв'язку між факторами, звели в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнтів тісноти зв'язку

Форма відсікача	Критерій	$\lambda(x_1)$	$L_{отс}(x_2)$	$H_{виг}(x_3)$	$S_{шнec}(x_4)$	$S_{pa}(x_5)$
Г-подібний з кутом згину $140^\circ$	$r_{yx1}$	0,0398	0,2232	0,2214	0,9035	0,9097
	$r_{x1x1}$	-	1,5625	2,0833	7,8125	7,8125
	$r_{x2x1}$	1,5625	-	5,2083	19,5313	19,5313
	$r_{x3x1}$	2,0833	5,2083	-	26,0417	26,0417
	$r_{x4x1}$	7,8125	19,5313	26,0417	-	97,6562
	$r_{x5x1}$	7,8125	19,5313	26,0417	97,6562	-
Г-подібний з кутом згину $160^\circ$	$r_{yx1}$	0,0997	0,4912	0,4291	1,7874	1,7905
	$r_{x1x1}$	-	1,5625	2,0833	7,8125	7,8125
	$r_{x2x1}$	1,5625	-	5,2083	19,5313	19,5313
	$r_{x3x1}$	2,0833	5,2083	-	26,0417	26,0417
	$r_{x4x1}$	7,8125	19,5313	26,0417	-	97,6562
	$r_{x5x1}$	7,8125	19,5313	26,0417	97,6562	-
Прямий	$r_{yx1}$	0,1079	0,4605	0,4250	1,7275	1,6314
	$r_{x1x1}$	-	1,5625	2,0833	7,8125	7,8125
	$r_{x2x1}$	1,5625	-	5,2083	19,5313	19,5313
	$r_{x3x1}$	2,0833	5,2083	-	26,0417	26,0417
	$r_{x4x1}$	7,8125	19,5313	26,0417	-	97,6562
	$r_{x5x1}$	7,8125	19,5313	26,0417	97,6562	-
Дугоподібний	$r_{yx1}$	0,1305	0,6576	0,5925	2,3243	2,3221
	$r_{x1x1}$	-	1,5625	2,0833	7,8125	7,8125
	$r_{x2x1}$	1,5625	-	5,2083	19,5313	19,5313
	$r_{x3x1}$	2,0833	5,2083	-	26,0417	26,0417
	$r_{x4x1}$	7,8125	19,5313	26,0417	-	97,6562
	$r_{x5x1}$	7,8125	19,5313	26,0417	97,6562	-

Для оцінки надійності рівняння регресії визначали критерій Фішера [16]:

$$F = \frac{\sigma_{\text{воспр}}^2}{\sigma_{\text{отс}}^2} = \frac{\sum(Y_{x1} - \bar{Y}_x)^2}{m} / \frac{\sum(Y_1 - Y_{x1})^2}{n-m+1}, \quad (2.12)$$

де  $Y_{x1}$  – значення втрат, розраховане по рівнянню регресії;

$\bar{Y}_x$  – середнє значення втрат, отриманих по рівнянню регресії;

$Y_1$  – експериментальне значення втрат;

$m$  – кількість факторів, від яких залежать втрати,  $m = 5$ ;

$n$  – кількість спостережень,  $n = 64$ .

Середня помилка апроксимації [16]:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum \left( \frac{Y_{x_1} - \bar{Y}}{Y_s} \right)^2}{n}, \% \quad (2.13)$$

Попередньо обчислені значення для всіх форм відсікачів звели в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Значення критеріїв Фішера і помилки апроксимації

Показник	Прямий відсікач	Г-подібний відсікач з кутом згину 140°	Г- подібний відсікач з кутом згину 160°	Дугоподібний відсікач
Критерій Фішера	0,978	0,986	0,990	0,989
Помилка апроксимації	0,0109 (1,09%)	0,0376 (3,76%)	0,0079 (0,79%)	0,0033 (0,33 %)

При рівні ймовірності 0,05 і кількості ступенів свободи  $\frac{5}{60}$  [21] табличне значення  $F = 0,99$ .

Значення, представлені в табл. 2.4, показують, що існує тісний зв'язок між експериментальними даними та рівняннями регресії.

### 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1 Експериментальна установка

Програма лабораторно-польових експериментів була реалізована на експериментальній установці (рис. 3.1), що дозволяє проводити дослідження взаємодії мотовила зі стеблостоем соняшнику. Для цього виготовили зразок шнека-мотовила, який встановили замість лопатевого на жатку ЖСК-5,1 для прямого комбайнування зернових. Жатка 1 оснащена стеблепіднімачами 7 і бічними фартухами 8.

Одна друга частина мотовила – експериментальна, на якій гвинтова навивка виготовлена у вигляді нерухомих і знімних сегментів. Це дозволяло в залежності від їх ширини створювати навивку шнека-мотовила за допомогою знімних сегментів, задану чотирма рівнями варіювання, і встановлювати відсікачі.

Рисунок 3.1 – Експериментальна установка: 1 – жатка ЖБК-5.1;  
2 – експериментальний шнек-мотовило; 3 – трубний вал шнека-мотовила;  
4 – нерухомий сектор витка; 5 – знімний сегмент; 6 – змінний відсікач;  
7 – стеблепіднімачі; 8 – бічний фартух; 9 – шнек жатки

Для забезпечення жорсткості установки нерухомих сегментів витка по її довжині на трубному валу шнека-мотовила жорстко кріпилися фіксують упори 1,

що виключають ймовірність зсуву витка від контакту зі стеблостоем соняшнику (рис. А.1 додатку А).

Експериментальний шнек-мотовило 2 складався з трубного валу 3 діаметром 0,32 м, на який за допомогою зварювального з'єднання встановлювали нерухомі сегменти 4 витка шнека, що мають ширину 0,15 м, що дорівнює мінімальному значенню варіювання ширини витка. До сегментам 4 за планом досліджень монтували знімні сегменти 5.

Для дослідження впливу параметрів виносу шнека-мотовила по висоті (зазор між кінцевою точкою відсікача і площиною ріжучого апарату) і по горизонталі (зазор між кінцевою точкою відсікача і витками шнека жатки) планувалося використовувати гідроциліндри 1 підйому мотовила по висоті жатки ЖВС-5 і підтримки 2 шнека-мотовила по повзунам 3 (рис. А.2 додатку А).

Виконання експериментів передувала підготовка експериментальної установки, оснащення її змінними дослідними зразками робочих органів.

Підготовка експериментальної установки включала в себе комплекс заходів з технічного обслуговування силової і гідравлічної частин комбайна, виготовлення змінних сегментів, зразків відсікачів різного виду.

Згідно з прийнятими факторами, виготовляли три зразка знімних сегментів (рис. А.3 додатку А) шириною 0,18; 0,21 і 0,24 м.

Виготовлені сегменти за допомогою сполучення повинні були складати єдину гвинтову навивку, яка охоплювала б експериментальну частину шнека-мотовила. Тому сегментів шириною 0,18 м було виготовлено 7 одиниць, шириною 0,21 – 6 і 0,24 – 6 одиниць.

Для надійного кріплення в знімних сегментах просвердлювали отвори 4 для установки болтів М8, за допомогою яких здійснювалася пружна фіксація знімних сегментів щодо нерухомих, а також приєднання знімних сегментів один до одного (рис. А.4 додатку А). Це дозволило отримати закручену навивку по всій довжині експериментальної частини шнека-мотовила.

Монтаж змінних зразків відсікачів проводили перпендикулярно поверхні трубного валу і кріпили до кронштейнів 4 (рис. А.5 додатку А).

Для виконання серії експериментальних досліджень було виготовлено дослідні зразки трьох видів відсікачів (рис. А.6 додатку А).

Кожен з відсікачів виготовляли довжиною 0,34; 0,38; 0,42 і 0,46 м (рис. А.6 додатку А).

При проведенні експериментальних досліджень ставилося завдання отримати дані про втрати насіння в залежності від взаємодії з робочими органами шнека-мотовила.

Щоб уникнути похибок вимірів числа оборотів шнека-мотовила датчиком комбайна використовували цифровий лазерний тахометр DT-2234C+ (рис. 3.2).

### Рисунок 3.2 – Тахометр цифровий лазерний безконтактний DT-2234C+

Швидкість руху комбайна визначали тахометром. Комбайн рушав з місця, набирав задану швидкість при проходженні відстані 100 м, яке задавалося двома точками, зазначеними на полі.

Рух комбайна знімали на відеокамеру. Вкидання рамки здійснювали за сигналом оператора, після того, як комбайн проходив встановлені 100 м зі швидкістю, що відповідає заданій.

Досліди виконували в такій послідовності. Ширина міжрядь становила 70 см. Поле розбивали на загони шириною 215 м.

Перед початком дослідів, відповідно до плану, на експериментальну установку монтували дослідні зразки – змінні сегменти і відсікачі різної форми і довжини. Для вимірювань використовувалося стандартне вимірювальне обладнання та інструменти.

Запускали двигун комбайна і прогрівали його протягом 5 хв. Після чого оператор направляв комбайн в загінку.

При проведенні експериментальних досліджень з довжинами відсікачів 0,38, 0,42 і 0,46 м для забезпечення заданих зазорів проводився підйом шнека-мотовила

по висоті і його винесення.

Кожен дослід проводили з триразовою повторністю відповідно до плану проведення досліджень. Після кожного дослідження комбайн зупинявся і від'їжджав назад. На поле кидали квадратну рамку і зчитували кількість насіння на  $1 \text{ м}^2$ . Потім обчислювали кількісні втрати насіння за жаткою на  $1 \text{ м}^2$  зібраної площі:

$$\dot{A} = nm_n, \quad (3.1)$$

де  $n$  – втрати насіння, шт;

$m_n$  – середня маса насінини соняшника, г.  $m_n = 0,05$  г.

Втрати насіння на  $1 \text{ м}^2$  зібраної площі у відсотках від біологічної урожайності визначали за формулою:

$$\xi = \frac{E \cdot 100}{q}, \quad (3.2)$$

де  $q$  – питома урожайність насіння на  $1 \text{ м}^2$ , г/м<sup>2</sup>.

Кількісні втрати і обчислений відсоток втрат занесли в табл. Б.1-Б.4 додатку Б дослідних даних.

### 3.2 Методика лабораторно-польових експериментів

Для вирішення завдань, поставлених у ході науково-дослідної роботи, були проведені дослідження, які виконуються методом багатofакторного експерименту.

Визначали параметри розробленого шнека-мотовила жатки для збирання соняшника і його положення щодо різального апарату і шнека жатки.

За критерій оптимізації був обраний показник якості роботи жатки при збиранні соняшнику – втрати насіння.

Основний фактор оптимізації – показник кінематичного режиму  $\lambda$ . Згідно з дослідженнями [21], оптимальним значенням  $\lambda$ , при якому здійснюється збирання соняшнику з мінімальними втратами зерна, є  $\lambda = 1,2-1,9$  [15, 21].

Наступний по значимості фактор – довжина відсікача  $L_{отс}$ . Відсікачем шнека-мотовила захоплюються стебла соняшнику. Тому від показника  $L_{отс}$  залежать довжина ділянки стеблостою, яка захоплюється відсікачем, і втрати насіння. Зі збільшенням довжини ділянки стеблостою, яка захоплюється відсікачем, можливий ефект збивання стебел в пучок, що може привести до додаткового

осипання насіння в результаті контакту стебел один з одним.

Наступним фактором обрана ширина витка шнека-мотовила  $H_{\text{вит}}$  [16, 21].

За допомогою витка шнека-мотовила знижується величина прискорення руху корзинок  $\omega_{\text{кор}}$ , відбувається нахил стебел соняшнику з подальшим укладанням їх таким чином, щоб корзинки виявилися над днищем жатки і насіння обсіпалося на нього.

Однак можна припустити, що зі збільшенням ширини витка підвищується площа його контакту зі стеблами і корзинками соняшнику, що сприяє додатковому осипанню насіння. Крім того, велика ширина витка може привести до дуже раннього захоплення стебел, коли вони знаходяться на деякій відстані від днища жатки, недостатньому для того, щоб насіння обсіпалося саме на днище.

Вибір вторинних факторів, що впливають на значення основних, що визначають оптимальні параметри шнека-мотовила при збиранні соняшнику, здійснювали на основі проведених досліджень, власних спостережень і літературних джерел. Оптимальні значення факторів, встановлені іншими дослідниками, брали постійними або виходячи з умов експерименту.

Так, було встановлено, що на втрати насіння соняшнику впливають:

- відстань між віссю мотовила і витком шнека жатки. Дана величина була досліджена на прикладі жаток з лопатевим мотовилом на збиранні зернових культур. В цьому випадку ключовим фактором, що впливає на якість збирального процесу, є величина зазору між граблинами мотовила і витками шнека жатки. Залежно від умов збирання (характеру стеблостою) значення  $S_{\text{шнек}}$  приймається від 6 до 35 мм. Мінімальна величина  $S_{\text{шнек}} = 6-15$  мм приймається при низькому зрізженому стеблі [13, 18].

Даний фактор також здатний впливати на захоплення стеблостою в потрібному положенні. При збільшенні  $S_{\text{шнек}}$  мотовило виносить в горизонтальному напрямку. В результаті цього захоплення стебел з їх подальшим укладанням можливе не на днище жатки, а на стеблепіднімачі, що призведе до збільшення втрат насіння на  $1 \text{ м}^2$  зібраної площі, так як вони обсіпаючи в простір між стеблепіднімачами.

Більше значення  $S_{\text{шнек}}$  сприятиме і збільшенню довжини відсікача, так як для

дотримання певного зазору мотовило необхідно рухати вперед;

- висота мотовила над площиною ріжучого апарату  $H_{pa}$ . Вплив величини зазору між кінцевою точкою мотовила і площиною ріжучого апарату  $S_{pa}$  на якість збирального процесу було досліджено на прикладі жаток з лопатевим мотовилом на збиранні зернових колосових культур [10, 13]. Мінімальний зазор між граблинами лопатевого мотовила і площиною ріжучого апарату повинен бути не менше ніж 20 мм.

Зі збільшенням  $S_{pa}$  можливе зростання втрат насіння на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі через більшу кількість контактів корзинок з витками шнека-мотовила і трубним валом. Збільшення  $S_{pa}$  також пов'язано з підвищенням довжини відсікача  $L_{отс}$ .

Два останніх фактори – режимні, вони характеризують зазор між кінцевою точкою відсікача і площиною ріжучого апарату і кінцевою точкою відсікача і витком шнека жатки;

- форма відсікача. Відповідно до проведеного огляду захоплювачів жаток для збирання соняшника, оснащених трубним, єдиною формою захоплювачів є Г-подібна. У даних конструкціях також передбачені хомути, якими захоплювачі кріпляться до трубному валу.

При проведенні експериментальних досліджень планується також розглянути вплив кута згину робочої частини відсікача до його основи на втрати насіння, для чого ввели коефіцієнт плеча  $K$ . Він характеризує відношення довжин сторін відсікача (рис. 3.3):

$$K_{плеч} = \frac{\alpha_{us1}}{\alpha_{us2}}. \quad (3.3)$$

Рисунок 3.3 – Довжини сторін відсікачів:  $\alpha_{us1}$  – основа;  $\alpha_{us2}$  – робоча частина

У випадку з Г-подібним відсікачем, який має кут згину робочої частини до

основи  $140^\circ$  приймаємо  $K_{\text{шпеч}} = 0,64$ .

У розробленій конструкції шнека-мотовила виключені хомути. Відсікачі кріпляться безпосередньо до трубного валу шнека-мотовила.

Порівняльна оцінка і аналіз обраних факторів оптимізації дозволяють визначити конструктивні та режимні параметри шнека-мотовила, що сприяють найбільш якісному процесу збирання соняшнику.

Для проведення досліджень були призначені:

- довжина відсікача 0,34; 0,38; 0,42; 0,46 м. Крок варіювання – 0,04 м;
- ширина витка 0,15; 0,18; 0,21; 0,24 м. Крок варіювання – 0,03 м;
- коефіцієнт кінематичного режиму  $\lambda$ . Приймаємо  $\lambda$  виходячи з діапазонів робочих режимів: 1,4; 1,5; 1,6; 1,7 з кроком варіювання 0,1;
- зазор між кінцевою точкою відсікача і витком шнека жатки 0,025; 0,033; 0,041; 0,049 м. Крок варіювання - 0,008 м (8 мм);
- зазор між кінцевою точкою відсікача і площиною ріжучого апарату 0,025; 0,033; 0,041; 0,049 м. Крок варіювання - 0,008 м (8 мм).
- форма відсікачів: Г-подібна з кутом згину робочої частини до основи  $140^\circ$ ; Г-подібна, з кутом згину робочої частини до основи  $160^\circ$ ; пряма (без кута згину); дугоподібна з радіусом заокруглення, рівним довжині відсікача.

Дослідженням контакту стебел і корзинок соняшнику з фрагментом трубного валу мотовила було встановлено, що на величину обсіпання насіння впливає діаметр трубного валу мотовила  $D_{\text{вал}}$ .

Величину  $D_{\text{вал}}$  приймаємо постійною, рівною 0,32 м, згідно з проведеними раніше дослідженням.

Загальний діаметр шнека-мотовила буде складатися:

$$D_{\text{ш-м}} = D_{\text{вал}} + 2L_{\text{отс}} \quad (3.4)$$

Зі збільшенням  $L_{\text{отс}}$  виникає необхідність в підйомі шнека-мотовила і винесенні його вперед для дотримання зазорів  $S_{\text{ра}}$  між кінцевою точкою відсікача і площиною ріжучого апарату і  $S_{\text{шпек}}$  між кінцевою точкою відсікача і витком шнека жатки.

Для дослідження впливу величини зазору були прийняті 4 рівня з кроком варіювання 8 мм.

Відповідно, відстань від центру трубного валу шнека-мотовила до витка шнека жатки і площини ріжучого апарату буде змінюватися в залежності від величини зазорів:

$$H_{\text{шнек(ра)}} = R_{\text{вал}} + L_{\text{отс}} + S_{\text{шнек(ра)}}, \quad (3.5)$$

де  $R_{\text{вал}}$  – радіус трубного валу шнека-мотовила, м,  $R_{\text{вал}} = \text{const} = 0,16$  м;

$L_{\text{отс}}$  – довжина відсіку, м;

$S_{\text{шнек(ра)}}$  – зазор між кінцем відсіку і витками шнека жатки (площина ріжучого апарату).

Для забезпечення заданої міжосьової відстані з урахуванням величини зазору і визначення діаметра шнека-мотовила скористаємося таблицею 3.1.

Таблиця 3.1 – Відстань від осі шнека-мотовила до витка шнека жатки і площині ріжучого апарату

Показник	Кроки варіювання, м			
	1-й	2-й	3-й	4-й
$L_{\text{отс}}$	0,34			
$S_{\text{шнек(ра)}}$	0,025	33	41	49
$D_{\text{ш-м}}$	0,66			
$H_{\text{шнек(ра)}}$	0,525	0,533	0,541	0,549
$L_{\text{отс}}$	0,38			
$S_{\text{шнек(ра)}}$	0,025	0,033	0,041	0,049
$D_{\text{ш-м}}$	0,7			
$H_{\text{шнек(ра)}}$	0,565	0,573	0,581	0,589
$L_{\text{отс}}$	0,42			
$S_{\text{шнек(ра)}}$	0,025	0,033	0,041	0,049
$D_{\text{ш-м}}$	1,28			
$H_{\text{шнек(ра)}}$	0,605	0,613	0,621	0,629
$L_{\text{отс}}$	0,46			
$S_{\text{шнек(ра)}}$	0,025	0,033	0,041	0,049
$D_{\text{ш-м}}$	0,78			
$H_{\text{шнек(ра)}}$	0,645	0,653	0,661	0,669

Величиною  $H_{\text{вит}}$ , в рівнянні 3.5 нехтуємо, так як відсікач кріпиться до трубному валу мотовила.

Показник кінематичного режиму  $\lambda$  визначаємо з відношення:

$$\lambda = \frac{v_0}{v_{\text{комб}}}, \quad (3.6)$$

де  $v_0$  – окружна швидкість шнека-мотовила жатки, /с;

$v_{\text{комб}}$  – лінійна швидкість руху комбайна, м/с.

У нашому випадку поставлена задача встановлення оптимальних  $L_{отс}$  і  $H_{вит}$  для обраної постійної величини  $D_{вал}$ . Очевидно, що для кожного із значень ряду  $D_{ш-м}$  величина  $\lambda$  буде змінюватися, відповідно формулі 3.4.

Окружна швидкість шнека-мотовила:

$$v_0 = \frac{\pi D_{ш-м} n}{60}, \quad (3.7)$$

де  $n$  – частота обертання шнека-мотовила,  $хв^{-1}$ .

Тому підбір ряду значень  $\lambda$  для кожного  $R_{ш-м}$  здійснюється індивідуально, виходячи з умов збирання та технологічної можливості комбайна.

## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

### 4.1 Результати лабораторно-польових досліджень

У відповідності з поставленими завданнями і теоретичними розробками лабораторно-польові експерименти передбачали дослідження впливу конструктивно-режимних параметрів і параметрів регулювання шнека-мотовила на втрати насіння соняшнику при збиранні.

Рівняння регресії для визначення втрат насіння  $\zeta$  на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі наступні [16, 22]:

- для прямого відсікача:

$$\begin{aligned} \xi = & 60,66\lambda^3 + 130,61L_{\text{від}}^3 + 20,759H_{\text{вип}}^3 + 4,6105S_{\text{шнек}}^3 + 3,6827S_{\text{ра}}^3 - \\ & - 124,77\lambda^2 + 215,48L_{\text{від}}^2 + 69,829H_{\text{вип}}^2 + 80,5S_{\text{шнек}}^2 + 64,301 S_{\text{ра}}^2 - \\ & - 84,769\lambda + 269,55L_{\text{від}} + 179,55H_{\text{вип}} + 1087,9S_{\text{шнек}} + 869,04S_{\text{ра}} + 30,4875 \end{aligned} \quad (4.1)$$

- для дугоподібного відсікача:

$$\begin{aligned} \xi = & -48,34\lambda^3 + 219,69L_{\text{від}}^3 + 29,88H_{\text{вип}}^3 + 5,0795S_{\text{шнек}}^3 + 5,2293S_{\text{ра}}^3 + \\ & + 103,47\lambda^2 + 349,41L_{\text{від}}^2 + 97,922H_{\text{вип}}^2 + 88,595S_{\text{шнек}}^2 + 91,21 S_{\text{ра}}^2 - \\ & - 39,024\lambda + 398,87L_{\text{від}} + 230,4H_{\text{вип}} + 1193,3S_{\text{шнек}} + 1228,7S_{\text{ра}} - 197,22 \end{aligned} \quad (4.2)$$

- для Г-подібного відсікача з кутом згину 140°:

$$\begin{aligned} \xi = & 184,61\lambda^3 + 102,34L_{\text{від}}^3 + 8,067H_{\text{вип}}^3 + 4,8673S_{\text{шнек}}^3 + 5,1846S_{\text{ра}}^3 - \\ & - 437,33\lambda^2 + 187,53L_{\text{від}}^2 + 64,911H_{\text{вип}}^2 + 85,121S_{\text{шнек}}^2 + 90,66 S_{\text{ра}}^2 - \\ & - 132,94\lambda + 302,31L_{\text{від}} + 198,84H_{\text{вип}} + 1156,2S_{\text{шнек}} + 1231S_{\text{ра}} + 363,62 \end{aligned} \quad (4.3)$$

- для Г-подібного відсікача з кутом згину 160°:

$$\begin{aligned} \xi = & -20,989\lambda^3 + 192,21L_{\text{від}}^3 + 20,19H_{\text{вип}}^3 + 5,0743S_{\text{шнек}}^3 + 5,2594S_{\text{ра}}^3 - \\ & + 49,155\lambda^2 + 309,27L_{\text{від}}^2 + 66,297H_{\text{вип}}^2 + 88,523 S_{\text{шнек}}^2 + 91,754 S_{\text{ра}}^2 - \\ & - 55,855\lambda + 352,14L_{\text{від}} + 154,6H_{\text{вип}} + 1193,1S_{\text{шнек}} + 1236,85S_{\text{ра}} - 154,21 \end{aligned} \quad (4.4)$$

## 4.2 Вплив конструктивних параметрів шнека-мотовила на втрати насіння

Результати експериментальних досліджень представлені в табл. Б.1-Б.4 додатку Б. За рівнянням регресії (4.1) - (4.4) будували графічні залежності, для відсікачів Г-подібної форми з кутом згину робочої частини  $\chi=140^\circ$ , що описують вплив параметрів шнека-мотовила на втрати насіння соняшнику на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі (рис. 4.1-4.2).

Рисунок 4.1 – Залежність втрат насіння соняшнику  $\zeta$ , %, від довжини відсікача  $L_{отс}$  і коефіцієнта кінематичного режиму  $\lambda$  для Г-подібних відсікачів з кутом згину робочої частини до основи  $\chi=140^\circ$

З графічної залежності видно, що збільшення показника кінематичного режиму  $\lambda$  від 1,4 до 1,7 при довжині  $L_{отс}=0,34$  м відбувається зниження втрат насіння  $\zeta$ , на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі з 2,28 до 0,8%. Зменшення втрат насіння при зростанні показника кінематичного режиму  $\lambda$  спостерігається і при інших довжинах відсікача.

Однак при пробному підвищенні коефіцієнта кінематичного режиму  $\lambda$  більше 1,7 якість роботи мотовила погіршилася через забивання стеблами ріжучого апарату і стеблепіднімача.

Так, при довжині відсікача  $L_{отс}=0,38$  м і збільшенні коефіцієнта  $\lambda$  втрати насіння знижуються з 2,85 до 1,82%. При довжині  $L_{отс}=0,42$  м і підвищенні

коефіцієнта кінематичного режиму  $\lambda$  відбувається зниження втрат насіння з 3,2 до 2,05 % на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі.

При максимальній довжині відсікача  $L_{отс}=0,46$  м і  $\lambda=1,4$  втрати насіння соняшнику  $\zeta$  мають максимальне значення і становлять 5,13% від біологічної урожайності. Але при більшому значенні коефіцієнта кінематичного режиму  $\lambda$  втрати зменшуються до 3,47 %.

Це пояснюється тим, що збільшення коефіцієнта кінематичного режиму  $\lambda$  призводить до підвищення окружної швидкості обертання мотовила  $v_a$  і лінійної швидкості руху комбайна  $v_{комб}$ . В результаті відбувається більш швидке захоплення стеблостою соняшнику і насіння не встигають обсіпатися на ґрунт. Якщо осипання і відбувається в процесі взаємодії відсікачів зі стеблами або кошиками, то насіння обсіпаються на днище жатки.

Зі зменшенням довжини відсікача  $L_{отс}$  втрати насіння на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі знижуються. Так, при  $L_{отс} = 0,34$  і  $\lambda = 1,7$  м втрати насіння мінімальні – менше 0,7 % від біологічної урожайності. Зі збільшенням довжини відсікача спостерігається зростання втрат насіння. При  $L_{отс} = 0,38$  м і  $\lambda = 1,7$  втрати насіння складають 1,14%, при  $L_{отс} = 0,42$  і  $\lambda = 0,46$  м – відповідно 2,05 і 3,1%.

Зростання втрат насіння зі збільшенням довжини відсікача відповідно до заданих рівнями варіювання пояснюється тим, що з установкою відсікача більшої довжини стає більший зазор між кінцевою точкою відсікача і навивкою шнека жатки  $S_{шнecк}$ , що призводить до виносу шнека-мотовила в горизонтальному напрямку на величину, рівну різниці між довжинами відсікачів, в результаті чого відбувається передчасне захоплення стеблостою соняшнику з подальшим його укладанням не на днище жатки, а на стеблепіднімачі, в простір між якими обсіпаються насіння.

Зі збільшенням довжини відсікача  $L_{отс}$  необхідно піднімати шнек-мотовило по висоті для забезпечення заданої величини зазору між кінцевою точкою відсікача і площиною ріжучого апарату  $S_{pa}$ . У результаті цього збільшується кількість

корзинок, взаємодіючих з трубним валом шнека-мотовила, що призводить до додаткового осипання насіння.

Крім того, технологічно відсікач більшої довжини захоплює більшу кількість стебел соняшнику, внаслідок чого відбувається контакт між сусідніми кошиками і виникає додаткове осипання насіння.

Рисунок 4.2 – Залежність втрат насіння соняшнику  $\zeta$ , %, від ширини витка  $H_{\text{вит}}$  і коефіцієнта кінематичного режиму  $\lambda$  для Г-подібних відсікачів з кутом згину робочої частини до основи  $\chi=140^\circ$

Фізично це можна пояснити тим, що при збільшенні величини  $H_{\text{вит}}$  зменшується довжина робочої частини відсікача (тієї, яка виходить за навивку). Це перешкоджає повноцінному захопленню стебел, так як в процесі їх захоплення підведення до ріжучого апарату відсікач задіяний в повному обсязі, в результаті стебла вислизають з відсікача і потрапляють або на трубний вал шнека-мотовила, або під вплив витка.

Слід зазначити, що зі збільшенням  $H_{\text{вит}}$  кількість вислизаючих з відсікачів стебел зростає, що і призводить до великих втрат насіння.

Крім того, зі збільшенням  $H_{\text{вит}}$  підвищується площа контакту стеблостою з навивкою шнека-мотовила, що також сприяє осипання насіння. При цьому при укладанні стебел виникає додатковий контакт корзинок з сусіднім витком, що збільшує осипання насіння.

Однак зменшення ширини витка нижче оптимального значення 0,15 м може призвести до втрати функціональних можливостей шнека-мотовила. У цьому

випадку висока ймовірність того, що укладання стебел навивкою на днище жатки буде здійснюватися в повному обсязі і вони залишаться на стеблепіднімачі. Можлива також укладання тільки частини стебел, що захоплюються відсікачами.

Таким чином, оптимальною шириною витка  $H_{\text{вит}}$  слід вважати 0,15 м. При цьому значенні кількість втрат насіння соняшнику на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі є мінімальним і складає 0,63 %, що відповідає технічним завданням на збирання соняшнику, відповідно до якого втрати не повинні перевищувати 2,5 %.

### 4.3 Вплив параметрів регулювання положення шнека-мотовила на втрати насіння

Параметрами регулювання положення шнека-мотовила є зазори між кінцевою точкою відсікача і навивкою шнека жатки, а також площиною ріжучого апарату  $S_{\text{ра}}$ . Як показують графічні залежності (рис. 4.3-4.4), зміна даних параметрів здатна впливати на втрати насіння соняшнику.

Так, при фіксованих параметрах величин  $L_{\text{отс}} = 0,34\text{ м}$ ,  $H_{\text{вит}} = 0,15\text{ м}$ ,  $S_{\text{ра}} = 0,025\text{ м}^2$  і збільшенні зазору між кінцевою точкою відсікача і навивкою шнека жатки  $S_{\text{шнек}}$ , при заданих рівнях варіювання відбувається зростання втрат насіння соняшнику на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі з 0,63 до 1,25% (рис. 4.3).

Рисунок 4.3 – Залежність втрат насіння соняшнику  $\zeta$ , %, від відстані між кінцевою точкою відсікача і навивкою шнека жатки  $S_{\text{шнек}}$  і від коефіцієнта кінематичного режиму  $\lambda$  для Г-подібного відсікача з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 140^\circ$

При зміні коефіцієнта кінематичного режиму  $\lambda$  з 1,4 до 1,7 втрати насіння зменшуються.

При збільшенні зазору  $S_{\text{шнек}}$ , як і довжини відсікача  $L_{\text{отс}}$ , відбувається винос шнека-мотовила в горизонтальному напрямку, що перешкоджає укладанню стебел таким чином, щоб осипання відбувалося на днище жатки. Стебла, захоплені відсікачами і навивкою шнека, укладаються на стеблепіднімачі, що призводить до осипання насіння на ґрунт (в простір між стеблепіднімачами). В ході експерименту також спостерігалось, що частина зрізаного стеблостою залишається на стеблепіднімачі, тобто відбувається їх забивання.

Таким чином, оптимальним розміром зазору між кінцевою точкою відсікача і навивкою шнека жатки слід вважати 0,025 м. При цьому втрати насіння на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі становлять 0,63%, що відповідає вимогам технічного завдання на збирання соняшнику.

Рисунок 4.4 – Залежність втрат насіння соняшнику  $\zeta$ , %, від відстані між кінцевою точкою відсікача і площиною ріжучого апарату  $S_{\text{ра}}$  і від коефіцієнта кінематичного режиму  $\lambda$  для Г-подібного відсікача з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 140^\circ$

Аналіз залежності (рис. 4.4) показав, що при зменшенні зазору між кінцевою точкою відсікача і площиною ріжучого апарату  $S_{\text{ра}}$  втрати насіння соняшнику на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі зменшуються з 4,05 до 0,63%. В цьому випадку відбувається винос шнека-мотовила в вертикальному напрямку, в результаті чого частина стебел з кошиками не проштовхується відсікачами до шнека жатки і залишається на

площині ріжучого апарату. Під впливом відсікачів відбувається поступове вимолочування насіння.

При зміні показника кінематичного режиму  $\lambda$  з 1,4 до 1,7 і мінімальному значенні  $S_{pa}=0,025$  м втрати насіння соняшнику на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі зменшуються з 2,25 до 0,63%.

#### 4.4 Вплив форми відсікачів на втрати насіння

За рівнянням регресії (4.4) були побудовані графічні залежності для відсікача Г-подібної форми з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 160^\circ$  (рис. В.1-В.2 додатку В), з аналізу яких слідує, що кут згину робочої частини відсікача значно впливає на втрати насіння соняшнику.

При збільшенні кута згину робочої частини основи  $\chi$  зі  $140^\circ$  до  $160^\circ$  втрати насіння соняшнику зростають. Причиною цього є відігнута робоча частина відсікача меншої довжини. Внаслідок цього відбувається недостатнє захоплення стебел, їх вислизання з-під відігнутої робочої частини відсікача і зрізання ріжучим апаратом. Після цього стебла падають на стеблепіднімачі пристосування і або захоплюються сусіднім відсікачем і подаються до шнека жатки, або залишаються на стеблепіднімачі. В результаті чого насіння обсипається в простір між стеблепіднімачами.

Втрати насіння на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі при використанні Г-подібного відсікача з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 160^\circ$  в порівнянні з Г-подібним відсікачем, що має довжину  $L_{отс} = 0,34$  м, склали 0,39 і 0,98% при  $\lambda = 1,4$  і  $\lambda = 1,7$  відповідно.

Як показують дослідження, зі збільшенням зазору між кінцевою точкою відсікача і витком шнека жатки  $S_{шнек}$  і площиною ріжучого апарату  $S_{pa}$  втрати насіння на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі так само, як і при використанні відсікача Г-подібної форми з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 140^\circ$ , зростають через винесення шнека-мотовила вперед і його підйому по висоті.

Графічні залежності впливу конструктивних параметрів і параметрів

регулювання шнека-мотовила на втрати насіння соняшнику для відсікача прямої форми побудовані за залежністю (4.1) представлені на рис. В.3-В.4 додатку В.

Аналіз залежностей показує, що як і в описаних випадках, оптимальним значенням є  $\lambda=1,7$ .

При збільшенні  $\lambda$  від 1,4 до 1,7 і зменшенні довжини відсікача  $L_{отс}$  втрати насіння на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі соняшнику знижуються.

Однак з аналізу залежностей випливає, що якість роботи шнека-мотовила, оснащеного відсікачем прямої форми, нижче, ніж відсікачем, що мають Г-подібну форму з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 140^\circ$ , але вище, ніж відсікачем Г-подібної форми з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 160^\circ$ .

Так, мінімальні втрати насіння при довжині відсікача  $L_{отс} = 0,34$  м і показнику кінематичного режиму  $\lambda = 1,7$  становлять 1 %, при використанні відсікачів, що мають Г-подібну форму з кутом згину  $\chi = 160^\circ$  і  $\chi = 140^\circ$  – відповідно 2,1 і 0,8 %.

Незначне підвищення втрат насіння при використанні відсікача прямої форми пояснюється тим, що, така форма не дозволяє відсікачу якісно захопити стебла і підвести їх до ріжучого апарату. Частина стебел вислизає з прямого відсікача, зрізається ріжучим апаратом і передається або до шнек жатки, або залишається на її стеблепіднімачі.

Аналіз залежності втрат насіння від ширини витка шнека-мотовила також показав, що зі збільшенням ширини витка втрати насіння зростають. Мінімальні втрати – 0,8 % від біологічної урожайності. При використанні відсікача Г-подібної форми з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 160^\circ$  втрати становлять 1,25%, з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 140^\circ$  – 0,63%.

Втрати при зміні величини зазорів  $S_{шнек}$  і  $S_{ра}$  мінімальні – 0,7 %, що також значно більше, ніж у відсікача Г-подібної форми з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 140^\circ$ , і менше, ніж у відсікача з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 160^\circ$ .

При оптимальному значенні  $\lambda = 1,7$  і збільшенні довжини  $L_{отс}$  з 0,34 до 0,46 м втрати насіння збільшуються від 4,5 до 9,45 %, що не відповідає даним технічного

завдання на збирання соняшнику.

Зі збільшенням ширини витка шнека-мотовила  $H_{\text{вит}}$  з 0,15 до 0,24 м при значенні  $\lambda = 1,7$  втрати змінюються від 3,2 до 5,85 %, що також перевищує дані технічного завдання.

При значенні показника кінематичного режиму  $\lambda = 1,7$  і збільшенні зазору між кінцевою точкою відсікача і витком шнека жатки  $S_{\text{шнек}}$  від 0,025 до 0,049 м втрати насіння зростають від 2 до 3,63%.

При зазорі між кінцевою точкою відсікача і площиною ріжучого апарату  $S_{\text{ра}}$  0,025-0,049 м втрати насіння складають від 2 до 7,2%.

Результати досліджень дозволяють зробити висновок, що найбільш оптимальною формою відсікача є Г-подібна з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 140^\circ$ .

Оптимальними геометричними параметрами, при яких втрати насіння соняшнику на 1 м<sup>2</sup> зібраної площі складають 0,63% є:

- довжина відсікача  $L_{\text{отс}} = 0,34$  м;
- ширина витка  $H_{\text{вит}} = 0,15$  м;
- зазор між кінцевою точкою відсікача і витком шнека жатки  $S_{\text{шнек}} = 0,025$  м;
- зазор між кінцевою точкою відсікача і площиною ріжучого апарату  $S_{\text{ра}} = 0,025$  м.

#### Висновки за результатами експериментальних досліджень

1. Визначено фізико-механічні властивості корзинок і насіння соняшнику в залежності від основних параметрів робочих органів розроблюваного шнека-мотовила.

2. Як показують результати досліджень, на втрати насіння впливають конструктивні параметри шнека-мотовила і його положення щодо осі шнека жатки і площини ріжучого апарату.

3. Оптимальною формою відсікача, яка забезпечує мінімальний відсоток втрат насіння, слід вважати Г-подібну з кутом згину робочої частини до основи

$\chi = 140^\circ$ . При цій величині і показнику кінематичного режиму  $\lambda = 1,7$  втрати насіння складають 0,63% від біологічної урожайності.

4. Зі збільшенням довжини відсікача  $L_{отс}$  будь-якої форми втрати насіння зростають. Збільшення довжини відсікача Г-подібної форми з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 140^\circ$  можливо до величини 0,42 м.

5. Зі збільшенням ширини витка шнека-мотовила  $H_{вит}$  втрати насіння зростають. Оптимальним значенням ширини витка мотовила  $H_{вит}$  є 0,15 м. У цьому випадку втрати насіння мінімальні і становлять 0,63 %.

6. При збільшенні зазору між кінцевою точкою відсікача і витком шнека жатки  $S_{шнек}$ , а також між кінцевою точкою відсікача і площиною ріжучого апарату  $S_{ра}$  втрати насіння збільшуються з 0,63 до 4,05%. Оптимальним значенням зазорів є 0,025 м.

7. Зі зменшенням показника кінематичного режиму  $\lambda$  втрати насіння соняшнику збільшуються. При  $\lambda > 1,7$  спостерігалось забивання ріжучого апарату і стеблепіднімачів стеблами соняшнику. Оптимальним значенням  $\lambda$  слід вважати 1,7.

## 5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБОК

### 5.1 Екологічна експертиза

Екологічна експертиза являє собою врегульовану нормами діяльність експертів по аналізу, перевірці і оцінці документації об'єктів і рішень, на їх відповідність правилам і вимогам охорони навколишнього середовища і раціонального природокористування в цілях попередження можливих негативних наслідків для навколишнього середовища.

Цілі екологічної експертизи [23]:

- забезпечення наукового визначення відповідності проектних рішень сучасним екологічним вимогам перед їх затвердженням в компетентних державних органах;
- попередження можливого негативного втручання на екосистему функціонуючих і проектних об'єктів в процесі її реалізації.

Громадська екологічна експертиза може здійснюватися в будь-якій сфері діяльності, що потребує екологічного обґрунтування, за ініціативою громадських організацій чи інших громадських формувань. Громадська екологічна експертиза може здійснюватися одночасно з державною екологічною експертизою шляхом створення на добровільних засадах тимчасових або постійних еколого-експертних колективів громадських організацій чи інших громадських формувань.

Еколого-експертний процес складається з трьох основних етапів [23]:

- підготовчого, або перевірки необхідних даних, представлених проектних матеріалів і їх відповідності до законодавства;
- основного, або аналітичної обробки даних по об'єктах експертизи;
- заключного, або підведення результату і оцінці даних і складання акту.

Мета екологічної експертизи - запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на природне середовище та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях та об'єктах.

Технологія сільськогосподарського виробництва має базуватися на

екологічно-обґрунтованих раціональних нормах [23].

Відповідно до теми роботи об'єктом забруднення навколишнього середовища є зернозбиральні комбайни. Тому, в них проводиться комплекс заходів по захисту довкілля від негативного впливу транспорту.

Діяльність автотракторного парку в тому числі і території де знаходиться він, а особливо паливно-мастильні матеріали, впливає на стан оточуючого середовища, тому ми пропонуємо деякі заходи по попередженню забруднення навколишнього середовища.

В тракторних бригадах джерелом виходу забруднюючих речовин в атмосферу є обладнання, яке встановлене на території: майстерні, цистерни та склади для зберігання паливно-мастильних матеріалів, заправні колонки.

В стандарті праці «Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги», в якому регламентується допустимий вміст шкідливих речовин в перерахованих джерелах: сірчаний ангідрид - 10мг/м, оксид вуглецю - 20 мг/м, двооксид азоту - 5 мг/м, тверді речовини - 1 мг/м.

В зв'язку з цим для забезпечення чистоти повітря, крім діючої вентиляції у приміщеннях, пропонуємо встановити пристрій для очищення повітря від забруднюючих речовин. Для очищення повітря пропонуємо до загальної системи вентиляції додати циліндричний циклон ЦН-15, який очищує повітря.

Пропонуємо застосовувати місцеву вентиляцію з очищенням повітря у сопловому вихровому пиловловлювачі. Він добре очищає повітря від дрібнодисперсних частинок, розміром менше 3 мкм. Джерелом забруднення ґрунту і ґрунтових вод є ПММ, заправне обладнання, санвузол, так на них проводяться викиди забруднюючих рідин у каналізацію.

Стічні води підлягають взаємній нейтралізації шляхом змішування їх у фільтрі відстійнику, а потім пропусканню їх крізь розчин вапна, де вони повністю нейтралізуються і направляються в живильний басейн для можливого повторного їх використання. Стічні води містять консистентні мастила, дизпаливо, етиленгліколь, луґи та інші речовини. Вони мають РН=9-10,5, хімічний кисень в межах 9-5 г/л і 10-16 г/л емульсійних масл. Ці стічні води направляються в

загальний колектор, а потім очищатися на двох установках. Стічні води з санвузлів направляються у спеціальні фільтри - відстійники, де вони підлягають хлоруванню. Відпрацьовані технічні рідини та мастила, відстої дизельного пального зливають окремо в спеціальні герметичні ємності, в яких вони відстоюються на протязі двох місяців. Потім зливають в автоцистерну і транспортують на пункт збирання відпрацьованих мастил і технічних рідин нафтобази. Так як зараз відбуваються перебої з вивозом цих рідин, то пропонуємо слідкувати за регулярністю вивозу, не допускати розливання їх на ґрунт.

Отже, дані заходи забезпечать мінімальний вплив на екологічну систему при технічному обслуговуванні техніки в тракторній бригаді.

## **5.2 Охорона праці**

### **5.2.1 Актуальність проблеми безпеки людини у виробничому середовищі**

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому покращенню умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Умови праці - це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва [25].

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва - важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних

засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

### **5.2.2 Технічний регламент та вимоги безпеки при технічному обслуговуванні автотракторного парку**

1. До роботи трактористом (водієм) допускають осіб, які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, інструктажі з питань охорони праці (вступний та первинний на робочому місці) навчання по затвердженій програмі, перевірку знань кваліфікаційною комісією та одержали посвідчення на право управління транспортним засобом.

2. Повторний інструктаж тракторист (водій) повинен проходити 1 раз у 3 місяці, повторну перевірку знань, після попередньої перепідготовки - через 12 місяців.

3. Забороняється приступати до роботи в хворобливому стані, та стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння.

4. Під час виконання робіт можливі наступні небезпечні та шкідливі фактори, що проявляють дії на тракториста (водія):

- падіння людини, падіння предметів на людину;
- наїзд автотранспорту;
- незахищені рухомі елементи машин;
- недостатнє або надмірне освітлення робочого місця;
- запыленість та загазованість відпрацьованими газами;
- шум та вібрація на робочому місці.

5. Згідно до «Норм безкоштовного видавання спецодягу, спецвзуття та запобіжних пристосувань» трактористові (водієві) належать наступні засоби індивідуального захисту:

- комбінезон бавовняний для захисту від механічних пошкоджень та виробничих забруднень, черевики юхтові на шкіряній або гумовій підшві, рукавиці комбіновані.

Зимом додатково: куртка бавовняна з утепленою прокладкою та штани на

утепленій прокладці.

6. Під час експлуатації транспортного засобу водій повинен дотримуватись вимог інструкцій по експлуатації його та пожежної безпеки.

7. Тракторист (водій) повинен дотримуватись вимог правил виробничої санітарії та особистої гігієни.

8. Особи, що порушили вимоги інструкції, несуть дисциплінарну відповідальність, згідно чинного законодавства за винятком випадків, коли порушення вимог тягне кримінальну відповідальність.

### **5.2.3 Аналіз формування травмонебезпечних ситуацій**

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які [26]:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;
- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактору визначається як травма.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у

подальшому ці явища будуть описуватись паралельно.

Висновки та пропозиції.

За умов складання на підприємстві планів попередження, а у разі виникнення локалізації і ліквідації пожеж, а також проведення тренувань серед персоналу можна уникнути виникнення надзвичайної ситуації або її важких наслідків.

Для того щоб на підприємстві трапилося менше випадків які закінчуються травмами необхідно дотримуватись наступних заходів:

1. Забезпечити видання стандартних розмірів спецодягу та головних уборів.
2. Забезпечити біля кожного робочого місця наявність інструкції по вимогам безпеки та знаки з попереджувальними написами.
3. Забезпечити зменшення загазованості повітря в ремонтній майстерні.
4. Обладнати приміщення для проведення інструктажів та навчання працівників з питань охорони праці.
5. Організувати постійний контроль за станом охорони праці.
6. Поновити електроізоляцію.

Виконання запропонованих заходів сприятиме зниженню ризику небезпек, що призведе до зниження рівня виробничого травматизму.

### **5.3 Техніко-економічна оцінка використання розробки**

Розроблений шнек-мотовило може виконувати збирання соняшнику з кращою якістю в порівнянні з існуючими аналогами.

Збиральний агрегат з жаткою, оснащеної шнеком-мотовилом, можна використовувати в прогресивних технологіях збирання соняшника.

Для оцінки якості роботи зіставляли технологічні карти вирощування і збирання соняшнику в господарствах.

Розрахунки техніко-економічних показників проводили за методикою дипломного проектування, а також використовуючи відповідні програми на ЕОМ.

Річну економію загальної суми витрат визначали за формулою [27]:

$$E_{\text{річ}} = (C_{\text{п}} - C_{\text{пр}})Q, \quad (5.1)$$

де  $E_{\text{річ}}$  – річна економія загальної суми витрат, грн.;

$C_{\text{п}}$  – собівартість продукції, яка отримана по базовій технології, грн./ц.

$C_{\text{пр}}$  – собівартість продукції, яка отримана по технології яка проектується, грн./ц.

Економічна ефективність культур, що мають товарне значення, виражається в отриманні додаткового прибутку за рахунок збільшення валового збору і зниження собівартості 1 ц соняшнику, прибраного з проектованої технології, а також у підвищенні рівня рентабельності.

Прибуток від реалізацій товарної продукції визначали за формулою [27]:

$$P_{\text{пр}} = (Ц - C_{\text{б}})T_n, \quad (5.2)$$

де  $P$  – сума прибутку, грн.;

$Ц$  – ціна реалізації, грн./ц.;

$C_{\text{б}}$  – собівартість 1 ц товарної продукції, грн.;

$T_n$  – кількість товарної продукції, ц;

$P_{\text{б}}$  – сума прибутку господарства від базової технології, грн.;

$P_{\text{пр}}$  – сума прибутку від технології яка проектується, грн.

Розраховували суму прибутку від базової і проектованої технологій, потім суму додаткового прибутку від проектованої технології [27]:

$$D_n = P_{\text{пр}} - P_{\text{б}}. \quad (5.3)$$

Крім додаткового прибутку обчислювали рівень рентабельності проектованої і базової технологій:

$$P_p = P/C_{\text{зв}} \cdot 100, \quad (5.4)$$

$$P_{\text{рб}} = 70,5 \%, P_{\text{рпр}} = 95,4 \%,$$

де  $P$  – прибуток, грн.;

$P_{\text{рб}}$  – рівень рентабельності базової технології, %;

$P_{\text{рпр}}$  – рівень рентабельності технології, яка проектується, %;

$C_{\text{зв}}$  – загальні витрати на виробництво продукції, грн.

Для розрахунку економічної ефективності пропонованого шнека-мотовила порівнювали проектовану конструкцію з жаткою ЖБК-5. Для оцінки економічної

ефективності обчислювали показники, що характеризують зниження витрат праці і коштів, підвищення продуктивності праці, окупності капіталовкладень при впровадженні конструкторської розробки у виробництво.

Розраховували заробітну плату робітників, які виготовили модернізований шнек-мотовило до жнивирці ЖБК-5:

$$C_k = C_{zn} + C_m + C_{np}, \quad (5.5)$$

де  $C_{zn}$  – фонд заробітної плати, грн.;

$C_m$  – собівартість матеріалів, грн.;

$C_{np}$  – приведені витрати, грн.

Загальну трудомісткість виготовлення шнека-мотовила до жатки ЖБК-5 визначали як суму трудомісткості однієї одиниці на їх кількість (табл. 5.1) [27].

Таблиця 5.1 – Трудомісткість виготовлення

Найменування робіт	Трудомісткість, люд.-год	Тарифна ставка, грн./год	Всього
Свердлильні	30	48,00	1440
Токарні	28	48,00	1344
Фрезерні	18	48,00	864
Зварювальні	38	48,00	1824
Слюсарні	15	48,00	720
Разом			6192

Фонд заробітної плати з урахуванням додаткової заробітної плати і відрахувань на соціальні потреби становив визначали за довідковими даними [27].

Наведені витрати склали 200% від заробітної плати  $C_{zn}$ , грн.:

$$C_{np} = 2C_{zn}, \quad (5.6)$$

Годинну експлуатаційну продуктивність МТА розраховували по залежності [27]:

$$W_{год} = 0,1B_p v_p \tau, \quad (5.7)$$

$$W_{год_{дп}} = 3,55 \text{ га/год.}$$

$$W_{год_6} = 2,6 \text{ га/год.}$$

де  $B_p$  – ширина захвату МТА, м;

$v_p$  – робоча швидкість руху МТА, км/год;

$\tau$  – коефіцієнт використання часу зміни (0,5...0,9);

$W_{год_{дп}}$  – погодинна продуктивність машини яка проектується;

$W_{\text{годб}}$  – погодинна продуктивність базової машини.

Витрати праці на одиницю роботи визначали за формулою:

$$Z_T = \frac{n_M + n_{\text{др}}}{W_{\text{год}}}, \quad (5.8)$$

де  $n_M$  – число механізаторів, чол.;

$n_{\text{др}}$  – число допоміжних робітників, чол.;

Питома витрата енергоресурсів (дизельне паливо)

$$E_c = \frac{Nq_{\text{пит}}k_d}{W_{\text{год}}}, \quad (5.9)$$

$$E_{\text{спр}} = 3,1 \text{ кг/га};$$

$$E_{\text{сб}} = 4,5 \text{ кг/га},$$

де  $E_c$  – витрати палива на 1 га, кг;

$N$  – потужність двигуна, кВт;

$q_{\text{пит}}$  – питома витрата палива, кг/кВт·ч;

$k_d$  – коефіцієнт, який враховує ступінь використання двигуна по потужності і часу.

Собівартість одиниці роботи розраховували за формулою [27]:

$$C = C_z + C_a + C_p + C_{\text{ПММ}} + C_n, \quad (5.10)$$

де  $C_z$  – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн/год.;

$C_a$  – амортизаційні відрахування, грн/га;

$C_p$  – витрати на ремонт і ТО, грн/га;

$C_{\text{ПММ}}$  – витрати ПММ, грн/га;

$C_n$  – накладні витрати, грн/га.

Амортизаційні відрахування визначали як суму за всіма складовими МТА:

Амортизаційні відрахування визначали як суму по всім складовим МТА:

$$C_a = \frac{1}{100W_{\text{год}}} \left( \frac{B_{\text{тр}}a_{\text{тр}}}{T_{\text{тр}}} + \frac{B_{\text{сгм}}a_{\text{сгм}}}{T_{\text{сгм}}} \right), \quad (5.11)$$

де  $B_{\text{тр}}$  і  $B_{\text{сгм}}$  – капітальні вкладення відповідно по трактору і сільськогосподарській машині, грн.;

$a_{\text{сгм}}$  – норма амортизаційних відрахувань на с.г. машину, %;

$a_{\text{тр}}$  – норма амортизаційних відрахувань на трактор, %;

$T_{\text{сгм}}$  і  $T_{\text{тр}}$  – річне завантаження відповідно трактора і сільськогосподарської машини, год.

Заробітну плату обслуговуючого персоналу вираховували за формулою:

$$C_3 = \frac{C_{\text{год}} \cdot \text{Ч} \cdot K_3}{W_{\text{год}}}, \quad (5.12)$$

де  $C_{\text{год}}$  – погодинна тарифна ставка, грн.;

$\text{Ч}$  – кількість працюючих, які обслуговують МТА, чол.;

$K_3$  – коефіцієнт, який враховує різні види доплат і нарахувань.

Витрати на пальне та мастильні матеріали:

$$C_{\text{пмм}} = E_c \cdot \text{Ц}_T \cdot K_{\text{пмм}}, \quad (5.13)$$

де  $\text{Ц}_T$  – ціна 1 кг палива, грн;

$K_{\text{пмм}}$  – коефіцієнт, який враховує витрати на мастильні матеріали.

Витрати на ремонт:

$$C_p = \frac{1}{100W_{\text{год}}} \left( \frac{B_{\text{тр}} a_{\text{тр}}}{T_{\text{тр}}} + \frac{B_{\text{сгм}} a_{\text{сгм}}}{T_{\text{сгм}}} \right). \quad (5.14)$$

Накладні витрати:

$$C_n = 0,05(C_3 + C_a + C_p + C_{\text{пмм}}); \quad (5.15)$$

де  $C_{\text{нпр}}$  – накладні витрати на машину яка проектується, грн/га;

$C_{\text{нб}}$  – накладні витрати на базову машину, грн/га.

Річна економія експлуатаційних витрат:

$$E_p = (C_b - C_{\text{пр}}) T_o W_{\text{год}}, \quad (5.16)$$

де  $T_o$  – завантаження МТА на даній операції протягом року, год.;

$W_{\text{год}}$  – годинна продуктивність жатки, яка оснащена шнеком-мотовилом, га/год;

Термін окупності додаткових капіталовкладень визначили по залежності:

$$L_o = \frac{C_k}{E_p}, \quad (5.17)$$

де  $C_k$  – вартість виготовлення конструкції жатки для збирання соняшника, грн.

Техніко-економічні показники жатки, оснащеної шнеком-мотовилом, представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Техніко-економічні показники

Найменування показника	Збирання лопатевим мотовилом	Збирання трубним мотовилом, жатка ПС-5	Збирання проектним шнеком-мотовилом
Біологічна врожайність, ц/га	10,8	10,8	10,8
Фактична врожайність, ц/га	9,6	10,2	10,7
Площа випробувань, га	180	180	180
Ширина захвату жатки, м	5	5	5
Робоча швидкість, км/год	8	11,2	11,2
Годинна продуктивність, га/год	2,6	3,55	3,55
Витрати праці, люд.-год/га	0,38	0,28	0,28
Витрата палива, кг/га	4,5	3,5	3,1
Рівень рентабельності, (%)	70,5	86,7	95,4
Річна економія експлуатаційних витрат, грн.	-	-	150000
Термін окупності, рік	-	-	0,5
Втрати,% від біологічної урожайності	10,2	4,3	0,63

Проведені виробничі випробування дозволили визначити основні техніко-економічні показники жатки, оснащеної шнеком-мотовилом. Річна економія експлуатаційних витрат склала 150000 грн, а термін окупності додаткових капіталовкладень 0,5 року.

## ВИСНОВОК

1. Аналізом літературних джерел з досліджень технічних засобів для збирання соняшника встановлено, що робочі органи даних пристосувань недосконалі і призводять до втрат насіння більше 1,5 % від біологічної урожайності. Розроблена класифікація дозволяє визначити, що можливе зменшення втрат досягається використанням шнека-мотовила з навивкою і відсікачами, завдяки чому осипання насіння соняшнику відбувається над днищем жатки.

2. Визначено фізико-механічні властивості корзинок і насіння соняшнику в залежності від основних параметрів робочих органів розроблюваного шнека-мотовила.

3. Як показують результати досліджень, на втрати насіння впливають конструктивні параметри шнека-мотовила і його положення щодо осі шнека жатки і площини ріжучого апарату.

4. Оптимальною формою відсікача, яка забезпечує мінімальний відсоток втрат насіння, слід вважати Г-подібну з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 140^\circ$ . При цій величині і показнику кінематичного режиму  $\lambda = 1,7$  втрати насіння складають 0,63% від біологічної урожайності.

5. Зі збільшенням довжини відсікача  $L_{отс}$  будь-якої форми втрати насіння зростають. Збільшення довжини відсікача Г-подібної форми з кутом згину робочої частини до основи  $\chi = 140^\circ$  можливо до величини 0,42 м.

6. Зі збільшенням ширини витка шнека-мотовила  $H_{вит}$  втрати насіння зростають. Оптимальним значенням ширини витка мотовила  $H_{вит} \in 0,15$  м. У цьому випадку втрати насіння мінімальні і становлять 0,63 %.

7. При збільшенні зазору між кінцевою точкою відсікача і витком шнека жатки  $S_{шнек}$ , а також між кінцевою точкою відсікача і площиною ріжучого апарату  $S_{ра}$  втрати насіння збільшуються з 0,63 до 4,05%. Оптимальним значенням зазорів  $\in 0,025$  м.

8. Зі зменшенням показника кінематичного режиму  $\lambda$  втрати насіння соняшнику збільшуються. При  $\lambda > 1,7$  спостерігалось забивання ріжучого апарату і стеблеліпіднімачів стеблами соняшнику. Оптимальним значенням  $\lambda$  слід вважати 1,7.

9. Теоретичними дослідженнями отримано аналітичні вирази, що описують технологічний процес взаємодії стебел і корзинок соняшнику з навивкою і відсікачами шнека-мотовила і встановлено вплив конструктивних і режимних параметрів на величину втрат насіння. Пропонований пристрій шнека-мотовила, в порівнянні з існуючими технічними засобами дозволяє зменшити втрати насіння в 2,1...2,4 рази.

10. Виробничими випробуваннями шнека-мотовила на збирання соняшнику встановлено, що втрати насіння соняшнику при збиранні жаткою, оснащеної шнеком-мотовилом, склали 0,63% від біологічної урожайності в порівнянні з лопатевим мотовилом – 10,2%, трубним мотовилом – 4,3%. Річна економія експлуатаційних витрат склала 150000 грн. Термін окупності додаткових капіталовкладень склав 0,5 року.