

УДК 621.356.2

© Ю.М. Тарасюк

Вінницький національний аграрний університет

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТРАНСПОРТУВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ ГВИНТОВИМ ЗАВАНТАЖУВАЧЕМ

Проведено повний факторний експеримент ПФЕ 3³ для транспортування однорідних сипких вантажів за допомогою гвинтового завантажувача. Виведені рівняння регресійних залежностей продуктивності і моменту в залежності від внутрішнього діаметра труби, коефіцієнта заповнення і швидкості транспортування. Побудовані графічні залежності величини продуктивності і моменту від вище приведених факторів для визначення продуктивності і моменту із різного сипучого матеріалу і визначенні коефіцієнти регресії.

СИПКИЙ МАТЕРІАЛ, ГВИНТОВИЙ ЗАВАНТАЖУВАЧ, БАГАТОФАКТОРНИЙ ЕКСПЕРЕМЕНТ.

Постановка питання. Сучасний рівень розвитку усіх галузей народного господарства України вимагає значного підвищення техніко-економічних показників засобів механізації і автоматизації технологічних процесів, особливо підвищення їх вантажопідйомності і розширення технологічних можливостей. Одним з найважливіших критеріїв роботи гвинтових конвеєрів (ГК) вважається продуктивність, яку необхідно забезпечувати як найбільшою за мінімальних енерговитрат. Тому для реалізації ефективного процесу перевантаження матеріалів з допомогою ГК необхідно забезпечувати їх оптимальне завантаження. При цьому слід врахувати, що завантаження ГК може відбуватися через бункери, насадки і завантажувальні пристрої.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням конструктивних і технологічних параметрів транспортно-технологічних систем сипких матеріалів присвячені роботи : Григорьєва А.М.[1], Зенкова Р.Л. [2], Гевка Б.М. [3], Рогатинського Р.М. [4]. Гевка І.Б. [8, 9] та багатьох інших. Однак питанням розроблення і дослідження технологічних процесів транспортування сипких матеріалів гвинтовим завантажувачем приділено недостатньо уваги і вони потребують свого подальшого вирішення.

Мета роботи. Метою роботи є дослідження процесу переміщення сипкого середовища за допомогою гвинтового завантажувача як паралельно та перпендикулярно до основної транспортної магістралі.

Результати досліджень. Функціональне призначення бункерів ГК – накопичення, короткочасне зберігання та регульоване (нерегульоване) чи дозоване відвантаження матеріалу до вивантажувальної магістралі ГК за умови запобігання явища перевантаження шнека. За формою бункери ГК бувають квадратними, прямокутними, круглими (конічними, циліндричними), коритоподібними тощо. Функціональне призначення насадок ГК – бездеформаційний ввід спіралі в матеріал, її безпечна робота та здійснення оптимального завантаження кожуха ГК за умови запобігання явища перевантаження технологічного характеру і поломки транспортних засобів [8]. Насадки ГК поділяються на ті, за допомогою яких регулюється процес завантаження магістралей (з регульованими отворами) і ті, що не забезпечують процес регулювання (з постійними отворами). Функціональне призначення завантажувальних пристроїв – забезпечення завантаження ГК сипкими вантажами з площадок і ємкостей шляхом їх доправлення в шнек. Вони поділяються на ті, в яких завантажувальний пристрій розташований паралельно до основної транспортної магістралі (для завантаження конвеєра витікаючих з ємкостей матеріалів), і ті, в яких завантажувальний пристрій розташований перпендикулярно до основної транспортної магістралі (для підбирання з площадок і доправлення в магістраль матеріалів).

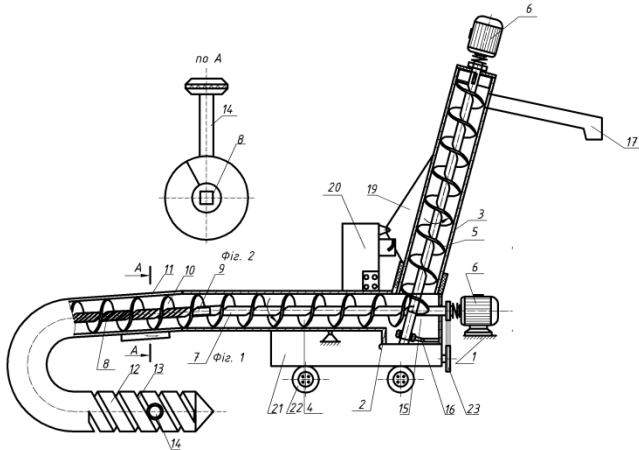


Рис 1. – Гвинтовий пересувний завантажувач

Для вказаних задач визначальними чинниками технологічного процесу є основні усереднені кінематичні характеристики динаміки сипкого середовища (амплітуда та частота)

Під час досліджень проводилось підключення до електромережі перетворювача частоти (ПЧ), ПК та запускалась програма PowerSuite для налаштування перетворювачів частоти серії Altivar 7.1. Частота обертання електродвигуна регулювалась в автоматизованому режимі від 0 до 1460 об/хв. Також при потребі використовувались плавні і різкі пуски та реверсування.

Дослідження із визначенням продуктивності конвеєра проводились при транспортуванні таких матеріалів з відповідною об'ємною масою [5]: пшениця – 760 кг/м³; кукурудза – 800 кг/м³; висівки – 250 кг/м³ з вологістю, яка становить $W=12...15\%$, що дозволило побудувати аналітичні регресійні рівняння.

Для визначення впливу геометричних параметрів транспортування сипучого середовища та конструктивних параметрів гвинтового завантажувача розташованого паралельно та перпендикулярно до основної транспортної магістралі для його переміщення (незалежних факторів x_i) на продуктивність (параметр оптимізації Q) проведено повнофакторні експерименти, тобто визначення залежності продуктивності від зміни трьох основних факторів:

а) паралельно: внутрішнього діаметра труби D_k , м; частота обертання шнека n , об/хв та коефіцієнт завантаження K_z , тобто $Q=f(D_k, K_z, n)$.

б) перпендикулярно: кут нахилу конвеєра γ_n ; град, внутрішнього діаметра труби D_k , м та частота обертання шнека n , об/хв тобто $Q=f(D_k, \gamma_n, n)$

Оброблення отриманих даних експериментального масиву проведено за загальновідомими методиками та методами статистичного оброблення з використанням загальновідомих методик кореляційного та регресійного аналізу для отримання у кінцевому результаті емпіричних рівнянь регресії [4,9]. Для отримання регресійної моделі параметра оптимізації, вибирали відповідний план повнофакторного експерименту, реалізацію якого проводили у наступній послідовності.

Оскільки, під час проведення експериментів 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 переходу від дійсних значень до кодованих, що представлено в таблиці 1.

Повнофакторний експеримент проводили на трьох рівнях варіювання факторів. Після кодування вхідних факторів склали план-матриці повного факторного експерименту типу ПФЕ 3^3 , що визначало для загального числа дослідів $N = m^k$, де m – кількість рівнів варіювання, k – кількість діючих вхідних факторів у експерименті.

З метою достовірної оцінки транспортування сипучих матеріалів під час проведення експериментальних лабораторних досліджень, необхідну кількість вимірів показників, що контролюються (повторність дослідів), визначали за методикою, викладеною у [6], при цьому досліди проводили у трикратній повторності. Отримані результати розрахунків зводили у таблиці результатів експериментальних досліджень. Оброблення отриманих результатів експериментів проводили за допомогою загальновідомої методики та аналізу проведених експериментальних досліджень [6, 7].

Результати кодування факторів та рівні їх варіювання наведено у табл. 1 та 2. При побудові даної таблиці у якості вхідних змінних факторів ПФЕ 3^3 прийнято:

для гвинтового завантажувача горизонтально:

- внутрішній діаметр кожуха D_k , який кодували індексом x_1 ;
- коефіцієнт завантаження K_z , який кодували індексом x_2 ;
- частота обертання робочого органу n , яку кодували індексом x_3 .

для гвинтового завантажувача перпендикулярно:

- внутрішній діаметр кожуха D_k , який кодували індексом x_1 ;
- кут нахилу конвеєра γ_n , який кодували індексом x_2 ;
- частота обертання робочого органу n , яку кодували індексом x_3 .

Функцію відгуку (параметр оптимізації), тобто продуктивність $Q^i = f(D_k, \gamma_n, n)$ визначені експериментальним шляхом, представлено у вигляді математичної моделі повного квадратичного полінома [6, 7]:

$$Q = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2, \quad (1)$$

де $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{11}, b_{22}, b_{33}$ - коефіцієнти відповідних значень x_i ; x_1, x_2, x_3 - відповідні кодовані фактори.

Для нормалізування послідовності дій при проведенні експерименту і досягнення необхідної точності при одночасному варіюванні всіх факторів було використано математичний метод планування експериментальних досліджень (табл. 1,2).

Таблиця 1 – Результати кодування факторів та рівні їх варіювання проведення експериментальних досліджень продуктивності гвинтового завантажувача горизонтально

Фактори	Позначення		Інтерв. варіов.	Рівні варіювання, натур./кодовані		
	натур.	код.				
Внутрішній діаметр кожуха D_k , м	X_1	x_1	0,025	1,25/+1	0,1/0	0,75/-1
Коефіцієнт завантаження K_3	X_2	x_2	20	0,7/+1	0,5/0	0,3/-1
Частота обертання гвинта n , об/хв.	X_3	x_3	250	600/+1	350/0	100/-1

Таблиця 2 – Результати кодування факторів та рівні їх варіювання проведення експериментальних досліджень продуктивності гвинтового завантажувача перпендикулярно

Фактори	Позначення		Інтерв. варіов.	Рівні варіювання, натур./кодовані		
	натур.	код.				
Внутрішній діаметр кожуха D_k , м	x_1	x_1	0,025	1,25/+1	0,1/0	0,75/-1
Кут нахилу конвеєра γ_n , град	X_2	x_2	20	70/+1	50/0	30/-1
Частота обертання гвинта n , об/хв.	x_3	x_3	250	850/+1	600/0	350/-1

Загальний вигляд рівняння регресії продуктивності за результатами проведених ПФЕ 3^3 у кодованих величинах дорівнюють:

- для транспортування в горизонтальному гвинтовому завантажувачі:
 - для кукурудзи;
 - для пшениці;
 - для висівки;
- для транспортування в перпендикулярному гвинтовому завантажувачі:
 - для кукурудзи;
 - для пшениці;
 - для висівки.

Графічні значення залежностей для визначення продуктивності транспортування в горизонтальному та перпендикулярному гвинтовому завантажувачі при використанні матеріалу (пшениця, кукурудза, висівки) представлено на рис. 2-4., а для перпендикулярного на рис. 5-7. Для цього використовували програмне забезпечення "Statistica-6.0" for Windows, за допомогою якого побудували графічне відтворення регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку та їх двомірних перерізів.

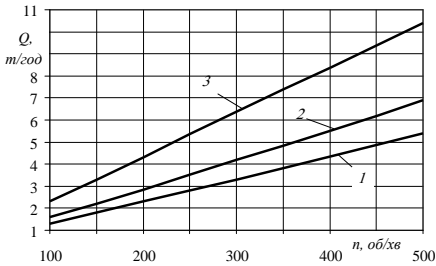


Рис. 2 – Залежності продуктивності кукурудзи $Q_{кукур.}(D, K_3)$ від діаметра труби та коефіцієнта заповнення при частоті $n = 350$ об/хв

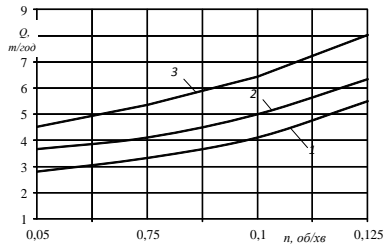


Рис. 3 – Залежності продуктивності пшениці $Q_{пшен.}(n, K_3)$ від частоти обертання та коефіцієнта заповнення при діаметрі труби $D = 0.1$ м

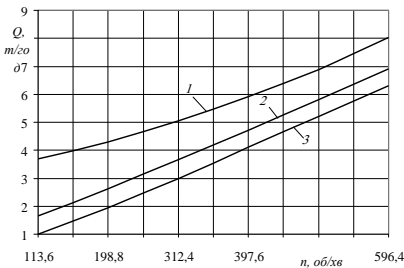


Рис. 4 – Залежності продуктивності висівки $Q_{висівки}(n, D)$ від лінійної швидкості та діаметра труби при коефіцієнті заповнення $K_3 = 0,5$

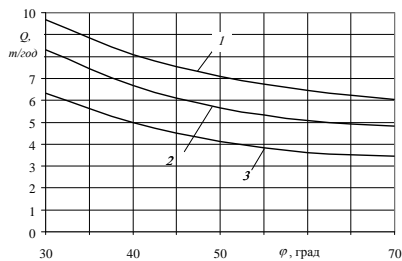


Рис. 5 – Нахилений ГРО ($D = 125$ мм)
 1 – $n = 795,2$ об/хв.;
 1 – $n = 596,4$ об/хв.;
 3 – $n = 397,6$ об/хв.

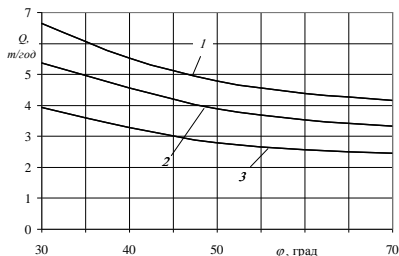


Рис. 6 – Нахилений ГРО ($D=100$ мм)

- 1 – $n = 795,2$ об/хв.;
- 2 – $n = 596,4$ об/хв.;
- 3 – $n = 397,6$ об/хв.

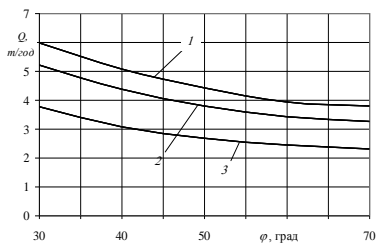


Рис. 7 – Нахилений ГРО

- ($D = 75$ мм)
- 1 – $n = 795,2$ об/хв.;
- 2 – $n = 596,4$ об/хв.;
- 3 – $n = 397,6$ об/хв.

З рис. 2-4 видно, що продуктивність гвинтового завантажувача для сипучого матеріалу (висівка, пшениці, кукурудзи) залежить від внутрішнього діаметра труби D і частоти обертання n і в меншій мірі коефіцієнта заповнення. K_z Отже, при збільшенні діаметра труби і частоти обертання продуктивність зростає і досягає 12 м³/год.

На рис. 5-7 зображено графічні залежності продуктивності гвинтового завантажувача під кутом (перпендикулярного) від внутрішнього діаметра $D_k=0,075...1,25$ м, кут нахилу труби конвеєра $\gamma_{\text{н}}=30-70^{\circ}$ град, частота обертання гвинта $n=350-850$ об/хв.

Висновки. 1. На основі проведеного комплексу експериментальних досліджень виведено регресійні залежності для визначення продуктивності транспортування гвинтовим завантажувачем для матеріалів пшениця, кукурудза, висівки і визначенні коефіцієнти регресії рівняння продуктивності транспортування. Встановлено, що суттєво на момент транспортування і продуктивність впливає внутрішній діаметр труби, коефіцієнта заповнення і частота обертання при горизонтальному транспортування.

2. Побудовані поверхні відгуку залежності продуктивності транспортування гвинтовим завантажувачем з використанням програмного забезпечення “Statistica-6.0” for Windows, і встановлено, що максимальна продуктивність для пшениці. складає 12 т/год

Література:

1. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры // – М.: Машиностроение, 1972.–184с.
2. Зенков Р. Л. Машини непрерывного транспорта : Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности

Подъемно-транспортные машины и оборудование / Р. Л. Зенков, И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов // – 2-е изд., перер. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.

3. Гевко Б.М., Рогатинський Р.М. Винтові подаючі механізми сільськогосподарських машин / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинський // – Львів : Из-во при Львівському університеті, 1969.– 176с.

4. Рогатинський Р.М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів із сировиною сільськогосподарського виробництва. Дисертація док.техн.наук. Р.М. Рогатинський // – Київ, 1997. – 502 с.

5. Любін М.В. Берник П.С. Механізація транспортуючих та вантажопідійомних робіт. / М.В. Любін, П.С. Берник // – Київ–Вінниця : Урожай, 1996. -191с.

6. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановський Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных решений / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановський // М.: Наука, - 215с.

7. Душинський В.В. Основи наукових досліджень. / В.В. Душинський // К.: Вища школа, 2002. – 386 с.

8. Гевко І. Аналіз конструкцій і розрахунок завантажувальної здатності насадок гвинтових конвеєрів / І. Гевко // Збірник наукових праць НАУ. – 2000. – Т. 7, с. 160–163.

9. Гевко І.Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання / І. Б. Гевко. – Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. – 307 с.

Рецензент д.т.н., проф. Б.М. Гевко