

НОВІ ТИПИ ГВИНТОВИХ МЕХАНІЗМІВ З ПОКРАЩЕНИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

На основі методики генерування конструкцій енергоощадних транспортно-технологічних систем з гвинтовими робочими органами, отримано нові конструкції гвинтових механізмів з покращеними експлуатаційними характеристиками, мінімізацією питомих енерговитрат, підвищеною стабільністю транспортування і зменшення травмування насінневих матеріалів шляхом вибору раціональних конструктивних параметрів і режимів їх роботи. Визначено швидкість і прискорення вантажу в еліптичному змішувачі, побудовано графіки зміни швидкості та прискорення руху вантажу в часі. Отримані параметричні рівняння дозволяють визначити інтенсивність переміщення матеріалів на стадії проектування гвинтового еліптичного змішувача.

Ключові слова: гвинтові механізми, мінімізація енерговитрат, зменшення травмування насіння, швидкість, прискорення.

On the basis of methodology of generating of the energy saving transport-technological systems constructions with spiral working elements, the new constructions of spiral mechanisms are got with the improved operating descriptions, minimization of specific energy wastes, increase stability of transporting and reduction of injuring of seminal materials by the choice of rational structural parameters and their office hours. Speed and acceleration of load defined in an elliptic mixer, built the graphic arts of change of speed and acceleration of motion of load in time. The got self-reactance equalizations allow to determine intensity of moving of materials on the stage of planning spiral elliptic"

Keywords: spiral mechanisms, minimization of energovitrat, diminishing of injuring of seed, speed, acceleration.

Постановка питання. В сільськогосподарському виробництві існує необхідність приготування й транспортування сумішей сипких матеріалів (СМ). Змішування компонентів є одним із основних процесів сільськогосподарського виробництва, який застосовується у всіх його галузях, в тому числі для протруювання насінневого матеріалу у рослинництві, приготування кормів і введення мікроелементів в кормові суміші у тваринництві тощо. Розмаїття СМ з різними фізико-механічними властивостями та вимогами щодо їх якості, технології перемішування й транспортування зумовили появу широкої номенклатури змішувального обладнання. Найширшого практичного застосування набули шнекові та барабанні змішувачі. До їх переваг відносять можливість неперервного змішування, високу якість суміші, коротку тривалість процесу змішування, незначні габаритні розміри тощо. Недоліки гвинтових конвеєрів та барабанних змішувачів пов'язані з високими питомими витратами енергії, значним стиранням і подрібненням вантажу, підвищеним зносом гвинтового робочого органу і кожуха, а також чутливістю до перевантажень, що призводить до утворення всередині кожуха заторів.

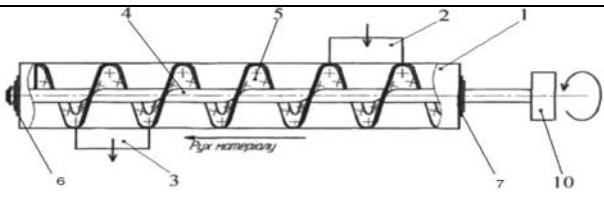
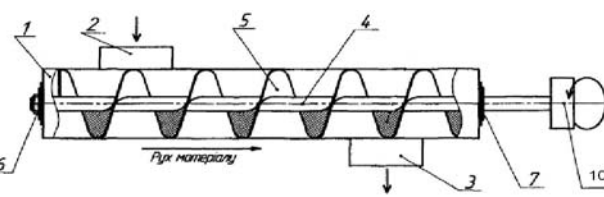
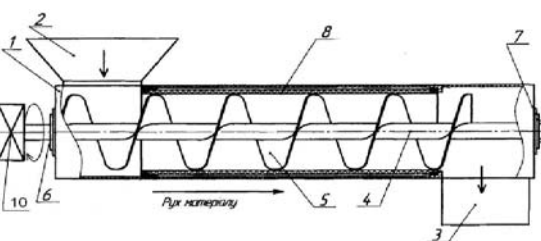
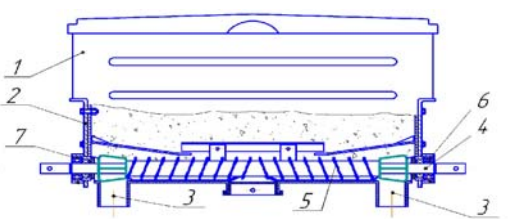
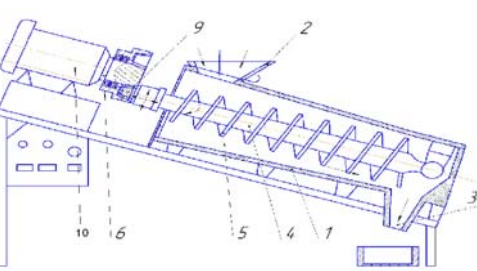
Вирішення цієї проблеми вимагає створення нових високоефективних методів і технологічних схем перемішування в процесі транспортування; засобів механізації і розробки нових робочих органів та конструкцій змішувального обладнання; створення прогресивних технологічних процесів змішування.

Аналіз останніх результатів досліджень і публікацій. Незважаючи на значну кількість наукових праць, які присвячені проектуванню гвинтових конвеєрів, сучасні вимоги сільськогосподарського виробництва висувають завдання щодо модернізації існуючих конструкцій та створення принципово нових з проведенням відповідних теоретичних та експериментальних досліджень. Дослідженням конструкцій і теорій гвинтових механізмів присвячені праці Григор'єва А.М. [1], Германа [2], Гевка Б.М. [3], Макарова Ю.І. [4] та багатьох інших. Однак цілий ряд питань конструктивного їх удосконалення, теорії і практики потребують свого вирішення.

Мета роботи. Підвищення якості змішування і покращення умов транспортування насінневих матеріалів шляхом розробки засобів механізації з використанням гвинтових конвеєрів з покращеними умовами експлуатації і мінімізації енерговитрат та зменшення травмування насіння.

В результаті синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу було синтезовано працездатні конструкції альтернативних варіантів транспортно-технологічних систем з гвинтовими робочими органами з покращеними технологічними, експлуатаційними та іншими характеристиками, які наведені в таблиці 1.

Нові типи гвинтових механізмів з покращеними експлуатаційними характеристиками

№ з/п	Загальний вигляд гвинтового конвеєра і особливості конструкції	Патент
1	 <p data-bbox="347 472 1209 562">На робочі поверхні гвинтів встановлені накладки з полімерного матеріалу, причому накладки виконана зі змінною жорсткістю зі зменшенням її в бік зовнішньої кромки.</p>	3 69808, 10.05.12, бюл. № 9 [5]
2	 <p data-bbox="331 786 1225 846">З підвищеною експлуатаційною надійністю і довговічністю витків гвинтового органу напilenі зносостійким сплавом</p>	70813, 25.06.12, бюл. № 12 [6]
3	 <p data-bbox="347 1115 1209 1176">При пуску гвинтових конвеєрів з заповненими кожухами, останні доцільно виготовляти обертовими на підшипниках ковзання.</p>	73085, 10.09.12, бюл. № 17 [7]
4	 <p data-bbox="300 1422 1257 1482">Туковисівний апарат удосконаленої конструкції з рівномірним збільшенням кроку гвинтової спіралі в напрямку транспортування</p>	74902, 12.11.12, бюл. № 21 [8]
5	 <p data-bbox="331 1787 1241 1848">Енергоощадний гвинтовий еліптичний змішувач з просторовим переміщенням сипкого матеріалу.</p>	Подана заявка
<p>1 – кожух; 2 – завантажувальний патрубок; 3 – розвантажувальний патрубок; 4 – вал; 5 – витки; 6, 7 – підшипникові вузли; 8 – обертовий кожух; 9, – підшипникова опора; 10 – механізм приводу.</p>		

Для підвищення якості протруювання зерна і зменшення габаритів протруювачів досить часто використовують конструкції, які забезпечують складний рух матеріалів, що змішуються. Для здійснення цього процесу найкраще підходить розроблений гвинтовий еліптичний протруювач.

Під час практичних досліджень встановлено, що траєкторія руху вантажу у швидкісних транспортерах відповідає складній гвинтовій лінії. У випадку застосування у приводі протруювача зачеплення зубчастої конічної шестерні з еліпсним конічним колесом рівняння траєкторії руху вантажу запишемо у параметричній формі:

$$\vec{r}_B = \begin{pmatrix} a \left[(-\sin(\omega_1 t) \cdot \cos(\omega_2 t) - \cos(\omega_1 t) \cdot \sin(\omega_2 t))r - \sin(\omega_1 t) \cdot \frac{\omega_2 T \operatorname{tg} \alpha_1 t}{2\pi} \right] \\ b \left[(-\sin(\omega_1 t) \cdot \sin(\omega_2 t) + \cos(\omega_1 t) \cdot \cos(\omega_2 t))r + \cos(\omega_1 t) \cdot \frac{\omega_2 T \operatorname{tg} \alpha_1 t}{2\pi} \right] \\ \frac{\omega_2 T t}{2\pi} \\ 1 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де a, b – параметри, що визначають співвідношення осей еліптичного колеса.

На основі системи рівнянь (1) побудовано траєкторії переміщення вантажу, що зображено на рис. 1.

Параметр t визначено на проміжку $0 \leq t \leq \frac{2\pi L}{\omega_2 T}$.

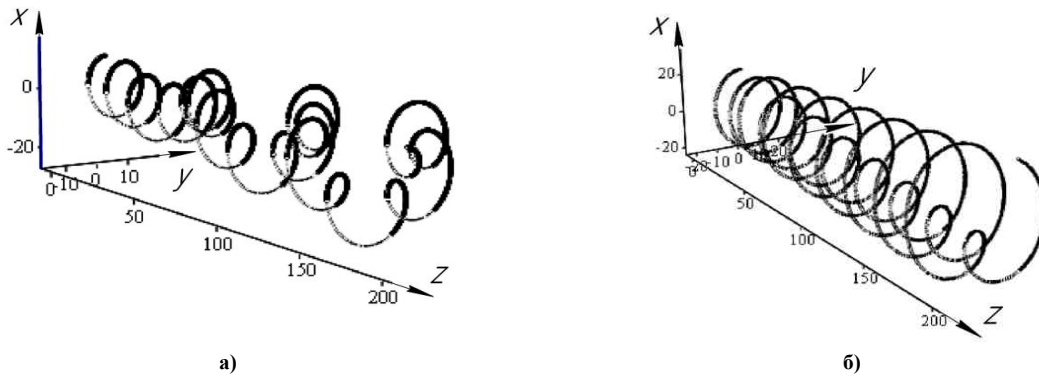


Рис. 1. Траєкторія руху вантажу у гвинтовому еліптичному протруювачі: а) $\omega_1 < \omega_2$; б) $\omega_1 = \omega_2$.

Провівши диференціювання системи рівнянь (1) визначили швидкість і прискорення вантажу:

$$\dot{r}_B = \begin{pmatrix} \left[(-\cos(\omega_1 \cdot t) \cdot \cos(\omega_2 \cdot t) + \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot \sin(\omega_2 \cdot t)) \cdot r \cdot (\omega_1 + \omega_2) - \frac{\omega_2 \cdot T \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{2\pi} \cdot (\cos(\omega_1 \cdot t) \cdot \omega_1 \cdot t + \sin(\omega_1 \cdot t)) \right] \cdot a \\ \left[(-\cos(\omega_1 \cdot t) \cdot \sin(\omega_2 \cdot t) - \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot \cos(\omega_2 \cdot t)) \cdot r \cdot (\omega_1 + \omega_2) + \frac{\omega_2 \cdot T \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{2\pi} \cdot (-\cos(\omega_1 \cdot t) + \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot \omega_1 \cdot t) \right] \cdot b \\ \frac{\omega_2 \cdot T}{2\pi} \end{pmatrix}; \quad (2)$$

$$\ddot{r}_B = \begin{pmatrix} \left[(\sin(\omega_1 \cdot t) \cdot \cos(\omega_2 \cdot t) + \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot \sin(\omega_2 \cdot t)) \cdot r \cdot (\omega_1 + \omega_2)^2 + \frac{\omega_2 \cdot T \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{2\pi} \cdot (\sin(\omega_1 \cdot t) \cdot \omega_1^2 \cdot t - 2 \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot \omega_1) \right] \cdot a \\ \left[(\sin(\omega_1 \cdot t) \cdot \sin(\omega_2 \cdot t) - \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot \cos(\omega_2 \cdot t)) \cdot r \cdot (\omega_1 + \omega_2)^2 - \frac{\omega_2 \cdot T \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{2\pi} \cdot (\cos(\omega_1 \cdot t) \cdot \omega_1^2 \cdot t + 2 \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot \omega_1) \right] \cdot b \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

де ω_1 – частота обертання шнека навколо еліптичного колеса;

ω_2 – частота обертання шнека навколо власної осі;

t – час;

T – крок розміщення витків шнека;

α_1 – найбільший кут ексцентриситету шнека;

Визначаємо абсолютну швидкість вантажу у змішувачі:

$$v_r = \sqrt{\dot{r}_{Bx}^2 + \dot{r}_{By}^2 + \dot{r}_{Bz}^2}, \quad (4)$$

де $\dot{r}_{Bx}, \dot{r}_{By}, \dot{r}_{Bz}$ – проекції швидкості вантажу на вісі x, y, z .

Визначаємо абсолютне прискорення вантажу у змішувачі

$$a_r = \sqrt{\ddot{r}_{Bx}^2 + \ddot{r}_{By}^2 + \ddot{r}_{Bz}^2}, \quad (5)$$

де $\ddot{r}_{Bx}, \ddot{r}_{By}, \ddot{r}_{Bz}$ – проекції прискорення вантажу на вісі x, y, z .

На основі формул (4–5) побудовано графіки зміни швидкості (рис. 2) та прискорення (рис. 3) руху вантажу у гвинтовому еліптичному змішувачі в часі.

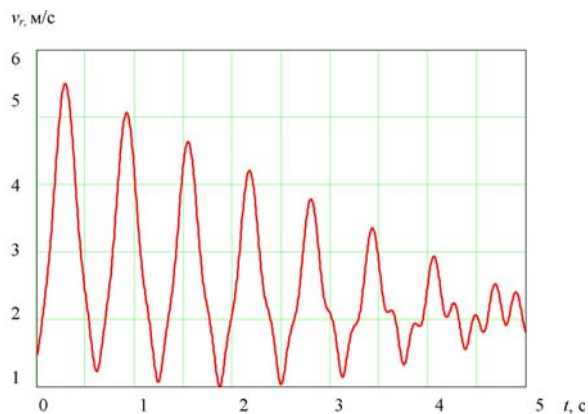


Рис. 2. Графік зміни абсолютної швидкості руху вантажу в гвинтовому еліптичному змішувачі в часі: $\omega_1 < \omega_2$

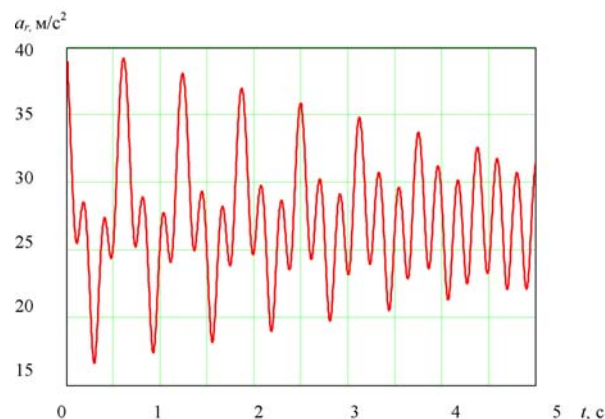


Рис. 3. Графік зміни прискорення руху вантажу в гвинтовому еліптичному змішувачі в часі: $\omega_1 < \omega_2$

Отримані параметричні рівняння та графіки траєкторії руху вантажу дозволяють визначити інтенсивність переміщення матеріалів на стадії проектування гвинтового еліптичного змішувача. Чим більша інтенсивність руху вантажу, тим менший за довжиною протруювач, а відповідно і менші енергетичні затрати на змішування. Абсолютна швидкість руху вантажу у гвинтовому еліптичному змішувачі досягає величин, які в 2–3,5 разів перевищують початкову швидкість вантажу, відповідно прискорення змінюється в межах 30–40%.

Висновки

1. Розроблені нові типи гвинтових механізмів з покращеними експлуатаційними характеристиками, до яких відносяться підвищення експлуатаційної надійності і довговічності, покращення якості змішування, зменшення зусилля транспортування і травмування насінневих матеріалів.
2. Отримані параметричні рівняння дозволяють визначити інтенсивність переміщення матеріалів на стадії проектування гвинтового транспортера.
3. Чотири представлені конструкції захищені патентами України на корисні моделі.

Література

1. Григорьев А.М. Винтовые ковейеры / А.М. Григорьев. – М. : Машиностроение, 1972. – 258 с.
2. Герман Х. Шнековые машины в технологических ФРГ / Х. Герман. – Л., 1975. – 250 с.
3. Гевко Б.М. Механізми з гвинтовими пристроями / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинський. – Львів : Вид-во «Світ», 1993. – 206 с.
4. Макаров Ю.И. Апараты для смешивания сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – Машиностроение, 1973. – 216 с.
5. Пат. № 69808 Україна, МПК (2006.01): A01F 12/46. Гвинтовий конвеєр / Герук С.М., Грудовий Р.С.; заявник і патентовласник Герук С.М. – № u201113598 ; заявл. 18.11.2011 ; опубл. 10.05.2012. Бюл. № 9, 2012.
6. Пат. № 70813 Україна, МПК (2006.01): A01F 12/46. Гвинтовий конвеєр / Герук С.М., Грудовий Р.С.; заявник і патентовласник Герук С.М. – № u201114633 ; заявл. 09.12.2012 ; опубл. 25.06.2012. Бюл. № 12, 2012.
7. Пат. № 73085 Україна, МПК (2012.01): A01F 12/00. Гвинтовий конвеєр / Герук С.М., Грудовий Р.С.; заявник і патентовласник Герук С.М. – № u201202448 ; заявл. 01.03.2012 ; опубл. 10.09.2012. Бюл. № 17, 2012.
8. Пат. № 74902 Україна, МПК (2012.01): A01C 15/00. Туковисівний апарат удосконаленої конструкції / Павельчук Ю. Ф., Грудовий Р. С., Дячун А. Є., Лотоцький Р. І. ; заявник і патентовласник Павельчук Ю. Ф.; Грудовий Р. С.; Дячун А. Є.; Лотоцький Р. І. – № u 201206239 ; заявл. 23.05.2012 ; опубл. 12.11.2012. Бюл. № 21, 2012.

Надійшла 9.1.2013 р.
Рецензент: д.т.н. Грабар І.Г.