

УДК 621.82

© Ю.Б. Паладійчук, к.т.н., Ю.М. Тарасюк  
Вінницький національний аграрний університет  
В.З. Гудь, к.т.н., І.М. Шуст, О.М. Кирик  
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ГВИНТОВИХ ЗАВАНТАЖУВАЧІВ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Запропоновані технологічні передумови проектування гвинтових завантажувачів сипких матеріалів, а також методику техніко-економічного обґрунтування гвинтових завантажувачів, що проводиться на основі їх порівняльного оцінюванні з типовими представниками завантажувачів. Приведено аналітичні залежності для визначення основних параметрів гвинтових завантажувачів.*

### **ТРАНСПОРТУВАННЯ, ГВИНТОВИЙ КОНВЕЄР, СИПКИЙ МАТЕРІАЛ.**

**Постанова проблеми.** Транспортні гвинтові завантажувачі є невід'ємною частиною сучасного виробництва, складовою комплексної механізації та їх автоматизації. За їх допомогою здійснюється їх механізація значної кількості робіт і технологічних процесів. Збільшення продуктивності гвинтового завантаження та зниження динамічних ударів на робочі органи шляхом обґрунтування параметрів є важливою транспортною задачею. Розв'язання цієї задачі дозволить забезпечити більш рівномірне заповнення жолоба конвеєра, зменшення металоємності, енергоємності, ймовірності пошкодження сипкого матеріалу в процесі його переміщення.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питанням створення нових конструкцій транспортно-технологічних механізмів і гвинтових завантажувачів сприяє подальшому розвитку виробництва та підвищенню продуктивності праці. До цих робіт відносяться праці Зенкова Р.Л. [1], Григор'єва А.М. [2], Іванченко Ф.К. [3], Гевко Б.М. [4], Рогатинський Р.М. [5] та інші. При цьому потребують подальших досліджень гвинтові завантажувачі з обґрунтуванням їх основних параметрів.

**Мета дослідження** - раціональний вибір конструкцій та параметрів гвинтових завантажувачів сипких матеріалів.

Нами розроблено 6 нових конструкцій гвинтових завантажувачів з покращеними техніко-економічними показниками, які

представлені в таблиці 1 і які забезпечують подальший розвиток виробництв та підвищення продуктивності праці.

Технологічний процес роботи гвинтових завантажувачів здійснюється наступним чином: обертовий рух передається від приводу на гнучкий гвинтовий робочий орган 1, горизонтальний вал 4 з гвинтовою спіраллю 5, вертикальний кожух 10 і вертикальною спіраллю 12 в зону завантаження 13.

Основним недоліком конструкції гвинтового завантажувача є те, що в зоні пересипу сипкого матеріалу з горизонтальної вітки до вертикальної чи нахиленої є несприятливі умови, які призводять до поріднення сипкого матеріалу і збільшення зусилля транспортування. Тому для покращення умов пересипу в цій зоні доцільно створювати спеціальну зону перевантаження 12.

Важливим параметром гвинтового завантажувача, який складається з двох віток – горизонтальної і нахиленої під кутом, є те, що продуктивність горизонтальної вітки на 5..10% є меншою від нахиленої для забезпечення нормальної роботи. При цьому, регулювання даного параметра доцільно проводити кругом гвинта, а не його діаметром.

Другим важливим елементом, який захищає гвинтовий завантажувач, а відповідно і транспортну систему від забивання, утворення і використання вібруючих пристроїв відомої конструкції. Ці проблеми пов'язанні з перезволоженням сипкого матеріалу.

Третій фактор стабільності гвинтового завантажувача є використання додаткових гнучких гвинтових завантажувачів, із метою збільшення зони їх завантаження, з використанням гнучких гвинтових завантажувачів і пересувних механізмів.

Четвертою вимогою гвинтових завантажувачів є те, що в зоні пересипу сипкого матеріалу доцільно встановлювати відповідні зони, з метою забезпечення якісної подачі сипкого матеріалу і стабільності технологічного процесу.

Об'єм зони перевантаження вибирають з умови площі добутку поперечного січення діаметра вертикального кожуха на висоту цієї зони, яка є більшою за зовнішнім діаметром горизонтального кожуха

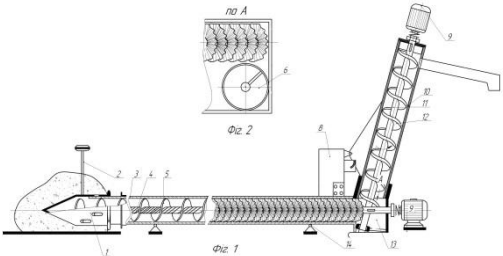
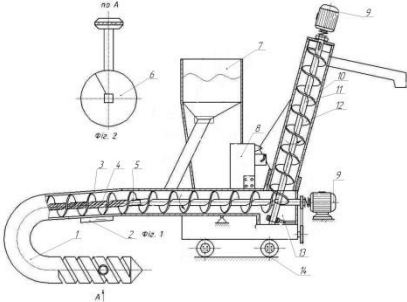
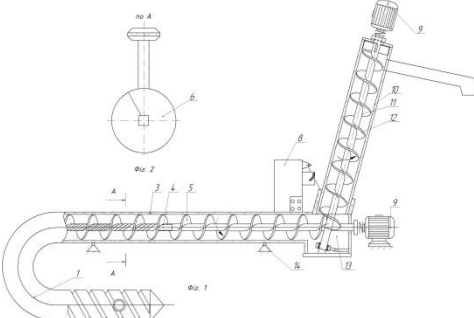
$$V = (1, 2...1, 5)D \times S = (1, 2...1, 5) \times \frac{\pi D^2}{4}, \quad (1)$$

де  $D$  – діаметри горизонтального і вертикального кожуха.

Таблиця – Нові типи гвинтових завантажувачів сипких матеріалів

№ з/п	Схема	Назва
1		<p>Завантажувач гвинтового типу – однопоточковий горизонтально-нахилений ГЗ із гнучким гвинтовим робочим органом</p>
2		<p>Завантажувач-змішувач гвинтового типу – однопоточковий горизонтально-нахилений ГЗ із ГЗРО</p>
3		<p>Універсальний гвинтовий завантажувач – однопоточковий горизонтально-нахилений ГЗ з ГРО</p>

Продовження табл.

1	2	3
4		<p>Гвинтовий пересувний завантажувач змішувач із ГЗРО</p>
5		<p>Гвинтовий пересувний змішувач із зоною перевантаження – однопотоківий горизонтально-нахилений ГЗ із ГРО і пересувним механізмом</p>
6		<p>Завантажувач гвинтовий – однопотоківий горизонтально-нахилений ГЗ із ГРО</p>
<p>Позначення: 1 – гнучкий робочий орган; 2 – рама; 3 – горизонтальний кожух; 4 – горизонтальний вал; 5 – горизонтальна спіраль; 6 – рукоядка переустановлення гнучкого робочого органу; 7 – бункер; 8 – пульт керування; 9 – привід; 10 – вертикальний кожух; 11 – вертикальний вал; 12 – вертикальна спіраль; 13 – зона перевантаження, 14 – горизонтальна площадка</p>		

П'ята вимога полягає в тому, що горизонтальна завантажувальна секція гвинтового завантажувача встановлюється під кутом  $2..5^\circ$  до горизонту в сторону подачі сипкого матеріалу, а вертикальний шнек виконати Т-подібної форми з паличкою зверху, причому співвідношення горизонтальної палички до вертикальної становить у межах  $2..7$  мм, мінімальній величині вертикальної палички не менше  $2..4$  мм.

Шоста вимога полягає в тому, що представлені конструкції можуть бути універсальними з використанням відповідних робочих органів для виконання різнотипних операцій, як наприклад на схемі 4 – гвинтовий завантажувач-змішувач.

Важливою умовою при виборі конвеєрів для універсальних перевантажувальних комплексів є встановлення області їх використання, зокрема щодо транспортування певного діапазону сипких вантажів. Оскільки, згідно з [6, 7], мінімальна межа енергоємності гвинтових конвеєрів визначається коефіцієнтом тертя вантажу до поверхні спіралі, то визначальною умовою при проектуванні конвеєра є його спроможність транспортувати вантаж із несприятливими властивостями. При цьому розглянуто найбільш несприятливе, з точки зору енергетичних затрат, є вертикальне розміщення гвинтового конвеєра.

Потужність транспортування вантажу гвинтовими конвеєрами, згідно з [1, 6, 7], визначають за залежністю:

$$N = \rho_{\Pi} g Q (W_L L + H) \quad (2)$$

чи для вертикальних шнеків [7]:

$$N = \rho_{\Pi} g Q W_H, \quad (3)$$

де  $\rho_{\Pi}$  – об'ємна маса (насипна густина) вантажу в потоці;  $g$  – прискорення земного тяжіння;  $Q$  – об'ємна продуктивність конвеєра;  $W_H$  та  $W_L$  – коефіцієнт опору переміщенню вантажу;  $L$  та  $H$  – відповідно довжина транспортування та висота підйому вантажу, для вертикальних ГК  $L = H$ . Приведена енергоємність  $w$ , що визначає енергетичні затрати для переміщення одиниці маси вантажу на одиницю довжини, відповідно для вертикального гвинтового конвеєра буде [4]:

$$w = N / (Q \cdot L) = \rho_{\Pi} g W_H. \quad (4)$$

У розгорнутому вигляді для вертикальних гвинтових конвеєрів коефіцієнт опору записується виразом [4]:

$$W_H = \frac{\mu_2 P_s (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta_{II}) \cos \beta_{II}}{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta_{II}}, \quad (5)$$

де  $\beta_{II}$  – кут нахилу тракторії потоку під впливом тяжіння;  $P_s = D\omega_{II}^2 / (2g)$  – коефіцієнт швидкохідності потоку, що визначається кутова швидкість обертання вантажу в потоці  $\omega_{II}$  відносно осі шнека діаметром  $D$ , що пов'язаний із коефіцієнтом швидкохідності конвеєра  $P_k = D\omega^2 / (2g)$  залежністю  $P_s = PC_\beta^2 / (1 + C_\beta)^2$ . Тут  $C_\beta$  – коефіцієнт кінематичної подібності гвинтового транспортування,  $C_\beta = \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)$ .

У роботі [3] показано, що мінімально можливий теоретичний рівень критерію енергоємності  $W_H$  залежить тільки від коефіцієнта тертя вантажу по гвинтовій поверхні шнека  $\mu_1$  і для інтервалу його зміни  $0,3 \leq \mu_1 \leq 1$  апроксимується залежністю [7]:

$$W_H = 2,30 + 6,64\mu_1 + 19,16\mu_1^2. \quad (6)$$

Таке мінімальне значення досягається за умови, коли безрозмірний критерій динамічної подібності  $Sc_{II} = \omega_k / \omega$ , де  $\omega_k$  – критична кутова швидкість конвеєра, та кут підйому гвинта за зовнішнім діаметром  $\alpha$  набувають значень:

$$Sc_{II}(\mu) = 0,3 + 0,1\mu_1; \quad (7)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = f(\mu) = 0,25 - 0,1\mu_1. \quad (8)$$

Відповідно і значення всіх інших безрозмірні критеріїв гвинтового транспортування, зокрема критерію кінематичної подібності  $C_\beta$ , які мінімізують енергоємність конвеєра, будуть також однозначно визначатись такою характеристикою вантажу, як коефіцієнтом тертя  $\mu_1 = \operatorname{tg} \varphi_1$ .

**Висновки.** Розроблені удосконалені конструкції гвинтових завантажувачів із гнучкими дозавантажувальними елементами і перезавантажувальними зонами. Виведені аналітичні залежності для визначення параметрів зон перевантаження і технологічних параметрів.

Література

1. Зенков Р.Л. Машины непрерывного транспорта. / Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.
2. Григорьева А.М. Винтовые конвейеры. – М. Машиностроение, 1972. – 184 с.
3. Иванченко Ф.К. Піднімально-транспортні машини. – К.: Вища школа, 1993. – 412 с.
4. Гевко Б.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин [Текст] / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинський. – Львов: Вища школа, 1989. – 256 с.
5. Рогатинський Р.М. Модель конструювання і вибору гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями. / Р.М. Рогатинський, І.Б. Гевко // Вісник ТНТУ. – 2012. – №3 (67). С. 197–210.
6. Рогатинський Р.М., Гевко Б.М., Дячун А.Е. Науково прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів. – Тернопіль. – 2014. – 280 с.
7. В.М. Nevko, O.L. Lyashuk., L.R. Rogatinska, Y.M. Tarasyuk (2014). – High – speed conveyor parameters optimization. `INMATEH «Agricultural Engineering» vol 43, no. 2 / 2014 . pg. 103–111 , Bucharest. ISSN 2068–2239
8. Тарасюк Ю.М. Завантажувач-змішувач гвинтового типу. Заявка №201413367 від 12.12.2014. Позитивне рішення про видачу патенту. Державний інститут промислової власності 25.02.2015.

*Рецензент д.т.н., проф. Б.М. Гевко*