

УДК 621.825

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОДУКТИВНОСТІ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА

*Гевко І.Б*

*Дячун А.Є*

*Любачівський Р.О*

*Грудовий Р.С*

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

*Приведені результати експериментальних досліджень продуктивності гвинтового конвеєра при дослідженні транспортування піску, ячменю і технічної солі. Змінні параметри: внутрішній діаметр кожуха 0,05, 0,075, 0,1 м, кут нахилу конвеєра – 30...45...60° і частота обертання гвинтового робочого органу – 100...500 об/хв. Виведені рівняння регресії, які відображають функціональну залежність продуктивності конвеєра від вище приведених змінних параметрів в кодових і натуральних величинах. Представлені поверхні відгуків та двомірні перерізи поверхонь відгуків залежностей продуктивності і конвеєра для вищепроведених транспортних матеріалів. Встановлено, що із збільшенням внутрішнього діаметра кожуха та частоти обертання гвинтового робочого органу величина продуктивності зростає, причому найбільша продуктивність досягається під час транспортування піску, а найменша при транспортуванні технічної солі.*

*The results of experimental research of screw conveyor performance while transporting sand, barley and technical salt are analysed. The variable parameters: inner diameter of a casing 0.05, 0.075 = 0.1 m, the angle of the conveyor - 30 ... 45 ... 60 r/min and speed of rotation of the screw working body - 100 ... 500 r/min.*

*The regression equations to express the functional dependence of conveyor performance on above-quoted variable parameters in the code and natural values are developed. The response surface and two-dimensional cross sections of response surfaces of performance and a conveyor for the above-quoted transporting materials are proposed. It was proved that with increasing the internal diameter of the casing and screw speed of the working body, the value of performance increases taking into account that the highest performance can be achieved during transporting sand, and lowest during transporting the technological salt.*

### **Постановка питання**

Однією із передумов подолання кризової ситуації у національній економіці є подальший розвиток машинобудування, що сприятиме зростанню продуктивності праці, підвищенню ефективності виробництва, покращенню якості продукції та вимагає принципово нових підходів до створення і використання вискоєфективних механізмів машин.

Незважаючи на значну кількість наукових праць, які присвячені дослідженню гвинтових конвеєрів (ГК), рівень їх проектування та виготовлення залишається недостатнім, а наукова база для їх створення не завжди відповідає сучасним вимогам за матеріало- та енергомісткістю.

Серед зазначених проблем важливе місце посідає дослідження продуктивності гвинтових конвеєрів, які набули широкого застосування у транспортерах, змішувачах, подрібнювачах та інше. Підвищені вимоги до конструктивних і технологічних параметрів, якості, надійності та довговічності, розширення функціональних можливостей гвинтових ГК потребують глибокого аналізу існуючих конструкцій і технологій їх виготовлення та розроблення на цій основі науково обґрунтованих теоретичних та експериментальних напрацювань та їх успішного впровадження у виробництво.

### *Аналіз останніх досліджень і публікацій*

Питанням дослідження продуктивності гвинтових конвеєрів присвячені наукові праці Григор'єва А.В. [1], Германа Х. [2], Гевко Б.М., Рогатинського Р.М. [3] та інші. В практичній царині для збільшення продуктивності гвинтових робочих органів було розроблено ряд оригінальних конструкцій шнеків. Проте цілий ряд питань, які пов'язані з особливостями визначення продуктивності нових конструкцій гвинтових транспортно-технологічних систем, в склад яких входять робочі елементи із полімерних матеріалів потребують подальшого вирішення.

### *Мета роботи*

Метою даної роботи є експериментальне дослідження продуктивності нової конструкції гвинтового конвеєра із застосуванням робочих елементів, виготовлених із полімерних матеріалів.

Роботу виконано згідно з постановою Кабінету Міністрів України «Високоєфективні технології у машинобудуванні, енергетиці та агропромисловому комплексі» на 2010...2015 рр..

### *Результати дослідження*

На основі літературно-патентного пошуку розроблено модернізовану конструкцію гвинтового конвеєра, в основі якої закладено використання полімерних матеріалів на поверхнях робочих органів, що безпосередньо взаємодіють із матеріалами, які піддаються транспортуванню і значно зменшують зусилля транспортування, понижують травмування насінного матеріалу.

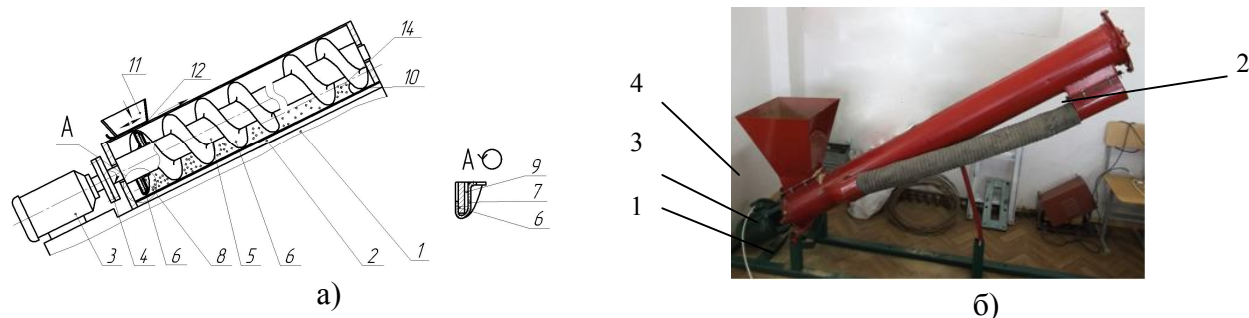
Запропонований гвинтовий еластичний конвеєр (рис. 1) виконано у вигляді рами 1, на якій жорстко встановлено кожух 2, електродвигун 3 із запобіжною муфтою 4, вал 5, на якому закріплена спіраль 6 відомим способом. Спіраль 6 по всій довжині закрита еластичною плівкою 7. З робочої сторони спіралі еластична плівка закріплена елементами 8 до зовнішнього діаметра вала на певній віддалі від шнека відомим способом, в наслідок чого між ними утворено повітряний зазор 9.

При цьому в кожусі 2, в якому обертається гвинтовий робочий орган, по внутрішньому діаметрі теж жорстко закріплена еластична плівка 10 відомим способом. Зверху кожуха 2 жорстко встановлено бункер 11 із шибером 12.

Робота гвинтового еластичного конвеєра здійснюється наступним чином. Матеріали 14, що піддаються транспортуванню, завантажуються на вході в бункер 11 конвеєра.

Після цього включають двигун, відкривають шибер 12 і за допомогою робочого гвинтового органу 6 матеріали переміщуються вгору до вивантажувального вікна. До переваг конвеєра відноситься зниження енерговитрат за рахунок використання полімерних антифрикційних матеріалів а також зниження пошкодження транспортіваних матеріалів, особливо насінного матеріалу, туків мінеральних добрив та інше.

Для встановлення впливу полімерних матеріалів на властивості конвеєра на основі методики проведення досліджень з використанням повнофакторного експерименту було проведено ряд експериментів для визначення продуктивності запропонованого конвеєра залежно від внутрішнього діаметра кожуха  $D$ , кута нахилу конвеєра  $\gamma$  та частоти обертання робочого органу  $n$  при транспортуванні піску, ячменю та технічної солі.



**Рис. 1. Гвинтовий конвеєр а) принципова схема; б) загальний вигляд експериментальної установки**

Продуктивність заміряли за допомогою мірних ємностей. 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.

Функцію відгуку (параметр оптимізації), тобто продуктивність  $Q=f(D,\gamma,n)$ , визначеного експериментальним шляхом, представлено у вигляді математичної моделі повного квадратичного полінома.

Вхідними змінними факторами повно факторного експерименту (ПФЕ)  $3^3$  прийнято:

- внутрішній діаметр кожуха  $D$ , який кодували індексом  $x_1$ ;
- кут нахилу конвеєра  $\gamma$ , який кодували індексом  $x_2$ ;
- частота обертання робочого органу  $n$ , яку кодували індексом  $x_3$ .

Характеристику факторів та значення їх рівнів для оброблюваних матеріалів наведено у табл. 1

Таблиця 1

**Характеристика факторів та значення їх рівнів**

Кодоване позначення фактора	Найменування фактора	Значення рівнів фактора
$x_1$	Внутрішній діаметр кожуха $D$ , м	0,05-0,075-0,1
$x_2$	Кут нахилу конвеєра $\gamma$ , град	30-45-60
$x_3$	Частота обертання робочого органу $n$ , об/хв	100-300-500

Загальний вигляд рівняння регресії продуктивності залежно від зміни внутрішнього діаметра кожуха  $D$ , кута нахилу конвеєра  $\gamma$  та частоти обертання робочого органу  $n$ , тобто

$Q_{(x_1,x_2,x_3)}^i = f(D,\gamma,n)$  за результатами проведених ПФЕ  $3^3$  у кодованих величинах дорівнює:

- під час транспортування піску:

$$Q_{(x_1,x_2,x_3)} = 2,525 + 2,642x_1 - 0,223x_2 + 2,154x_3 - 0,185x_1x_2 + ; \quad (4)$$

$$+1,768x_1x_3 - 0,157x_2x_3 + 0,843x_1^2$$

- під час транспортування ячменю:

$$Q_{(x_1, x_2, x_3)} = 1,668 + 1,748x_1 - 0,148x_2 + 1,42x_3 - 0,123x_1x_2 + ; \quad (5)$$
$$+ 1,17x_1x_3 - 0,102x_2x_3 + 0,55x_1^2$$

- під час транспортування технічної солі:

$$Q_{(x_1, x_2, x_3)} = 1,354 + 1,419x_1 - 0,121x_2 + 1,157x_3 - 0,098x_1x_2 + . \quad (6)$$
$$+ 0,95x_1x_3 - 0,089x_2x_3 + 0,453x_1^2$$

Відповідно у натуральних величина рівняння регресії (4-6) після перетворення та спрощення виразів прийнято в кінцевому вигляді:

- під час транспортування піску:

$$Q_{(D, \gamma, n)} = 5,21 - 180,52D + 3,78 \cdot 10^{-2} \gamma - 1,34 \cdot 10^{-2} n - 0,49D\gamma + ; \quad (7)$$
$$+ 0,35Dn - 5,23 \cdot 10^{-5} \gamma n + 1348,8D^2$$

- під час транспортування ячменю:

$$Q_{(D, \gamma, n)} = 3,387 - 117,52D + 2,49 \cdot 10^{-2} \gamma - 8,92 \cdot 10^{-3} n - 0,328D\gamma + ; \quad (8)$$
$$+ 0,234Dn - 3,4 \cdot 10^{-5} \gamma n + 880D^2$$

- під час транспортування технічної солі:

$$Q_{(D, \gamma, n)} = 2,812 - 97,2D + 2 \cdot 10^{-2} \gamma - 7,19 \cdot 10^{-3} n - 0,26D\gamma + . \quad (9)$$
$$+ 0,19Dn - 2,83 \cdot 10^{-5} \gamma n + 724,8D^2$$

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

Аналіз наведених регресійних рівнянь показує, що основними факторами, які впливають на збільшення продуктивності є: фактори  $x_1$ ,  $x_3$ , ( $D$ ,  $n$ ) та комбінації цих факторів. Збільшення величини фактора  $x_2$  ( $\gamma$ ) призводить до зниження продуктивності. В загальному для збільшення продуктивності необхідно збільшувати величину внутрішнього діаметра кожуха конвеєра, частоту обертання робочого органу та зменшувати кут нахилу конвеєра.

На основі досліджень можна зробити висновки: З рисунків 2-4 видно, що із збільшенням внутрішнього діаметра кожуха та частоти обертання гвинтового робочого органу величина продуктивності зростає, при чому найбільша продуктивність досягається під час транспортування піску, а найменша під час транспортування технічної солі. Максимальна значення продуктивності під час транспортування піску 10,8т/год, при цьому мінімальне значення складає 0,2т/год при мінімальній частоті обертання робочого органу і мініимальному внутрішньому діаметрі кожуха.

### Література

1. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры / А.М. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
2. Герман Х. Шнековые механизмы в технологии ФРГ. Перев. с нем. / Х. Герман. – Л.: Химия, 1975. – 230 с.
3. Гевко Б.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинський. – Львов: Выща шк. Изд-во при Львов. ун-те, 1989. – 256 с.