

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ

Гевко І.Б., к.т.н. доц., Рогатинська О.Р., к.т.н., інж. Дудун Ю.В,  
Пелешок Т.М., інж.

Тернопільський державний технічний університет  
ім. Івана Пулюя

*У статті приведені результати досліджень вертикальних гвинтових конвеєрів з використанням автоматизованої дослідної установки, обладнаної перетворювачем частоти "Altivar". Встановлено вплив режимів транспортування на зміну енергосмістості гвинтових конвеєрів перевірено відповідність теоретичним залежностям значень критичної кутової швидкості вертикального гвинтового конвеєра для чотирьох матеріалів.*

Машини безперервного транспорту займають ведуче місце серед підйомно-транспортного обладнання різного призначення для переміщення сільськогосподарських сипких вантажів.[1-3]. Гвинтові конвеєри (ГК), порівняно з іншими машинами безперервного транспорту мають такі переваги, як простота конструкції, висока надійність, низькі витрати на обслуговування, герметичність зони транспортування тощо. Поряд із перевагами ГК властива низка недоліків, зокрема підвищені енергосмістості та динамічні навантаження на гвинт ГК при пуску із заповненим жолобом [2 - 4]. Для швидкохідних ГК це також наявність нестабільних перехідних процесів при переході від тихохідного режиму транспортування до швидкохідного. А тому зниження негативних проявів при використанні ГК зможе суттєво підвищити їх техніко-економічні характеристики та розширити область використання. Особливо це стосується вертикальних гвинтових конвеєрів, а також гнучких шнеків, в яких експлуатаційні характеристики ГК суттєво залежать від вибору їх конструктивних параметрів, режимів роботи, та від властивостей транспортованого матеріалу [3]. А тому залишаються актуальними подальші теоретичні та експериментальні дослідження, спрямовані на встановлення оптимальних режимів роботи ГК та мінімізацію енерговитрат на транспортування вантажу. Розвиток сучасних комп'ютерних технологій дозволяє провести ці дослідження на якісно вищому рівні, порівняно з класичними методами постановки експерименту.

Метою дослідження є уточнення залежностей для визначення кінематичних та енергосилових параметрів транспортування вертикальних гвинтових конвеєрів та розробка відповідного експериментального обладнання.

Одним із завдань експериментальних досліджень було підтвердження теоретично встановленої, близької до лінійної, залежності зміни осьової швидкості транспортування вантажу вертикальними ГК і, відповідно, їх продуктивності від кутової швидкості обертання гвинта  $\omega$  за межами критичної кутової швидкості  $\omega_k$  [4,5].

Для експериментального визначення критичної кутової швидкості, важливо забезпечити плавну зміну кутової швидкості, що було досягнуто

використанням сучасної апаратури, зокрема перетворювачів частоти Altivar фірми Schneider Electric [6].

Дослідне обладнання складається із установки для транспортування силових матеріалів, трифазного асинхронного двигуна, який проводить в рух шнек за допомогою клинопасової передачі, перетворювача напруги Altivar 58 з робочим терміналом, за допомогою якого проводиться налаштування двигуна на задані режими роботи, а також контролера TSX, який синхронізує роботу перетворювача із комп'ютером та дозволяє розширити функціональні можливості перетворювача шляхом розробки спеціальних керуючих програм.

На рямі 1 установки (рис.1) за допомогою опорних підшипників встановлений ГК, виконаний у вигляді шнека змонтованого у пластиковій трубі, 2. У трубі вирізано два вікна – розвантажувальне 3 і завантажувальне 4, на якому змонтована заслінка за допомогою якої можна регулювати коефіцієнт заповнення та продуктивність ГК. Завантажувальна площадка прикріплена за допомогою резинового з'єднання до труби при основі шнека з можливістю регулювання кута нахилу в межах від 30° до 70°. До завантажувальної площадки кріпиться вібратор 5, який служить для збільшення бокового тиску матеріалу та покращення завантаження вертикального гвинтового конвеєра і розширення його експлуатаційних можливостей.

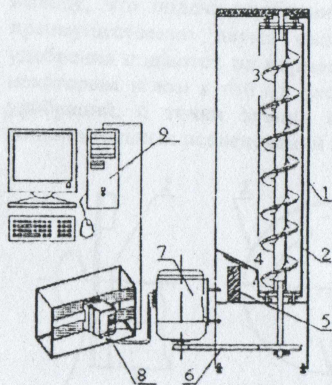
На нижньому кінці вала шнеку кріпиться шків, який за допомогою клинопасової передачі 6 сполучений з шківом 3-х фазного асинхронного двигуна 7 потужністю 1,5кВт. Двигун живиться від промислової мережі 220В з допомогою перетворювача частоти (ПЧ) Altivar58 (поз 8), синхронізований із персональним комп'ютером 9. Вибір ПЧ Altivar58 зумовлений простотою його програмування, зручним інтерфейсом доступу до меню робочого терміналу ПЧ, можливістю за допомогою карти розширення входів-виходів підключати логічний контролер (типу TSX) вищого рівня, що дозволить автоматизувати роботу подібних установок. Робочий термінал перетворювача частоти (ПЧ) дозволяє відображати характеристики перетворювача, електричні величини, робочі параметри і несправності; дозволяє змінювати настройки і конфігурацію ПЧ; керувати перетворювачем в локальному режимі з допомогою клавіатури, чи після підключення до комп'ютера; зберігати і відновлювати конфігурацію в енергонезалежній пам'яті терміналу. ПЧ забезпечує три режими роботи: транспортування, загальний режим чи режим із змінним моментом.

Він підвищує стабільну роботу двигуна у будь-якому режимі і передбачає схемні рішення для захисту двигуна від перегріву обмоток внаслідок збільшення навантаження на двигун, захист від перенавантаження, а також дозволяє враховувати інерційність механізму, та забезпечує екстремно динамічне гальмування постійним струмом.

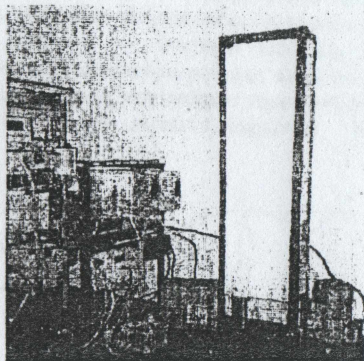
В залежності від початкового заповнення ГК задається мінімальна кутова швидкість, з якою почне обертатись гвинт, і час роботи на цій швидкості. Зміна кутової швидкості гвинта може відбуватись за трьома законами: лінійним; за S-подібною кривою; за U-подібною кривою.

Використання ПЧ Altivar58 дозволило провести дослідження із уточнення критичної кутової швидкості вертикального гвинтового конвеєра, при якому призупиняється транспортування вантажу, (табл. 1).





а)



б)

Рис.1 – Схема установки для дослідження транспортування вантажу вертикальними ГК (а) та її загальний вигляд (б).

Таблиця 1 – Дослідження критичної кутової швидкості вертикального гвинтового конвєсера.

Метод визначення критичної кутової швидкості	Значення критичної кутової швидкості $\omega_k$ , визначене різними методами			
	Пісок	Пшениця	Кукурудза	Соя
Теоретичне	15,9	16,1	16,6	16,4
Експериментальне	15,5	15,5	16,2	16,1

На рис. 2. наведено момент визначення критичної кутової швидкості конвєсера, при якому осьове транспортування призупиняється, (рис. 2,а). При плавному збільшенні кутової швидкості (рис. 2,б) продуктивність вертикального ГК збільшуються за прямолінійною залежністю (рис.3). Проведено також низку досліджень із визначення потужності та питомої енергоємності вертикального ГК (рис.4).

За результатами досліджень встановлено, що теоретичні залежності, наведені в [4,5], адекватно описують процеси транспортування вантажу вертикальними ГК. Розбіжність між теоретичними та експериментальними результатами при цьому не перевищує 7%. Графіки зміни продуктивності, потужності та питомої енергоємності  $w$  вертикального ГК від кутової швидкості гвинта  $\omega$  (рис. 4) підтверджують теоретично встановлені закономірності зміни енергосилових параметрів процесу. Певне перевищення питомої енергоємності транспортування зумовлюється неврахованими втратами на перемішування та пересипання зерна через зазори, які із зниженням швидкохідності зростають.

Розроблене експериментальне обладнання дозволило провести ефективне

дослідження перехідних процесів. Встановлено, що одним із найважливіших шляхів покращення динамічних характеристик ГК, особливо при повторному пуску заповненого конвеєра, є забезпечення плавного зростання кутової швидкості. Для вертикальних швидкохідних конвеєрів коефіцієнт динамічності при повторному їх пуску може досягати  $k_d = 6-9$ . Експериментами встановлено, що плавне нарощування швидкості для запуску вертикального ГК із використанням ПЧ Altivar58, дозволило зменшити коефіцієнт динамічності до  $k_d = 1,1-1,3$ . Особливо це важливо для гнучких шнеків у яких перевантаження при повторних запусках є однією із найбільш ймовірних причин відказів та поломок конвеєра.

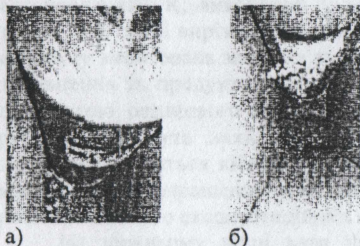


Рис. 2 – До визначення критичної кутової швидкості вертикального ГК: а) призупиняється транспортування при критичній кутовій швидкості гвинта; б) нарощування продуктивності.

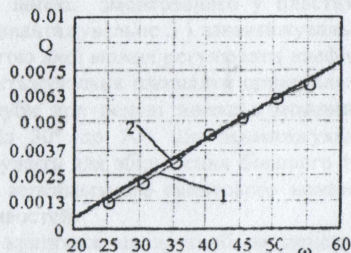


Рис. 3 – Зміна продуктивності транспортування шпелі вертикальним ГК довжиною  $L = 1$  м, діаметром  $D = 0,1$  м від його кутової швидкості  $\omega$  за дослідними (1) та теоретичними (2) даними

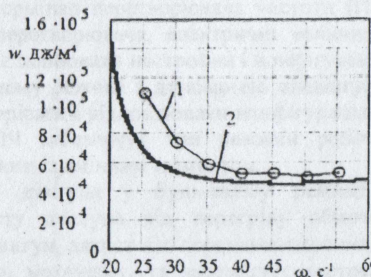
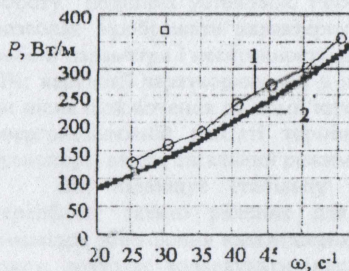


Рис. 4 – Зміна потужності

$P$  (а) та питомої енергосності  $w$  (б) транспортування вертикальним ГК довжиною від його кутової швидкості

$\omega$  за дослідними (1) та теоретичними (2) даними. ( $L = 1$  м,  $D = 0,1$  м)

Під час проведення експериментальних досліджень також відмічався



дещо нижчий, порівняно з табличними даними, рівень коефіцієнту тертя ковзання потоку до робочих поверхонь (до 20%), що свідчить про динамічний характер коефіцієнтів тертя ковзання та доцільність використання розроблених методик його визначення для вибору раціональних параметрів процесу транспортування вантажу ГК.

При проведенні досліджень було підтверджено високу ефективність використання обладнання лабораторії Schneider Electric зокрема ПЧ Altivar і контролера TSX, які відзначаються простотою їх програмування, обслуговування, точністю проведених досліджень.

Результатами досліджень стало визначення критичної швидкості витікання вантажу вертикального ГК, можливість зменшення енергоємності ГК, уточнення коефіцієнту динамічності при пуску із заповненням жолобом.

Експериментальними дослідженнями підтверджено основні дані теоретичних досліджень, зокрема можливість апроксимації зміни швидкості транспортування і продуктивності ГК від різниці кутових швидкостей  $\omega - \omega_k$  лінійною залежністю та досягнення мінімуму питомої енергоємності вертикальних ГК при кутових швидкостях гвинта, близьких до розрахункового оптимального значення.

Отримані результати досліджень мають важливе значення для проектування малоенергоємних вертикальних гвинтових конвеєрів, а також гнучких шнеків, для яких при вертикальному транспортуванні навантаження є найбільшими і, відповідно, таке розміщення є розрахунковим для визначення раціональних їх параметрів і режимів роботи.

## СПИСОК ВИКОРАСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры. - М.: Машиностроение, 1972. - 184с.
2. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины. - М.: Машиностроение, 1989. - 536с.
3. Гевко Б.М., Рогатынский Р.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин. - Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1989. - 176с.
4. Ловейкін В.С., Рогатинська О.Р. Вибір раціональних параметрів та режимів роботи вертикальних гвинтових конвеєрів//Вібрації в техніці і технологіях. - 2005, №3(41). - С. 61-68.
5. Ловейкін В.С., Рогатинська О.Р. До розрахунку швидкохідних гвинтових конвеєрів/ Праці Таврійської державної агротехнічної академії. - Вип.. 21. - Мелітополь: ТДАТА, 2004. - С.130-141.
6. Рогатинська О.Р., Дудун Ю. В., Пелешок Т.М. Дослідження вертикальних гвинтових конвеєрів // Матеріали наукової конференції "Наука - шаг в будущее"- Дніпропетровськ: - 2006. - С. 96.

## **Аннотация**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВИНТОВЫХ КОНВЕЕРИВ**

**Гевко И.Б., Рогатинская О.Р., Дудун Ю.В., Пелешок Т.М..**

*Приведены результаты исследований вертикальных винтовых конвейеров с использованием автоматизированной опытной установки. Установлено влияние режимов транспортировки на изменение энергоемкости винтовых конвейеров проверено соответствие теоретическим зависимостям значений критической угловой скорости конвейера.*

## **Abstract**

### **RESEARCH OF THE VERTICAL SPIRAL CONVEYERS**

**I. Gevko O. Rogatinskajy Y. Dudun T. Peleshok**

*In articles led results of research vertical spiral conveyers with the use of automated pilot plant, equipped by the "Altivar" frequency transformer. Influencing the modes of transporting on the change energetic charges spiral conveyers tested accordance to theoretical functions of critical angular speed vertical spiral conveyer for four materials.*