

УДК 631.356.2

**ДО ПИТАННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ПНЕВМО-  
МЕХАНІЧНОГО ТРАНСПОРТЕРА СИПКИХ  
МАТЕРІАЛІВ**

**Гевко Р.Б., д.т.н., Дюра В.О., к.т.н.,  
Романовський Р.М., аспірант**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

*Наведено результати пошуку надійних конструкторських рішень при проектуванні пневмо-механічного транспортера сипких матеріалів з автоматичним керуванням процесу поєднання процесів механічної пневматичної дії. Виведені аналітичні залежності визначення силових параметрів пневмо-механічної дії транспортерів сипких матеріалів.*

**Актуальність теми.** На підприємствах сільськогосподарського виробництва для транспортування сипких матеріалів широке поширення одержало високонапірне пневмотранспортне устаткування нагнітального типу, продуктивністю 5...30 т/год, дальністю подачі до 1000 метрів, швидкістю руху повітря 15...40 м/с і надлишковим тиском до 0,6...0,8 МПа. Проте у цілому ряді випадків обладнання даного типу виявилось малоефективним. Таке устаткування є дорогим в обслуговуванні, та складним по конструкції. При цьому виникає необхідність використання циклонів для вловлювання частинок транспортного матеріалу з пилевої хмари транспортного потоку.

Тому для задоволення потреб сільськогосподарського виробництва необхідно проектувати малогабаритне, дешеве та просте за конструкцією технологічне обладнання, яке б забезпечувало швидке транспортування сипких матеріалів з пневмоприладом.

**Аналіз останніх результатів досліджень.** Забезпечення надійної роботи. Питаннями надійного функціонування транспортних та інших систем присвячені праці Аніловича В.Я. [1], а питанням проектування конвеєрів для транспортування сипких матеріалів займалися Григорьєва А.М. [2], Герман Х. [3], Гевко Б.М. [4], яким розроблено конструкції спеціальних пристроїв для механічного транспортування сипких матеріалів з гнучкими гвинтовими робочими органами, Клендїй П. [5]

**Мета роботи.** Тому метою даної роботи пневмо-механічного транспортера сипких матеріалів з визначенням обґрунтуванням силових параметрів. Робота виконується згідно постанови Кабінету Міністрів України "Про розвиток сільськогосподарського машинобудування і за-

безпечення агропромислового комплексу конкурентоспроможною технікою" на 2010...2015 роки.

**Реалізація роботи.** Основний принцип роботи запропонованої конструкції розробленого пневмо-механічного транспортера [5] полягає в тому, що механічна дія на транспортний матеріал замінюється дією пневматичною при накопиченні певної порції сипкого матеріалу. Метод заміни цієї дії забезпечується конструктивним виконанням механізму увімкнення пневморозподільника, що підвищує надійність і довговічність його роботи.

Принципова схема транспортера наступна: сипкий матеріал взаємодіючи з гвинтовим живильником накопичується до певного об'єму утворюючи порцію, яка своєю масою через механізм вмикає пневморозподільник, який в свою чергу чинить пневматичну дію на сипкий матеріал.

Тож основними параметрами даної системи будуть:

- порція (маса) сипкого транспортного матеріалу, при якій відбувається спрацювання пневморозподільника;
- сила, з якою струмінь повітря буде діяти на сипкий матеріал;
- діаметр гнучкої транспортної магістралі, в якій здійснюватиметься транспортування сипкого матеріалу;
- час спрацювання і тривалість дії пневморозподільника
- відстань транспортування.

Встановлення залежних і незалежних параметрів дасть змогу встановити вплив різних факторів на максимальну дальність транспортування, що полегшить вплив на процес транспортування.

Для проведення експериментальних досліджень було спроектовано і розроблено дослідний зріз пневмо-механічного транспортера [6]. Шнековий пневмо-механічний транспортер (рис. 1) складається з рами 1, на якій розташований електродвигун 2 який передає крутний момент за допомогою клинопасової передачі 3 до редуктора 4, корпусу транспортера 6 з розташованим у ньому гвинтовим живильником 18, пневмосистеми 8 під'єднаної за допомогою обертового пневмопереходу до центрального отвору 12 виконаного у шліцьовому валу 13 гвинтового живильника 18. Причому шліцьовий вал 13 гвинтового живильника 18 встановлений з можливістю кругового переміщення в підшипникових опорах 14 і підтиснутий пружиною стиснення 9 і через обертовий пневмоперехід 10 зв'язаний з пневморозподільником 11 пневмосистеми 8. При цьому шліцьовий вал 13 живильника 18 встановлений з можливістю осьового переміщення за допомогою кулькового шліцьового з'єднання. Спіраль 17 гвинтового живильника 18 пневмо-механічного транспортера виконана двозахідною, а під бункером 7 розміщено механічну заслінку 16.

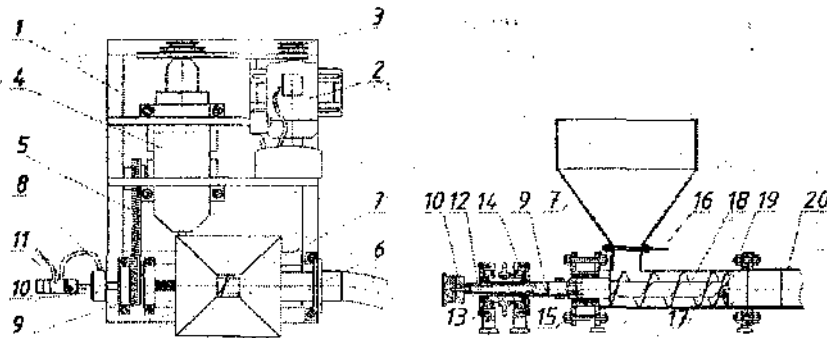


Рис. 1. Шнековий пневмо-механічний транспортер (креслення):  
 1 - рама; 2 - електричний двигун; 3 - клинопасова передача; 4 - редуктор;  
 5 - ланцюгова передача; 6 - корпус транспортера; 7 - бункер;  
 8 - пневматичні шланги; 9 - пружина стиснення;  
 10 - пневмоперехід обертовий; 11 - пневморозподільник; 12 - центральний отвір;  
 13 - шліцевий вал; 14 - підшипник; 15 - додаткова опора;  
 16 - клапан; 17 - спіраль гвинтового живильника;  
 18 - гвинтовий живильник; 19 - змінне сопло; 20 - транспортна магістраль

Робота пневмо-механічного транспортера здійснюється наступним чином.

Сипкий матеріал через бункер 7 потрапляє в корпус транспортера 6 на гвинтовий живильник 18, який здійснює обертовий рух. При виникненні перевантаження, яке зумовлено накопиченням певної дози сипкого матеріалу в робочій камері корпуса транспортера 6 гвинтовий живильник 18 за рахунок спіральної поверхні зміщується в осьовому напрямку протилежному напрямку транспортування сипкого матеріалу за допомогою кулькового шліцевого з'єднання, стискаючи пружину стиснення 9. При цьому обертовий пневмоперехід 10 взаємодіє з пневморозподільником 11, який впускає повітря високого тиску з пневмосистеми 8. Повітря потрапляє в центральний отвір 12 шліцевого вала 13 гвинтового живильника 18, і через сопло 19 спричиняє розрідження сипкого матеріалу і його подальше транспортування по транспортній магістралі 20.

При переміщенні матеріалу зменшується осьовий тиск на гвинтовий живильник 18 і під дією пружини стиснення 9 відбувається підведення гвинтового живильника в напрямку транспортування сипкого матеріалу, що спричиняє переміщення обертового пневмопереходу 10, який вимикає пневморозподільник 11, який в свою чергу перекриває доступ повітря з пневмосистеми 8.

Запропоновано конструкція пневмо-механічного транспортера забезпечує за рахунок імпульсної подачі повітря транспортування сипких матеріалів з меншою запиленістю, а також зменшує питомі затрати на транспортування сипких матеріалів.



Рис. 2. Шнековий пневмо-механічний транспортер (дослідний зріз)

Звичайно ж при виготовленні експериментального зрізів пневмо-механічного транспортера в його конструкцію були внесені деякі зміни відносно запатентованого, які не міняють принципу його роботи і обумовлені лише конструктивним виконанням певних елементів.

Розроблений дослідний зріз пневмо-механічного транспортера має наступні технічні характеристики:

Частота обертання, $s^{-1}$	150-300-450
Потужність, кВт	
компресора	2
електродвигуна	2,2
Тиск в пневмосистемі, бар	8
Продуктивність компресора, л/хв	150
Маса, кг	150-175 (приблизно)
Габарити, мм	
довжина	890
ширина	830
висота	565
Діаметр транспортної магістралі, мм	80

При транспортуванні потоку вантажу на елемент потоку зі сторони поверхні жолоба і спіралі діють нормальні реакції, їх складові сил тертя і сила потоку стиснутого повітря. Враховуючи, що в процесі транспортування задіяна тільки частина об'єму, його розрахункова маса буде рівною [4]

$$dm_{\text{роз.}} = \psi dm = (\gamma_0 Q / V_{oc}) dl, \quad (1)$$

де  $m$  – розрахункова маса;

$\gamma$  – об'ємна маса вантажу;

$Q$  – об'ємний розхід вантажу;

$V_{oc}$  – осьова швидкість переміщення вантажу;

$l$  – елементарна довжина переміщення вантажу.

Енергетичні затрати на переміщення вантажів можна визначити з залежності

$$\sum A_{\text{п}} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4, \quad (2)$$

де  $A_1$  – робота зрушення переміщення вантажу,  $A_1$  і  $A_2$  – відповідно роботи сил тертя між вантажем і відповідно поверхнями спіралі і жолоба,  $A_3$  – робота пов'язана з повітряним потоком.

Перші три сили визначають з залежностей приведених в праці [4]

$$\begin{aligned} dA_1 &= \Delta \mu_0 dm_{\text{роз.}} (dz / dt) = \Delta \mu_0 Q \sin \gamma dl, \\ dA_2 &= \Delta \mu_1 s_1^{\text{сич}} dN_1, \quad dA_3 = \Delta \mu_2 s_2^{\text{сич}} dN_2, \end{aligned} \quad (3)$$

Повна робота, яка витрачена на транспортування вантажів у гвинтових конвеєрах можна представити у вигляді

$$\sum A = K_{\text{вент}} \cdot K_{\text{виз}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{п}} \cdot A_{\text{п}}$$

де  $K_{\text{вент}}$  – коефіцієнт, який враховує затрати на перемішування, подрібнення, залипання чи защемлення вантажу, визначається експериментально;

$K_{\text{виз}}$  – коефіцієнт, який враховує неточність виготовлення спіралі та жолоба, їх відхилення від розрахункового значення, можна визначити експериментальним шляхом;

$K_{\text{пр}}$  – коефіцієнт, який враховує просторове розташування траси, її складність, визначається аналітично;

$K_{\text{п}}$  – коефіцієнт, який враховує вплив повітряного потоку на умови транспортування вантажів, який необхідно визначити експериментальним шляхом.

На основі приведених досліджень можна зробити наступні висновки:

Розроблена конструкція гвинтового транспортера для транспортування сипких матеріалів з автоматичним керуванням системами увімкнення пневматичної дії, яка забезпечує підвищення надійності його роботи.

Виведені аналітичні залежності для визначення енергосилових витрат цих конвеєрів з врахуванням особливостей повітряного потоку.

#### Список використаних джерел

1. Апилович В.Я., Гринченко А.С., Литвиненко В.Л. «Надежность машин» Харьков, ОКО, 2001. – 301с.
2. Григорьев А.М. Гвинтові конвеєри. М., Машиностроение, 1972. 282 с.
3. Герман Х. Шнековые механизмы в технологиях ФРГ., 1975, 285с.
4. Гевко Б.М., Рогатинський Р.М. Винтовые пождающие механизмы сельскохозяйственных машин., Львів "Вища школа", 1989, 175с.
5. Клендій П.Б. Енергозберігаюча система пневмотранспортування продуктів розмолу на борошномельних підприємствах : дис. канд. техн. наук: 05.09.16 / Національний аграрний ун-т. – К., 2007. – 167арк. – Бібліогр.: арк. 140-148.
6. Пат. №44544 Україна, МПК (2006) G65B 53/00. Шнековий пневмомеханічний транспортер / Гевко Р.Б., Дзюра В.О., Романовський Р.М.; заявник і власник патенту ТНПУ, – № u200903515; заявл. 13.04.2009р., опубл. 12.10.2009, Бюл. №19

#### Аннотация

### ВОПРОСУ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ПНЕВМО-МЕХАНИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТЕР СОНУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Гевко Р.Б., Дзюра В.О., Романовський Р.М.

*Приведены результаты поиска надежных конструкторских решений при проектировании пневмо-механического транспортера сыпучих материалов с автоматическим управлением процесса соединения процессов механической пневматического действия. Выведены аналитические зависимости определения силовых параметров пневмо-механического воздействия транспортеров сыпучих материалов.*

#### Abstract

### TO TOUGH QUESTIONS OF MECHANICAL PNEVMO-TRANSPORTERS GRANULAR MATERIALS

Gevko R.B., Dzyura V.O., Romanovskiy R.M.

*The results find reliable design solutions in the design pnevo mechanical bulk material conveyor with automatic process control combination processes of pneumatic action. Analytical dependences determine the mechanical power parametriv pnevmo of bulk material conveyors.*