

УДК 621.855

## **РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВЕЛИЧИНИ ТРАВМУВАННЯ ЗЕРНА ПІД ЧАС ТРАНСПОРТУВАННЯ ТРУБЧАСТИМ СКРЕБКОВИМ КОНВЕЄРОМ**

*Б. Гевко, д.т.н., О. Ляшук, к.т.н., А.Дячун к.т.н.*

*Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя*

**Ключові слова:** канатний конвеєр, гнучкий робочий орган, травмування зерна.

Приведено результати експериментальних досліджень на удосконаленій конструкції гнучкого робочого канатного органа, які забезпечують зменшення величини травмування насіння під час його транспортування у круглих трубах із скребками, що покращує умови транспортування й відповідно підвищує експлуатаційну надійність і довговічність робочого органа.

**Постановка проблеми.** Технологічні процеси виробництва, де використовуються сипкі, порошкоподібні матеріали нерозривно пов'язані з переміщенням великої кількості вантажів по прямолінійних і криволінійних трасах. Тому в забезпеченні транспортних потоків, комплексної механізації й автоматизації праці на підприємствах провідну роль відіграють системи трубчастих транспортно-технологічних скребкових конвеєрів, як екологічно чистий вид транспорту.

До їхніх переваг належать велика герметичність, мінімальне травмування насінневого матеріалу, різноманітність просторових криволінійних трас, можливість використовувати для жолобів стандартні труби, а для скребоків – круглі тонкостінні диски.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питаннями транспортування сипких матеріалів прямими і криволінійними трасами присвячені праці Р.Л. Зенкова [1], Ф.К. Іванченка [2], М.В. Любіна [3] та ін. Транспортування сипких матеріалів по криволінійних трасах трубчастими конвеєрами з використанням гнучких канатних робочих органів недостатньо досліджені й потребують подальшого опрацювання з метою визначення ступеня пошкодження зернового насінневого матеріалу, зменшення зусилля транспортування й підвищення експлуатаційної надійності й довговічності робочих органів.

**Постановка завдання.** Метою роботи є створення нових

транспортно-технологічних систем для транспортування насінневих матеріалів з мінімальним травмуванням і визначенням ступеня пошкодженості.

**Вклад основного матеріалу.** Для визначення ступеня пошкодження зернового матеріалу під час транспортування розробленим робочим органом гнучкого трубчастого скребкового конвеєра в мірну посудину, яка, враховуючи розмірно-геометричні параметри зерна вміщувала близько 100 зернин, перед переміщенням попередньо відбирали три проби зерна. Далі визначали кількість пошкоджених зернин і встановлювали відсоток пошкодженого зернового матеріалу перед його транспортуванням. Зерна з вибитим зародком не враховували, а брали до уваги лише подрібнені зерна.

За різницею кількості пошкоджених зерен до і після транспортування визначали ступінь пошкодження зернового матеріалу залежно від змінних конструктивно-кінематичних параметрів робочого органа гнучкого трубчастого скребкового конвеєра. Зменшення травмування зерна під час транспортування трубчастим конвеєрами є одним із основних завдань під час проектування таких конструкцій.

Відбирання проб зернового матеріалу та визначення ступеня його пошкодження зображено на рис. 1.



Рис. 1. Процес відбору проб зернового матеріалу.

Оцінка травмування зерна здійснюється згідно з методикою, поданою в ГОСТ Р52758-2007 “Погрузчики и транспортеры сельскохозяйственного назначения. Методы испытаний”.

Для одержання порівняльного показника травмування матеріалу проводять перерахунок маси пошкодженого зерна до маси проби за формулою:

$$T_{зм} = \frac{m_1 - m_2}{m_n} \cdot 100 \quad (1)$$

де  $m_1$  - маса травмованого зерна після переміщення конвеєром, кг;  $m_2$  - маса травмованого зерна до транспортування, кг;  $m_n$  - маса проби, кг.

До травмованих зараховували зерна, що мали такі пошкодження: роздроблений зародок, пошкоджений зародок, пошкоджена оболонка зерна, пошкоджений ендосперм, пошкоджена оболонка ендосперму, побите зерно, механічно стиснуте зерно. Отримані значення коефіцієнтів рівняння регресії зведено у табл. 1.

Таблиця 1.

Значення коефіцієнтів рівнянь регресії

Коефіцієнт	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_{12}$	$b_{13}$	$b_{23}$	$b_{11}$	$b_{22}$	$b_{33}$
горох	0,35	-0,027	-0,0025	0,097	0	-0,0025	0	-0,004	0,006	-0,004
кукурудза	0,315	-0,024	-0,0023	0,087	0	-0,00225	0	-0,0036	0,0054	-0,0036
пшениця	0,28	-0,022	-0,002	0,078	0	-0,002	0	-0,0032	0,0048	-0,0032

Загальний вигляд рівняння регресії величини травмування зерна під час транспортування трубчастим конвеєром залежно від діаметра труби  $D$ , коефіцієнта завантаження конвеєра  $\varphi$  та швидкості руху каната  $v$ , тобто  $T_{cm(x_1, x_2, x_3)} = f(D, \varphi, v)$ , за результатами проведених ПФЕ  $3^3$  у кодованих величинах, такий:

- для транспортування гороху

$$T_{cm(x_1, x_2, x_3)} = 0,35 - 0,027x_1 - 0,025x_2 + 0,097x_3 + 0x_1x_2 - 0,0025x_1x_3 + 0x_2x_3 - 0,004x_1^2 + 0,006x_2^2 - 0,004x_3^2; \quad (2)$$

- для транспортування кукурудзи

$$T_{cm(x_1, x_2, x_3)} = 0,315 - 0,024x_1 - 0,023x_2 + 0,087x_3 + 0x_1x_2 - 0,00225x_1x_3 + 0x_2x_3 - 0,0036x_1^2 + 0,0054x_2^2 - 0,0036x_3^2; \quad (3)$$

- для транспортування пшениці

$$T_{cm(x_1, x_2, x_3)} = 0,28 - 0,022x_1 - 0,02x_2 + 0,078x_3 + 0x_1x_2 - 0,002x_1x_3 + 0x_2x_3 - 0,0032x_1^2 + 0,0048x_2^2 - 0,0032x_3^2, \quad (4)$$

де  $x_1$  - кодоване значення діаметра труби;  $x_2$  - кодоване значення коефіцієнта завантаження конвеєра;  $x_3$  - кодоване значення швидкості руху каната.

Оцінку статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії та перевірку адекватності (відповідності) отриманого теоретичного розподілу

випадкових величин рівнянь регресії (2...4) реальному експериментальному процесу проводили згідно з методикою [4].

У натуральних величинах (координатах) рівняння регресії (2-4) після перетворення та спрощення виразів прийнято в кінцевому вигляді:

- для транспортування гороху

$$T_{cm(D,\phi,v)} = 0,252 + 0,511D - 0,275\phi + 1,125v - 1,136Dv - 10D^2 + 0,15\phi^2 - 0,33v^2; \quad (5)$$

- для транспортування кукурудзи

$$T_{cm(D,\phi,v)} = 0,228 + 0,475D - 0,25\phi + 1,01v - 1,023Dv - 9D^2 + 0,135\phi^2 - 0,297v^2; \quad (6)$$

- для транспортування пшениці

$$T_{cm(D,\phi,v)} = 0,203 + 0,389D - 0,22\phi + 0,903v - 0,909Dv - 8D^2 + 0,12\phi^2 - 0,264v^2. \quad (7)$$

Отримані рівняння регресії (5-7) можуть бути використані для визначення величини травмування зерна  $T_{cm}$  під час транспортування трубчастим скребковим конвеєром залежно діаметра труби  $D$ , коефіцієнта завантаження конвеєра  $\phi$  та швидкості руху каната  $v$  під час транспортування гороху, кукурудзи, пшениці у таких межах зміни вхідних чинників:  $0,06 \leq D \leq 0,1$  (м);  $0,3 \leq \phi \leq 0,7$ ;  $0,12 \leq v \leq 0,34$  (м/с).

За допомогою прикладної програми побудували графічне відтворення проміжних загальних регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку та їх двомірних перерізів величини травмування зерна  $T_{cm}$  як функцію від двох змінних факторів  $x_{i(1,2)}$  за постійного незмінного рівня відповідного третього фактора  $x_{i(3)} = const$  (рис. 2- 5).

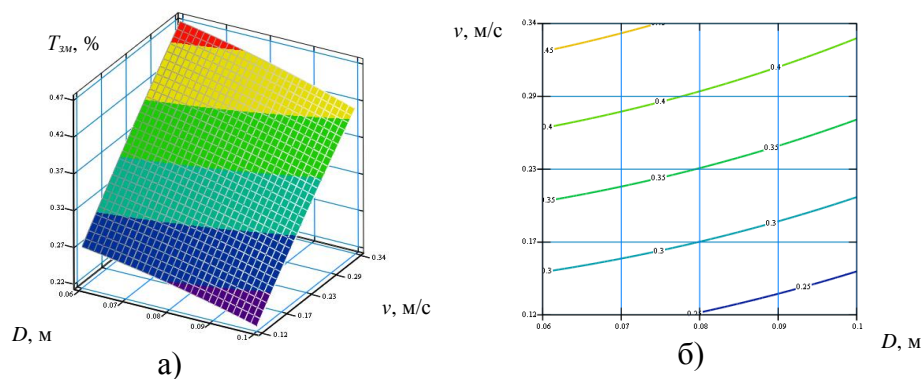


Рис. 2. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини травмування зерна гороху від діаметра труби та швидкості руху каната ( $\phi = 0,5$ ).

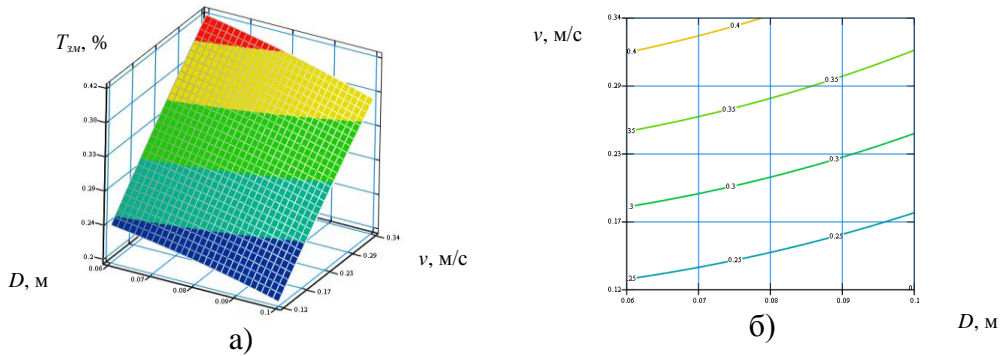


Рис. 3. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини травмування зерна кукурудзи від діаметра труби та швидкості руху каната ( $\varphi=0,5$ ).

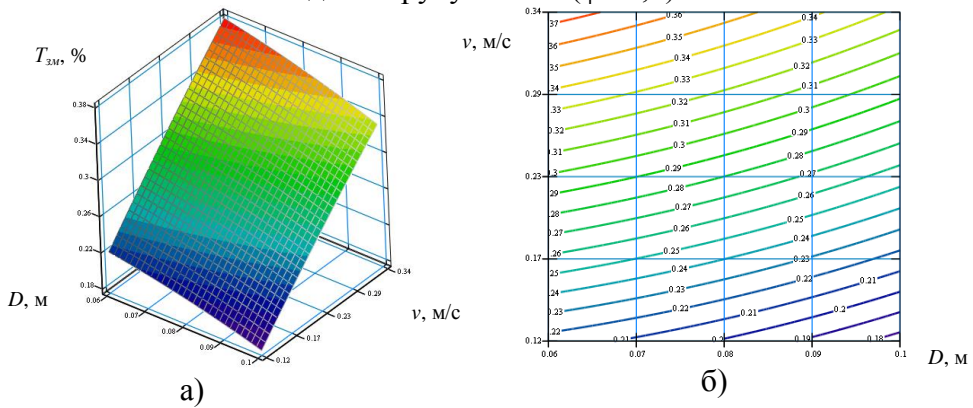


Рис. 4. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини травмування зерна пшениці від діаметра труби та швидкості руху каната ( $\varphi=0,5$ ).

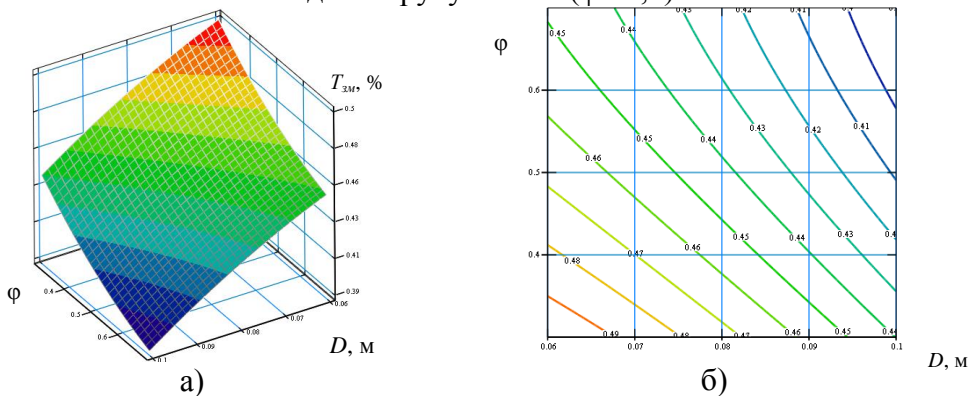


Рис. 5. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини травмування зерна гороху від діаметра труби та коефіцієнта завантаження конвеєра ( $v=0,34$  м/с).

Аналіз наведених регресійних рівнянь показує, що основним чинником, який впливає на збільшення величини травмування зерна є чинник  $x_3(v)$ , швидкість руху. Збільшення значень чинників  $x_1 (D)$  та  $x_2 (\varphi)$  призводить до зменшення величини травмування зерна.

**Висновки.** На основі проведених досліджень встановлено, що мінімальне травмування насінневого матеріалу забезпечують трубчасті скребкові конвеєри, які порівнянно з гвинтовими забезпечують зменшення коефіцієнта травмування у 2-3 рази, при цьому на процес травмування найбільше впливає перевищення швидкості руху конвеєра.

#### **Бібліографічний список**

1. Зенков Р. Л. Механика насыпных грузов / Р. Л. Зенков – М. : Машиностроение, 1964. - 250с.
2. Іванченко Ф. К. Піднімально-транспортні машини / Ф. К. Іванченко. - К. : Вища шк., 1993. - 414 с.
3. Любін М. В. Механізація транспортуючих та вантажопідійомних робіт / М. В. Любін, П.С. Берник. – К.; Вінниця : Урожай, 1996. – 191 с.
4. Душинський В. В. Основи наукових досліджень. Теорія та практикум з програмним забезпеченням : навч. посіб. / В. В. Душинський. - К. : НТУУ «КПІ», 1998. – 408 с.
5. Пат. №54102 Україна, МПК (2009) B65G 33/00. Гнучкий канатний транспортер / Гевко Б. М., Ляшук О. Л., Стефанів В. М. [та ін.] – u201005330 ; заявл. 30.04.10; Опубл. 25.10.10. Бюл. № 20, - 4 с.

#### **Gevko B., Lyashuk O., Dyachun A. Results of experimental researche of the grain damage during transporting by the tube scraper conveyer**

Results of experimental researche, on the improved construction of the flexible rope operating member, which provide the decrease of the seed damage during their transporting in the circular tubes with scrapers which result in the transporting conditions and raises the operating reliability and durability of the operating member, were presented.

**Key words:** rope conveyer, flexible operating member, grain damage.

#### **Гевко Б., Ляшук О., Дячун А. Результаты экспериментальных исследований величины травмирования зерна во время транспортировки трубчатым скребковым конвейером**

Проведены результаты экспериментальных исследований на усовершенствованной конструкции гибкого рабочего канатного органа, которые обеспечивают уменьшение величины травмирования семян во время их транспортировки в круглых трубах со скребками, что улучшает

условия транспортировки и соответственно повышает эксплуатационную надежность и долговечность рабочего органа.

**Ключевые слова:** канатный конвейер, гибкий рабочий орган, травмирование зерна.