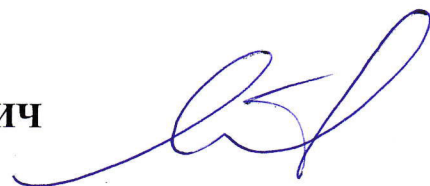


НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР  
"ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА"

**КУСТОВ СЕРГІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ**



УДК 631.354.3

**ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ РОБОТИ СЕЛЕКЦІЙНИХ  
ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

05.05.11 - машини і засоби механізації  
сільськогосподарського виробництва

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**ГЛЕВАХА – 2021**

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному науковому центрі "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства" Національної академії аграрних наук України (ННЦ "ІМЕСГ").

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

**Богуславський Володимир Павлович**

доктор технічних наук, старший науковий співробітник

**Степаненко Сергій Петрович,**

Національний науковий центр "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства", завідувач відділу перспективних технологій і технічних засобів для збирання, обробки та зберігання урожаю зернових і олійних культур.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор **Леженкін Олександр Миколайович,** професор кафедри сільськогосподарського машинобудування Таврійського державного агротехнологічного університету ім. Д. Моторного.

кандидат технічних наук, професор **Васильковський Олексій Михайлович,** професор кафедри сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського національного технічного університету.

Захист відбудеться «23» вересня 2021 року о 10:00 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 27.358.01 в Національному науковому центрі "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства" за адресою: 08631, Київська обл., Васильківський р-н, смт Глеваха, вул. Вокзальна, 11, к. 613.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» за адресою: 08631, Київська обл., Васильківський р-н, смт Глеваха, вул. Вокзальна, 11, к. 205.

Автореферат розіслано «20» серпня 2021 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради



М. І. Грицишин

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### **Актуальність роботи.**

За останні роки в Україні значно зросли посіви соняшнику, що зумовило необхідність збільшення обсягів виробництва насіння. Використання селекційних зернозбиральних комбайнів для збирання урожаю соняшнику з селекційних ділянок призводить до значних втрат насіння через його осипання та травмування внаслідок взаємодії з робочими органами комбайна і за даними експертів, можуть досягати 15-20%. Втрати за технічними засобами в процесі скошування стеблостою соняшнику досягають 15%, подрібнення і облущення насіння при обмолочуванні в молотильно-сепаруючому пристрої (МСП) – 4-5%, а вміст домішок в бункері селекційного комбайна – 8-9%.

Зменшення втрат насіння соняшнику в процесі збирання є актуальною науково-технічною проблемою, вирішення якої забезпечить підвищення ефективності виробництва насіння.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами.**

Дисертаційну роботу виконано згідно з програмою науково-дослідних робіт ННЦ «ІМЕСГ» завдання 40.02-030 «Розробити та дослідити технології та засоби механізації для збирання насіння зернових, зернобобових та насінників трав» 2006-2010 рр. (державний реєстраційний номер 0106U011551).

**Мета та задачі дослідження.** Метою дослідження є підвищення ефективності роботи селекційного зернозбирального комбайна на збиранні насіння соняшнику з селекційних ділянок шляхом обґрунтування раціональних параметрів і режимів роботи мотовила та молотильного барабана закритого типу.

Відповідно до поставленої мети виокремлені такі завдання досліджень:

1. На підставі літературних джерел дослідити і оцінити конструкції селекційних зернозбиральних комбайнів провідних компаній-виробників, виконати аналітичні дослідження техніко-експлуатаційних показників селекційних комбайнів та показників якості роботи на збиранні насіння соняшнику;
2. Дослідити фізико-механічні властивості стеблостою соняшнику на стадії готовності до збирання;
3. Визначити напрями удосконалення конструкції селекційного зернозбирального комбайна та обґрунтувати нові конструкційно-технологічні рішення;
4. Розробити математичні моделі процесу збирання насіння соняшнику селекційним зернозбиральним комбайном з розробленими робочими органами;
5. Розробити і виготовити конструкцію мотовила і молотильного барабана закритого типу та пропозиції з удосконалення процесу збирання насіння соняшнику селекційним зернозбиральним комбайном;

6. Експериментально дослідити вплив основних параметрів мотовила і барабана закритого типу на показники якості роботи селекційних зернозбиральних комбайнів на збиранні насіння соняшнику.

7. Експериментально підтвердити раціональні параметри і режими роботи розроблених робочих органів.

8. Визначити агротехнічні і техніко-економічні показники розроблених конструкційно-технологічних рішень на збиранні насінневих посівів соняшнику селекційним зернозбиральним комбайном.

**Об'єкт дослідження** – процес збирання насіння соняшнику селекційним зернозбиральним комбайном з розробленими робочими органами.

**Предмет дослідження** – закономірності впливу параметрів і режимів роботи нових робочих органів на величину втрат насіння соняшнику при збиранні урожаю серійними селекційними зернозбиральними комбайнами.

**Методи досліджень.** Монографічний при висвітленні результатів досліджень і поглядів вчених на проблему підвищення ефективності роботи селекційних зернозбиральних комбайнів; абстрактно-логічний при узагальненні теоретичних і методичних засад удосконалення робочих органів селекційних зернозбиральних комбайнів; графічний в процесі досліджень та графічного відображення їх результатів; аналітичний; регресійний аналіз результатів експериментальних досліджень.

При виконанні теоретичних досліджень використовували основні положення теорії мотовила та молотильного барабана. Експериментальні дослідження проводили з використанням розроблених експериментальних установках та на наявному обладнанні як за загальноприйнятими, так і за розробленими методиками. Результати експериментальних досліджень обробляли з використанням методів математичної статистики, регресійного і кореляційного аналізу та програмного забезпечення: Mathcad 15, Microsoft Excel, Matlab, Statistica.

#### **Наукова новизна одержаних результатів:**

*Уперше:*

- встановлено математичні залежності взаємодії лопаті мотовила з рослинами соняшнику, які пов'язують параметри мотовила (радіус мотовила, кривизна лопаті та його кінематичний режим) з фізико-механічними властивостями стеблостою, що дає можливість обґрунтувати параметри криволінійної поверхні лопаті мотовила та її кінематичний режим;

- отримано експериментальним шляхом закономірності впливу кількості і форми лопатей, радіуса мотовила та коефіцієнта його кінематичного режиму на показники якості роботи селекційних зернозбиральних комбайнів;

- отримано експериментальним шляхом закономірності впливу діаметра остова барабана закритого типу, подачі матеріалу в молотильний барабан і частоти обертання молотильного барабана на показники якості роботи МСП селекційних зернозбиральних комбайнів на збиранні насіння соняшнику;

*дістали подальший розвиток:*

- закономірності руху технологічної маси соняшнику в молотильному зазорі, що дозволили встановити залежність швидкості переміщення частинок соняшнику від радіуса остова барабана закритого типу, швидкості подачі матеріалу та фізико-механічних властивостей стеблестою;

*удосконалено:*

- математичну залежність, яка пов'язує взаємодію рослин соняшнику з подільниками жатки селекційного зернозбирального комбайна з урахуванням комплексу параметрів (відстань від точки контакту стебла із подільником до ґрунту, кута нахилу стебла, кута загострення подільника, кута нахилу подільника та інтенсивності навантаження) на показники якості роботи селекційних зернозбиральних комбайнів.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Результати теоретичних та експериментальних досліджень реалізовані в розроблених робочих органах селекційного зернозбирального комбайна для збирання насіння соняшнику, що дозволило підвищити якість роботи та ефективність використання селекційних зернозбиральних комбайнів за рахунок зниження втрат насіння на селекційних ділянках. Ефективність роботи розроблених технічних рішень підтверджена дослідженнями у Центрі сортознавства та сортовивчення Українського інституту вивчення сортів рослин і виробничими перевірками в ПП Падунов Сергій Васильович, ДП "ДГ "САЛИВОНКІВСЬКЕ" ІБКІЦБ НААН" та дослідних полях ННЦ «ІМЕСГ».

### **Основний внесок здобувача.**

В дослідженнях за темою дисертаційної роботи дисертантом самостійно отримано такі результати: проведено аналіз відомих технічних рішень з підвищення ефективності використання зернозбиральних комбайнів, сформульовано задачі і мету досліджень, розроблено математичні моделі, отримано аналітичні залежності, виготовлено експериментальне обладнання, макетні зразки робочих органів, проведено лабораторно-польові дослідження та оброблено їх результати методами регресійного аналізу. Проведено експериментальні польові дослідження ефективності експериментальних зразків нових робочих органів на збиранні насіння соняшнику, математичне оброблення і аналіз отриманих експериментальних даних. Проведено економічну оцінку ефективності роботи селекційного зернозбирального комбайна з розробленими робочими органами на збиранні насіння соняшнику. Аналіз та узагальнення отриманих результатів виконано спільно з науковим керівником і в деякій мірі зі співавторами наукових публікацій. В опублікованих за темою дисертації статтях у співавторстві частка здобувача становить більше 60%, а в патенті на корисну модель – 40%. За результатами досліджень опубліковано: 5 наукових праць (у т. ч. 1 одноосібно) з них 3 у фахових наукових виданнях України, 2 наукові праці опубліковано за кордоном країні ЄС; 8 в матеріалах конференцій. Отримано 1 патент України на корисну модель.

## **Апробація результатів за темою обраного напрямку дисертаційної роботи.**

Основні положення і результати досліджень обговорені і схвалені: на VIII Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» та XV Міжнародній науково-технічній конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» 17-18 жовтня 2007 року (ННЦ «ІМЕСГ», Глеваха, 2007); XX Міжнародній науково-технічній конференції «Технічний процес у сільськогосподарському виробництві» та VII Всеукраїнській конференції-семінарі аспірантів, докторантів і здобувачів у галузі аграрної інженерії, 22-24 травня 2012 року (ННЦ «ІМЕСГ», Глеваха, 2012); XII Міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки», 17-19 жовтня 2012 року (Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, 2012); XXII Міжнародній науково-технічній конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» та IX Всеукраїнській конференції-семінарі аспірантів, докторантів та здобувачів у галузі аграрної інженерії 21-23 травня 2014 року (ННЦ «ІМЕСГ», Глеваха, 2014); XXVI Міжнародній науково-технічній конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» 4-5 липня 2018 року (ННЦ «ІМЕСГ», Глеваха, 2018); XXVII Міжнародній науково-технічній конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» 19-20 червня 2019 року (ННЦ «ІМЕСГ», Глеваха, 2019); I Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Новітні технології в агроінженерії: проблеми та перспективи впровадження» 01-02 червня 2021 року (Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, 2021).

**Публікації.** Отримані результати наукових досліджень за напрямом дисертаційної роботи опубліковано: в 5 наукових працях (у т. ч. 1 одноосібно) з них 3 у фахових наукових виданнях України, 2 наукові праці опубліковано за кордоном в країні ЄС, 8 в матеріалах конференцій з них 1 в Білорусі, отримано 1 патент України на корисну модель.

**Загальна структура дисертації.** Дисертаційна робота включає вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел до кожного розділу та додатки. Основний зміст роботи викладено на 185 сторінках, містить 15 таблиць та 75 рисунків. Список використаних джерел нараховує 164 найменування на 17 сторінках.

## **Основний зміст роботи**

*У першому розділі* «Стан питання та завдання дослідження» виконано детальний огляд технічних засобів та аналіз відомих способів збирання соняшнику селекційними комбайнами і обґрунтовано перспективний напрямок дослідження. Аналіз роботи відомих конструкцій селекційних комбайнів для збирання соняшнику, показав, що джерелом найбільших втрат насіння є хедер комбайна, а найбільше травмування відбувається в МСП - барабаном відкритого типу.

Запропоновано спосіб збирання насіння соняшнику новим пристосуванням, а також МСП з барабаном закритого типу з метою підвищення показників якості роботи селекційних зернозбиральних комбайнів.

Виконано аналіз досліджень і поглядів вчених, які зробили значний внесок у вирішення питань зменшення втрат та подрібнення насіння соняшнику в зернозбиральних комбайнах, удосконалення конструкцій робочих органів зернозбиральних комбайнів, а також в теорію і практику землеробської механіки збирання урожаю: Алферова С.О., Булгакова В.М., Василенка П.М., Гарячкіна В.П., Ліпковича Е.І., Кльоніна М.І., Погорілого Л.В., Недовесова В.І., Леженкіна О.М., Васильковського О.М., та інших.

У процесі вивчення даних наукових праць було визначено вплив основних технологічних та конструкційних параметрів на показники якості та ефективності роботи селекційних зернозбиральних комбайнів, що дало змогу висунути робочу гіпотезу стосовно можливості підвищення показників якості роботи селекційних зернозбиральних комбайнів шляхом щадного впливу нової конструкції мотовила та молотильного барабана закритого типу на технологічний матеріал соняшнику.

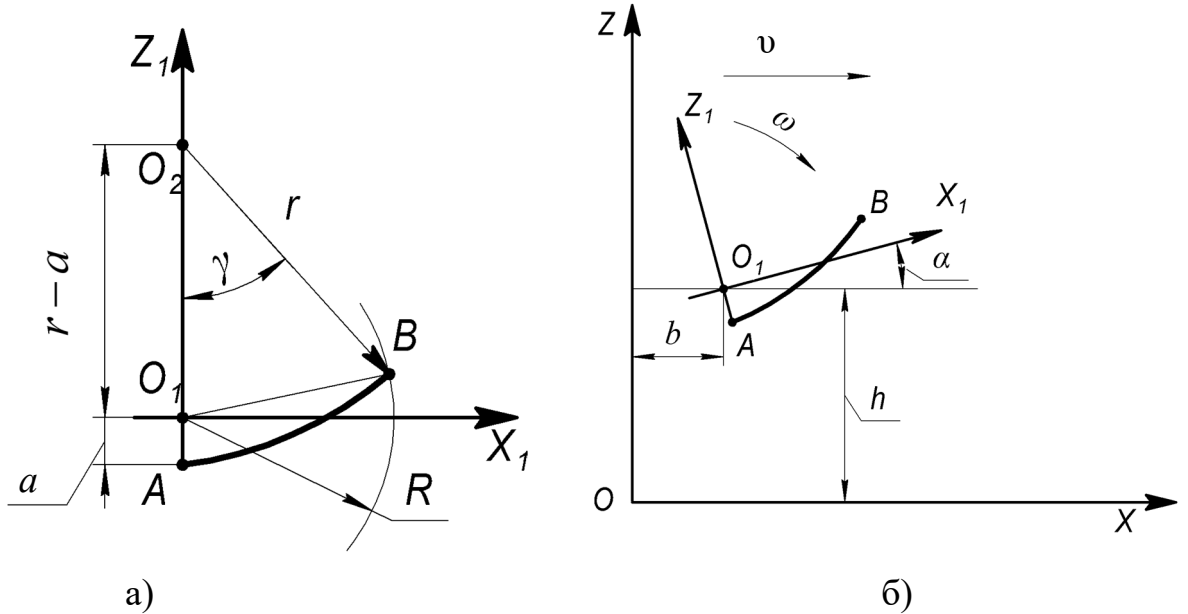
На основі проведеного аналізу літературних джерел та узагальнення виробничого досвіду технологій та обладнання для здійснення процесів збирання насіння соняшнику запропонована класифікація відомих технічних засобів, які використовуються для селекційних робіт у насінництві.

Для зменшення втрат насіння, а також зменшення подрібнення насіння в МСП селекційного зернозбирального комбайна запропоновано нові конструкційні рішення мотовила та молотильного барабана.

**У другому розділі «Теоретичне обґрунтування підвищення якості роботи селекційних комбайнів на збиранні соняшнику»** приведено розвиток теоретичних досліджень впливу параметрів і режимів роботи нового мотовила та молотильного барабана закритого типу селекційного зернозбирального комбайна на показники якості технологічного процесу збирання насіння соняшнику.

Для обґрунтування принципу роботи складено математичну модель взаємодії робочих органів мотовила та молотильного барабана закритого типу з технологічним матеріалом соняшнику.

Робочий орган мотовила – криволінійна поверхня лопаті мотовила (рис. 1) радіусом  $R$ , проекцією якої на поздовжньо-вертикальну площину жатки буде дуга  $AB$  кола з радіусом  $r$ .



$\gamma$  – кут сектора дуги АВ (лопати), рад;  $\omega$  – кутова швидкість обертання мотвила,  $c^{-1}$ ;  $a$  – зміщення лопаті, м;  $v$  – швидкість руху комбайна, м/с;  $t$  – час руху, с;  $b$  – зміщення вздовж осі ОХ, м;  $h$  – висота установки мотвила, м;  $R$  – радіус лопаті мотвила, м;  $r$  – радіус проекції лопаті мотвила на поздовжньо-вертикальну площину жатки, м.

Рисунок 1 – Схема планки мотвила в системі координат: а) зв'язаної з віссю обертання мотвила б) зв'язаною з поверхнею поля

Розглянемо систему координат  $X_1O_1Z_1$ , точка  $O_1$  якої зв'язана з віссю обертання мотвила. Припустимо, що точка  $A$  дуги  $AB$  знаходиться на осі  $O_1Z_1$  та має зміщення вниз від осі  $X_1O_1$  на відстань  $a$ .

У такому випадку рівняння дуги АВ в системі координат  $X_1O_1Z_1$  можна описати наступними залежностями в параметричному вигляді:

$$\begin{cases} X_1 = r \cdot \sin \gamma \\ Z_1 = r \cdot (1 - \cos \gamma) - a, \\ 0 \leq \gamma \leq \gamma_{\max} \end{cases} \quad (1)$$

де  $\gamma$  – кут сектора дуги, рад;

$\gamma_{\max}$  – максимальне значення кута  $\gamma$ , обмежене радіусом мотвила  $O_1B$ .

Після проведення відповідних скорочень та перетворень отримаємо:

$$\gamma = \arccos \frac{1 + \left(1 - \frac{a}{r}\right)^2 - \left(\frac{R}{r}\right)^2}{2 \cdot \left(1 - \frac{a}{r}\right)}. \quad (2)$$

У такому випадку, із врахуванням (2), рівняння дуги АВ в системі координат  $X_1O_1Z_1$  буде мати вигляд:



$$\begin{cases} X_1 = r \cdot \sin \gamma; \\ Z_1 = r \cdot (1 - \cos \gamma) - a; \\ 0 \leq \gamma \leq \arccos \frac{1 + \left(1 - \frac{a}{r}\right)^2 - \left(\frac{R}{r}\right)^2}{2 \cdot \left(1 - \frac{a}{r}\right)} \end{cases} \quad (3)$$

Під час роботи лопать мотовила здійснює поступальний рух разом з комбайном уздовж осі  $OX$  зі швидкістю  $v$ , та обертальний навколо осі мотовила  $O_1Y$  з кутовою швидкістю  $\omega$ . Тому в системі координат  $XOY$ , зв'язаної з поверхнею поля (рис. 2), можна розглянути рух лопаті мотовила, застосувавши поворот системи координат  $X_1O_1Y_1$  на кут  $\alpha$  зі зміщенням її на величину  $b$  вздовж осі  $OX$ .

Використавши формули перетворення координат отримаємо рівняння дуги  $AB$ :

$$\begin{cases} X = b + X_1 \cdot \cos \alpha - Z_1 \cdot \sin \alpha; \\ Z = h + X_1 \cdot \sin \alpha + Z_1 \cdot \cos \alpha; \\ 0 \leq \gamma \leq \arccos \frac{1 + \left(1 - \frac{a}{r}\right)^2 - \left(\frac{R}{r}\right)^2}{2 \cdot \left(1 - \frac{a}{r}\right)} \end{cases} \quad (4)$$

де  $b$  – зміщення вздовж осі  $OX$ , м;

$h$  – висота установки мотовила, м.

Прийнявши умову, що комбайн рухається рівномірно зі швидкістю  $v$ , зміщення вздовж осі  $OX$   $b = v \cdot t$ , де  $v$  – швидкість руху комбайна, м/с;  $t$  – час руху комбайна, с. Враховуючи, що мотовило обертається за годинниковою стрілкою, значення кута повороту буде  $\alpha = -\omega \cdot t$ , де  $\omega$  – кутова швидкість обертання мотовила,  $c^{-1}$ .

В певний момент часу  $t$  відбудеться зіткнення лопаті мотовила з рослиною соняшника, модель якої задається залежністю  $\Phi(X, Y, Z) = 0$ .

Тоді із врахуванням вищенаведеного рівняння дуги  $AB$  в системі координат  $XOZ$  за мінімального значення часу  $t$  можливо визначити координати точки початкового контакту лопаті мотовила з рослиною соняшника, а після перетворень система рівнянь матиме наступний вигляд:

$$\begin{cases} X = v \cdot t + r \cdot \sin \gamma \cdot \cos(-\omega \cdot t) - (r \cdot (1 - \cos \gamma) - a) \cdot \sin(-\omega \cdot t); \\ Z = h + r \cdot \sin \gamma \cdot \sin(-\omega \cdot t) + (r \cdot (1 - \cos \gamma) - a) \cdot \cos(-\omega \cdot t); \\ 0 \leq \gamma \leq \arccos \frac{1 + \left(1 - \frac{a}{r}\right)^2 - \left(\frac{R}{r}\right)^2}{2 \cdot \left(1 - \frac{a}{r}\right)}; \\ \Phi(X, Y, Z) = 0; \\ t \rightarrow \min. \end{cases} \quad (5)$$

Дана система рівнянь описує рух проекції лопаті мотовила в часі.

Рішення системи (5) дозволило визначити значення та напрям швидкості контакту лопаті мотовила з рослиною соняшника в залежності від її параметрів.

Оскільки має місце тісний взаємозв'язок між швидкістю удару лопаті мотовила по стеблу соняшника та висипанням (осипанням) насіння з кошика, отримана залежність (5) дозволяє встановити вплив параметрів мотовила на показники якості його роботи.

Провівши розрахунки за допомогою прикладного програмного забезпечення отримали траєкторії руху лопаті мотовила під час взаємодії з рослиною соняшника (рис. 2).

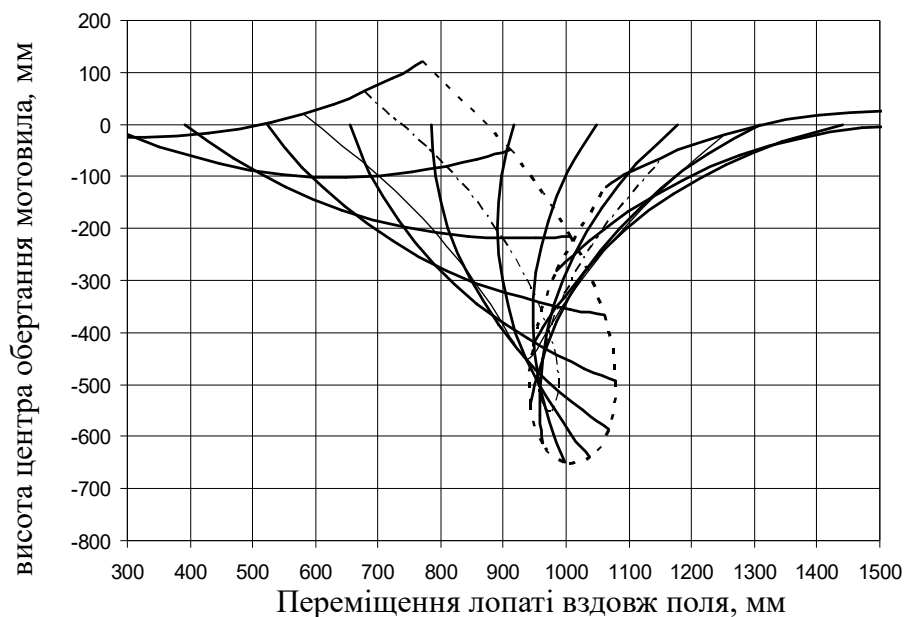


Рисунок 2 – Траєкторія руху лопаті мотовила

Максимальний радіус мотовила конструкційно обмежений параметрами жатки комбайна та складає 650 мм. Враховуючи природню нерівномірність висоти розміщення кошиків соняшнику, висота підйому центра мотовила не повинна перевищувати  $h \leq 250-300$  мм, що можливо визначити з виразів (1) та (2) при значенні кількості лопатей мотовила  $n = 3$ . Отже, раціональною конструкцією мотовила для збирання соняшнику буде жорстке, трилопатеve мотовило з перегородками, які виконано прозорими для покращення оглядовості.

Під час роботи мотовила має місце небезпека захвату лопаттю мотовила зрізаних кошиків соняшнику та перекидання їх через мотовило на нескошене поле. Тому необхідне обґрунтування моменту виходу лопаті з рослинної маси.

З практики відомо, що під час збирання соняшнику винос мотовила встановлюють максимальний, який складає 100...150 мм.

Виходячи з цього та провівши аналіз траєкторій руху лопатей мотовила (рис. 2) встановлено, що значення кута нахилу лопаті до горизонту під час

зрізування рослин складає: за  $S = 1000 \text{ мм}$  –  $\alpha = 80-85^\circ$ ; за  $S = 750 \text{ мм}$  –  $\alpha = 90-95^\circ$ ; за  $S = 500 \text{ мм}$  –  $\alpha = 95-100^\circ$ .

За значення радіуса кривизни  $S = 750 \text{ мм}$  кінцева частина лопаті мотовила займає положення близьке до вертикального. Збільшення радіуса кривизни призводить до виникнення вертикальної складової нормальної сили дії лопаті на зрізаний кошик соняшника, що спричиняє можливість захвату кошика та перекидання його через мотовило.

За умови зменшення радіуса кривизни лопаті мотовила до  $S = 500 \text{ мм}$  можливе виникнення ефекту зворотнього виштовхування кошиків при входженні лопаті в рослинну масу, що негативно впливає на рівень втрат насіння соняшнику від висипання.

Отже встановлено, що раціональними значеннями кривизни лопаті мотовила, за якої слід очікувати мінімальні втрати насіння соняшнику є значення  $S = 750 \text{ мм}$ .

Наступним кроком в теоретичному обґрунтуванні підвищення показників якості роботи селекційних зернозбиральних комбайнів було аналітичне дослідження швидкості руху маси матеріалу соняшнику в робочому зазорі МСП з молотильним барабаном закритого типу.

Для обґрунтування технологічних параметрів МСП із молотильним барабаном закритого типу виконали аналіз процесу руху матеріальної частинки матеріалу в робочому зазорі та визначили швидкість її сходження на основі теорій В.П. Горячкина та П.М. Василенка.

В процесі взаємодії із молотильним барабаном закритого типу селекційного комбайна, беруть участь не лише частинки, що знаходяться в безпосередньому контакті з бичами, а й ті, що розташовані в міжбичевому просторі.

На матеріал в точці  $C_1$  діють наступні сили, схема яких наведена на рис. 3.

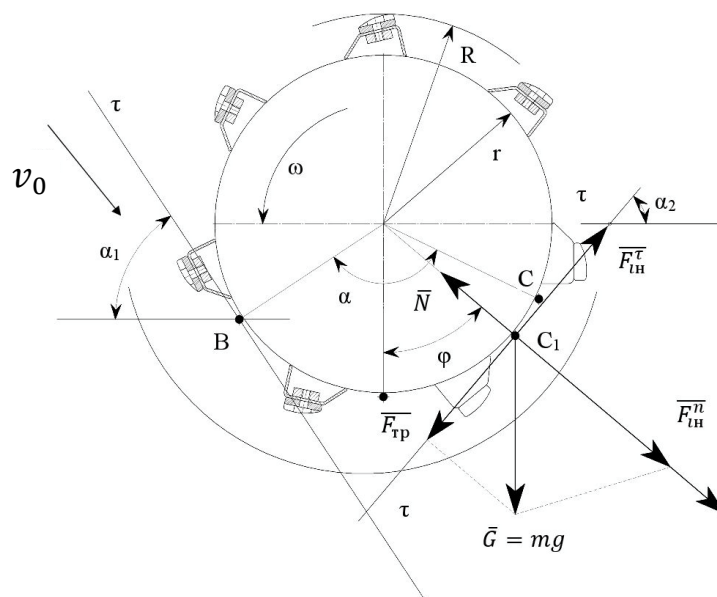


Рисунок 3 – Схема сил, що діють на елементарну частинку маси матеріалу в міжбичевому просторі

Отже на матеріал будуть діяти наступні сили: Сила тяжіння  $G = m \cdot g$ ; Нормальна сила інерції (відцентрова сила)  $F_{\text{ін}}^n = m \cdot r \cdot \omega^2$  або  $F_{\text{ін}}^n = \frac{m \cdot v^2}{r}$ ; Дотична сила інерції  $F_{\text{ін}}^\tau = m \cdot a$  або  $F_{\text{ін}}^\tau = m \cdot \frac{dv}{dt}$ ; Нормальна реакція поверхні барабана  $N$ ; Сила тертя частинки матеріалу,  $F_{\text{тр}} = f \cdot N$ , де  $f$  – коефіцієнт тертя матеріалу по поверхні остова барабана.

Відповідно до схеми силової взаємодії частинки складено рівняння рівноваги сил, які діють на частинку матеріалу вздовж лінії дотику до остова барабана:

$$F_{\text{тр}} + G \cdot \sin\varphi - F_{\text{ін}}^\tau = 0 \quad (6)$$

Нормальна реакція визначається з умови рівноваги сил в проекції на вісі:

$$N = mg \cdot \cos\varphi + \frac{mv^2}{r} \quad (7)$$

Підставивши в рівняння (6) значення переміщення і реакції, отримаємо диференціальне рівняння руху частинки вздовж барабана в загальному вигляді:

$$m \cdot \frac{dv}{dt} = f \left( mg \cdot \cos\varphi + \frac{mv^2}{r} \right) + mg \sin\varphi \quad (8)$$

Спростивши вираз (8) діленням на  $m$  і з урахуванням того, що  $dt = \frac{r \cdot d\varphi}{v}$  та додатково помноживши на  $r$  отримаємо залежність:

$$\frac{v \cdot dv}{d\varphi} = f \cdot v^2 + g \cdot r (f \cdot \cos\varphi + \sin\varphi) \quad (9)$$

Отриманий вираз (9) є рівнянням Бернуллі, його можна привести до лінійної форми за допомогою введення підстановки  $v^2 = u$  в наслідок чого отримаємо:

$$\frac{du}{d\varphi} - 2f \cdot u = 2gr(f \cdot \cos\varphi + \sin\varphi) \quad (10)$$

Провівши інтегрування рівняння (10) отримаємо:

$$v^2 = u = \frac{2gr}{1+4f^2} [3f \cdot \sin\varphi + (1 - 2f^2) \cdot \cos\varphi + C \cdot e^{2f\varphi}] \quad (11)$$

де  $C$  – постійна, яка визначається з початкових умов введення матеріалу, для нашого випадку:  $v = v_0$ , а  $\varphi = -\alpha_1$ .

З урахуванням початкових умов отримаємо:

$$C = e^{2f\alpha_1} \cdot \frac{1+4f^2}{2gr} [v_0^2 - 3f \cdot \sin\alpha_1 + (1 - 2f^2) \cdot \cos\alpha_1] \quad (12)$$

Підставляючи (12) в рівняння (11) та усвідомлюючи, що  $\varphi = \alpha_2$ , швидкість частинки в точці  $C$  барабана буде визначено узагальненим рівнянням:

$$V_1^2 = \left[ v_0^2 - 2gr \left[ \frac{(1-2f^2) \cos\alpha_1 - 3f \sin\alpha_1}{(1+4f^2)} \right] \right] \cdot e^{4f^2\alpha_1\alpha_2} + 2gr \left[ \frac{(1-2f^2) \cos\alpha_2 - 3f \sin\alpha_2}{(1+4f^2)} \right] \quad (13)$$

Для спрощення розрахунків введено безрозмірні коефіцієнти  $K$  і  $K1$ :

$$K = 2 \cdot \left[ \frac{(1-2f^2) \cos\alpha_2 + 3f \sin\alpha_2}{(1+4f^2)} \right]; K1 = 2 \cdot \left[ \frac{(1-2f^2) \cos\alpha_1 - 3f \sin\alpha_1}{(1+4f^2)} \right];$$

де  $\alpha_1$  – кут входження маси матеріалу в проміжок між барабаном і декою, град;

$\alpha_2$  – кут виходу маси матеріалу з барабана, град.

Підставивши безрозмірні коефіцієнти  $K$  і  $K_1$  у відповідне рівняння (13) отримаємо залежність:

$$V_1 = \sqrt{[v_0^2 - K_1 gr] \cdot e^{4f^2 \alpha_1 \alpha_2} + Kgr} \quad (14)$$

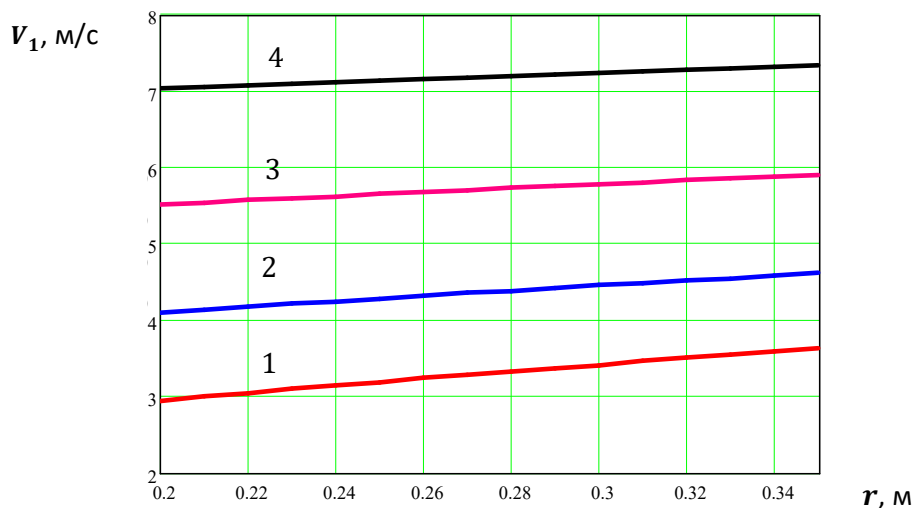
Аналіз отриманої залежності доводить, що на швидкість руху частинки матеріалу впливає: початкова швидкість потрапляння частинки в робочий зазор між барабаном та декою; коефіцієнт тертя матеріалу, кутова швидкість обертання.

На рис. 4 наведено залежність швидкості руху частки  $V_1$  від початкової швидкості введення матеріалу в підбарабання  $v_0$  для різного радіуса остова барабана  $r$ , за сталих умов:  $f=0,3$ ;  $\alpha=125-135^\circ$  ( $\alpha_1=45^\circ$ ,  $\alpha_2=80-90^\circ$ ).

Аналіз графічних залежностей (рис. 4) дозволяє зробити висновки, про те, що на незначних швидкостях 1-2 м/с  $v_0$  подачі матеріалу соняшника в підбарабання, радіус остова барабана  $r$  сильніше впливає на швидкість  $V_1$ , ніж при швидкості  $v_0=4-5$  м/с.

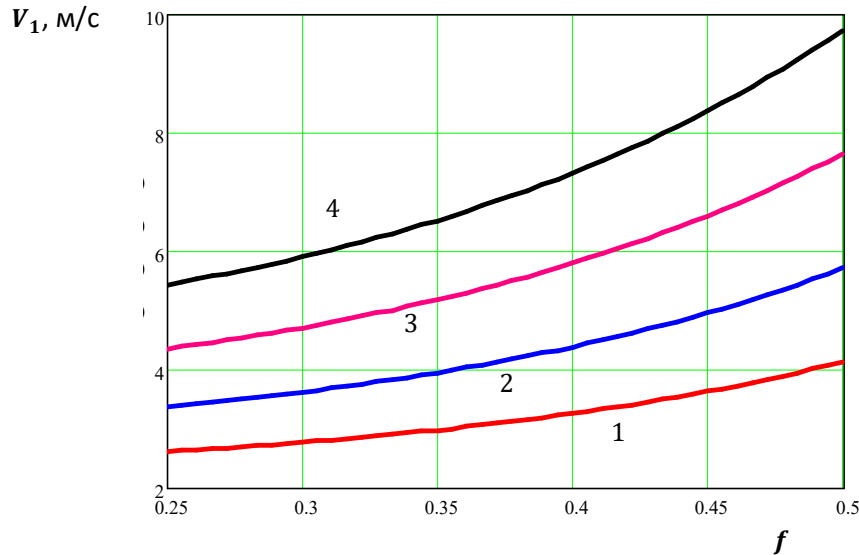
За умови збільшення радіуса остова  $r$  різниця швидкостей  $V_1$  зменшується в інтервалі швидкості  $v_0$  від 1 до 4 м/с.

Якщо збільшувати габарити барабана, швидкість  $V_1$  збільшується набагато інтенсивніше при незначній швидкості подачі і як наслідок в кінці криволінійного відрізка (тобто в точці С) різниця швидкостей руху частинок на барабані зменшується.



$$1 - v_0 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}; 2 - v_0 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}; 3 - v_0 = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}; 4 - v_0 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

Рисунок 4 – Залежність швидкості  $V_1$  руху часточок від радіуса остова  $r$  молотильного барабана закритого типу селекційного комбайна



$$1 - v_0 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}; 2 - v_0 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}; 3 - v_0 = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}; 4 - v_0 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

Рисунок 5 – Залежність швидкості  $V_1$  руху часточок від коефіцієнта тертя  $f$  матеріалу соняшнику

Аналізуючи залежності наведені на рисунку 4, які було отримано за сталих початкових параметрів ( $f = 0,3$ ;  $\alpha = 125-135^\circ$ ,  $\alpha_1 = 45^\circ$ ,  $\alpha_2 = 80-90^\circ$ ), встановлено, що вони підтверджують отриману теоретичну закономірність щодо значимості впливу початкової швидкості подачі  $v_0$  матеріалу на швидкість часток  $V_1$ , ніж радіус остова барабана  $r$ .

Встановлено, що істотний вплив на швидкість руху частинки в зазорі між барабаном і декою має величина коефіцієнта тертя  $f$  матеріалу по металу, в нашому випадку це був соняшник. На рис. 5 наведено залежність швидкості  $V_1$  від коефіцієнта тертя  $f$  матеріалу по металу в діапазоні від 0,3 до 0,5. Дані отримано за умов  $\alpha_1=45^\circ$ ,  $\alpha_2=80^\circ$ ; та радіуса остова барабана  $r=0,2$  м.

З графіка рис. 5 видно, що за умови збільшення коефіцієнта тертя – збільшується швидкість  $V_1$  за високих початкових значень швидкості введення  $v_0$ . Так за початкової швидкості введення матеріалу 2 м/с і коефіцієнті тертя з 0,3 до 0,5 призводить до збільшення швидкості  $V_1$  з 3,6 м/с до 5,8 м/с, за тих же умов, та початкової швидкості введення матеріалу 4 м/с зі збільшенням коефіцієнта тертя швидкість  $V_1$  збільшується відповідно з 5,8 до 9,8 м/с.

**У третьому розділі «Програма та методика експериментальних досліджень»** відповідно до поставлених завдань викладено програму досліджень, описано експериментальні установки, використані прилади та обладнання, загальноприйняті і часткові методики досліджень та оброблення експериментальних даних. Дослідження процесу збирання насіння соняшнику на селекційних ділянках проведено з розробленим мотовилом закритого типу та випуклою формою лопатей, загальний вигляд якого представлений на рис. 6. згідно з ОСТ 10.8.1-84.



1 – планка мотовила; 2 – бічний подільник; 3 – перфорований лист; 4 – стійка

Рисунок 6 – Загальний вигляд розробленого мотовила жатки селекційного зернозбирального комбайна “Сампо-500” для збирання насіння соняшнику

У процесі досліджень визначали агрофон поля: густоту рослин, висоту розміщення кошиків над ґрунтом, діаметр кошиків, відхилення їх від центра рядка, втрати насіння від самоосипання.

Під час проведення лабораторно-польових досліджень експериментального мотовила визначали значення втрат соняшнику вільним насінням, а також в зрізаних та незрізаних кошиках. Для визначення значення втрат від самоосипання та вільним насінням збирали та зважували насіння до та після проходу комбайна на залікових ділянках розміром 0,7 м на 1,0 м. З метою визначення втрат насіння в зрізаних та незрізаних кошиках фіксували кількість та діаметр кошиків на залікових ділянках розміром 2,8 м на 5 м.

Основними критеріями, які визначають якість роботи жатки з розробленим мотовилом, були прийняті втрати насіння, а змінними факторами: швидкість комбайна та коефіцієнт кінематичного режиму роботи мотовила. Дослідження проводили згідно плану Бокса-Бенкена.

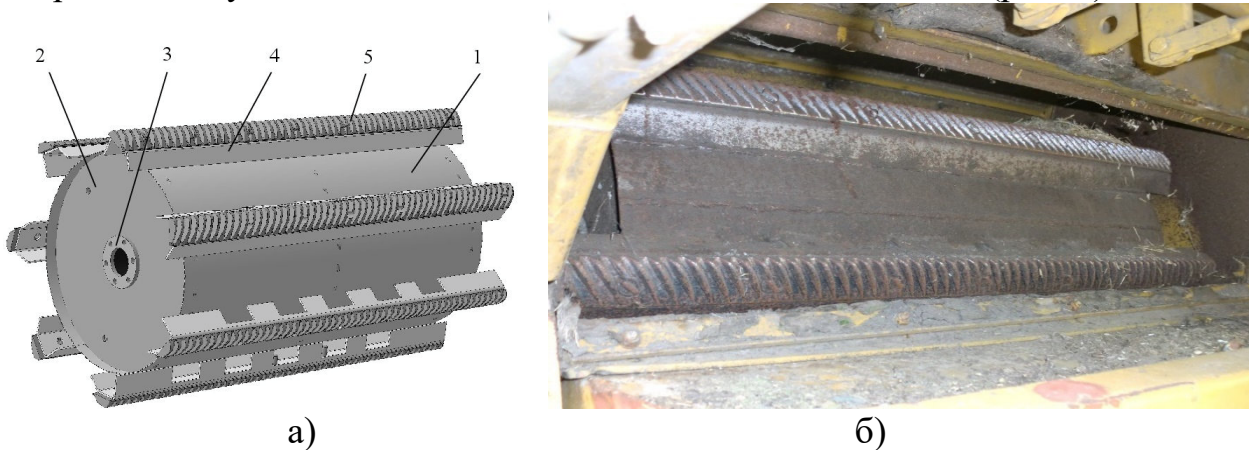
Під час проведення досліджень за допомогою вішок відбивались залікові ділянки довжиною 50 м, які комбайн проходив на встановлених режимах. Швидкість руху вимірювали за допомогою спідометра та контролювали за допомогою секундоміра.

Для проведення експериментальних досліджень та випробувань розроблених установок і робочих органів використано стебла та насіння соняшнику. Застосовували як стандартні, так і часткові методики з використанням серійних приладів та обладнання, у тому числі з швидкісною фотофіксацією процесів сходження кошиків та стебел соняшнику.

У процесі досліджень застосовували метод екстремального планування експерименту, статистичні та численні методи оброблення результатів, методи регресійного та кореляційного аналізу з використанням обчислювальної техніки.



Дослідження процесу обмолоту та визначення травмування насіння соняшника проводили на новому розробленому молотильному барабані закритого типу, схема та загальний вигляд якого наведена на (рис. 7).



а) б)  
1- остов; 2- диск; 3- маточина; 4- підбичник; 5- бич

Рисунок 7 – 3-d модель (а) та загальний вигляд (б) нового молотильного барабана закритого типу селекційного зернозбирального комбайна

Лабораторно-польові дослідження проводили шляхом планування та постановки багатофакторного експерименту. Під час проведення досліджень із залікових ділянок довжиною 25 м збирали в пробовідбірники насіння. При цьому фіксували час проходження залікової ділянки. Зібрані проби пересипали в мішки з етикетками. Дані замірів заносили в робочий журнал. Після розбору та аналізу відібраних проб в лабораторних умовах були визначені значення втрат травмування та чистоти бункерного насіння.

#### **У четвертому розділі «Результати експериментальних досліджень»**

Лабораторно-польові дослідження роботи пристосування для збирання соняшнику проводили на ділянках розмноження соняшнику сорту „Ювілейний” Білоцерківського центру випробування сортів та сортознавства.

Для визначення величини відносних втрат було проведено експериментальні дослідження залежності маси насіння соняшнику розміщеного в кошику, від його діаметра на ділянці, де проводились дослідження розробленого пристосування.

В результаті проведеної статистичної обробки результатів дослідження отримано залежність, у вигляді рівняння регресії:

$$Y = 0,003119 \cdot X^2 - 0,01029 \cdot X - 12,051 \quad (15)$$

де  $Y$  - маса насіння, розміщеного в кошику, г;

$X$  - діаметр кошика, мм.

Графік залежності наведено на рис. 8.





Рисунок 8 - Залежність маси насіння соняшнику в кошику від його діаметра

За результатами оцінки агрофону було встановлено, що середня густина стояння рослин соняшнику на ділянці, на якій проводились дослідження, склала 3,16 рослин на 1 погонний метр рядка, або 4,51 рослин на 1 м<sup>2</sup>.

Враховуючи, що середній діаметр кошиків соняшника на заліковій ділянці становив 162,6 мм, за допомогою рівняння 1 було встановлено, що середня біологічна врожайність насіння соняшника складає 298 г/м<sup>2</sup>.

Перед початком дослідження втрат насіння соняшнику за жаткою селекційного комбайна було проведено аналіз агрофону на наявність втрат насіння від самоосипання. Результати експериментальних досліджень наведено в табл. 1.

Таблиця 1 - Втрати насіння соняшнику за жаткою селекційного комбайна

| № п/п   | Вільним зерном |             | Від самоосипання |             | В кошиках    |             |
|---------|----------------|-------------|------------------|-------------|--------------|-------------|
|         | абсолютні, г   | відносні, % | абсолютні, г     | відносні, % | абсолютні, г | відносні, % |
| 1       | 2,62           | 1,31        | 1,08             | 0,84        | 298,40       | 3,74        |
| 2       | 1,65           | 0,83        | 0,52             | 0,26        | 237,93       | 2,97        |
| 3       | 1,63           | 0,81        | 0,35             | 0,17        | 10,05        | 0,13        |
| 4       | 2,27           | 1,14        | 1,60             | 0,80        | 62,46        | 0,78        |
| 5       | 1,93           | 0,97        | 0,53             | 0,27        | 37,95        | 0,48        |
| 6       | 2,64           | 1,33        | 0,80             | 0,40        | 117,46       | 1,47        |
| середнє | 2,13           | 1,07        | 0,81             | 0,40        | 127,35       | 1,60        |

Як видно з таблиці 1 значення втрат насіння соняшнику від самоосипання лежать в межах 0,26-0,84 %.

З аналізу таблиці 1 втрати насіння соняшнику в кошиках за жаткою комбайна, обладнаною розробленим пристосуванням, складають 0,13-3,74 %. Основними причинами даних втрат є велика нерівномірність розміщення кошиків соняшника за висотою, та значна пониклість рослин на ділянках, де проводились дослідження.

В результаті обробки експериментальних даних з використанням ПК отримано рівняння регресії у вигляді поліному другого ступеня, що описують вплив досліджуваних параметрів на величину втрат насіння соняшнику в зрізаних  $Y_1$  та незрізаних  $Y_2$  кошиках.

$$Y_1 = 8,2749 + 7,3478 \cdot V^2 - 1,3732 \cdot V \cdot K - 13,4644 \cdot V, \quad (16)$$

$$Y_2 = 44,0099 + 28,3429 \cdot K^2 - 66,8215 \cdot K - 2,0533 \cdot V \cdot K, \quad (17)$$

де  $V$  – швидкість руху комбайна, м/с

$K$  – коефіцієнт кінематичного режиму роботи мотопила.

Поверхні відгуку, що описують вплив отриманих залежностей наведено на рис. 10, 11.

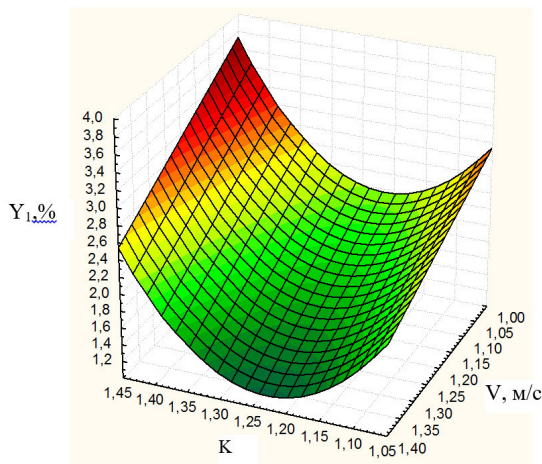


Рисунок 10 - Вплив параметрів розробленого мотопила на величину втрат насіння соняшнику в зрізаних  $Y_1$  кошиках

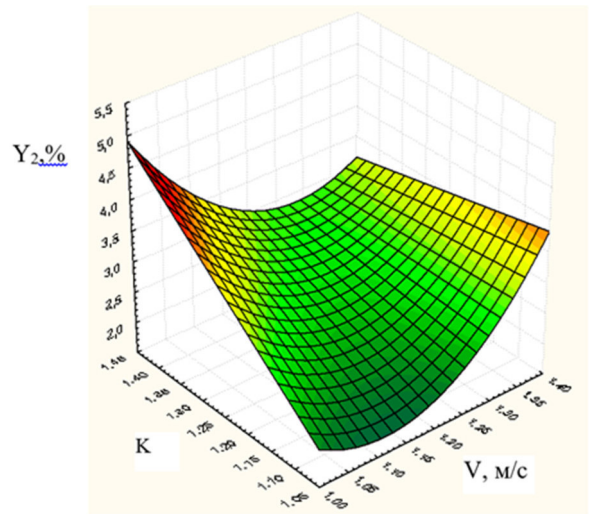


Рисунок 11 - Вплив параметрів розробленого мотопила на величину втрат насіння соняшнику в незрізаних  $Y_2$  кошиках

Встановлено, що визначальний вплив на величину втрат насіння в зрізаних кошиках має швидкість руху комбайна (рис. 10). При збільшенні швидкості руху від 1,0 м/с до 1,4 м/с втрати насіння зростають на 0,7 – 1,0 %. Збільшення коефіцієнта кінематичного режиму  $K$  з 1,05 до 1,45 супроводжується незначним зменшенням рівня втрат насіння в зрізаних кошиках в межах 0,6 - 0,8 %.

Встановлено, що визначальний вплив на величину втрат насіння соняшнику незрізаними кошиками має показник кінематичного режиму роботи мотопила (рис. 11). Мінімум втрат спостерігається за значення  $K=1,2 - 1,25$ . Збільшення швидкості руху комбайна призводить до зменшення втрат насіння незрізаними кошиками в межах 0,6 – 0,8%.

Вплив показника кінематичного режиму на величину втрат насіння в зрізаних  $Y_1$ , незрізаних кошиках  $Y_2$  та сумарних втрат  $Y$ , наведено на рис. 12.

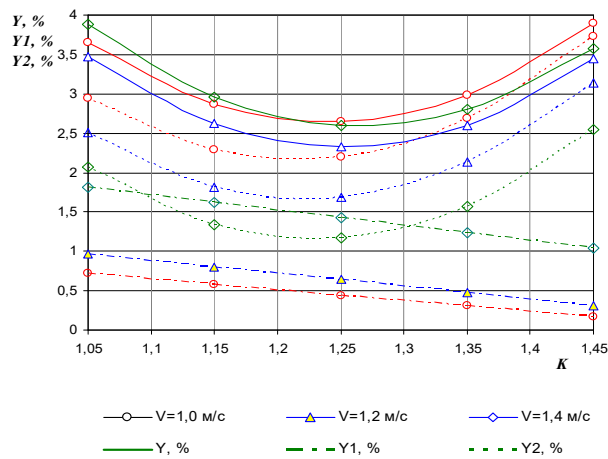


Рисунок 12 – Вплив коефіцієнта кінематичного режиму розробленого мотвила на втрати насіння за жаткою селекційного комбайна

Встановлено, що мінімум сумарних втрат насіння соняшнику в зрізаних та незрізаних кошиках  $Y$  на всіх швидкісних режимах, на яких проводились дослідження, що було досягнуто на показниках кінематичного режиму  $K=1,24 - 1,27$  (рис. 12).

Зменшення коефіцієнта  $K$  до 1,05 супроводжується зростанням втрат насіння як в зрізаних, так і в незрізаних кошиках. Це зумовлено тим, що за малих значень коефіцієнта кінематичного режиму мотвила спостерігається відхилення та зламування рослин соняшника вперед по ходу комбайна та підвищення ймовірності їх падіння на нескошене поле.

Встановлено, що значення сумарних втрат насіння соняшника змінюється в межах 0,35 – 0,4% на всьому діапазоні зміни швидкості руху комбайна, на якому проводили дослідження. Мінімальні значення сумарних втрат досягнуто в діапазоні зміни швидкості руху комбайна  $V = 1,15 - 1,25$  м/с.

За умов збільшення швидкості руху комбайна на всьому діапазоні, втрати насіння в незрізаних кошиках  $Y_2$  зменшуються, а втрати в зрізаних кошиках  $Y_1$  збільшуються. Це зумовлено тим, що, зі зростанням швидкості руху комбайна, покращуються умови проходження рослин крізь русла подільників, тобто зменшується час проходження комбайном відстані між сусідніми рослинами й відповідно зменшується ймовірність падіння зламаних рослин вперед на нескошене поле. Одночасно зі збільшенням швидкості руху комбайна доводиться збільшувати й частоту обертання мотвила, що зумовлює перекидання зрізаних кошиків мотвилком через вітровий щит та вперед на нескошене поле.

Експериментальні дослідження впливу конструкційних і режимних параметрів молотильного барабана закритого типу на втрати насіння соняшника проводили у відповідності до поставлених завдань в роботі. Вміст пошкодженого (травмованого) насіння в незерновій частині соняшнику визначали як процентне відношення вмісту травмованого насіння до загальної маси матеріалу, який пройшов крізь підбарабання. За результатами

факторного експерименту була отримана регресійна математична модель, яка адекватно відображає залежність втрат насіння від обраних факторів:

$$Y_1 = 186,2154 + 0,0237 \cdot x_1^2 - 4,1093 \cdot x_1 - 2,3461 \cdot x_2^2, \quad (18)$$

$$Y_2 = 1,41697 + 0,85114 \cdot x_2^2 - 2,94917 \cdot x_2 + 0,0194 \cdot x_1 \cdot x_2, \quad (19)$$

де  $Y_1$  - вміст подрібненого насіння, %;

$Y_2$  - вміст домішок, %;

$x_1$  - частота обертання молотильного барабану,  $\text{с}^{-1}$ ;

$x_2$  - подача матеріалу,  $\text{кг/с}$ .

Побудовані поверхні відгуку залежності вмісту подрібненого зерна та домішок від частота обертання молотильного барабану закритого типу, подачі кошиків в молотильну камеру та коефіцієнта кінематичного режиму, які наведено на рис. 13, 14.

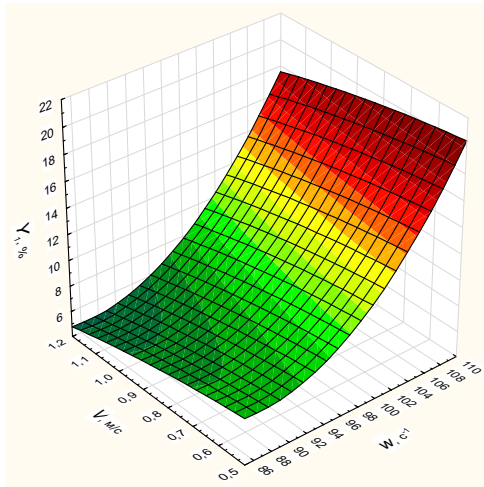


Рисунок 13. – Залежність вмісту подрібненого насіння від швидкості руху селекційного комбайна та частоти обертання молотильного барабану закритого типу

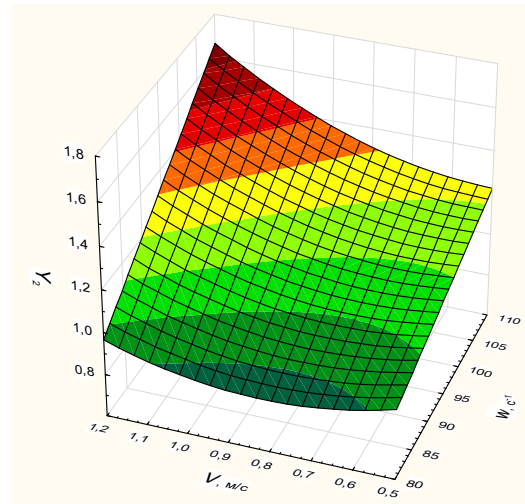


Рисунок 14 – Залежність вмісту домішок від швидкості руху селекційного комбайна та частоти обертання молотильного барабану закритого типу

З аналізу отриманих експериментальних залежностей видно, що за збільшення подачі матеріалу соняшнику в молотильну камеру від 1 до 3  $\text{кг/с}$  втрати насіння знижується з 1,8% до 0,2% за фіксованої частоти обертання молотильного барабану  $n_6 = 500$  об/хв. Це пояснюється тим, що зі збільшенням подачі матеріалу та за рахунок ущільнення обмолочуваної маси відбувається зниження ударного прискорення насіння. За таких умов максимальні втрати насіння при подачі 1  $\text{кг/с}$  становлять 0,8-0,9%. Зі збільшенням подачі до 3  $\text{кг/с}$  втрати знижується до 0,2-0,3%, при подачі 4  $\text{кг/с}$  вони становлять 0,4%. Дане явище можна пояснити ефектом стиснення насіння соняшнику частинами кошиків і залишком стебел.

Встановлено, що мінімальні втрати насіння досягаються за значення  $V = 1,1$   $\text{м/с}$ , це пояснюється геометричною особливістю молотильного барабану закритого типу селекційного комбайна, а насіння потрапляє в простір між барабаном та декою, що дозволяє йому уникнути деформації від удара бича і залишків стебел. Після переміщення бича насіння з кошиків випадає і

сепаруються крізь підбарабання. Таким чином, величина  $K = 1,1-1,3$  є найбільш раціональною.

Збільшення геометричних розмірів бичів барабана та параметрів канавок сприяє підвищенню пошкодженості насіння при деяких фіксованих значеннях частоти обертання барабана 1000 об/хв. В такому випадку насіння випадає з канавок бичів до моменту сепарації і не встигає пройти через підбарабання тому втрати насіння відбуваються при подальшому переміщенні по обмолочуваній масі наступного бича.

**У п'ятому розділі «Основні технологічні показники виробничих випробувань».**

Економічна ефективність від застосування нових робочих органів до селекційних комбайнів, яка визначена у порівнянні з серійним, досягається завдяки підвищенню якості, зниження його втрат у відходи, економії витрат енергії за рахунок підвищення якості та зменшення втрат і становить 36000 грн на рік на площі посівів 40 га, а термін окупності додаткових капітальних вкладень становить 2 сезони, на площі посівів 130 га - 78000 грн. термін окупності додаткових капітальних вкладень становить 1 сезон

Використання результатів проведених теоретичних і експериментальних досліджень дозволило створити нові робочі органи і запропонувати ряд технічних рішень, спрямованих на підвищення якості та ефективності процесів збирання насіння соняшнику на селекційних і насінневих ділянках селекційними комбайнами за рахунок: зниженням питомої енерго- і металоємності комбайна та поліпшенням санітарно-гігієнічних умов праці обслуговуючого персоналу.

## **ВИСНОВКИ**

1. На основі аналізу технічних засобів для збирання насіння соняшнику встановлено, що процес збирання здійснюється серійними селекційними зернозбиральними комбайнами за деякого переобладнання жаток спеціальними пристроями та модернізації МСП. Встановлено, що в процесі збирання насіння соняшнику спостерігаються значні загальні втрати, які за даними літературних джерел можуть досягати 20%, з них технічними засобами скошування стеблостою соняшнику досягають 15%, подрібнення і облущення насіння при обмолоті в МСП 5%, а вміст домішок в бункері селекційного комбайна може досягати 8-9%.

В результаті аналізу аналітичних досліджень техніко-експлуатаційних показників селекційних комбайнів при скошуванні соняшнику встановлено, що їх робочі органи не завжди забезпечують необхідну якість виконання робіт, в процесі роботи спостерігається негативне явище ударної дії мотовила на кошики, намотування стебел на мотовило, що призводить до вибивання та осипання насіння кошиків та втрати самих кошиків за мотовилом.

2. В результаті досліджень фізико-механічних властивостей і геометричних параметрів соняшнику встановлені раціональні значення вологості насіння, висоти рослин, відхилення від середнього розміщення

кошиків за висотою стеблостою складає 700 мм, а відхилення центра кошиків від осі рядка – 400 мм для сорта Ювілейний. Встановлено залежність осипання насіння соняшнику від взаємодії кошика і стебла з мотовилом.

3. На підставі проведених досліджень конструкцій селекційних зернозбиральних комбайнів обґрунтовано напрями удосконалення робочих органів селекційних зернозбиральних комбайнів і запропоновано розробити нові технічні рішення конструкції мотовила і молотильного барабана, які забезпечать підвищення показників якості роботи і зменшать загальні втрати.

4. Теоретично досліджено фактори, що впливають на пошкоджуваність оброблюваного матеріалу соняшнику, внаслідок чого встановлено залежність швидкості  $V_1$  руху частинок матеріалу від початкової швидкості їх подачі  $v_0$  в молотильний барабан, радіуса  $r$  остова барабана закритого типу, коефіцієнта тертя  $f$  оброблюваного матеріалу по металу.

5. Розроблено конструкційно-технологічну схему мотовила та барабана закритого типу до селекційних зернозбиральних комбайнів, досліджено схему силової взаємодії частинок матеріалу соняшнику з мотовилом і барабаном закритого типу, що дозволяє за рахунок установки вставок в порожнистий барабан селекційного комбайна, створювати вирівняний за вихідними швидкостями руху потік частинок і запобігти пошкодженню частинок оброблюваного матеріалу.

6. У результаті досліджень обґрунтовано параметри нового мотовила селекційного зернозбирального комбайна, які забезпечують плавне захоплення стеблестою соняшнику з мінімальними втратами насіння 0,7 - 2,2%: радіус мотовила 650 мм, лопаті випуклої форми з радіусом кривизни 750 мм, поверхня якої перфорована з геометричними розмірами 20x20 мм, коефіцієнт кінематичного режиму 1,25.

7. Експериментально встановлено залежність і математичні моделі для визначення величини втрат насіння за жнивваркою, травмування насіння в МСП і вміст домішок у вихідному матеріалі з комбайна, які дозволяють обґрунтувати раціональні конструкційно-технологічні параметри барабана закритого типу селекційного зернозбирального комбайна: діаметр остова - 390 мм, кількість бичів – 7 шт, частота обертання 400-500 об/хв.

8. Проведено виробничі випробування дозволили визначити основні техніко-економічні показники селекційного зернозбирального комбайна з новим мотовилом та барабаном закритого типу. Річна економія експлуатаційних витрат склала для селекційного зернозбирального комбайна на площі посівів 40 га - 36000 грн.; термін окупності додаткових капітальних вкладень становить 2 сезони; на площі посівів 130 га - 78000 грн. термін окупності додаткових капітальних вкладень становить 1 сезон.

## Список опублікованих праць за темою дисертації

### *Статті у фахових збірниках ДАК України*

1. Богуславський В.П., Дударенко О.М., Кузьмич А.Я., Кустов С.О. Дослідження роботи пристосування для збирання соняшнику на насінневих ділянках. Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомч. темат. наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2007. Вип. 91. С. 209 -213. *(Здобувачем досліджено процес збирання насіння соняшнику на насінневих ділянках).*

2. Кустов С.О., Кузьмич А.Я., Анеляк М.М. Дослідження збирання соняшнику на селекційних ділянках. Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомч. темат. наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2013. Вип. 97. С. 476 -482. *(Здобувачем досліджено процес збирання насіння соняшнику на селекційних ділянках).*

3. Кустов С.О. Моделювання руху лопаті удосконаленого мотовила для збирання соняшнику. Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. / РВВ Луцького НТУ, Луцьк, 2013. – Вип. 26. С. 81 - 85..

### *Публікації у наукових періодичних виданнях інших держав*

4. Шейченко В., Анеляк М., Кузьмич А., Кустов С. Влияние срока эксплуатации зерноуборочных комбайнов на их эффективность. Mechanization in agriculture & Conserving of the resource: International Scientific Journals. / Scientific Technical Union of Mechanical Engineering" Industry 4.0". Sofia, Bulgaria, Vol. 61 (2015), Issue 9, pg(s) 15-17. *(Здобувачем досліджено вплив строків експлуатації зернозбиральних комбайнів на їх ефективність).*

5. Шейченко В., Анеляк М., Кузьмич А., Кустов С. Пути повышения эффективности уборки зерновых культур зерноуборочными комбайнами зарубежного производства. Agricultural machinery: a collection of materials VI International scientific congress. (June, 22 – 25, 2016, Varna, Bulgaria). V. 2. P. 74 – 76. *(Здобувачем досліджено шляхи підвищення ефективності роботи зернозбиральних комбайнів).*

### *Матеріали і тези конференцій*

6. Шейченко В.А., Кустов С.А., Кузьмич А.Я., Толстушко Н.Н. Особенности взаимодействия делителя жатки со стебом подсолнуха. Материалы Международной научно-технической конференции «Научно-технический прогресс в сельском хозяйственном производстве, Минск, 22-23 октября 2014 г. В 3-х томах, т.1 С. 178-185. *(Здобувачем досліджено взаємодію подільників жнивирки з рослинами соняшнику).*

7. Кустов С.О. Розробка пристосування до комбайну «Сампо-500» для збирання насіння соняшнику: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції ННЦ «ІМЕСГ» 17-18 жовтня 2007 року «Сучасні проблеми землеробської механіки (VIII конференція) та технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві (XV конференція)». ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2007.

8. Кустов С.О. Лабораторно-польові дослідження роботи пристосування для збирання насіння соняшнику: матеріали XX Міжнародної науково-технічної конференції «Технічний процес у сільськогосподарському виробництві» та VII всеукраїнської конференції-семінару аспірантів, докторантів і здобувачів у галузі аграрної інженерії, 22-24 травня 2012 року. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2012р.

9. Анеляк М.М., Спірін А.В., Кустов С.О. Дослідження роботи пристосування для збирання насіння соняшнику до комбайна «Сампо-500» в польових умовах: матеріали XII Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки», 17-19 жовтня 2012 року. Вінницький національний аграрний університет. Вінниця, 2012. *(Здобувачем досліджено процес роботи селекційного зернозбирального комбайна з розробленими робочими органами на збиранні насіння соняшнику)*.

10. Кустов С.О. Аналіз взаємодії стебла соняшнику із подільником жнивarki: матеріали XXII Міжнародної науково-технічної конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» та IX Всеукраїнської конференції-семінару аспірантів, докторантів та здобувачів у галузі аграрної інженерії 21-23 травня 2014 року. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2014.

11. Кустов С.О. Обґрунтування нової конструкції пристосування для жатки селекційного зернозбирального комбайна: матеріали XXVI Міжнародної науково-технічної конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» 4 – 5 липня 2018 року. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2018.

12. Кустов С.О. Експериментальні дослідження впливу конструкційних і режимних параметрів мотовила на втрати насіння соняшника в кошиках: матеріали XXVII Міжнародної науково-технічної конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» 19 – 20 червня 2019 року. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019.

13. Кустов С.О., Степаненко С. П. Математичне моделювання руху лопаті мотовила селекційного зернозбирального комбайна: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Новітні технології в агроінженерії: проблеми та перспективи впровадження» (присвячена 55-й річниці заснування інженерно-технологічного факультету Полтавського державного аграрного університету) 01-02 червня 2021 року. Полтавський державний аграрний університет. м. Полтава, 2021. *(Здобувачем проведено моделювання руху лопаті розробленого мотовила)*.

### ***Патенти на винаходи та корисні моделі***

14. Кустов С.О., Шейченко В.О., Анеляк М.М., Кузьмич А.Я., Дудак С.М. Пристрій до жатки зернозбирального комбайна для збирання соняшнику. (патент на корисну модель). ) Бюлетень №19, 10.03.2015 № 101942. *(Здобувачем запропоноване технічне рішення будови нового мотовила)*



## АНОТАЦІЯ

**Кустов С.О. Підвищення показників якості роботи селекційних зернозбиральних комбайнів. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», Глеваха, 2021.

Дисертацію присвячено підвищенню ефективності збирання насіння соняшнику шляхом удосконалення конструкції мотовила і молотильного барабана селекційного зернозбирального комбайна та обґрунтуванню їх раціональних параметрів і режимів роботи.

В процесі наукових досліджень:

- встановлені математичні залежності руху лопати мотовила відносно рослин соняшнику, які дозволяють обґрунтувати раціональні параметри і режими його роботи з урахуванням фізико-механічних властивостей стеблестою та забезпечити зменшення втрат насіння;

- отримано експериментальним шляхом закономірності впливу основних параметрів мотовила та барабана закритого типу на показники якості роботи селекційних зернозбиральних комбайнів;

- дістали подальший розвиток моделі руху технологічної маси соняшнику в молотильному зазорі, що дозволяють встановити залежності швидкості переміщення часток соняшнику від основних конструкційно-технологічних параметрів барабана закритого типу;

- удосконалено аналітичну залежність взаємодії рослин соняшнику з подільниками жатки селекційного зернозбирального комбайна з урахуванням комплексу параметрів: точки контакту стебла із подільником, кута нахилу стебла, кута загострення подільника, кута нахилу подільника та інтенсивності навантаження;

- результати досліджень впроваджено у виробництво.

## АННОТАЦИЯ

**Кустов С.А. Повышение показателей качества работы селекционных зерноуборочных комбайнов.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. – Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», Глеваха, 2021 г.

Диссертация посвящена повышению эффективности сбора семян подсолнечника путем усовершенствования конструкции мотовила и молотильного барабана селекционного комбайна и обоснованию их рациональных параметров и режимов работы.

В процессе научных исследований:

- установлены математические зависимости движения лопасти мотовила

относительно растений подсолнечника, которые позволяют обосновать рациональные параметры и режимы его работы с учетом физико-механических свойств стеблестоя и обеспечить уменьшение потерь семян;

- получены экспериментальным путем зависимости влияния основных параметров мотовила и барабана закрытого типа на показатели качества работы селекционных зерноуборочных комбайнов;

- получили дальнейшее развитие модели движения технологической массы подсолнечника в молотильном зазоре, позволяющие установить зависимости скорости перемещения частиц подсолнечника от основных конструктивно-технологических параметров барабана закрытого типа;

- усовершенствована аналитическая зависимость взаимодействия растений подсолнечника с делителями жатки селекционного комбайна с учетом комплекса параметров: точки контакта стебля с делителем, угла наклона стебля, угла обострения делителя, угла наклона делителя и интенсивности нагрузки;

- результаты исследований внедрены в производство.

## SUMMARY

### **Kustov S.O. Improving the quality of selection of combine harvesters.**

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.05.11 - cars and means of mechanization of agricultural production. - National Research Center "Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture", Glevakha, 2021.

The thesis is devoted to increasing the efficiency of collecting sunflower seeds by improving the design of the reel and threshing drum of the selection combine and substantiating their rational parameters and operating modes.

In the process of scientific research:

- the mathematical dependences of the movement of the reel blade relative to sunflower plants have been established, which make it possible to substantiate the rational parameters and modes of its operation, taking into account the physical and mechanical properties of the stem and to ensure a decrease in seed loss;

- obtained experimentally the dependence of the influence of the main parameters of the reel and the closed drum on the performance indicators of selection grain harvesters;

- the models of the movement of the technological mass of sunflower in the threshing gap were further developed, allowing to establish the dependence of the speed of movement of sunflower particles on the main design and technological parameters of the closed drum;

- the analytical dependence of the interaction of sunflower plants with the dividers of the header of the selection harvester has been improved, taking into account a set of parameters: the point of contact of the stem with the divider, the angle of the stem, the angle of exacerbation of the divider, the angle of inclination of the divider and the intensity of the load;

- the research results are introduced into production.