

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГВИНТОВИХ ТРАНСПОРТЕРІВ ТА ЖИВИЛЬНИКІВ

Куликівський В.Л., к.т.н.

(Житомирський національний агроекологічний університет)

Представлено результати експериментальних досліджень гвинтових транспортерів та живильників, які були направлені на визначення раціональних конструктивних параметрів шнеків. Дослідження показують, що основний вплив на травмування зернового матеріалу мають зазор між витками і кожухом та частота обертання гвинтового робочого органу.

Постановка проблеми. Технологічний процес сільськогосподарського виробництва нерозривно пов'язаний із переміщенням великої кількості вантажів, починаючи від подачі сировини, міжопераційного транспортування, до видачі готової продукції [1].

Гвинтові транспортери широко використовуються в сільськогосподарських машинах, виконуючи роль транспортуючих (комбайни, зерноочисні машини, зерносушарки) та основних робочих органів (змішувачі кормів, протруювачі, навантажувачі) [1, 2].

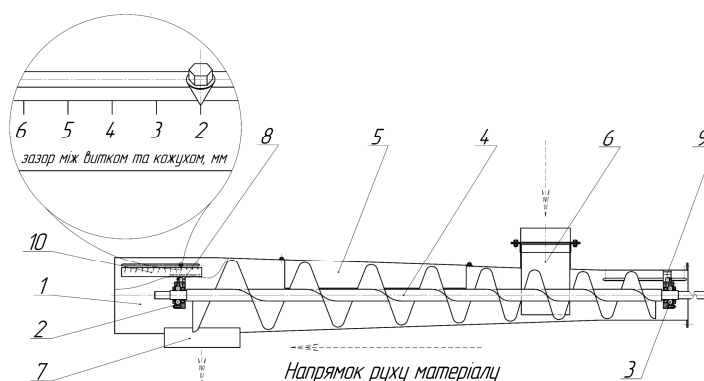
Ефективність роботи транспортерів залежить від багатьох факторів, що характеризують умови їх використання. Також слід відмітити значний вплив конструктивних і кінематичних параметрів транспортерів, що впливають на процес переміщення зернового матеріалу та довговічність гвинтових робочих органів. Тому, постає проблема у виборі оптимальних параметрів транспортерів, які забезпечать максимальний ресурс гвинтових робочих органів і найбільшу продуктивність при найменшій потужності та мінімальній степені травмування зерна, що переміщується.

Аналіз останніх досліджень. З метою покращення якості переміщення зернового матеріалу та підвищення ресурсу гвинтового робочого органу, було запропоновано конструкцію експериментального транспортера [3], який складається з кожуха 1 (рис. 1), всередині якого у підшипникових вузлах 2, 3 обертається вал із закріпленням на ньому конусним гвинтом 4 зі змінним кроком, що дозволяє рівномірно переміщувати сипкий матеріал від завантажувального лотка 6 до розвантажувального патрубку 7.

Кожух в місцях встановлення підшипникових вузлів, має механізми переміщення 8, 9 конусного гвинта по осі вала, величина переміщення регулюється шкалою 10 нерухомо закріпленою на поверхні кожуха з ціною поділки рівною зазору між торцями витків гвинта та внутрішньою стінкою кожуха. У верхній частині кожуха транспортера розміщений оглядовий люк 5, який дозволяє контролювати процес переміщення матеріалу та фіксувати відхилення параметрів гвинтового робочого органу в процесі експлуатації.



а)



б)

Рис. 1. Загальний вигляд (а) та конструктивна схема (б) експериментального гвинтового транспортера: 1 – кожух; 2, 3 – підшипникові вузли; 4 – конусний гвинт; 5 – оглядовий люк; 6 – завантажувальний лоток; 7 – розвантажувальний патрубок; 8, 9 – механізми переміщення гвинта; 10 – регулювальна шкала

Така конструкція гвинтового транспортера дасть змогу збільшити строк експлуатації шнекового робочого органу, зменшити травмування зернового матеріалу та знизити енергозатрати на його переміщення.

Постановка завдання. *Мета досліджень* полягає у встановленні експериментальної залежності травмування зернового матеріалу від параметрів гвинтового транспортера та обґрунтування його оптимальних показників. *Об'єкт досліджень* – технологічний процес транспортування зернового матеріалу гвинтовими робочими органами. *Предмет досліджень* – залежність травмування зернового матеріалу, що переміщується від параметрів шнека.

Відповідно до поставленої мети визначена наступна програма експериментальних досліджень, відповідно до якої необхідно:

1) розробити і виготовити стенд для дослідження гвинтових робочих органів транспортерів та живильників, що переміщують зерновий матеріал в лабораторних умовах;

2) дослідити вплив змінних факторів на якість переміщення зернового матеріалу експериментальним гвинтовим транспортером, встановити функціональну залежність цього впливу у формі математичної моделі та провести її оптимізацію.

Методика проведення досліджень. Для дослідження гвинтових транспортерів було використано методику планування некомпозиційного симетричного плану Бокса-Бенкена другого порядку для трьох факторів [4]. Для обробки результатів реалізації експерименту використали наступні пакети прикладних програм для ПК: Statistica 7 (для рандомізації порядку проведення дослідів), Mathcad 14 (для обробки результатів планування плану Бокса-Бенкена другого порядку), Maple 11 (для дослідження рівняння регресії та побудови поверхонь відгуку).

Коефіцієнти регресії моделі, після реалізації плану експерименту визначали згідно [4]. Для дослідження рівняння регресії використовували методику двомірних перетинів [4, 5].

Результати досліджень. З метою підвищення продуктивності праці при проведенні експериментальних досліджень впливу конструктивно-технологічних параметрів гвинтових транспортерів на травмування зернового матеріалу, що переміщується та встановлення закономірності динаміки зношування робочих органів шнеків, було запропоновано конструкцію універсального стенду [6]. Його мобільність в циркуляції сипкого матеріалу і розширені технологічні можливості в знятті різних характеристик механізмів дозволяють проводити ресурсні випробування гвинтових транспортерів та шнекових живильників. Наявність у робочих органів транспортерів власних окремих приводів дозволяє підвищити надійність стенду та надає можливість незалежного керування швидкістю обертання кожного гвинта.

В результаті теоретичних досліджень і пошукових дослідів встановлено, що основний вплив на параметр оптимізації (травмування зернового матеріалу) здійснюють наступні фактори: кінематичний – частота обертання шнекового робочого органу ($n_{про}$); конструктивні – зазор між витком та кожухом (H) і кут нахилу гвинтового транспортера (β_m). За параметр оптимізації при цьому прийнято травмування зернового матеріалу, що переміщується ($T_{зм}$).

Перед початком експерименту проводили кодування факторів. Рівні варіювання факторів при плануванні експерименту для дослідження гвинтового транспортеру представлені в табл. 1. У відповідності з вибраним планом було виконано 15 дослідів. Кожний дослід повторювали 3 рази.

Таблиця 1. Інтервали та рівні варіювання факторів

Показники	Кодове позначення	Фактори та їх позначення		
		Частота обертання $n_{про}$, об/хв	Зазор між витком та кожухом H , мм	Кут нахилу транспортера β_m , град
Умове позначення	x_i	x_1	x_2	x_3
Верхній рівень	+1	300	12	20
Основний рівень	0	200	7	10
Нижній рівень	-1	100	2	0
Інтервал варіювання	ε_i	100	5	10

В результаті розрахунків коефіцієнтів регресії отримано математичну модель другого порядку:

$$y = 0,499 + 0,09125x_1 + 0,0946x_2 + 0,05588x_3 + 0,05175x_1x_2 - 0,00225x_1x_3 + 0,0105x_2x_3 + 0,02825x_1^2 - 0,13x_2^2 + 0,0305x_3^2 \quad (1)$$

Статистичний аналіз рівняння (1) показав, що модель адекватна так як $F_{розра} = 0,47 < F_{табл} = 2,1$, і коефіцієнти значимі з 95 %-ою ймовірністю.

Для використання отриманої моделі в якості розрахункової формули проводили її розкодування відповідно до співвідношення (1):

$$T_{зм} = 0,1719 - 0,0009195n_{про} + 0,0689H - 0,00153\beta_m + 0,0001n_{про}H - 0,000002n_{про}\beta_m + 0,00021H\beta_m + 0,0000028n_{про}^2 - 0,0052H^2 + 0,000305\beta_m^2 \quad (2)$$

Для аналізу отриманого рівняння регресії (1) використали метод двомірних перетинів.

Для побудови двомірного перетину поверхні відгуку, що характеризує показник травмування зернового матеріалу в залежності від зазору між витком і кожухом (x_2) та кута нахилу гвинтового транспортера (x_3), у рівняння (1) підставляли значення $x_1 = 0$. В результаті отримали рівняння в канонічній формі:

$$Y - 0,48 = -0,13017X_2^2 + 0,03067X_3^2 \quad (3)$$

Кут повороту нових координатних осей в центрі поверхні відгуку для даного випадку $\psi = -1^\circ 9'$. Поверхню відгуку та її двомірний перетин (рис. 2) будували за допомогою прикладних програм Maple 11 та Mathcad 14 на основі рівняння (3).

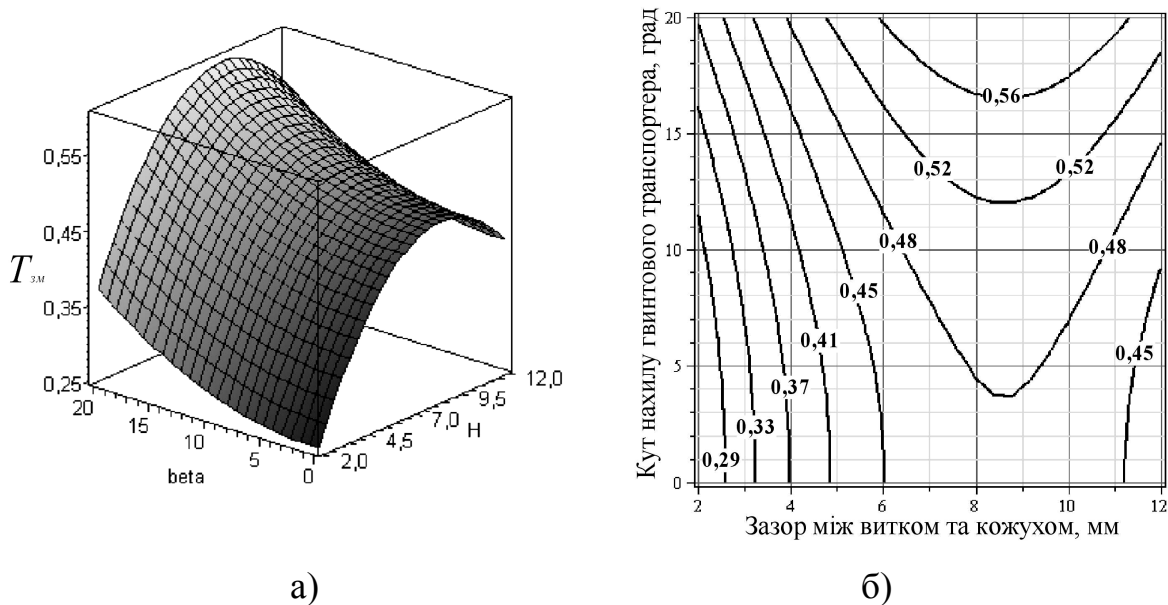


Рис. 2. Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує залежність травмування зернового матеріалу при $x_1 = 0$

Проаналізувавши даний двохмірний перетин (рис. 2), що показує спільний вплив взаємодії факторів (x_2 та x_3) в області екстремуму за показником травмування зернового матеріалу в точці з $T_{зм} = 0,48\%$ при величині факторів відповідно $H \approx 8,5$ мм та $\beta_m \approx 0,5$ град. При чому область екстремуму знаходиться в межах $H = 6...11$ мм і $\beta_m = 0...3$ град.

Побудова двомірного перетину поверхні відгуку, що характеризує показник травмування зернового матеріалу в залежності від частоти обертання гвинтового робочого органу (x_1) та кута нахилу транспортера (x_3), представлена на рис. 3, а рівняння (1) у канонічній формі при значенні $x_2 = -1$ записали наступним чином:

$$Y - 0,39 = 0,02778X_1^2 + 0,031X_3^2. \quad (4)$$

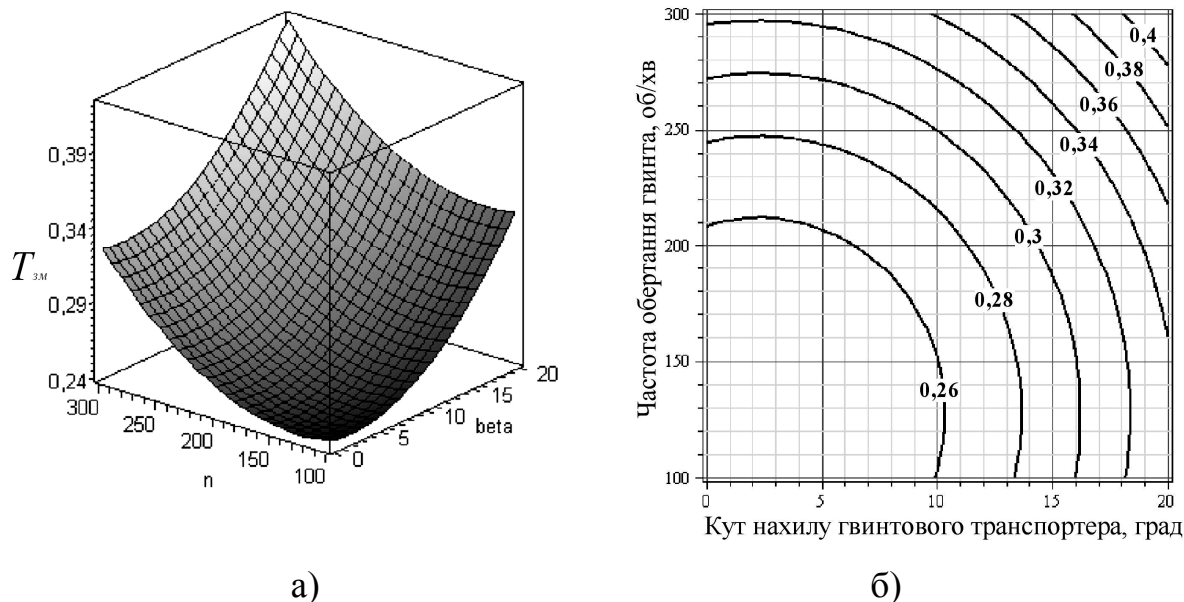


Рис. 3. Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує залежність травмування зернового матеріалу при $x_2 = -1$

Аналіз даного двохмірного перетину (рис. 3) показує, що спільний вплив взаємодії факторів (x_1 та x_3) в області екстремуму за показником травмування зернового матеріалу в точці з $T_{зм} = 0,24\%$ при величині факторів відповідно $n_{про} \approx 127$ об/хв та $\beta_m \approx 2$ град. При чому область екстремуму знаходиться в межах $n_{про} = 100 \dots 200$ об/хв і $\beta_m = 0 \dots 8$ град.

Побудова двомірного перетину поверхні відгуку, що характеризує показник травмування зернового матеріалу в залежності від частоти обертання гвинтового робочого органу (x_1) та зазору між витком і кожухом транспортера (x_2), представлена на рис. 4, а рівняння (1) у канонічній формі при значенні $x_3 = 0$ записали наступним чином:

$$Y - 0,43 = 0,0324X_1^2 - 0,1341X_2^2. \quad (5)$$

Кут повороту нових координатних осей в центрі поверхні відгуку для даного випадку $\psi = 9^\circ 1'$.

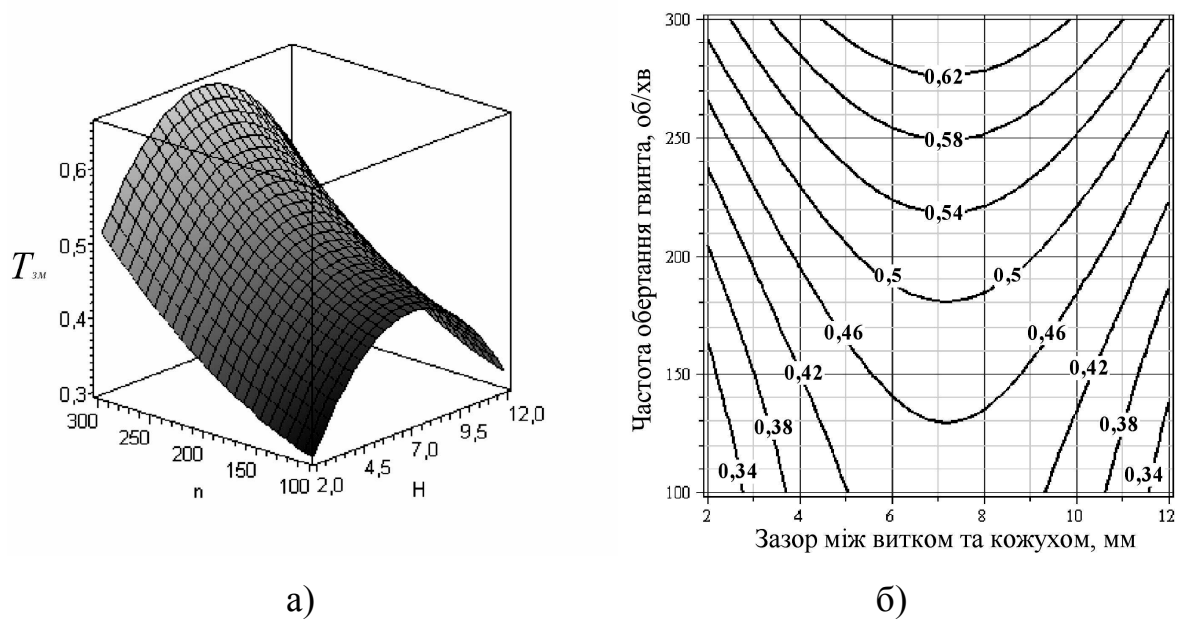


Рис. 4. Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує залежність травмування зернового матеріалу при $x_3 = 0$

Аналіз даного двохмірного перетину (рис. 4), який відображає спільний вплив взаємодії факторів (x_1 та x_2) в області екстремуму за показником травмування зернового матеріалу в точці з $T_{зм} = 0,43\%$ при величині факторів відповідно $n_{opt} \approx 35$ об/хв та $H \approx 7$ мм, показує, що область екстремуму знаходиться в межах $n_{opt} = 100 \dots 120$ об/хв і $H = 5 \dots 9$ мм.

Висновки. Встановлено, що при знаходженні першого і третього факторів на нульовому рівні ($n_{opt} = 200$ об/хв, $\beta_m = 10$ град), а другого на нижньому рівні ($H = 2$ мм) травмування зернового матеріалу гвинтовим транспортером складає $T_{зм} = 0,24\%$. Найбільший вплив на зміну даного параметру здійснює зазор між витками та кожухом, наближення його до середніх розмірів зернових частинок призводить до підвищеного руйнування окремих зерен. При зазорі меншому мінімальних розмірів зерен, защемлення їх в процесі переміщення по кожуху практично не спостерігається, а при зазорі, більшому трьох середніх розмірів частин (12 мм і більше), на дні кожуха утворюється пасивний ледь рухомий шар матеріалу.

Використання експериментального транспортера дозволяє зменшити пошкодження зерна гвинтовим робочим органом до $0,29 \dots 0,31\%$ (у серійного шнекового живильника – $0,48\%$), при збереженні максимальної продуктивності процесу.

Зміна кута нахилу гвинтового транспортера не лише підвищує питому енергоємність процесу, але й впливає на зростання травмування зернового матеріалу, що переміщується. Найбільші значення травмування матеріалу зафіксовані при кутах нахилу гвинтового транспортера більших 10 град.

Список літератури

1. Гевко Б.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатынский. – Львов: Выща школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1989. – 176 с.

2. Гевко І.Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання / І.Б. Гевко. – Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. – 307 с.

3. Пат. 58312 Україна, МПК В65G 33/00. Гвинтовий транспортер / А.І. Бойко, В.М. Савченко, В.Л. Куликівський; заявник В.Л. Куликівський. – №u201010970; заявл. 13.09.2010; опублік. 11.04.2011, Бюл. № 7, 2011 р.

4. Новик Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Машиностроение. София: Техника, 1980. – 304 с.

5. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. – Ленинград: Колос, 1972. – 200 с.

6. Пат. 68860 Україна, МПК В65G 33/16. Стенд для дослідження характеристик гвинтових транспортерів та шнекових живильників / А.І. Бойко, С.В. Міненко, В.Л. Куликівський; заявник В.Л. Куликівський. – №u201112449; заявл. 24.10.2011; опублік. 10.04.2012, Бюл. № 7, 2012 р.

Аннотация

Результаты экспериментальных исследований винтовых транспортеров и питателей

Куликовский В.Л.

Представлены результаты экспериментальных исследований винтовых транспортеров и питателей, которые были направлены на определение рациональных конструктивных параметров шнеков. Исследования показывают, что основное влияние на повреждение зернового материала имеют зазор между витками и кожухом и частота вращения винтового рабочего органа.

Abstract

The results of experimental researches of screw conveyers and feeders

V. Kulikovskiy

The results of experimental researches of screw conveyers and feeders that were sent to determination of rational structural parameters of spirals are presented. Researches show that a gap between coils and casing and frequency of rotation of spiral working organ have basic influence on injuring of grain-growing material.