

ОПТИМІЗАЦІЯ СЕКУНДНОЇ ПОДАЧІ СТЕБЕЛ В ЛЬОНОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН

Лімонт А.С., к.т.н., доц.

Житомирський національний агроекологічний університет

Узагальнені і проаналізовані експериментальні дані про секундну подачу стебел на робочі органи комбайна при збиранні льону-довгунця. Досліджено втрати насіння від недоочісування стебел та їх відхід в плутанину залежно від секундної подачі стебел в очісувальний апарат льонозбирального комбайна.

Постановка проблеми. В Україні та інших державах, що виникли на теренах колишнього Радянського Союзу, на збиранні льону-довгунця знаходять використання льонозбиральні комбайни ЛК-4Т та їх модифікації. Підвищити технологічну і економічну ефективність льонарства можна крім інших заходів і зменшенням втрат урожаю льоносировини при збиранні льону-довгунця. У цій статті пропонується висвітлити деякі з питань проблеми механізованого збирання вказаної культури, впровадження яких у практику льонарства сприятиме відродженню галузі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В останні роки вивченням механізованих операцій при збиранні льону-довгунця займалися В.М. Булгаков, Р.Н. Гілязетдінов, А.Ю. Горбовий, В.Ф. Дідух, М.К. Лінник, В.І. Макаєв, О.О. Налобіна, О.В. Сидорчук, Г.А. Хайліс, А.О. Шарибура, В.О. Шейченко та ін. У працях науковців висвітлені постановні питання з наукового забезпечення льонарства, енергетичні властивості машин та якісні показники їх роботи, а також елементи теоретичних основ використання машинних агрегатів на збиранні льону-довгунця. При опрацюванні наукових основ використання льонозбиральних комбайнів, що мають різні робочі органи і переважно транспортуючі, визначення їхньої пропускної спроможності за кількістю стебел, які поступають в одиницю часу в комбайн, слід вважати ще не з'ясованим. Проте деякі напрацювання в цьому напрямі відомі. Так, при обґрунтуванні швидкості руху льонозбиральних комбайнових агрегатів, що мають в'язальний апарат, визначена секундна подача стебел в цей складовий елемент машини. За даними [8] ця подача становить 4000 ст./с, а за [2] – 4000...4500 ст./с. Необхідно з'ясувати секундну подачу стебел в комбайн і за якістю їх очісування, використовуючи показники втрат насіння і відходу стебел в плутанину.

Мета дослідження полягала у з'ясуванні передумов оптимізації секундної подачі стебел в льонозбиральні комбайни для підвищення ефективності їх використання.

Завдання дослідження: 1) визначити секундну подачу стебел льону-довгунця в комбайн за дослідними даними густоти стеблостою на 1 м² поля, робочими шириною захвату і швидкістю руху збирального агрегату; 2)

проаналізувати втрати насіння від недоочісування стебел очісувальним барабаном комбайна залежно від секундної подачі стебел; 3) дослідити відхід стебел в плутанину при їх очісуванні очісувальним барабаном комбайна за різної кількості стебел, що поступають в комбайн за 1 секунду.

Об'єкт та методика дослідження. Об'єктом дослідження був процес очісування стебел очісувальним апаратом льонозбирального комбайна ЛК-4Т. Густоту стеблостою перед збиранням визначали за методикою [7], а втрати насіння від недоочісування стебел, відхід їх в плутанину і швидкість руху комбайна – за методиками, що наведені у праці [3]. Робоча ширина захвату комбайна становила 1,52 м. В дослідженні використані експериментальні дані М.Н. Бикова [1] про відхід в плутанину, чистоту їх очісування, густоту стеблостою перед збиранням, ширину захвату і швидкість руху комбайна та експериментальні дані Л.А. Сулими і О.Я. Дюртеєвої [9] про втрати насіння від недоочісування стебел, густоту стеблостою, ширину захвату і швидкість руху комбайна.

Обробка одержаних, зібраних і опрацьованих даних здійснена з використанням методів кореляційно-регресійного аналізу [5, 6, 10], а визначення кореляційних відношень результативних ознак по факторіальній здійснено за методикою [11]. В дослідженнях М.Н. Бикова [1] та Л.А. Сулими і О.Я. Дюртеєвої [9] густота стеблостою становила відповідно 1330 і 1513 шт./м². Власні дослідження здійснені на полі з густотою стеблостою 1450 шт./м² [4].

Секундну подачу стебел в льонозбиральний комбайн визначали за формулою:

$$q_{\text{ст}} = b_p v_p \Gamma_{\text{ст}} / 3,6, \quad (1)$$

де: $q_{\text{ст}}$ – секундна подача стебел в льонозбиральний комбайн (стебел за секунду), ст./с;

b_p – ширина захвату комбайна, м, $b_p = 1,52$ м;

v_p – робоча швидкість руху льонозбирального комбайнового агрегату, км/год;

$\Gamma_{\text{ст}}$ – густота стеблостою перед збиранням, шт./м².

Результати досліджень. З використанням інформації про густоту стеблостою перед збиранням льону-довгунця комбайновим агрегатом та робочі ширину захвату і швидкість його руху визначили кількість стебел культури, що поступають впродовж однієї секунди в комбайн. Цю кількість стебел називатимемо секундною подачею стебел в комбайн. Секундна подача стебел визначена як факторіальна ознака, а результативними – прийняті втрати насіння від недоочісування стебел $B_{\text{нн}}$ (%) і відхід стебел в плутанину $B_{\text{сп}}$ (%).

Кореляційний аналіз експериментальних даних зміни втрат насіння залежно від секундної подачі стебел в комбайн засвідчив про від'ємний статистичний зв'язок між досліджуваними ознаками з коефіцієнтом кореляції мінус 0,702. Отже, із збільшенням секундної подачі стебел втрати насіння від недоочісування зменшуються. Для з'ясування характеру цього зменшення експериментальні значення факторіальної і результативної ознак нанесли на

рисунок.

Вирівнювання експериментальних значень втрат насіння $B_{\text{нн}}$ (%) залежно від секундної подачі стебел $q_{\text{ст}}$, стебел за секунду (ст./с), здійснено за декількома апроксимуючими функціями:

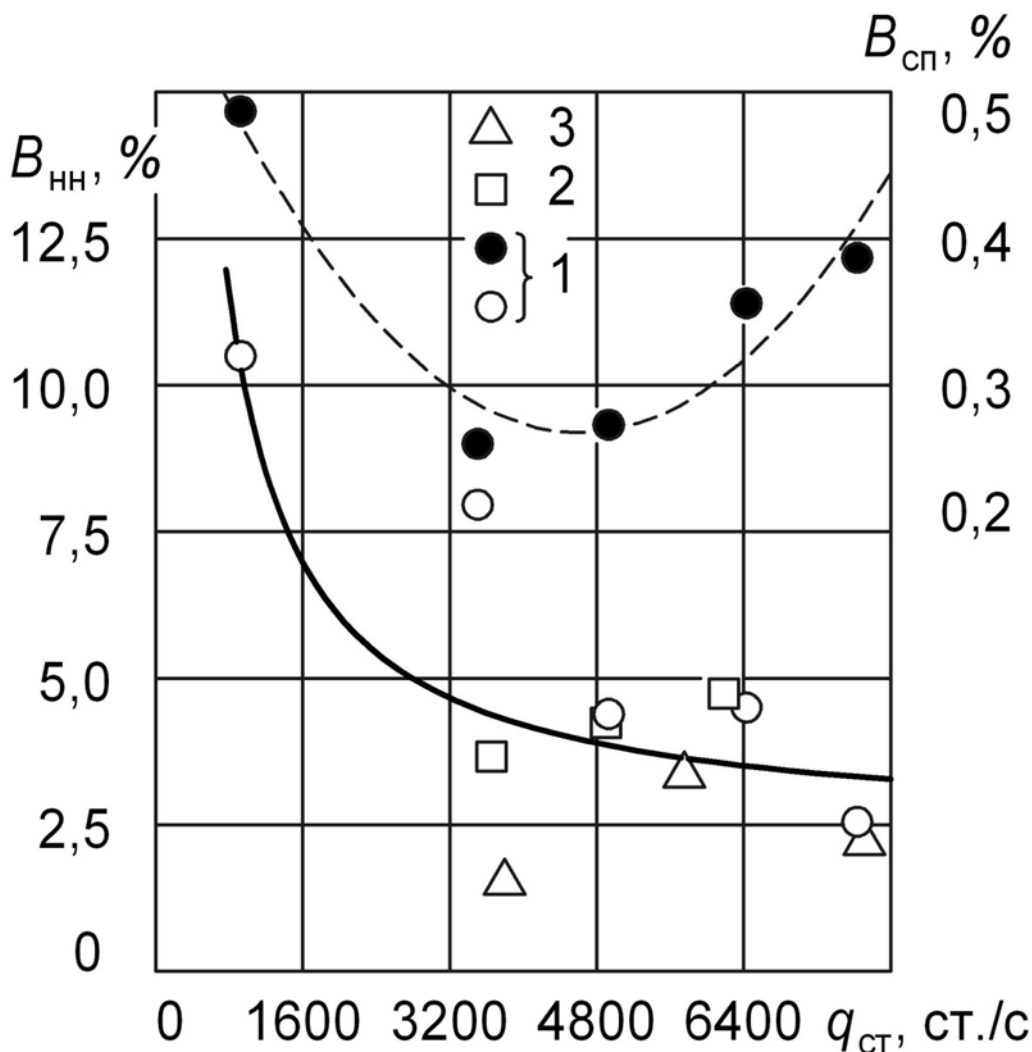


Рисунок – Зміна втрат насіння $B_{\text{нн}}$ від недоочісування (суцільна лінія) і відходу стебел в плутанину $B_{\text{сп}}$ (пунктирна) залежно від секундної подачі стебел $q_{\text{ст}}$ в комбайн:

1 – дані, що одержані з використанням результатів досліджень М.Н. Бикова [1];
2 – те ж Л.А. Сулими і О.Я. Дюртеєвої [9]; 3 – дані власних досліджень

- прямолінійною з від'ємним кутовим коефіцієнтом:

$$B_{\text{нн}} = 8,3894 - 8,275 \cdot 10^{-4} q_{\text{ст}} \text{ при } R^2 = 0,333;$$

- показовою

$$B_{\text{нн}} = 6,784 \cdot 0,9998831^{-q_{\text{ст}}} \text{ при } R^2 = 0,153;$$

- експоненціальною

$$B_{\text{нн}} = 6,784 \exp(-1,1695 \cdot 10^{-4} q_{\text{ст}}) \text{ при } R^2 = 0,153;$$

- степеневою

$$B_{\text{нн}} = 242,726 \cdot q_{\text{ст}}^{-0,4945} \text{ при } R^2 = 0,261;$$

- логарифмічною

$$B_{\text{нн}} = 31,791 - 3,271 \cdot \ln q_{\text{ст}} \text{ при } R^2 = 0,504;$$

- параболою другого порядку

$$B_{\text{нн}} = 12,627 - 0,00317 \cdot q_{\text{ст}} + 2,694 \cdot 10^{-7} \cdot q_{\text{ст}}^2 \text{ при } R^2 = 0,524,$$

де: R^2 – коефіцієнт, що визначає ступінь наближення експериментальних значень втрат насіння до таких, які одержані внаслідок апроксимації відповідною функцією.

З наведених апроксимуючих функцій найближче наближення до експериментальних даних забезпечує їх вирівнювання параболою другого порядку. Вирівнювання за такою залежністю дозволяє вести пошук екстремального значення секундної подачі стебел в комбайн.

Проте найкраще наближення до експериментальних даних виявилось у разі їх апроксимації гіперболічною залежністю, за якої $R^2 = 0,579$. Рівняння цієї залежності має вигляд:

$$B_{\text{нн}} = 2,352 + 7393,974 q_{\text{ст}} \quad (2)$$

при

$$\eta = 0,793; \lambda_{\text{пв}} = 0,35; k_{\text{д}} = 0,629 \text{ і } S_y = 1,52\%,$$

де: $B_{\text{нн}}$ – втрати насіння від недоочісування, %;
 $q_{\text{ст}}$ – секундна подача стебел в комбайн, ст./с;
 η – кореляційне відношення втрат насіння від недоочісування по секундній подачі в комбайн;
 $\lambda_{\text{пв}}$ – показник оцінювання вирівнювання експериментальних даних апроксимуючою функцією, що являє відношення основної помилки вирівнювання (1,59%) до середнього значення втрат насіння (4,52%);
 $k_{\text{д}}$ – коефіцієнт детермінації, що характеризує силу впливу факторіальної ознаки на результативну;
 S_y – помилка рівняння (2) криволінійної регресії, що її визначали за середнім квадратичним відхиленням втрат насіння (2,49%) та кореляційним відношенням $B_{\text{нн}}$ по $q_{\text{ст}}$.

Порівняння значень коефіцієнта кореляції між $B_{\text{нн}}$ і $q_{\text{ст}}$ та кореляційного відношення $B_{\text{нн}}$ по $q_{\text{ст}}$ підтверджує наявність криволінійного зв'язку між $B_{\text{нн}}$ і $q_{\text{ст}}$. Показник оцінювання вирівнювання експериментальних даних втрат насіння гіперболічною залежністю (2), що дорівнює 0,35, перевищує значення, яке визначає умову задовільного вирівнювання [6].

В таблиці наведені результати дисперсійного аналізу секундної подачі стебел в комбайн за втратами насіння від недоочісування у разі їх апроксимації гіперболічним рівнянням (2). З таблиці видно, що рівняння (2) адекватно описує експериментальні дані на рівні значущості 0,01, оскільки

спостережуваний F -критерій за розрахунками менший від табличного за числа ступенів вільності чисельника 1 та знаменника 9, які є входами в таблицю квантилів F -розподілу [5].

Таблиця – Результати дисперсійного аналізу секундної подачі стебел в комбайн за втратами насіння від недоочісування

Джерело мінливості	Сума квадратів	Число ступенів вільності	Середній квадрат	Спостережуваний F -критерій	Табличний F -критерій на рівні значущості α [5]		
					0,10	0,05	0,01
Гіперболічна регресія	25,3563	1	25,3563	5,32	3,36	5,12	10,56
Залишок	42,8820	9	4,7647				
Сума	68,2383	10					

За значенням коефіцієнта детермінації варіація секундної подачі стебел в комбайн на 63% причинно зумовлює варіацію втрат насіння від недоочісування. Решта 37% не поясненої дисперсії викликані впливом на втрати насіння інших факторів, які не розглядали в цьому дослідженні.

Аналіз рівняння (2) показує, що найбільш інтенсивно зменшуються втрати насіння при збільшенні секундної подачі до 2000 ст./с. При збільшенні секундної подачі від 4000 до 5000 ст./с, від 5000 до 6000, від 6000 до 7000 та від 7000 до 8000 ст./с втрати насіння зменшуються відповідно на 0,37%; 0,25; 0,17 та 0,14%, тобто зменшення втрат насіння знаходиться в межах помилки рівняння (2) криволінійної регресії, що дорівнює 1,52%. Крива, що побудована за рівнянням (2), наведена суцільною лінією на рисунку.

Вільний член рівняння (2) являє асимптоту, до якої наближаються втрати насіння від недоочісування внаслідок підвищення секундної подачі стебел в комбайн. Ця асимптота і відповідно втрати насіння становлять орієнтовно 2,4%.

Кореляційний аналіз даних щодо відходу стебел в плутанину $B_{\text{сп}}$ і секундної подачі стебел $q_{\text{ст}}$ в комбайн показав, що між $B_{\text{сп}}$ і $q_{\text{ст}}$ існує кореляційний зв'язок, який характеризує від'ємний коефіцієнт кореляції 0,319. За чисельним значенням визначеного коефіцієнта кореляції між вказаними досліджуваними ознаками можна відмітити середній кореляційний зв'язок. В той же час графічний аналіз експериментальних даних, які наведені на рисунку, свідчить, що цей зв'язок є криволінійним і успішніше всього його можна описати увігнутою параболою другого порядку. У разі апроксимації зміни $B_{\text{сп}}$ залежно від $q_{\text{ст}}$ увігнутою параболічною залежністю R^2 -коефіцієнт становить 0,922. Після визначення коефіцієнтів регресії рівняння параболі має вигляд:

$$B_{\text{сп}} = 0,597 - 1,427 \cdot 10^{-4} q_{\text{ст}} + 1,547 \cdot 10^{-8} q_{\text{ст}}^2 \quad (3)$$

при

$$\eta = 0,960; \lambda_{\text{пв}} = 0,074; k_d = 0,922 \text{ і } S_y = 0,023\%,$$

де: $B_{\text{сп}}$ – відхід стебел в плутанину, %.

Показник оцінювання вирівнювання експериментальних значень відходу стебел в плутанину параболічною залежністю (3), що дорівнює 0,074, значно менший 0,1, яка прийнята за умову задовільного вирівнювання [6]. Тому за значеннями R^2 -коефіцієнта та показника $\lambda_{\text{пв}}$ апроксимацію зміни відходу стебел в плутанину залежно від секундної подачі стебел в комбайн увігнутою параболою другого порядку, що описується рівнянням (3), слід визнати успішною. Графічна інтерпретація цього рівняння наведена на рисунку пунктирною кривою. Помилка рівняння (3) криволінійної регресії незначна і становить 0,023%. За значенням коефіцієнта детермінації варіація секундної подачі стебел в комбайн на 92% причинно зумовлює варіацію відходу стебел в плутанину і лише 8% непоясненої варіації визначаються впливом інших факторів, які не розглядали в цьому дослідженні. Дослідження рівняння (3) на екстремум показало, що відхід стебел в плутанину мінімізується і становить 0,27% у разі секундної подачі стебел в комбайн, яка дорівнює 4612 ст./с.

Висновки. При використанні льонозбиральних комбайнів між втратами насіння від недоочісування стебел та відходом їх в плутанину і секундною подачею стебел в комбайн виявлений кореляційний зв'язок з кореляційними відношеннями відповідно 0,793 і 0,960. Із підвищенням секундної подачі в межах 921...7714 ст./с втрати насіння зменшуються за законом гіперболи, а відхід стебел в плутанину описується увігнутою параболою другого порядку. Відхід стебел в плутанину мінімізується за секундної подачі 4612 ст./с. З підвищенням секундної подачі понад вказане значення спостерігається зменшення втрат насіння від недоочісування, але це зменшення відбувається в межах помилки відповідного рівняння регресії.

Напрямок подальших розвідок на нашу думку має бути зосереджений на дослідженні завантаження стеблами затискного конвеєра при збиранні льону-довгунця комбайнами.

Список використаних джерел

1. Быков Н.Н. Режимы и качество работы льнокомбайна / Н.Н. Быков // Лен и конопля. – 1969. – № 5. – С. 29 – 30.
2. Коженкова К.И. Технология механизированных сельскохозяйственных работ: [учеб. пособ. для учащихся с.-х. техникумов] / Коженкова К.И., Будько Ю.В., Добыш Г.Ф. – Минск, Ураджай, 1988. – 375 с.
3. Кукта Г.М. Испытания сельскохозяйственных машин / Кукта Г.М. – М.: Машиностроение, 1964. – 284 с.
4. Лимонт А. Влияние высоты теребления и скорости движения льнокомбайна на параметры расстилаемой ленты / А. Лимонт // Техника в с. х. – 1975. – № 8. – С. 17 – 18.
5. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических

- формул: [учеб. пособ. для студ. вузов] / Львовский Е.Н. – М.: Высш. шк., 1988. – 239 с.
6. Методика статистической обработки эмпирических данных: РТМ 44–62. – М.: Изд-во стандартов, 1966. – 100 с.
 7. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом / [Долгов Б.С., Заворотченко И.С., Ковалев В.Б. и др.]; под ред. Б.С. Долгова и В.Б. Ковалева. – Торжок: Всесоюз. НИИ льна, 1978. – 78 с.
 8. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка: [учеб. пособ. для студ. ф-тов механизации с. х. высш. с.-х. учеб. завед.] / Н.Э. Фере, В.З. Бубнов, А.В. Еленев, Л.М. Пильщиков. – М.: Колос, 1978. – 256 с.
 9. Сулима Л.А. Результаты исследований работы серийных льноуборочных машин в условиях Северо-Запада / Л.А. Сулима, О.Я. Дюртеева // Научно-исследовательский и проектно-технологический ин-т механизации и электрификации с. х. Северо-Запада: науч. тр. – Л., 1971. – Вып. 8. – С. 99 – 103.
 10. Уланова Е.С. Методы статистического анализа в агрометеорологии / Е.С. Уланова, О.Д. Сиротенко. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 200 с.
 11. Хайкин В.П. Корреляция и статистическое моделирование в экономических расчетах / Хайкин В.П., Найденов В.С., Галуза С.Г.; под ред. Е.Г. Либермана. – М.: Экономика, 1964. – 216 с.

Аннотация

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕКУНДНОЙ ПОДАЧИ СТЕБЛЕЙ В ЛЬНОУБОРОЧНЫЙ КОМБАЙН

А.С. Лимонт

Обобщены и проанализированы экспериментальные данные о секундной подаче стеблей на рабочие органы комбайна при уборке льна-долгунца. Исследованы потери семян от недоочесывания стеблей и их отход в путанину в зависимости от секундной подачи стеблей в очесывающий аппарат льноуборочного комбайна.

Abstract

THE OPTIMIZATION OF THE STALK FEED PER SECOND TO THE FLAX COMBINE

A. Limont

The paper summarizes and analyses the experimental data on the feed of stalks per to second combine operating members when harvesting fiber flax. Seed losses caused by the understripping of stalks and their getting to tangled mess depending on the stalk feed per second to the combing apparatus of the flax combine.