

УДК 621.867.42

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА З РІВНОЗБІЛЬШЕНИМ КРОКОМ ВИТКІВ

Р. С. Грудовий

e-mail: roma-grudovij@ukr.net

Житомирський національний агроекологічний університет
Старий бульвар, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Наукова робота присвячена аналізу та систематизації останніх досліджень вітчизняних та зарубіжних вчених, що вивчали роботу транспортно-технологічних систем, робочими органами яких є гвинтові конвеєри, а також власних теоретичних та експериментальних досліджень.

Розглянуто взаємодію зернового потоку із робочою поверхнею шнека і вплив його конструкційно-технологічних параметрів на продуктивність гвинтового конвеєра з рівнозбільшеним кроком витків при транспортуванні пшениці та ячменю.

Отримані рівняння регресії для визначення продуктивності конвеєрів Q залежно від приросту кроку шнека на одному витку ΔT , кута нахилу транспортера γ та частоти обертання шнека n при транспортуванні пшениці і ячменю у таких межах зміни вхідних факторів: $0,003 \leq \Delta T \leq 0,007$ (м); $15^{\circ} \leq \gamma \leq 45^{\circ}$ (град); $100 \leq n \leq 400$ (об/хв.).

За допомогою програмного забезпечення Statistica-6.0 для ПК побудували графічне відтворення проміжних загальних регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку та їх двомірних перерізів продуктивності Q як функцію від двох змінних факторів $X_{i(1,2)}$ за постійного незмінного рівня відповідного третього фактора $x_{i(3)} = const$.

За результатами досліджень встановлено, що найбільший вплив на зміну продуктивності чинять кут нахилу транспортера γ та частота обертання шнека та комбінації цих факторів. Збільшення величини кута нахилу транспортера призводить до зниження продуктивності до 20 %. При цьому збільшення величини приросту кроку шнека на одному витку призводить до незначного зниження продуктивності до 3%. В загальному для збільшення продуктивності необхідно збільшувати частоту обертання шнека та зменшувати кут нахилу конвеєра.

Ключові слова: *гвинтовий конвеєр, транспортування, пшениця, ячмінь, продуктивність, приріст кроку шнека, кут нахилу, частота обертання, розрахунок, регресійні моделі.*

Постановка проблеми

В сучасних ринкових умовах необхідною складовою успішного вироблення сільськогосподарської продукції є забезпечення підприємства власною високопродуктивною технікою, яка б відповідала сучасним вимогам.

У більшості техніки робочими транспортуєчими органами є гвинтові транспортери. Проблема забезпечення необхідної продуктивності гвинтових транспортерів при їх використанні пов'язана, насамперед, з конструкційними особливостями, а також умовами експлуатації [3–4, 6, 12].

На основі аналізу та систематизації досліджень [2–6, 8–9, 12–14] вітчизняних та зарубіжних вчених, що вивчали роботу транспортно-технологічних систем, робочими органами яких є гвинтові конвеєри, а також власних теоретичних та експериментальних досліджень, ми прийшли до висновку, що на

продуктивність гвинтового конвеєра з рівнозбільшеним кроком витків, при транспортуванні пшениці та ячменю, найбільший вплив мають приріст кроку шнека на одному витку, кут нахилу транспортера та частота обертання шнека.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У формування наукових основ теорії проектування гвинтових механізмів вагомий внесок зробили В. В. Адамчук, А. П. Александров, О. Д. Алімов, К. В. Алферов, П. І. Басов, Е. Бернхардт, А. І. Бойко, А. А. Вайнсон, П. М. Василенко, Б. М. Гевко, Р. Б. Гевко, А. М. Григор'єв, І. Е. Груздев, П. М. Заїка, Р. Л. Зенков, В. Г. Іванов, Г. В. Корнєєв, Л. М. Куцин, В. С. Ловейкін, М. І. Пилипець, Р. М. Рогатинський, А. О. Співаковський, М. К. Штуков та багато інших. Ними встановлено теоретичні закономірності кінематики та динаміки гвинтових конвеєрів, руху матеріальної

частинки та умов перенесення даних моделей на випадок транспортування матеріалу потоком, властивостей матеріалів і особливості їх транспортування, визначення раціональних режимів транспортування та конструктивних параметрів шнеків [2–6, 8–9, 12–14].

Аналіз основних положень, викладених у їх працях, свідчить про відсутність однозначного погляду різних авторів на суть явищ, що спостерігаються при їх роботі. Тому проведення експериментальних досліджень для більш детального обґрунтування та оптимізації конструкційно-технологічних параметрів є актуальним завданням.

Мета, завдання та методика досліджень

Мета роботи – експериментальне дослідження впливу конструкційно-технологічних параметрів на продуктивність гвинтового конвеєра з рівнозбільшеним кроком витків, при транспортуванні пшениці та ячменю.

Для визначення впливу конструктивних і кінематичних параметрів (незалежних факторів X_i) гвинтового конвеєра на його продуктивність, під час транспортування пшениці та ячменю (параметр оптимізації Q), проведено повнофакторні експерименти, тобто визначення величини продуктивності від зміни трьох основних факторів: від приросту кроку шнека на одному витку ΔT , кута нахилу конвеєра γ та частоти обертання шнека n , тобто $Q=f(\Delta T, \gamma, n)$.

Оброблення отриманих експериментальних даних проведено з використанням методик регресійного аналізу [1, 11]. Для отримання регресійних моделей параметрів оптимізації вибирали відповідний план повнофакторного експерименту.

Оскільки, змінні незалежні фактори неоднорідні та мають різні одиниці вимірювання, а числа, що виражають значення цих факторів – різні порядки, то їх приводили до єдиної системи обрахунків шляхом кодування.

Зв'язок між кодованими x_i та натуральними X_i змінними факторами встановлювали за залежністю [1]:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (1)$$

де X_{i0} – натуральне значення i -го фактору на нульовому рівні;

ΔX_i – інтервал варіювання i -го фактору.

Експеримент проводили на трьох рівнях варіювання факторів. Нульовий рівень, або середнє значення кожного вхідного фактору, визначали за формулою [1]:

$$X_0 = \frac{X_{max} + X_{min}}{2}, \quad (2)$$

де X_0 – числове значення нульового рівня вхідного фактору;

X_{max} – числове значення верхнього рівня вхідного фактору;

X_{min} – числове значення нижнього рівня вхідного фактору.

Інтервали варіювання факторами [1]:

$$\Delta X_i = \frac{X_{max} - X_{min}}{2}. \quad (3)$$

Вводили умовні позначення верхнього, нижнього та нульового рівнів варіювання факторів, відповідно +1, -1, 0 для побудови план-матриці планування експериментів [11].

Зовнішній діаметр шнека дорівнює 150 мм, довжина робочої частини шнека 1,5 м, початковий крок витка шнека T_0 відповідає коефіцієнту кроку $k_{T1}=0,8$ і дорівнює 120 мм. Досліджувані прирости кроку витків шнека вибирали із умови, яка полягала в тому, що коефіцієнт кроку k_{T2} максимального кроку шнека T_{max} не повинен перевищувати 1,25. Тому вибрано наступні параметри:

1) $\Delta T_1=3$ мм, $T_{max}=150$ мм, $k_{T2}=1,0$; кількість витків – 11;

2) $\Delta T_2=5$ мм, $T_{max}=167$ мм, $k_{T2}=1,115$; кількість витків – 10,5;

3) $\Delta T_3=7$ мм, $T_{max}=182$ мм, $k_{T2}=1,21$; кількість витків – 10.

Частоту обертання шнека n вибирали із умови забезпечення достатньої продуктивності та мінімального травмування зерна [3–10, 12–14].

Результати кодування факторів та рівні їх варіювання наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Результати кодування факторів та рівні їх варіювання

Фактори	Позначення		Інтерв. варіюв.	Рівні варіювання, натур.(кодовані)		
	натур.	код.				
Приріст кроку шнека на одному витку	ΔT , м.	x_1	0,002	0,007(+1)	0,005(0)	0,003(-1)
Кут нахилу конвеєра	γ , град.	x_2	15	45(+1)	30(0)	15(-1)
Частота обертання шнека	n , об/хв	x_3	150	400(+1)	250(0)	100(-1)

Після кодування вхідних факторів склали план-матриці повного факторного експерименту типу ПФЕ 3^3 для загальної кількості дослідів $N_1 = P^k$, де P – кількість рівнів варіювання, k – кількість вхідних факторів у експерименті.

З метою достовірної оцінки експериментальних даних, необхідну кількість вимірів показників, що контролюються (повторність дослідів), визначали за методикою,

$$\eta = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2, \quad (4)$$

де η – експериментальне значення продуктивності, т/год.; $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{11}, b_{22}, b_{33}$ – коефіцієнти регресії відповідних значень вхідних факторів;

$x_i; x_1, x_2, x_3$ – вхідні кодовані фактори.

Коефіцієнти апроксимуючого полінома, представленого у вигляді повного квадратичного рівняння, за умови ортогональності та симетрії, визначали за відповідними загальними формулами [11]:

– вільний член b_0 і коефіцієнти b_i i -го фактору:

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u}{N_1}; \quad (5)$$

– коефіцієнти взаємодії b_{ij} :

$$b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u}{N_1}, \quad (6)$$

де x_{iu} – значення кодової змінної у відповідному стовпці плану експерименту;

викладеною у [1], при цьому досліди проводили у трикратній повторності.

Функцію відгуку (параметр оптимізації) приймали у вигляді апроксимуючої математичної моделі повного квадратичного полінома, який описує реальний експериментальний процес:

\bar{y}_u – середній результат u -го дослідів;

u – порядковий номер дослідів;

i – номер фактору;

j, k – номер фактору, відмінного від i -го;

N_1 – кількість проведених експериментів.

Статистичну значимість коефіцієнтів рівняння регресії b_i проводили за t -критерієм Ст'юдента та визначали у такій послідовності [1,11]:

– визначали дисперсію похибок дослідів у рядках плану ПФЕ:

$$S_u^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (y_{uj} - \bar{y}_u)^2, \quad (7)$$

де n – кількість паралельних дослідів (повторюваностей одного експерименту); $j = 1, 2, \dots, n$.

– визначали дисперсію відтворення дослідів:

$$S_y^2 = \frac{1}{N_1} \sum_{u=1}^{N_1} S_u^2, \quad (8)$$

– визначали похибку відтворення:

$$S_y = \sqrt{S_y^2}, \quad (9)$$

– визначали умову значимості коефіцієнтів b_i рівняння регресії:

$$b_{i(jk)} > \frac{t_T S_y}{\sqrt{N_1 n}}, \quad (10)$$

де t_T – табличне значення коефіцієнта Ст'юдента, яке вибирається з таблиці залежно від ступеня відповідності f та рівня значимості α [11].

Ступінь відповідності дорівнює:

$$f = (n-1)N_1. \quad (11)$$

Якщо умова значимості (10) не виконується, то такий коефіцієнт b_i рівняння регресії приймали рівним нулю, а відповідний член x_i рівняння регресії виключали.

Перевірку адекватності вибраної математичної моделі експериментальним даним, тобто відповідність математичної моделі реальному процесу, здійснювали за F -критерієм Фішера наступним чином [11]:

– визначали дисперсію адекватності:

$$S_{ag}^2 = \frac{n}{N_1 - g'} \sum_{u=1}^N (\bar{y}_u - \tilde{y}_u)^2, \quad (12)$$

де $N_1 - g'$ – число степеней вільності дисперсії адекватності;

g' – число значимих коефіцієнтів в рівнянні регресії;

\bar{y}_u – середнє значення відгуку в u -му досліді;

\tilde{y}_u – значення відгуку в u -й точці плану, обчислене за рівнянням регресії;

– визначали розрахунковий критерій відповідності Фішера F_p :

$$F_p = \frac{S_{ag}^2}{S_y^2}, \quad (13)$$

де S_y^2 – дисперсія відтворення досліді;

– визначали табличне значення критерію

Фішера F_T за заданим рівнем значимості α і двома степенями відповідності: $f_{ag} = N_1 - g$ та $f_y = N_1(n-1)$.

Умову адекватності вибраної математичної моделі перевіряли згідно з нерівністю:

$$F_p < F_T. \quad (14)$$

Отримане значення F_p порівнювали з табличним F_T . Якщо умова $F_p < F_T(0,05, f_{ag}, f_y)$ виконувалася, тобто розрахункове значення F_p – критерію Фішера менше табличного F_T при 5 %-ому рівні значущості, числі степені вільності дисперсії адекватності $f_{ag} = N_1 - g$ та числі степені вільності дисперсії відтворюваності $f_y = N_1(n-1)$, то рівняння регресії ПФЕ адекватне експериментальним даним.

Результати досліджень

На основі методики проведення досліджень з використанням повнофакторного експерименту проведено низку експериментальних досліджень, в яких визначали залежність продуктивності нахиленого гвинтового конвеєра від приросту кроку шнека на одному витку ΔT , кута нахилу конвеєра γ та частоти обертання шнека n під час транспортування пшениці та ячменю.

Для кожного з незмінних факторів експеримент проводився не менше 3 разів, після чого визначалося середнє значення результату, яке використовувалося для подальшого статистичного оброблення результатів експерименту.

Визначено невідомі коефіцієнти регресії квадратичного полінома за формулами 5, 6 і отримані значення коефіцієнтів регресії зведено у табл. 2.

Таблиця 2. Значення коефіцієнтів рівнянь регресії

Коефіц.	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
пшениця	6,143	-0,056	-0,694	2,457	0,0069	-0,025	-0,307	0,00076	0,00076	-0,736
ячмінь	5,529	-0,05	-0,625	2,211	0,0062	-0,022	-0,276	0,00068	0,00068	-0,663

Після знехтування незначущими коефіцієнтами рівнянь регресії b_{11} і b_{22} отримані кінцеві рівняння регресії, що

відображають залежності продуктивності конвеєра у натуральних значеннях факторів:

– для транспортування пшениці

$$Q_{(\Delta T, \gamma, n)} = 0,438 - 14,066\Delta T - 1,33 \cdot 10^{-2} \gamma + 3,724 \cdot 10^{-2} n + 0,23\Delta T \gamma - 8,33 \cdot 10^{-2} \Delta T n - 1,36 \cdot 10^{-4} \gamma n - 3,27 \cdot 10^{-5} n^2, \quad (15)$$

– для транспортування ячменю

$$Q_{(\Delta T, \gamma, n)} = 0,397 - 12,867\Delta T - 1,203 \cdot 10^{-2} \gamma + 3,352 \cdot 10^{-2} n + 0,207\Delta T \gamma - 7,333 \cdot 10^{-2} \Delta T n - 1,227 \cdot 10^{-4} \gamma n - 3,947 \cdot 10^{-5} n^2. \quad (16)$$

Отримані рівняння регресії можуть бути використані для визначення продуктивності конвеєрів Q залежно від приросту кроку шнека на одному витку ΔT , кута нахилу транспортера γ та частоти обертання шнека n при транспортуванні пшениці і ячменю у таких межах зміни вхідних факторів:

$0,003 \leq \Delta T \leq 0,007$ (м); $15 \leq \gamma \leq 45$ (град); $100 \leq n \leq 400$ (об/хв).

За допомогою програмного забезпечення Statistica-6.0 для ПК побудували графічне

відтворення проміжних загальних регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку та їх двомірних перерізів продуктивності Q як функцію від двох змінних факторів $x_{i(1,2)}$ за постійного незмінного рівня відповідного третього фактора $x_{i(3)} = const$.

Графічні значення результатів залежності продуктивності, одержаної з використанням Mathcad 2000 Professional, наведено на рис. 1–4.

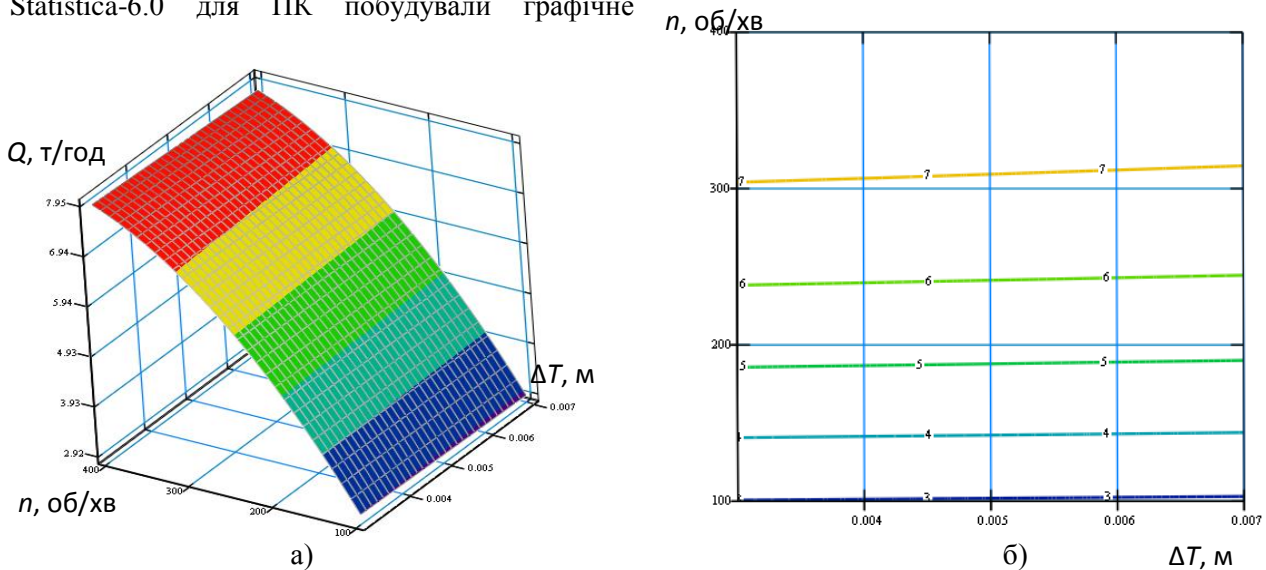


Рис. 1. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності продуктивності конвеєра $Q_{(\Delta T, n)}$ під час транспортування пшениці від приросту кроку шнека на одному витку та частоти обертання шнека ($\gamma=30$ град)

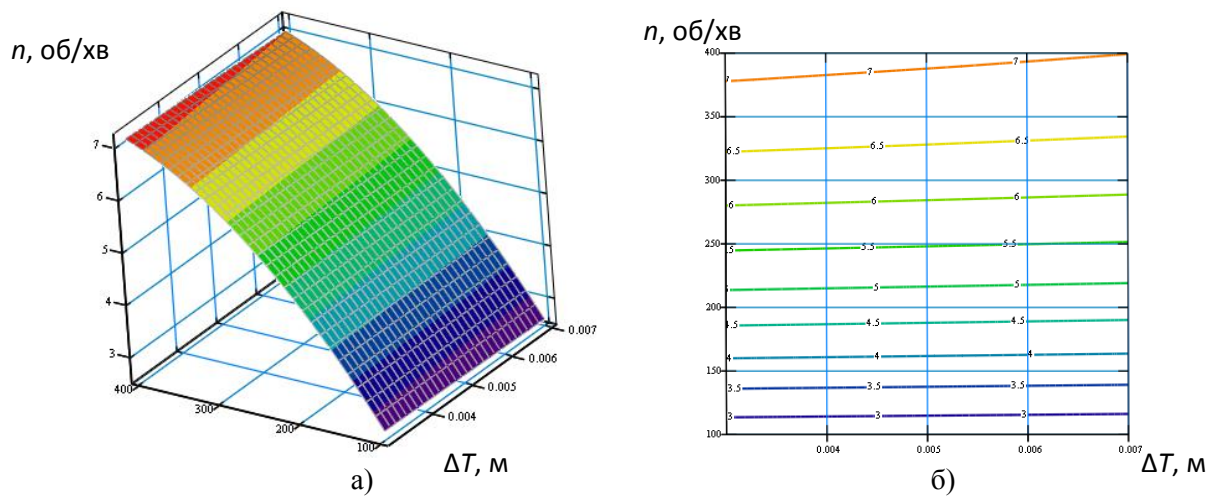


Рис. 2. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності продуктивності транспортера $Q_{(\Delta T, n)}$ під час транспортування ячменю від приросту кроку шнека на одному витку та частоти обертання шнека ($\gamma=30$ град).

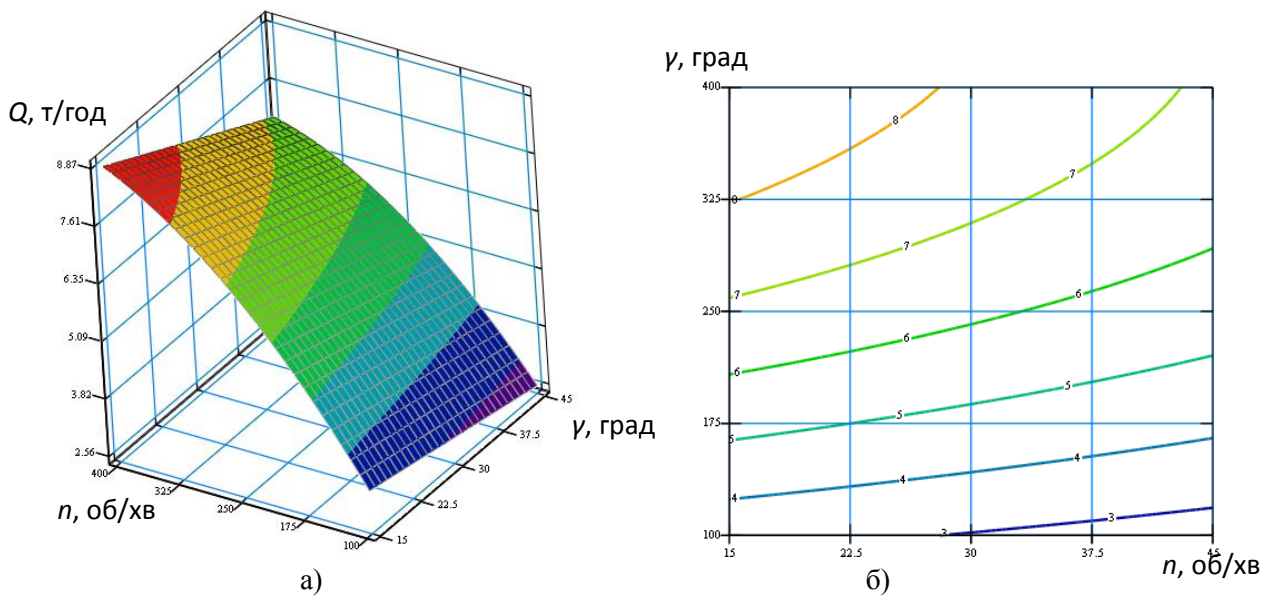


Рис. 3. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності продуктивності транспортера $Q_{(n, \gamma)}$ під час транспортування пшениці від частоти обертання шнека та кута нахилу конвєсра ($\Delta T=0,005$ м)

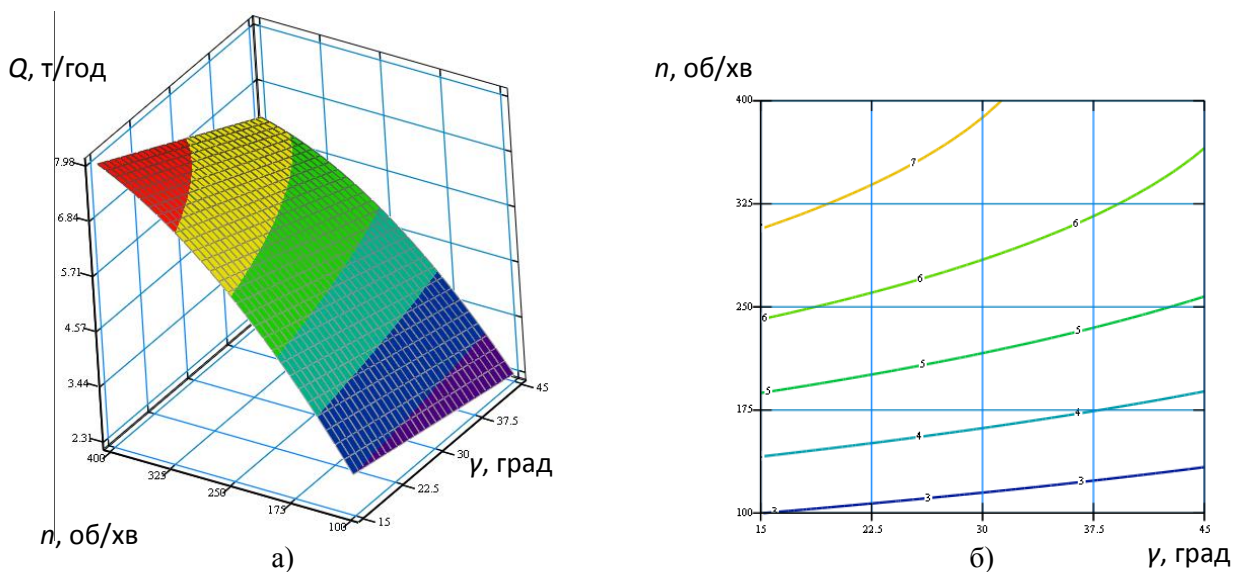


Рис. 4. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності продуктивності транспортера $Q_{(n,\gamma)}$ під час транспортування ячменю від частоти обертання гвинтового робочого органу та кута нахилу транспортера ($\Delta T=0,005$ м).

З рисунків 1–4 видно, що із збільшенням частоти обертання шнека величина продуктивності зростає, при чому найбільша продуктивність досягається під час транспортування пшениці і становить 8,93 т/год. Мінімальне значення продуктивності складає 2,55 т/год. за мінімальної частоти обертання шнека і максимального кута нахилу гвинтового конвеєра до горизонту.

Максимальне значення продуктивності при транспортуванні ячменю становить 8,04 т/год., при цьому мінімальне значення складає 2,34 т/год. при мінімальній частоті обертання шнека і максимальному куті нахилу гвинтового конвеєра до горизонту.

Аналіз отриманих регресійних рівнянь показує, що найбільший вплив на зміну продуктивності чинять фактори x_2 , x_3 , (γ , n) та комбінації цих факторів. Збільшення величини фактора $x_2(\gamma)$ призводить до зниження продуктивності до 20%. При цьому, збільшення величини фактора $x_1(\Delta T)$ призводить до незначного зниження продуктивності – до 3%. В загальному для збільшення продуктивності необхідно збільшувати частоту обертання шнека та зменшувати кут нахилу конвеєра.

Порівняння результатів теоретичних та експериментальних досліджень продуктивності гвинтового конвеєра представлено на графіках рис. 5.

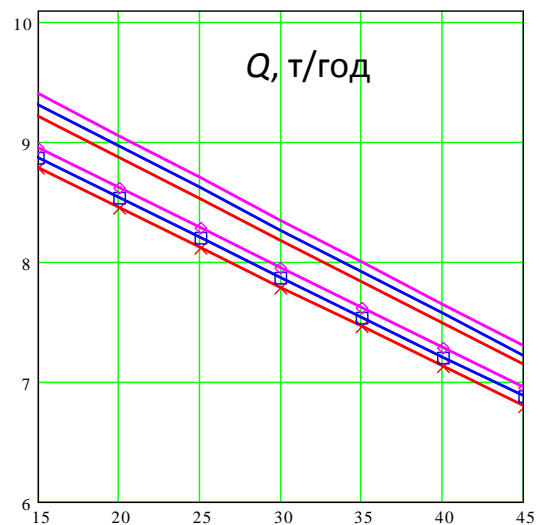


Рис. 5. Графіки залежності продуктивності конвеєра від кута нахилу швидкохідного конвеєра $R=0,075$ м, $L=1,5$ м під час транспортування пшениці: за результатами експериментальних досліджень: 1 – $\Delta T = 0,007$ м; 2 – $\Delta T = 0,005$ м; 3 – $\Delta T = 0,003$ м; за результатами теоретичних досліджень: 1' – $\Delta T = 0,007$ м; 2' – $\Delta T = 0,005$ м; 3' – $\Delta T = 0,003$ м

Розходження між результатами експериментальних та теоретичних досліджень знаходиться в межах 9 %.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Представлено результати експериментальних досліджень впливу конструкційно-технологічних параметрів гвинтового конвеєра з рівнозбільшеним кроком витків на його продуктивність під час транспортування пшениці та ячменю (параметр оптимізації Q) від зміни трьох основних факторів: від приросту кроку шнека ΔT , кута нахилу конвеєра γ та частоти обертання шнека n , тобто $Q=f(\Delta T, \gamma, n)$.

Подальші дослідження доцільно виконувати у напрямку впливу інших конструкційно-технологічних параметрів на зниження енерговитрат, травмування транспортованого матеріалу та дослідити взаємозв'язок між даними параметрами з умовою перенесення результатів на інші конструкції транспортно-технологічних систем з гвинтовим робочим органом.

Література

1. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных решений / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1971. – 215 с.
2. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П. М. Василенко. – К. : УСХА, 1960. – 216 с.
3. Григорьев А. М. Винтовые конвейеры / А. М. Григорьев. – М. : Машиностроение, 1972. – 258 с.
4. Гевко Б. М. Механізми з гвинтовими пристроями / Б. М. Гевко, Р. М. Рогатинський. – Львів : Світ, 1993. – 206 с.
5. Гевко Б. М. Оптимизация конструктивных параметров шнековых конвейеров / Б. М. Гевко, Р. М. Рогатинский // Изв. вузовского машиностроения. – 1987. – № 5. – С. 109–114.
6. Гевко І. Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання / І. Б. Гевко. – Тернопіль : ТДТУ ім. Івана Пулюя, 2008. – 307 с.
7. Погрузчики и транспортеры сельскохозяйственного назначения. Методы испытаний : ГОСТ P52758-2007. – М. : ФГУП СТАНДАРТИНФОРМ, 2007. – 54 с.
8. Григорьев А. М. Винтовые конвейеры / А. М. Григорьев. – М. : Машиностроение, 1972. – 184 с.
9. Груздев И. Э. Теория шнековых устройств / И. Э. Груздев, В. Г. Мирзоев, В. И. Янков. – Л. : Изд-во Ленинград. ун-та, 1978. – 144 с.
10. Конвеєри гвинтові. Загальні технічні вимоги : ДСТУ 2672-94. – К. : Держстандарт України, 1994. – 10 с. – (Національний стандарт України).
11. Душинський В. В. Основи наукових досліджень. Теорія та практикум з програмним забезпеченням : навч. посібник / В. В. Душинський. – К. : НТУУ «КПІ», 1998. – 408 с.
12. Красников В. В. Подъемно-транспортные машины / В. В. Красников. – М. : Агропромиздат, 1987. – 272 с.
13. Красников В. В. Экспериментально-теоретические основы определения производительности винтового транспортера / В. В. Красников, Ю. И. Волков // Механизация погрузочно-разгрузочных и транспортных работ в сельскохозяйственном производстве. – Саратов, 1977. – Вып. 101. – С. 67–81.
14. Ловейкін В. С. Вибір раціональних параметрів та режимів роботи вертикальних гвинтових конвеєрів / В. С. Ловейкін, О. Р. Рогатинська // Зб. наук. пр. Вінницького держ. аграр. ун-ту. – 2005. – Вип. 23. – С. 181–195.

EXAMINATION OF PRODUCTIVITY OF THE SPIRAL CONVEYER WITH EQUINCREASED TURN THREAD DURING

R. Grudovij

e-mail: roma-grudovij@ukr.net

Zhytomyr National Agroecological University,
Stry Boulevard, 7, Zhytomyr, 10002, Ukraine

The scientific research is devoted to analysis and systematization of the current national and foreign investigations of scientists who examined work of transport and technological systems with such working tools as conveyer spiral, and the research is also devoted to own theoretical and experimental investigations.

Interaction between stream of wheat and working surface of screw and influence of its constructive and technological parameters to the efficiency of spiral conveyor with equal increased turn thread during transportation of wheat and barley – is observed.

Equation of regression to determinate efficiency of conveyors Q depending on growth of the screw turn on one thread ΔT , conveyor discharge angle γ and rotation frequency of the screw n during transportation of wheat and barley in the range of changes of incoming factors: $0,003 \leq \Delta T \leq 0,007$ (m); $15^\circ \leq \gamma \leq 45^\circ$; $100 \leq n \leq 400$ (rev/min).

Due to content solutions Statistica-6.0 for PC the engineering data plotting of general regressing models in form of squares surface and its bidimensional angles of efficiency Q as a function from two changeable factors $x_{i(1,2)}$ in terms of permanent stationary level of the certain third factor $x_{i(3)} = \text{const}$ - was determined.

Accordant to the results of researches it was determined that the most influence on change of the efficiency is made by the conveyor discharge angle γ and rotation frequency of the screw, and combination of these factors. Growth of conveyor discharge angle causes decrease of efficiency to 20 %. In this case growth of the screw turn on one thread causes moderate decrease of efficiency to 3 %. In general to increase efficiency it's necessary to increase the frequency of the screw and to decrease conveyor discharge angle.

Keywords: spiral conveyor, transportation, wheat, barley, efficiency, case growth of the screw turn, discharge angle, frequency of turns, calculation, model of regression.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИНТОВОГО КОНВЕЙЕРА С ПОСТЕПЕННО ВОЗРАСТАЮЩИМ ШАГОМ ВИТКОВ

Р. С. Грудовой

e-mail: roma-grudovij@ukr.net

Житомирский национальный
агроэкологический университет

Старый бульвар, 7, г. Житомир, 10002, Украина

Научная работа посвящена анализу и систематизации последних исследований отечественных и зарубежных ученых, изучавших работу транспортно-технологических систем, рабочими органами которых являются винтовые конвейеры, а также собственных теоретических и

экспериментальных исследований.

Рассмотрено взаимодействие зернового потока с рабочей поверхностью шнека и влияние его конструкционно-технологических параметров на производительность винтового конвейера с постепенно возрастающим шагом витков, при транспортировке пшеницы и ячменя.

Полученные уравнения регрессии для определения производительности конвейеров Q в зависимости от прироста шага шнека на одном витке ΔT , угла наклона транспортера γ и частоты вращения шнека n при транспортировке пшеницы и ячменя в таких пределах изменения входных факторов: $0,003 \leq \Delta T \leq 0,007$ (м); $15^\circ \leq \gamma \leq 45^\circ$ (град); $100 \leq n \leq 400$ (об/мин.).

С помощью программного обеспечения Statistica-6.0 для ПК построили графическое воспроизведение промежуточных общих регрессионных моделей в виде квадратичной поверхностей отклика и их двухмерных сечений производительности Q как функцию от двух переменных факторов $x_{i(1,2)}$ при постоянном неизменном уровне соответствующего третьего фактора $x_{i(3)} = \text{const}$.

По результатам исследований установлено, что наибольшее влияние на изменение производительности поступают угол наклона транспортера γ и частота вращения шнека и комбинации этих факторов. Увеличение величины угла наклона транспортера приводит к снижению производительности до 20 %. При этом увеличение величины прироста шага шнека на одном витке приводит к незначительному снижению производительности до 3 %. В общем для увеличения производительности необходимо увеличивать частоту вращения шнека и уменьшать угол наклона конвейера.

Ключевые слова: винтовой конвейер, транспортировка, пшеница, ячмень, производительность, прирост шага шнека, угол наклона, частота вращения, расчет, регрессионные модели.