

УДК 621.825

Ів. Гевко, канд. техн. наук; А. Дячун, канд. техн. наук;  
Р. Любачівський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ

*Резюме.* Наведено нові типи конструкції гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями для транспортування, вентиляції, змішування, зволоження та інших операцій. Виведено аналітичні залежності для визначення конструктивних, кінематичних і технологічних параметрів запропонованих модифікацій гвинтових конвеєрів. Представлені конструкції захищено деклараційними патентами на корисні моделі України.

*Ключові слова:* гвинтові конвеєри, продуктивність, потужність.

I. Gevko, A. Dyachun, R. Lyubachivskyy

## EXPANDING OF THE SCREW CONVEYORS TECHNOLOGICAL CAPABILITIES.

*Summary.* One of the prerequisites of high competitive ability of enterprises is the further improvement of structural and technological parameters of screw conveyors with advanced technological features that promotes productivity and work quality, as well as requires a fundamentally new approach to the creation and use of highly efficient energy-saving technical systems.

New types of designs of screw conveyors with advanced technological capabilities for transportation, ventilation, mixing, grinding, moisturing, squeezing of juice and other operations are proposed.

The characteristics of screw conveyors is that in their design the new types of mechanisms were introduced such as the principle of vibration during transportation to avoid dead zones, which reduce conveyor productivity, increase power consumption and reduce transportation process.

The design of conveyor with gear-lard mechanism that provides a significant improvement in the quality of mixing is proposed.

New designs of screw conveyors with improved technical and economic parameters based on the principle of centrifugal and gravitational action, design versatility with the ability to perform multiple operations are available now. Analytical dependences to determine the performance of screw conveyors with regard to the physical and mechanical properties of transporting materials, construction features of additional nodes and kinematic and technological parameters are developed. Analytical expressions for calculating the structural parameters of the mechanism of larding the screw conveyor with gear-lard mechanism are analyzed as well as the screw conveyor of a mixer with closed-cycle operation. Analytical dependences for determining the minimum angular speed of rotation of conveyor gear-lard mechanism, are developed as well as the analytical dependence for determining the cost of power consumption of the proposed modifications of screw conveyors.

The proposed designs of new types of screw conveyors for various additional manufacturing operations are patented.

*Key words:* screw conveyor, productivity, power.

Умовні позначення:

$Q_3$  – продуктивність змішувача,  $\text{мм}^3/\text{с}$ ;  
 $\varphi$  – коефіцієнт заповнення міжвиткового об'єму гвинтового робочого органу;  
 $k_1$  – коефіцієнт, який враховує зміну продуктивності транспортування від просипання через проміжки та перекидання суміші через гвинт для нахилених транспортерів;  
 $\omega$  – кутова швидкість гвинтового робочого органу,  $\text{рад}/\text{с}$ ;  
 $D$  – зовнішній діаметр гвинтового робочого органу,  $\text{мм}$ ;  
 $d$  – внутрішній діаметр гвинтового робочого органу,  $\text{мм}$ ;  
 $T$  – крок гвинтового робочого органу,  $\text{мм}$ ;  
 $V$  – максимальний вміст об'єму матеріалу в передавально-пересипному механізмі,  $\text{мм}^3$ ;  
 $b$  – ширина заповнення матеріалом піднімально-пересипного механізму вздовж його осі обертання,  $\text{мм}$ ;  
 $a$  – довжина хорди заповненої частини циліндра піднімально-пересипного механізму,  $\text{мм}$ ;  
 $R$  – радіус циліндра піднімально-пересипного механізму,  $\text{мм}$ ;  
 $\alpha$  – половина кута охоплення хорди циліндра піднімально-пересипного механізму,  $\text{рад}$ ;  
 $h$  – висота заповнення матеріалом піднімально-пересипного механізму,  $\text{мм}$ ;  
 $\beta$  – кут нахилу робочих органів змішувача,  $\text{рад}$ ;  
 $\omega_1$  – мінімальна кутова швидкість обертання піднімально-пересипного механізму,  $\text{рад}/\text{с}$ ;  
 $k_2$  – коефіцієнт пропорційності;  
 $k_3$  – коефіцієнт пересипання матеріалу в циліндрі;  
 $V_3$  – міжвитковий об'єм гвинтового робочого органу,  $\text{мм}^3$ ;  
 $\psi$  – коефіцієнт, що враховує відхилення швидкості переміщення матеріалу від середньої швидкості;  
 $\alpha_1$  – кут нахилу витка шнека,  $\text{град}$ ;  
 $\mu$  – коефіцієнт тертя між матеріалом і шнеком;  
 $\gamma_G$  – об'ємна вага вантажу,  $\text{кг}/\text{мм}^3$ ;  
 $k_4$  – коефіцієнт, що враховує кут нахилу шнека;  
 $m$  – кількість циклів змішування матеріалу;  
 $N$  – потужність змішування матеріалу,  $\text{Вт}$ ;  
 $k_{np}$  – коефіцієнт, що враховує витрати на перемішування матеріалу;  
 $k_e$  – коефіцієнт, що враховує неточність виготовлення шнека;  
 $k_d$  – коефіцієнт, що враховує конструктивні особливості змішувача;  
 $g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  
 $H$  – висота піднімання вантажу,  $\text{мм}$ ;  
 $k_5$  – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя по довжині транспортера;  
 $L$  – довжина шляху змішування,  $\text{мм}$ .

**Постановка проблеми.** Однією з передумов високої конкурентної здатності підприємств є подальше вдосконалення конструктивних параметрів продукції, яка виготовляється, що сприяє зростанню продуктивності, підвищенню ефективності, покращенню якості продукції та вимагає принципово нових підходів для створення й використання високоефективних ресурсощадних технічних систем.

Гвинтові конвеєри застосовуються у різних галузях народного господарства для транспортування, змішування, подрібнення, сортування та виконання інших операцій. Важливим питанням проектування гвинтових конвеєрів є розширення їх технологічних можливостей, удосконалення їх конструкції й розроблення методики їх розрахунку.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Основи конструювання, проектування та дослідження гвинтових конвеєрів заклали такі вчені: А. Віденбаум, Р. Мор, М. Данквертс, Д. Лейсі, Ю.І. Марков, А.М. Ластовцев, Г. Шенкель, В. Штербачек, Г.Г. Кошелєв, Р.В. Торнер, М.В. Тебін, Д. Мак-Кельві, Р.М. Рогатинський, І.Б. Гевко та інші [1, 2, 3]. Проте розроблення кожної окремої

модифікації гвинтового конвеєра має свою специфіку особливо при наданні їм можливостей виконання додаткових операцій, що зумовлює потребу в їх подальших дослідженнях і конструюванні.

**Метою даної роботи** є представлення нових конструкцій гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями.

**Реалізація роботи.** На основі літературно-патентного пошуку, а також на базі результатів проведених експериментальних досліджень розроблено і запатентовано ряд конструкцій гвинтових конвеєрів (табл. 1) з розширеними технологічними можливостями, що захищені деклараційними патентами України.

Загальну продуктивність змішувача №2 (пат. № 62656)  $Q_3$  визначаємо за залежністю

$$Q_3 = \frac{\varphi k_1 \omega T}{8} (D^2 - d^2). \quad (1)$$

Для стабільної роботи змішувача необхідно, щоб об'єм матеріалу, який поступає із гвинтового робочого органу за одиницю часу був меншим або дорівнював об'єму матеріалу, який транспортується піднімально-пересипним механізмом.

Максимальний уміст об'єму матеріалу в передавально-пересипному механізмі відповідає об'єму зрізаного циліндра під кутом  $\beta$ , що дорівнює куту нахилу робочих органів змішувача. Цей об'єм визначаємо за формулою

$$V = \frac{b \cdot [a(3R^2 - a^2) + 3R^2 \alpha (h - R)]}{3h}. \quad (2)$$

Для стабільної роботи змішувача необхідно, щоб об'єм матеріалу, який надходить із гвинтового робочого органу за одиницю часу був меншим або дорівнював об'єму матеріалу, який транспортується піднімально-пересипним механізмом.

Довжину хорди заповненої частини циліндра піднімально-пересипного механізму визначаємо за формулою

$$a = \sqrt{2hR - h^2}. \quad (3)$$

Половина кута охоплення хорди циліндра піднімально-пересипного механізму

$$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right). \quad (4)$$

Ширина заповнення матеріалом піднімально-пересипного механізму вздовж його осі обертання

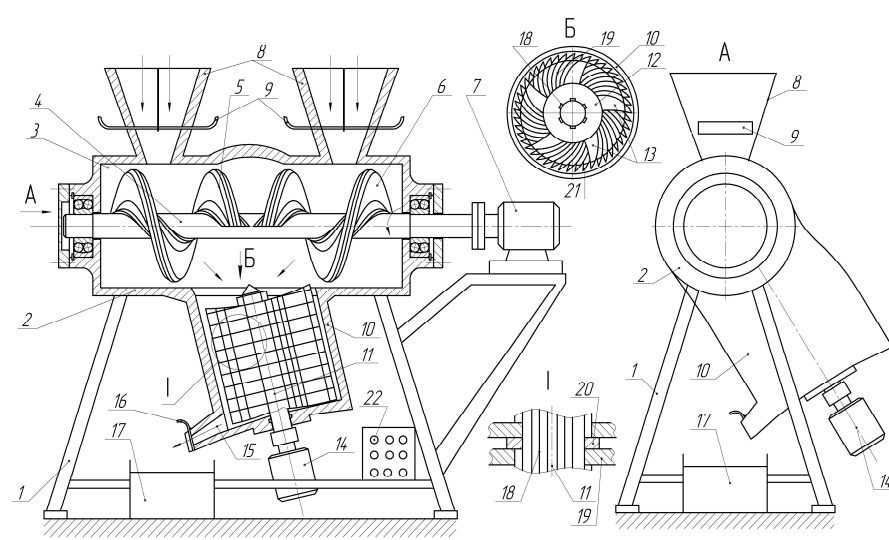
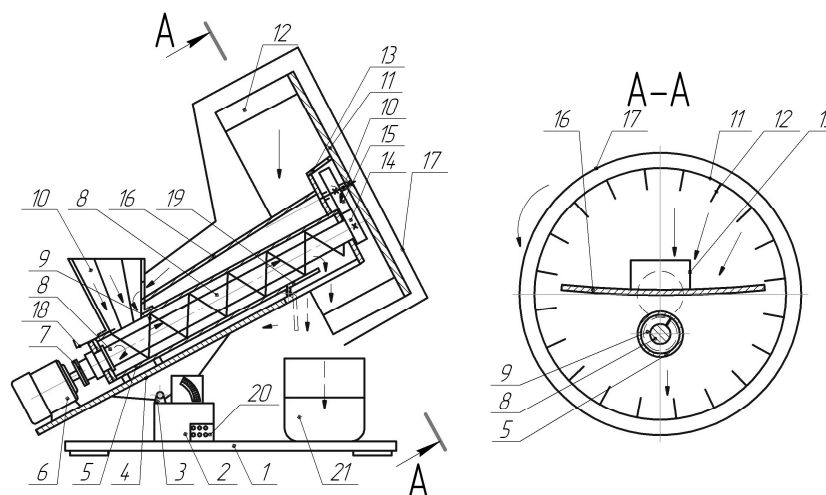
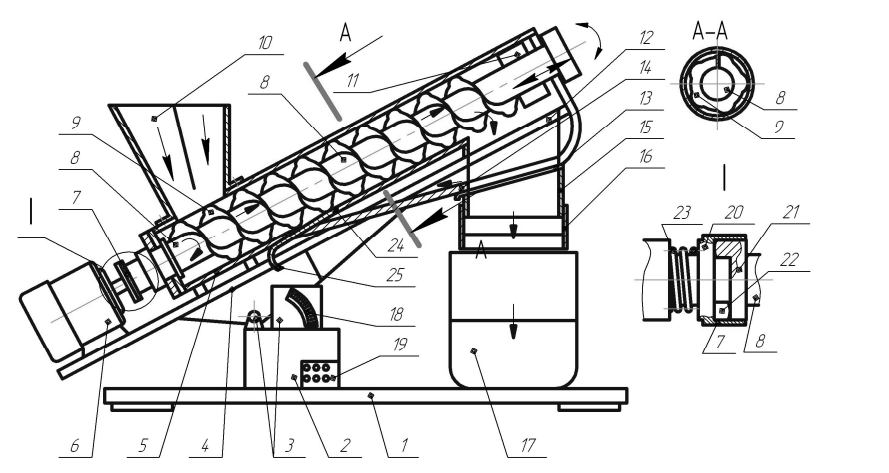
$$b = \frac{h}{\sin \beta}. \quad (5)$$

Підставляючи формули (3–4) у формулу (2), отримаємо

$$V = \frac{\sqrt{2hR - h^2} (3R^2 - 2hR + h^2) + 3R^2 \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right) (h - R)}{3 \sin \beta}. \quad (6)$$

Таблиця 1

Нові конструкції гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями

№ з/п	Загальний вигляд гвинтового конвеєра	Патент
1	<p style="text-align: center;">2</p> 	<p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">63760, 25.10.11, бюл. № 20</p>
2		<p style="text-align: center;">62656, 12.09.11, бюл. № 17</p>
3		<p style="text-align: center;">62633, 12.09.11, бюл. № 17</p>

<p>4</p>		<p>62658, 12.09.11, бюл. № 17</p>
<p>5</p>		<p>50935, 25.06.10, бюл. № 12</p>
<p>6</p>		

	<p>Technical drawing of a mechanical device, likely a conveyor or sorting mechanism. The drawing shows a perspective view of a cylindrical component with internal rollers or blades, mounted on a base. A hopper is attached to the top. Various parts are numbered from 1 to 18. A cross-section A-A is shown to the right, revealing the internal structure of the cylindrical component. The base is labeled 1, and the hopper is labeled 9. Other parts include 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, and 18.</p>	
<p>7</p>	<p>Technical drawing of a mechanical device, similar to the one in the first row, but shown in a different configuration. It includes a control panel (3) connected to a computer monitor (2). The device is mounted on a base (4) and has a hopper (9) at the top. The main cylindrical component is labeled 1, and other parts are numbered 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, and 13. The device is shown on a surface with a grid pattern.</p>	
<p>8</p>	<p>Photograph of the mechanical device shown in the technical drawings, mounted on a stand in a laboratory or workshop setting. The device is a long, cylindrical component with a hopper at the top and a control panel on the side. The background shows a typical laboratory environment with a desk, a chair, and various equipment.</p>	

Мінімальну кутову швидкість обертання піднімально-пересипного механізму визначаємо за формулою

$$\omega_1 = \frac{k_2 \cdot \omega}{k_3}. \quad (7)$$

Коефіцієнт пропорційності  $k_2$  визначає співвідношення між міжвитковим об'ємом гвинтового робочого органу  $V_3$  та максимальним об'ємом заповнення піднімально-пересипного механізму і визначається за формулою

$$k_2 = \frac{V_3}{V}. \quad (8)$$

Тоді необхідна мінімальна кутова швидкість обертання піднімально-пересипного механізму

$$\omega_1 = \frac{3\varphi k_1 \omega T \sin \beta (D^2 - d^2)}{\left( 4\sqrt{2hR - h^2} (3R^2 - 2hR + h^2) + 3R^2 \arccos \left( 1 - \frac{h}{R} \right) (h - R) \right) k_3}. \quad (9)$$

Загальну продуктивність змішувачів №3 (пат. №62633), №6, №7, №8 визначаємо за формулою

$$Q_3 = \psi \varphi (1 + \sqrt{1 - \varphi}) \sin \alpha_1 (\cos \alpha_1 - \mu \sin \alpha_1) \frac{\pi D^3 \omega}{16m} \gamma_G k_1 k_4. \quad (10)$$

Потужність змішування матеріалу

$$N = k_{np} k_e k_d Q_3 g (H + k_5 L). \quad (11)$$

**Висновки.** Розроблено і представлено нові конструкції гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями, які захищено деклараційними патентами України. Виведено аналітичні залежності для визначення конструктивних, технологічних і кінематичних параметрів розроблених конструкцій гвинтових конвеєрів.

**Conclusions.** New designs of screw conveyors with advanced technological capabilities, patented in Ukraine are developed and presented. Analytical dependences for determination of structural, technological and kinematic parameters of the developed designs of screw conveyors were established.

### Список використаної літератури

1. Макаров, Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов [Текст] / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1993. – 216 с.
2. Гевко, І.Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання [Текст] / І.Б. Гевко. – Тернопіль: ТДТУ, 2008. – 307 с.
3. Рогатинський, Р.М. Змішувач комбікормів [Текст] / Р.М. Рогатинський, Ю.Б. Капаціла, Д.В. Дмитрів // Змішувач комбікормів: зб. наук. праць НАУ. – К.: НАУ, 2000. – Т.7. – С.156–159.
4. Пат. 62656 Україна, МПК В 01 F 7/08. Змішувач гвинтовий з піднімально-пересипним механізмом / Любачівський Р.О., Дячун А.Є., Гевко І.Б., Чвартацький Р.І.; заявники і патентовласники Любачівський Р.О., Дячун А.Є., Гевко І.Б., Чвартацький Р.І. – № u201101236; заявл. 04.02.11; опубл. 12.09.11, Бюл. №17.
5. Пат. 62633 Україна, МПК В 01 F 7/00. Змішувач гвинтовий вібраційний / Любачівський Р.О., Дячун А.Є., Гевко І.Б., Комар Р.В., Диня І.І., Одендр В.М.; заявники і патентовласники Любачівський Р.О., Дячун А.Є., Гевко І.Б., Комар Р.В., Диня І.І., Одендр В.М. – № u201100256; заявл. 10.01.11; опубл. 12.09.11, Бюл. №17.

6. Пат. 63760 Україна, МПК В 01 F 7/24. Змішувач відцентровий / Любачівський Р.О.; заявник і патентовласник Любачівський Р.О. – № u201101238; заявл. 04.02.11; опубл. 25.10.11, Бюл. №20.
7. Пат. 62658 Україна, МПК В 01 F 7/00. Універсальний гвинтовий змішувач / Любачівський Р.О.; заявник і патентовласник Любачівський Р.О. – № u201101266; заявл. 04.02.11; опубл. 12.09.11, Бюл. №17.
8. Пат. 50935 Україна, МПК В 01 F 7/00. Змішувач гвинтовий гравітаційний / Ляшук О.Л., Івасечко Р.Р., Гевко І.Б., Любачівський Р.О., Клендій О.М.; заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет. – № u200914011; заявл. 31.12.09; опубл. 25.06.10, Бюл. №12.

*Отримано 01.03.2012*