

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГВИНТОВИХ ТРАНСПОРТЕРІВ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН

Куликівський В.Л., к.т.н.

(Житомирський національний агроекологічний університет)

Приведені результати експериментальних досліджень гвинтових транспортерів самопересувних зерноочисних машин, які були направлені на визначення оптимальних конструктивних параметрів шнекових живильників. Дослідження показують, що основний вплив на параметри оптимізації мають частота обертання гвинтового робочого органу і зазор між витками та кожухом.

Постановка проблеми. Сучасний стан розвитку всіх галузей народного господарства вимагає суттєвого покращення технологічних параметрів машин і механізмів, що дозволили б підвищити ефективність виробництва, поліпшити якість продукції, зменшити собівартість її виготовлення. Розв'язання цих проблем потребує глибокого вивчення відомих технологічних процесів, їх аналізу та створення передових високоефективних конструкцій із кращими показниками якості, надійності та довговічності. Серед вказаних проблем важливе значення мають дослідження умов роботи гвинтових транспортерів, помилки при проектуванні яких призводили до створення важких і громіздких конструкцій, підвищеної енергоємності і пошкодження матеріалу, що транспортується.

Аналіз останніх досліджень. Гвинтові транспортери (шнеки) поділяються на стаціонарні, пересувні і вбудовані в складні машини. Перші використовують при комплексній механізації кормоприготування, на транспортуванні зернофуражних продуктів і коренебульбоплодів між переробними агрегатами і на складах тощо. Другі застосовують у польових і складських умовах для перевалки сипких матеріалів [1, 2].

В сільському господарстві гвинтові транспортери дуже широко використовуються у вигляді вбудованих транспортуючих механізмів (наприклад, зерноочисні машини, самохідні комбайни).

Основними робочими органами гвинтових транспортно-технологічних механізмів є: гвинти, конвеєри, транспортні труби, живильники, преси тощо, які призначені для транспортування порошкових і зернистих сипких вантажів в горизонтальному, похилому чи вертикальному напрямках. Гвинти поділяють на суцільні, стрічкові, фасонні та лопатеві, й застосовуються вони залежно від виду вантажу та призначення [1-4].

До переваг існуючих гвинтових транспортерів слід віднести простоту конструкції, малі габарити, герметичність жолоба, що закритий по всій довжині, та безпечність обслуговування. До недоліків – необхідність

рівномірного завантаження (неприспособаність до перевантажень), інтенсивний знос підшипників, витків гвинта і кожуха, подрібнення матеріалу, що переміщується та значна витрата енергії на транспортування.

З метою збільшення строку експлуатації шнекового робочого органу, забезпечення рівномірного переміщення сипкого матеріалу та зменшення пошкодження вантажу і енергозатрат на його транспортування, було запропоновано конструкцію експериментального гвинтового транспортера [5].

Для перевірки аналітичних передумов роботи запропонованої конструкції гвинтового робочого органу, кожуха і транспортера в цілому, необхідно провести ряд експериментальних досліджень.

Постановка завдання. *Мета досліджень* полягає у встановленні експериментальної залежності питомої енергоємності процесу переміщення зернового матеріалу від параметрів гвинтового транспортера і обґрунтування його оптимальних параметрів. *Об'єкт досліджень* – технологічний процес транспортування зернового матеріалу гвинтовими робочими органами. *Предмет досліджень* – залежність питомої енергоємності процесу транспортування від параметрів шнека.

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

1) розробити і виготовити універсальну установку для дослідження гвинтових робочих органів транспортерів для переміщення зернового матеріалу в лабораторних умовах;

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

Методика проведення досліджень. Для дослідження робочих органів було використано методику планування некомпозиційного симетричного плану Бокса-Бенкена другого порядку для трьох факторів [6]. 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 [6]. Для дослідження рівняння регресії використовували методику двомірних перетинів [6, 7].

Результати досліджень. Лабораторна установка для дослідження характеристик гвинтових транспортерів, яка складається з рами зі встановленими на ній шнеком і шарнірними механізмами до яких прикріплена плита на якій фіксується транспортер, завантажувальних ємностей та приводів, дає можливість встановити вплив конструктивно-кінематичних параметрів живильників на питому енергоємність процесу переміщення зернового матеріалу. Наявність у робочих органів транспортерів власних окремих приводів дозволяє підвищити надійність установки та надає можливість незалежного керування швидкістю обертання кожного гвинта. Загальний

вигляд лабораторної установки представлено на рис. 1.

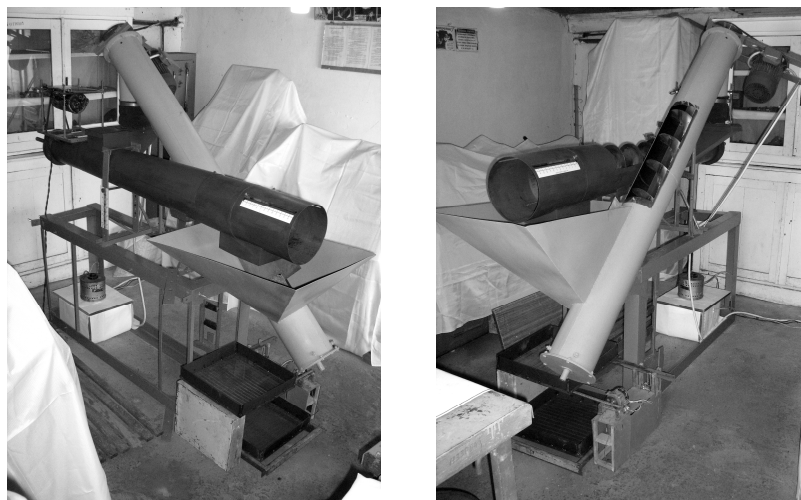


Рисунок 1 – Лабораторна установка для дослідження та випробування гвинтових транспортерів

Перед початком експерименту проводили кодування факторів.

Рівні варіювання факторів при плануванні експерименту для дослідження гвинтового транспортеру представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Інтервали та рівні варіювання факторів при плануванні експерименту для дослідження гвинтового транспортеру

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
Умовне 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

У відповідності з вибраним планом було виконано 15 дослідів. Кожний дослід повторювали тричі.

В результаті розрахунків коефіцієнтів регресії отримано математичну модель другого порядку:

$$y = 49,087 - 10,039x_1 + 8,614x_2 + 12,259x_3 - 2,71x_1x_2 - 5,87x_1x_3 + 4,325x_2x_3 + 9,302x_1^2 - 2,68x_2^2 + 8,889x_3^2 \quad (1)$$

Перевірка на адекватність при 5 % рівні значущості показала, що модель (1) є адекватна, оскільки $F_{табл} = 2,1 > F_{розн} = 0,54$.

Для використання отриманої моделі (1) в якості розрахункової формули та інтерпретації результатів дослідів проводили її розкодування:

$$q_{II} = 72,4176 - 0,37583n_{про} + 3,4426H + 0,0166\beta_m + 0,00542n_{про}H - 0,00587n_{про}\beta_m + 0,0865H\beta_m + 0,0009302n_{про}^2 - 0,1072H^2 + 0,08889\beta_m^2 \quad (2)$$

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

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

$$Y - 47,33 = -3,071X_2^2 + 9,28X_3^2 \quad (3)$$

Кут повороту нових координатних осей в центрі поверхні відгуку для даного випадку $\psi = -10^\circ 2'$. Поверхню відгуку та її двомірний перетин (рис. 2) будували за допомогою прикладних програм Maple 11 та Mathcad 14 на основі рівняння (3).

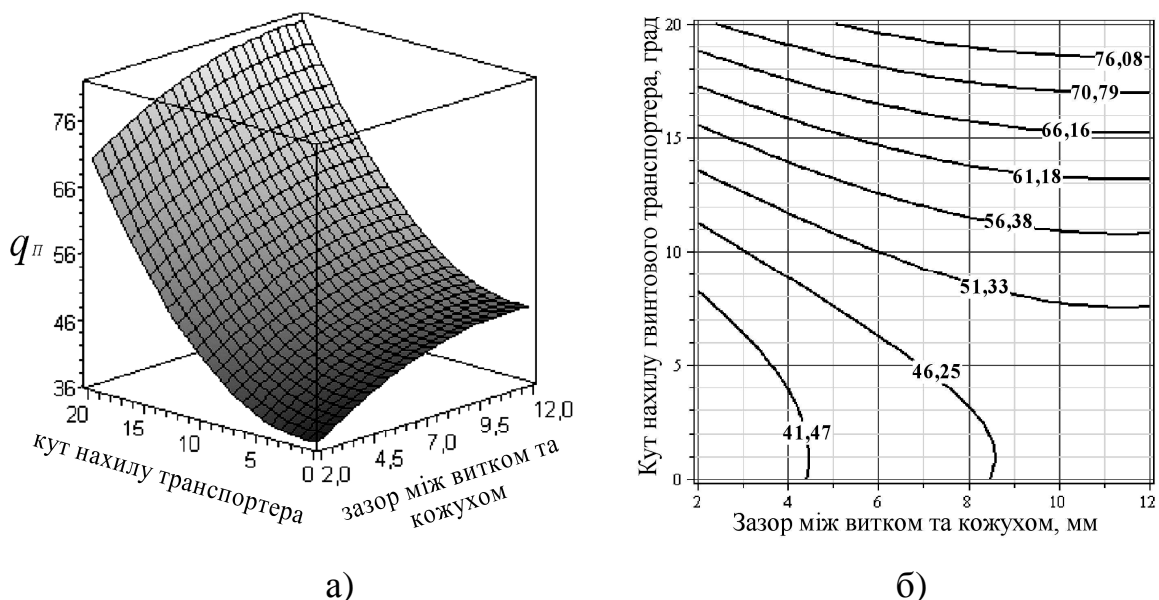


Рисунок 2 – Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує залежність питомої енергоємності процесу при $x_1 = 0$

Проаналізувавши даний двохмірний перетин (рис. 2), що показує спільний вплив взаємодії факторів (x_2 та x_3) в області екстремуму за

показником питомої енергоємності в точці з $q_{II} = 47,33 \frac{Вт \cdot с}{кг \cdot м}$ при величині факторів відповідно $H \approx 11$ мм та $\beta_m \approx 1$ град. При чому область екстремуму знаходиться в межах $H = 9...12$ мм і $\beta_m = 0...7$ град.

Побудова двомірного перетину поверхні відгуку, що характеризує показник питомої енергоємності процесу переміщення 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:

$$Y - 32,94 = 12,038X_1^2 + 6,153X_3^2. \quad (4)$$

Кут повороту нових координатних осей в центрі поверхні відгуку для даного випадку $\psi = -42^\circ 9'$.

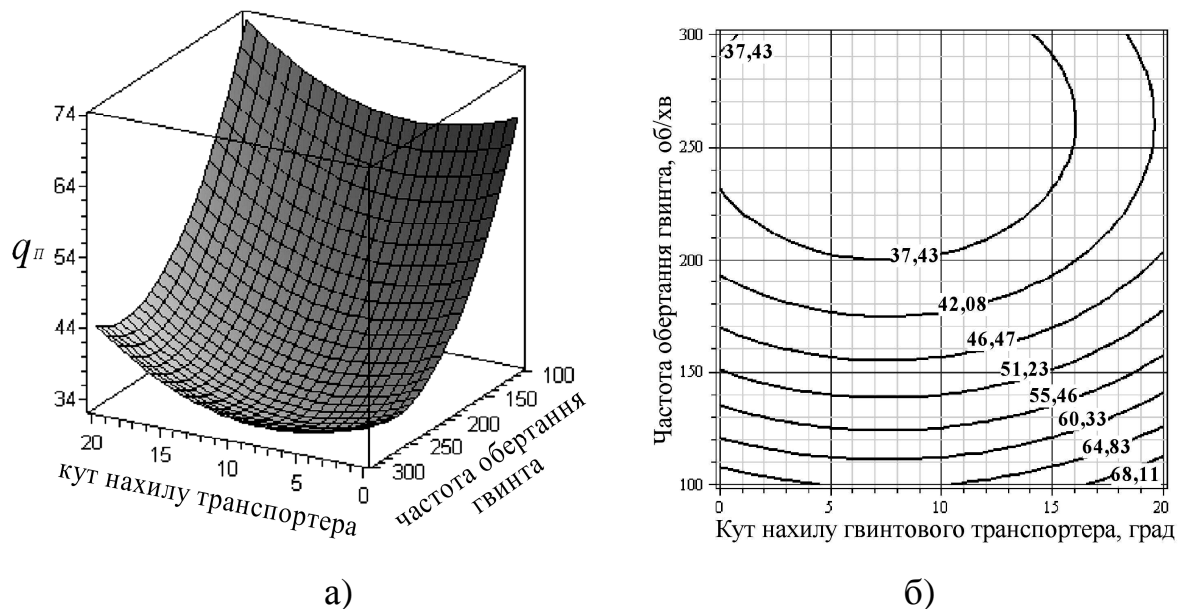


Рисунок 3 – Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує залежність питомої енергоємності процесу при $x_2 = -1$

Аналіз даного двохмірного перетину (рис. 3) показує, що спільний вплив взаємодії факторів (x_1 та x_3) в області екстремуму за показником питомої енергоємності в точці з $q_{II} = 32,94 \frac{Вт \cdot с}{кг \cdot м}$ при величині факторів відповідно $n_{про} \approx 261$ об/хв та $\beta_m \approx 7,5$ град. При чому область екстремуму знаходиться в межах $n_{про} = 220...300$ об/хв і $\beta_m = 0...15$ град.

Побудова двомірного перетину поверхні відгуку, що характеризує показник питомої енергоємності процесу переміщення 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:

$$Y - 50,82 = 9,5684X_1^2 - 2,831X_2^2. \quad (5)$$

Кут повороту нових координатних осей в центрі поверхні відгуку для даного випадку $\psi = -6^\circ 4'$.

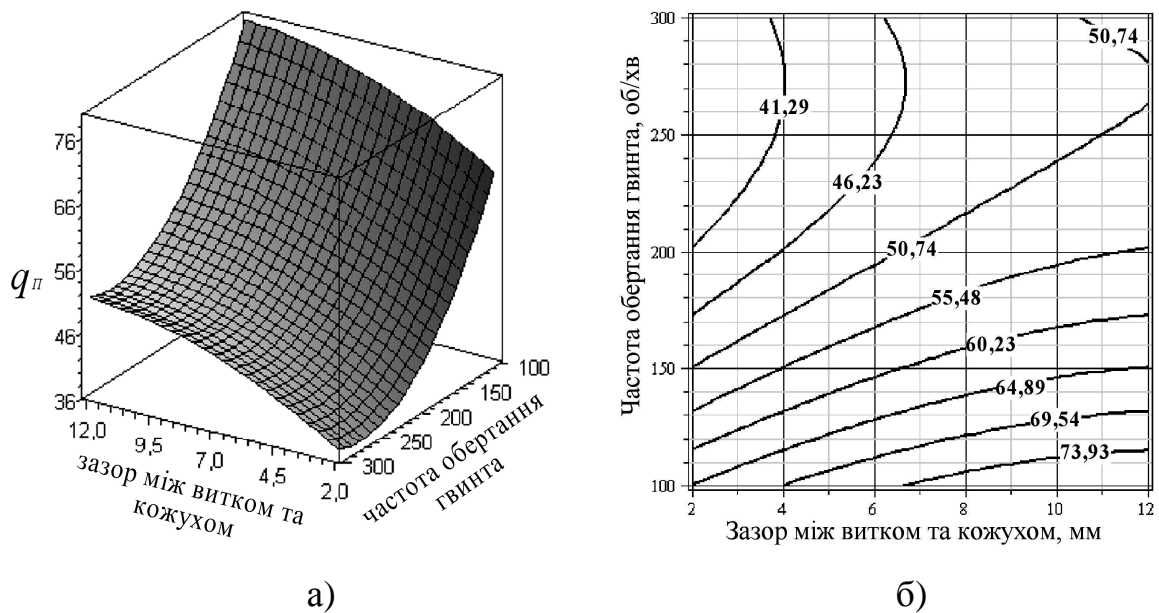


Рисунок 4 – Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує залежність питомої енергоємності процесу при $x_3 = 0$

Аналіз даного двохмірного перетину (рис. 4), який відображає спільний вплив взаємодії факторів (x_1 та x_2) в області екстремуму за показником питомої енергоємності в точці з $q_{II} = 50,82 \frac{Вт \cdot с}{кг \cdot м}$ при величині факторів відповідно $n_{gro} \approx 272$ об/хв та $H \approx 13$ мм, показує, що область екстремуму знаходиться в межах $n_{gro} = 240 \dots 300$ об/хв і $H = 12 \dots 14$ мм.

Висновки. Сумісний аналіз впливу факторів на питому енергоємність процесу показав, що оптимальним є використання гвинтового транспортера з частотою обертання робочого органу $n_{gro} = 250$ об/хв, зазором між витками та кожухом $H = 2$ мм, кутом нахилу транспортера $\beta_m = 0$ град, що дає змогу отримати питому енергоємність процесу переміщення зернового матеріалу гвинтовим транспортером в межах $q_{II} = 38 \dots 47 \frac{Вт \cdot с}{кг \cdot м}$, який відповідає існуючим вимогам для шнекових живильників самопересувних зерноочисних машин.

Список літератури

1. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры / А.М. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
2. 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.
3. Гевко І.Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання / І.Б. Гевко. – Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. – 307 с.
4. Зенков Р.Л. Машины непрерывного транспорта / Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов. – М.: Машиностроение, 1980. – 304 с.
5. 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.
6. Новик Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Машиностроение. София: Техника, 1980. – 304 с.
7. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. – Ленинград: Колос, 1972. – 200 с.

Аннотация

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВИНТОВЫХ ТРАНСПОРТЕРОВ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Куликовский В.Л.

Приведены результаты экспериментальных исследований винтовых транспортеров самопередвижных зерноочистительных машин, которые были направлены на определение оптимальных конструктивных параметров шнековых питателей. Исследования показывают, что основное влияние на параметры оптимизации имеют частота вращения винтового рабочего органа и зазор между витками и кожухом.

Abstract

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE WORK OF GRAIN CLEARING SCREW CONVEYORS

V. Kulikovskiy

The results over of experimental researches of grain clearing screw conveyors that were sent to determination of optimal structural parameters of screw are brought. Researches show that basic influence on the parameters of optimization frequency of rotation of spiral working organ and gap have between coils and casing.