

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВЕЛИЧИНИ ТРАВМУВАННЯ ЗЕРНА ПІД ЧАС ТРАНСПОРТУВАННЯ ГВИНТОВИМ КОНВЕЄРОМ З РІВНОЗБІЛЬШЕНИМ КРОКОМ ВИТКІВ

У представленій науковій роботі наведено результати експериментальних досліджень величини травмування зерна пшениці та ячменю під час транспортування гвинтовим конвеєром з рівнозбільшеним кроком витків у напрямку руху вантажу, отримані рівняння регресії для визначення величини травмування зерна T_{cm} залежно від приросту кроку шнека на одному витку ΔT , кута нахилу конвеєра γ та частоти обертання шнека n 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 прикладної програми побудовано графічне відтворення проміжних загальних регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку та їх двовірних перерізів величини травмування зерна.

Ключові слова: гвинтовий конвеєр, зерновий матеріал, травмування зерна.

Постановка проблеми

Використання гвинтових конвеєрів у сільському господарстві займає провідне місце серед усіх існуючих транспортно-технологічних систем, адже

вони мають ряд переваг над іншими транспортерами. Але і при виконанні технологічних операцій гвинтовими робочими органами (ГРО) не завжди досягають необхідних параметрів процесу транспортування [2–5].

Зерно при взаємодії з робочими органами машини піддається різноманітним механічним впливам, зокрема стисненню, зрушенню, тертю, ударам, які призводять до макро- та мікро пошкоджень [2–4].

Питанню вивчення механічних пошкоджень зерна у наш час приділяється велика увага, і дослідження провідних вчених спрямовані на вивчення причин, що впливають на пошкодження насіння і розробку заходів для їх вирішення. Але питання впливу величини травмування зерна під час транспортування гвинтовим конвеєром з рівнозбільшеним кроком витків у напрямку руху вантажу, залежно від конструкційних і технологічних параметрів, і досі не вирішена.

Тому необхідно провести ряд досліджень величини травмування злакових, у тому числі зерна пшениці та ячменю під час транспортування гвинтовим конвеєром з рівнозбільшеним кроком витків у напрямку руху вантажу, залежно від приросту кроку шнека на одному витку ΔT , кута нахилу конвеєра γ та частоти обертання шнека n .

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Великий внесок у вирішення питань зниження механічного пошкодження зерна вносять наукові роботи М. В. Саблікова, А. Н. Карпенко, І. Ф. Василенка, А. І. Грека, Г. Д. Терскова, П. Н. Федосєєва, А. Н. Пугачова, С. П. Присяжного, Б. М. Гевка, С. А. Чазова, В. В. Назаренко, Г. М. Тена, О. П. Тарасенка, В. І. Оробінського, М. Е. Мерчалової, В. В. Кузнєцова, В. В. Ченцова та ін.

Аналіз досліджень дозволяє виділити машини, які наносять найбільшу кількість пошкоджень зернині, встановити причини, що суттєво впливають на її пошкодження.

Проте в даних роботах не досліджено характер, причини і величину травмування зерна при застосуванні у транспортно-технологічних лініях гвинтових конвеєрів з рівнозбільшеним кроком витків у напрямку руху вантажу, адже саме такий тип робочих органів представляє найбільший інтерес для наших досліджень. Зменшення травмування зерна під час транспортування даними гвинтовими конвеєрами при оптимальних значеннях продуктивності, енергоємності і металомісткості є одним із основних завдань проектування таких конструкцій.

Мета, завдання та методика досліджень

На основі теоретичних та експериментальних досліджень встановити величину травмування зерна пшениці і ячменю під час транспортування гвинтовим конвеєром з рівнозбільшеним кроком витків у напрямку руху вантажу, отримати рівняння регресії для визначення величини травмування зерна T_{cm}

залежно від приросту кроку шнека на одному витку ΔT , кута нахилу конвеєра γ та частоти обертання шнека n у таких межах зміни входних 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 прикладної програми побудувати графічне відтворення проміжних загальних регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку та їх двомірних перерізів величини травмування зерна.

Теоретичною і методологічною основою даного дослідження є аналіз та систематизація теоретичних основ і методів визначення величини травмування зерна пшениці і ячменю під час транспортування гвинтовим конвеєром з рівнозбільшеним кроком витків у напрямку руху вантажу від конструкційних, кінематичних, динамічних, експлуатаційних параметрів гвинтових робочих органів, які викладені в літературних джерелах, та проведених власних теоретичних і експериментальних досліджень. У процесі дослідження використовувалися фундаментальні засади теоретичної механіки, інформатики, морфологічного аналізу, інженерної творчості і вибору раціональних технічних рішень. Апробація розроблених алгоритмів, методик проводилася методом комп'ютерного моделювання. Статистичне оброблення теоретичних та експериментальних даних проводилося з використанням прикладних програм для ПЕОМ.

Результати досліджень

Для визначення впливу конструкційних і кінематичних параметрів (незалежних факторів X_i) гвинтового конвеєра на величину травмування зерна під час транспортування пшениці і ячменю (параметр оптимізації T_{cm}) проведено повнофакторний експеримент, тобто визначення величини травмування зерна від зміни трьох основних факторів: від приросту кроку шнека на одному витку ΔT , кута нахилу конвеєра γ та частоти обертання шнека n .

Вихідні дані: 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 у тому, що коефіцієнт кроку k_{T2} максимального кроку шнека T_{max} не повинен перевищувати 1,25. Тому вибрано такі 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 зменшення травмування зерна.

Оброблення отриманих експериментальних даних проведено з

використанням загальновідомих методик регресійного аналізу [1, 8].

За результатами розрахунків, які проводили за допомогою пакета прикладних статистичних програм оброблення та аналізу результатів експериментальних досліджень для ПК „Statistica 6.0”, будували поверхні відгуку параметра оптимізації та двомірний переріз поверхонь відгуку.

Кількісні і якісні показники величини травмування зерна пшениці і ячменю визначалися згідно з методикою представленої в [6, 7].

Після проведення дослідів, опрацюванні і систематизації отриманих даних ми отримали значення коефіцієнтів рівняння регресії, які зведено у табл. 1.

Таблиця 1. Значення коефіцієнтів рівнянь регресії

Коеф.	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
пшениця	0,618	-0,035	0,095	0,292	-0,0053	-0,015	0,04	-0,018	0,047	0,072
ячмінь	0,575	-0,032	0,088	0,272	-0,0049	-0,014	0,037	-0,017	0,043	0,067

Загальний вигляд рівняння регресії величини травмування зерна під час транспортування гвинтовим конвеєром, залежно від зміни приросту кроку шнека на одному витку ΔT , кута нахилу конвеєра γ та частоти обертання шнека n , тобто

$T_{см(x_1, x_2, x_3)} = f(\Delta T, \gamma, n)$ за результатами проведених ПФЕ 3³ у кодованих величинах дорівнює:

- для транспортування пшениці

$$T_{см(x_1, x_2, x_3)} = 0,618 - 0,035x_1 + 0,095x_2 + 0,292x_3 - 0,0053x_1x_2 - \quad (1)$$

$$- 0,015x_1x_3 + 0,04x_2x_3 - 0,018x_1^2 + 0,047x_2^2 + 0,072x_3^2,$$

- для транспортування ячменю

$$T_{см(x_1, x_2, x_3)} = 0,575 - 0,032x_1 + 0,088x_2 + 0,272x_3 - 0,0049x_1x_2 - \quad (2)$$

$$- 0,014x_1x_3 + 0,037x_2x_3 - 0,017x_1^2 + 0,043x_2^2 + 0,067x_3^2,$$

де x_1 – кодоване значення приросту кроку шнека на одному витку;

x_2 – кодоване значення кута нахилу конвеєра;

x_3 – кодоване значення частоти обертання шнека.

Оцінку статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії та перевірку адекватності (відповідності) отриманого теоретичного розподілу випадкових величин рівнянь регресії (1), (2) реальному експериментальному процесу проводили згідно із методикою [8].

У натуральних величинах (координатах) рівняння регресії (1), (2) після перетворення та спрощення виразів прийнято в кінцевому вигляді:

- для транспортування пшениці

$$T_{см(\Delta T, \gamma, n)} = 0,349 + 45,25\Delta T - 9,77 \cdot 10^{-3} \gamma + 6,33 \cdot 10^{-5} n - 0,175\Delta T \gamma - (3) \\ - 5,0 \cdot 10^{-2} \Delta T n + 1,78 \cdot 10^{-5} \gamma n + 4500\Delta T^2 + 2,09 \cdot 10^{-4} \gamma^2 + 3,2 \cdot 10^{-6} n^2;$$

- для транспортування ячменю

$$T_{см(\Delta T, \gamma, n)} = 0,32 + 43,05\Delta T - 8,90 \cdot 10^{-3} \gamma + 6,44 \cdot 10^{-5} n - 0,163\Delta T \gamma - (4) \\ - 4,67 \cdot 10^{-2} \Delta T n + 1,64 \cdot 10^{-5} \gamma n + 4250\Delta T^2 + 1,91 \cdot 10^{-4} \gamma^2 + 2,98 \cdot 10^{-6} n^2.$$

Отримані рівняння регресії (2-5) можуть бути використані для визначення величини травмування зерна $T_{см}$ під час транспортування гвинтовим конвеєром залежно від приросту кроку шнека на одному витку ΔT , кута нахилу конвеєра 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 прикладної програми побудували графічне відтворення проміжних загальних регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку та їх двовірних перерізів величини травмування зерна $T_{см}$ як функцію від двох змінних факторів $x_{i(1,2)}$ за постійного незмінного рівня відповідного третього фактора $x_{i(3)} = const$ (рис. 1–6).

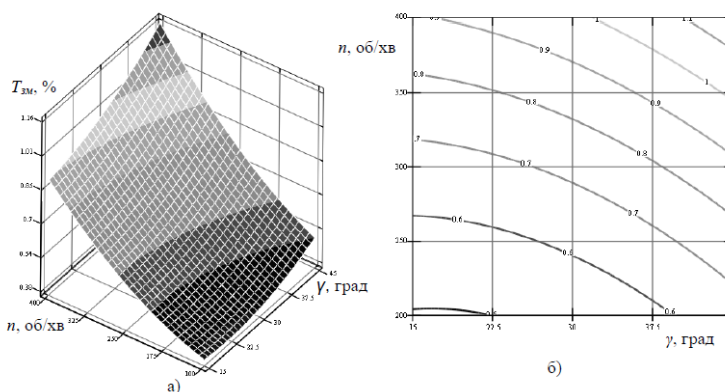


Рис. 1. Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини травмування зерна пшениці $T_{см(n, \gamma)}$ від частоти обертання шнека та кута нахилу конвеєра ($\Delta T = 0,005$ м)

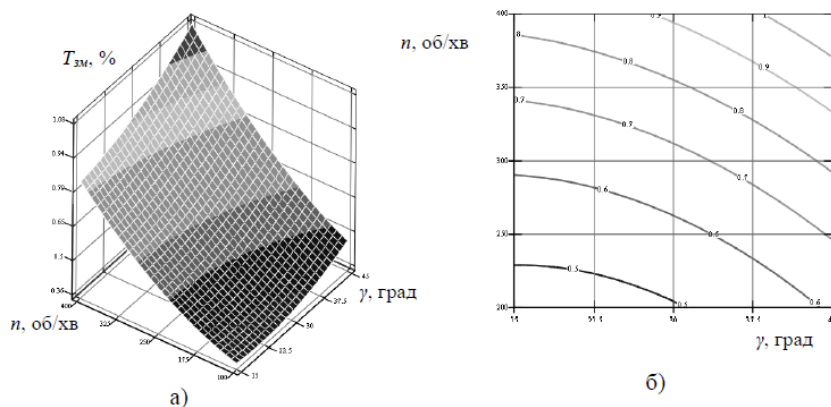


Рис. 2. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини травмування зерна ячменю $T_{см(n,\gamma)}$ від частоти обертання шнека та кута нахилу конвєєра ($\Delta T = 0,005\text{м}$).

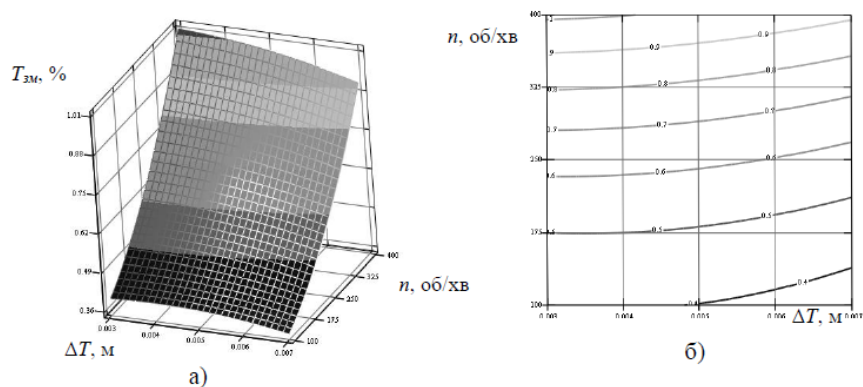


Рис. 3. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини травмування зерна пшениці $T_{см(n,\Delta T)}$ від частоти обертання шнека та приросту кроку шнека на одному витку ($\gamma = 30\text{град}$)

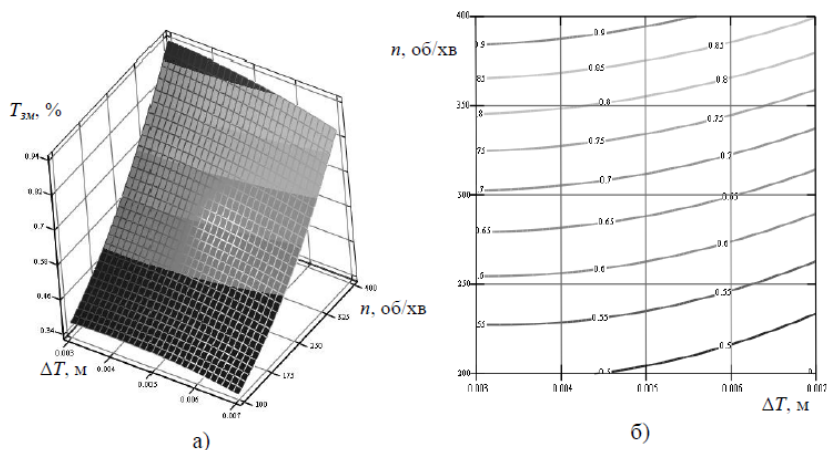


Рис. 4. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини травмування зерна ячменю $T_{cm(n, \Delta T)}$ від частоти обертання шнека та приросту кроку шнека на одному витку ($\gamma=30$ град)

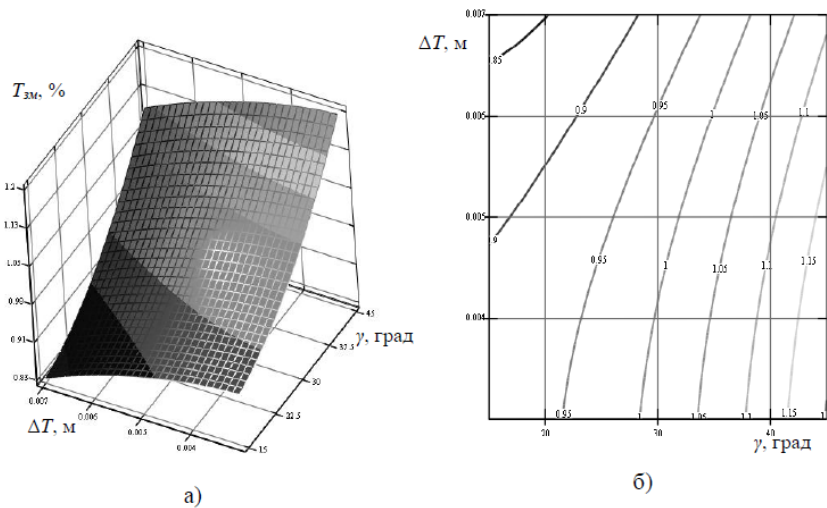


Рис. 5. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини травмування зерна пшениці $T_{cm(\gamma, \Delta T)}$ від кута нахилу конвеєра та приросту кроку шнека на одному витку ($n=400$ об/хв)

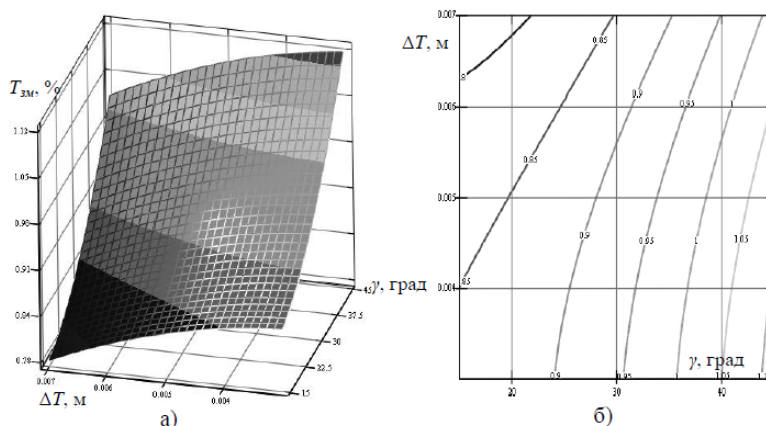


Рис. 6. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини травмування зерна ячменю $T_{cm}(\gamma, \Delta T)$ від кута нахилу конвеєра та приросту кроку шнека на одному витку ($n = 400 \text{ об/хв}$)

Аналіз наведених регресійних рівнянь показує, що основним фактором, який впливає на збільшення величини травмування зерна, є фактор $x_3(n)$ і в меншій мірі фактор $x_2(\gamma)$. Збільшення величини фактора $x_1(\Delta T)$ призводить до зменшення величини травмування зерна.

З рисунків 1–6 видно, що із збільшенням кута нахилу гвинтового конвеєра величина травмування зерна зростає. Збільшення величини приросту кроку шнека від 0,003 м до 0,007 м призводить до зменшення величини травмування зерна від 7 до 12%. При цьому збільшення кута нахилу конвеєра від 15 до 45 град. збільшує травмування зерна від 20 до 40%.

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Проведено експериментальні дослідження зміни величини травмування зерна нахиленого гвинтового конвеєра від приросту кроку шнека на одному витку ΔT , кута нахилу конвеєра γ та частоти обертання шнека n під час транспортування пшениці і ячменю.

2. Статистично оброблено результати експериментальних досліджень та виведено рівняння регресії, що адекватно описують досліджувані процеси для визначення величини травмування зерна гвинтового конвеєра.

3. Представлено результати експериментальних досліджень травмування зерна пшениці і ячменю, встановлено, що збільшення величини приросту кроку шнека від 0,003 м до 0,007 м призводить до зменшення величини травмування зерна від 7 до 12%. При цьому збільшення кута нахилу конвеєра від 15 до 45 град. збільшує травмування зерна від 20 до 40%. Тому збільшення величини приросту кроку шнека є доцільним способом зменшення травмування зерна.

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. Гевко Б. М. Оптимизация конструктивных параметров шнековых конвейеров / Б. М. Гевко, Р. М. Рогатынский // Изв. вузов машиностроения. - 1987. - № 5. - С. 109–114.
 3. Гевко І. Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання / І. Б. Гевко. – Тернопіль : ТДТУ ім. Івана Пулюя, 2008. – 307 с.
 4. Гевко І. Моделювання характеру навантаження на гвинтові робочі органи / І. Гевко // Вісник ТНТУ. – 2011. – Т. 16, № 1. – С. 69–77.
 5. Григорьев А. М. Винтовые конвейеры / А. М. Григорьев. – М. : Машиностроение, 1972. – 184 с.
 6. ГОСТ Р 52758-2007. Погрузчики и транспортеры сельскохозяйственного назначения. Методы испытаний. – М. : ФГУП СТАНДАРТИНФОРМ, 2007. – 54 с.
 7. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. – К. : Ред.-вид. відділ УкрНДІССІ, 2003. – 172 с.
 8. Душинський В. В. Основи наукових досліджень. Теорія та практикум з програмним забезпеченням : навч. посібник / В. В. Душинський. - К. : НТУУ “КПІ”, 1998. – 408 с.
-
-