УДК 621.82

**Гевко І.Б**. *к.т.н.,* **Клендій В.М.** *к.т.н.,* **Слободян Л.М.**
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

# ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ГВИНТОВИХ ЗАВАНТАЖУВАЧІВ

*Приведені особливості удосконалення конструкцій гвинтових завантажувачів сипких матеріалів з метою розширення технологічних можливостей і покращення якості роботи. Приведені аналітичні залежності для визначення силових і конструктивних параметрів.*

***Ключові слова:****гвинтові завантажувачі, сипкі матеріали, технологічні можливості.*

**Постановка проблеми.** Основними робочими й завантажувально-розвантажувальним органам багатьох сільськогосподарських машин є гвинтові робочі органи. Їх питома вага, як транспортних засобів, складає за різними джерелами загалом 40….50 %. Специфіка їх роботи зумовлена різними реологічними властивостями вантажів, які визначають номенклатуру й конструкційні параметри шнеків, а особливо гвинтових завантажувачів з двома чи трьома трасами транспортування по горизонталі, вертикалі чи криволінійних напрямках, що призводить до травмування особливо висівного матеріалу.

Незважаючи на значну кількість наукових праць, які присвячені проектуванню гвинтових завантажувачів, сучасні вимоги виробництв висувають завдання щодо модернізації існуючих конструкції та створення принципово нових з проведенням відповідних теоретичних та експериментальних досліджень.

Тому вирішення наукового завдання, яке полягає в розробленні та практичній реалізації раціональних конструкцій гвинтових завантажувачів, мінімізації енерговитрат і зменшення травмування насіння (механізації процесів в агропромисловому комплексі) є актуальним, доцільним, значущим та перспективним для сільськогосподарської галузі України та інших держав.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питанням дослідження кінематики зернового вантажу у гвинтових транспортно-технологічних механізмах (ГТТМ) присвячені праці Григорьева А.В. [1], Гевка Б.М., Рогатинського Р.М. [2], Зенкова Р.Л. [3], Барышев А.И., Будишевський В.А. [4], Гевко І.Б. [5], та багатьох інших. У вказаних працях досліджено кінематику сухих сипких матеріалів, а кінематика вантажів з вологістю 12% і більше потребують подальших досліджень, а також необхідність удосконалення конструкції з метою розширення технологічних можливостей.

**Мета робота.** Удосконалення конструкцій гвинтових завантажувачів з двох трасовим переміщенням сипких матеріалів по горизонталі та вертикалі і виведення аналітичних залежностей для їх розрахунку.

**Реалізація роботи.** Для покращення умов роботи гвинтових завантажувачів з різними траєкторіями переміщення сипких матеріалів необхідно реалізувати наступне. Основні гіпотези і технічні ідеї, які необхідно вирішити для покращення конструкцій і їх удосконалення. Існуючі гвинтові завантажувачі з переміщенням сипких матеріалів знизу до верху здійснюють процес переходу з горизонтальної траси транспортування до вертикальної, як правило через карданні механізми, які його травмують і особливо це небезпечно для насіневих матеріалів.

Вихідними даними для проектування ГЗ є його продуктивність, тип, вид вантажу, який транспортується і його характеристики: коефіцієнти зовнішнього і внутрішнього тертя, продуктивність, кут нахилу траси, конструктивні параметри та інше.

Важливим параметром ГЗ, який складається з двох віток – горизонтальної і вертикальної нахиленої під кутом є те, що продуктивність горизонтальної вітки повинна бути меншою на 5…10% від нахиленої для забезпечення нормальної роботи. При цьому регулювання цього параметра доцільно проводити кроком гвинта, а не його діаметром.

Важливим елементом, який захищає ГЗ, а відповідно і транспортну систему від забивання, сводоутворення з використанням вібруючих пристроїв відомих конструкцій. Ці проблеми зв’язані з перезволоженням сипких матеріалів.

Фактор стабільності роботи ГЗ є використання додаткових гнучких гвинтових завантажувачів, з метою збільшення зони їх завантаження з використанням як самих ГЗ так і пересувних цих механізмів.

Наступною вимогою ГЗ є те, що в зоні пересипу (перевантаження) сипкого матеріалу доцільно встановлювати відповідні зони з метою забезпечення якісної подачі сипкого матеріалу

і стабілізації технологічного процесу.

При проектуванні ГЗ необхідно щоб горизонтальна завантажувальна секція ГЗ встановлюється під кутом 2…5º до горизонту в сторону подачі сипкого матеріалу, а вертикальний шнек виконати Г-подібної форми з поличкою зверху, причому співвідношення горизонтальної полички до вертикальної становить в межах 2…7, при мінімальній величині вертикальної полички не менше 2…4мм.

Наступна рекомендація полягає в тому, що представлені конструкції можуть бути універсальні, уніфіковані з використанням відповідних робочих органів для виконання різного типу операцій, як наприклад, схема 4 – гвинтовий завантажувач-змішувач.

Для змішування сухих матеріалів доцільно використовувати гофровані гвинтові робочі органи з запрограмованим або вільним профілем.

Завантажувачі доцільно оснащувати додатковими пристроями для розширення їх технологічних можливостей, наприклад подачі мінеральних добавок, приготування кормових сумішей добавок біологічних стимуляторів або інших компонентів.

Деталі завантажувачів доцільно виготовляти з пластмас, які мають низький коефіцієнт тертя і малу масу.

Нами розроблена конструкція завантажувача, яка зображена на рис.1.

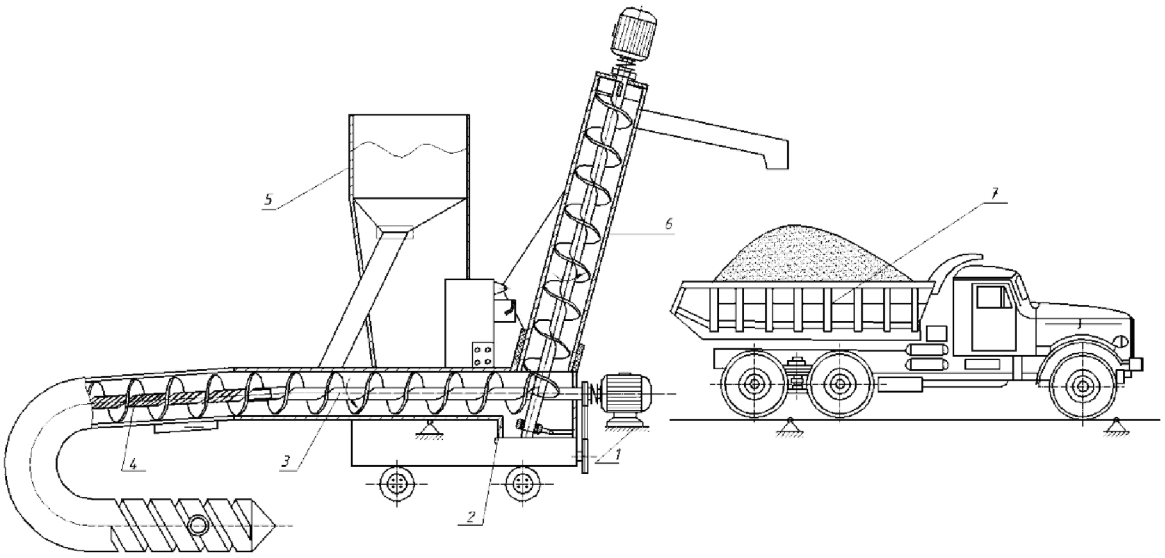


Рис. 1. Гвинтовий пересувний завантажувач:
1-рама; 2,6-горизонтальний і вертикальний кожухи; 3-жорсткий гвинтовий робочий орган; 4-гнучкий гвинтовий робочий орган; 5-бункер; 7-ємкість для завантаження сипких матеріалів.

Робота пересувного гвинтового змішувача здійснюється наступним чином. Кінець гнучкої спіралі 6 з гнучким кожухом і наконечником вводять в купу сипкого матеріалу при цьому встановивши необхідні величини зазорів в пазах захисної насадки разом з рукояткою. Після цього включають привід за допомогою пульта керування. За допомогою гнучкої спіралі 6 і сипкий матеріал переміщується по горизонтальній трасі в жолобі 2 куди і подаються кормові добавки по прозорому циліндричному лотку і разом з зерном змішуються і далі подаються в зону вивантаження об’ємного збірника циліндричної форми і звідси вертикальним гвинтовим робочим органом 4 в зону вивантаження і вивантажувальний лоток і в ємність для збору матеріалу (кузов машини) 7 або різного типу тари. В разі вибору сипкого матеріалу з даної зони, завантажувальну секцію за допомогою рукоятки переставляють в нове місце, або за допомогою рухомої підставки переводять в інше місце відомим способом. В разі потреби при зволожених кормових добавках автоматично включаються електромагнітні вібратори, які з’єднані з пультом керування, які сприяють покращенню подачі кормових добавок в зону змішування.

Для розрахунку гвинтових завантажувачів сипких матеріалів нами виведені аналітичні залежності для визначення продуктивності завантажувача, яке визначається за формулою

$$Q_v = 47 D_C^2 \xi n_C \psi c_\beta, \quad (1)$$

де $\rho$ – насипна густина транспортного матеріалу, т/м$^3$;
$D_C$ – зовнішній діаметр спіралі, м;
$\xi$ – емпіричний коефіцієнт, який враховує відношення кроку спіралі до її зовнішнього діаметра;
$n_C$ – частота обертання спіралі, об/хв.;
$\psi$ – коефіцієнт заповнення поперечного січення спіралі;
$c_\beta$ – коефіцієнт, що враховує зниження продуктивності в залежності від кута нахилу спіралі, а отже з рівності (1) можна визначити розрахункове значення зовнішнього діаметра спіралі

$$D_C \approx \sqrt{\frac{Q_p}{47 \xi n_C \psi c_\beta \rho}}. \quad (2)$$

В реальних умовах дуже проблематично розрахувати всі сили опору, які протидіють обертовому руху спіралі, тому на практиці використовують відому залежність [5] для визначення потужності приводу

$$N = \frac{Q_p L_C}{367 \eta_П} \cdot (k \pm \sin \alpha), \quad (3)$$

де $\eta_П$ – коефіцієнт корисної дії привода;
$k$ – коефіцієнт опору матеріалу.

Відповідно знак «+» приймається при підйомі матеріалу, а знак «–» під час опускання. А для горизонтально розміщеної секції завантажувача

$$N = \frac{Q_p L_C k}{367 \eta_П}. \quad (4)$$

З врахуванням, що

$$\upsilon_{кр} = \rho R n_{кр} / 30, \quad (5)$$

критична частота обертання спіралі рівна

$$n_{кр} = \frac{30}{\pi R} \sqrt{\frac{gR}{f_p} tg(\beta + \rho_C)}. \quad (6)$$

Для теоретичного дослідження впливу таких параметрів як радіус спіралі $R$, кут її підйому $\beta$, коефіцієнт тертя матеріалу до стінок рукава завантажувача $f_p$ на частоту обертання спіралі було проведено розрахунок, на основі яких побудовані графічні залежності (рис.2). По отриманих результатах встановлено, що частота обертання спіралі повинна бути більшою, відповідно чим більше значення кута підйому спіралі і менший її радіус та менший коефіцієнт тертя матеріалу до стінок рукава.

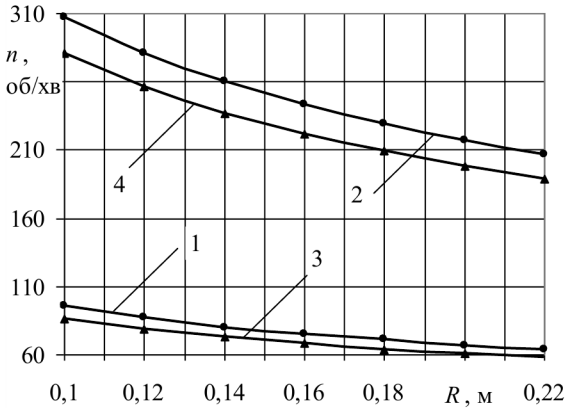


Рис. 2. Залежність зміни частоти обертання спіралі завантажувача від її радіуса $n = f(R)$ при різних значеннях кута її підйому та коефіцієнта тертя матеріалу до стінок рукава: 1 – ($\beta$ = 16°, $f_p$ = 0,15); 2 – ($\beta$ = 20°, $f_p$ = 0,15); 3 – ($\beta$ = 16°, $f_p$ = 0,18); 4 – ($\beta$ = 20°, $f_p$ = 0,18).

Крутний момент на шнекові визначаємо за виразом [2]:

$$M = N_1 \cdot R(\sin \alpha + f_1 \cos \alpha) + N_2 R f_2. \quad (7)$$

де $M$ – крутний момент, Н·м;

$N_1,N_2$-нормальні реакції відповідно від поверхні шнека та поверхні кожуха, Н;
$f_1$-коефіцієнт тертя між частинкою і поверхнею шнека;
$f_2$-коефіцієнт тертя між частинкою і поверхнею кожуха;
$R$-радіус спіралі.

Швидкість просипання вантажу через отвір захисного наконечника визначають за формулою [6]:

$$V_з = \lambda \cdot \sqrt{3{,}2 \cdot g \cdot R}\,, \tag{8}$$

де $\lambda$ – коефіцієнт просипання; $R$ – гідравлічний радіус випускного отвору (відношення площі до периметру отвору); $g$ – прискорення земного тяжіння.

Провівши відповідні перетворення, отримуємо залежність з якої можна визначити радіус отвору просипання [4]:

$$R = \sqrt[5]{\frac{\varphi^2 \cdot V_п^2 \cdot \left(D_{ж}^2 - d^2\right)}{25{,}6 \cdot k_з^2 \cdot n^2 \cdot \lambda^2 \cdot g}}\,. \tag{9}$$

Визначивши радіус отвору, можна через рівність площ визначити ширину прямокутного отвору з залежності:

$$l = \frac{\pi}{a}\left[\frac{\varphi^2 \cdot V_п^2 \cdot \left(D_{ж}^2 - d^2\right)}{25{,}6 \cdot k_з^2 \cdot n^2 \cdot \lambda^2 \cdot g}\right]^{2/5}. \tag{10}$$

Використовуючи дані залежності, можна забезпечити потрібні конструктивні розміри отворів просипання насадок і добитися максимальної продуктивності ГК при дотриманні встановлених норм виконання технологічного процесу транспортування.

На основі приведених досліджень можна зробити наступні висновки.

1. Приведені гіпотези і технічні ідеї, які необхідно реалізувати для покращення конструкцій гвинтових завантажувачів з двох трасовим переміщенням сипких матеріалів, які закладені в розроблену конструкцію гвинтового завантажувача.
2. Приведені аналітичні залежності для визначення силових і конструктивних параметрів гвинтових завантажувачів, які можуть і використовуватися в якості завантажувачів змішувачів.

**Інформаційні джерела**

1. Григорьев А.В. Винтовые конвейеры. / А.В. Григорьев М.: Машиностроение.; 1972р.
2. Гевко Б.М. Винтовые подающие мезанизмы сельськохозяйственных машин./ Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинський. Львов.: Вища школа, 1989, 176с.
3. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузив / Р.Л. Зенков.-М.:Машиностроение. 1973. 220с.
4. Барышев А.И., Будишевський В.А. и др. Расчет и проектирование транспортных средств непрерывного действия./ Под.ред. В.А. Будишевського. Донецк.: Норд-Прес, 2005-689с.
5. Гевко І.Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання./ І.Б. Гевко, Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008, 307с.
6. Паладійчук Ю.Б., Дослідження енергосилових параметрів роботи конвеєрів із коливним осьовим рухом шнека./ Ю.Б.Паладійчук, Ю.М. Тарасюк Збірник наукових праць “Сількогосподарські машини” Вип.27, Луцьк 2014р.

**Гевко И.Б.** *к.т.н.*, **Клендий В.М.** *к.т.н.*, **Слободян Л.М.**
Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя

**ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИНТОВЫХ ЗАГРУЗЧИКОВ**

*Приведенные особенности усовершенствования конструкций винтовых загрузчиков сыпучих материалов с целью расширения технологических возможностей и улучшение качества работы. Приведенные аналитические зависимости для определения силовых и конструктивных параметров.*

***Ключевые слова:*** *винтовые загрузчики, сыпучие материалы, технологические возможности.*

**I. Hevko, V. Klendii, L. Slobodian**
Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University

## TRANSPORT TECHNOLOGICAL BACKGROUND OF DESIGNING OF SCREW DOWNLOADERS

*Features of improving of screw loaders of dry materials construction for expanding technological capabilities and improving operational quality were presented. Analytical dependencies for determining power and construction parameters were shown.*

***Key words:*** *screw loaders, dry materials, technological capabilities.*