

4. Методичні рекомендації щодо екологічно оптимальних режимів меліорованих ґрунтів гумідної зони України. – Рівне : НУВГП, 2005. – 50с.

5. Айдаров И. П. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель (рекомендации) / И. П. Айдаров, А. И. Голованов, Ю. Н. Никольский. – М. : Агрометеиздат, 1990. – 60 с.

6. Пат. № 104000 Україна, МПК (2015.01) E02B 13/00, E02B 11/00. Карта – чек рисової системи з закритою дренаю-колектором / А.М. Рокочинский, В.О.Турченко, С.М. Кропивко, С.П. Мендусь; власник НУВГП. – № 2015 06186; заявл. 23.06.2015; опублік. 12.01.2016р, Бюл. №1. – 6 с.

7. Шашук В. А. Рис в Україні : монографія / В. А. Шашук, А. М. Рокочинський, Л. М. Грановська. – Херсон : Гринь Д.С., 2014. – 976 с.

8. Рис Придунав'я : [кол. монографія] /за ред. В. А. Шашука, А. М. Рокочинський, П. І. Мендусь, В. О. Турченко. – Херсон : Гринь Д.С., 2016. – 620 с.

9.Рокочинский А. Н. Системная оптимизация водорегулирования на мелиорированных землях / А. Н. Рокочинский // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья : сб. докл. Междунар. науч. конф. (Минск, 14-17 сент. 2016 г.) : в 2 т. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2016. – Т. 2. – С. 111–114.

10.Рокочинський А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах : монографія / А. М. Рокочинський ; за ред. М. І. Ромашенка. – Рівне : НУВГП, 2010. – 351 с.

11.Фроленкова Н. А. Еколого-економічне оцінювання в управлінні меліоративними проектами : монографія / Н. А. Фроленкова, Л. Ф. Кожушко, А. М. Рокочинський. – Рівне : НУВГП, 2007. – 257 с.

---

УДК 621.867.42

**Р. С. Грудовий**

к. т. н.

Житомирський національний агроекологічний університет

## **ОБГРУНТУВАННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ З ОБЕРТОВИМ КОЖУХОМ**

*Наукова робота присвячена розробці і обґрунтуванню конструкції установки для дослідження гвинтових конвеєрів з обертовим кожухом та із шнеком з поступово зростаючим кроком витків у напрямку руху вантажу на основі аналізу і систематизації теоретичних основ і методів визначення конструкційних, кінематичних, динамічних, експлуатаційних параметрів і характеристик гвинтових робочих органів, які викладені в літературних джерелах та на основі проведених власних теоретичних і експериментальних досліджень. Описано порядок проведення досліджень величини крутного моменту, енерговитрат при пуску завантаженого гвинтового конвеєра із*

*шнеком з поступово зростаючим кроком витків у напрямку руху вантажу та оцінку травмування зерна насінневого матеріалу.*

**Ключові слова:** *гвинтовий конвеєр, зерновий матеріал, установка, розрахунок, транспортування, змішування, енергоємність, енерговитрати.*

### **Постановка проблеми**

Розмаїття сипких матеріалів з різними фізико-механічними властивостями та вимогами щодо їх якості, технології перемішування й транспортування зумовили появу широкої номенклатури змішувального та транспортувального обладнання [1, 2, 5, 7]. Найширшого практичного застосування набули шнекові транспортери-змішувачі. До їх переваг відносять можливість неперервного змішування, високу якість суміші, коротку тривалість процесу змішування, незначні габаритні розміри тощо. Недоліки гвинтових конвеєрів-змішувачів пов'язані із високими питомими витратами енергії, підвищеним спрацюванням гвинтового робочого органу і кожуха, а також чутливістю до перевантажень, що призводить до утворення всередині кожуха заторів [1, 2, 5, 7].

У практиці використання гвинтових конвеєрів зустрічаються випадки раптової зупинки транспортера з подальшим відновленням роботи при повному завантаженні, що негативно впливає на технологічні, енергетичні параметри та можуть призводити до виходу з ладу всього обладнання. Такі випадки мають місце за раптової відсутності електроенергії, поломці окремих елементів гвинтового конвеєра, у разі попадання у гвинтовий конвеєр випадкових кускових матеріалів тощо.

Тому виникла необхідність подальшого дослідження науково-технічних основ, пов'язаних із транспортуванням і змішуванням сипучих компонентів у процесі виробництва кормів, транспортуванні насінневого матеріалу, за умови технологічного забезпечення високої якості змішування сипучих компонентів, мінімізація енерговитрат електроенергії при пуску завантаженого гвинтового конвеєра та зменшення тривалості циклу змішування.

У таких випадках доцільним є проектування гвинтових конвеєрів з обертовим циліндричним кожухом, що забезпечить мінімізацію енерговитрат електроенергії при його пуску. Таким чином, дослідження технологічного процесу транспортування із змішуванням з використанням гвинтових конвеєрів з обертовим циліндричним кожухом, які більшою мірою, ніж існуючі змішувачі, відповідають вимогам ресурсозберігаючих технологій, є актуальним завданням для подальшого дослідження.

Вирішення цієї проблеми вимагає створення нових високоефективних методів і технологічних схем перемішування у процесі транспортування з розробкою засобів механізації для проведення відповідних лабораторних і виробничих досліджень.

### **Аналіз останніх 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.

Значний внесок у формування наукових основ розробки і дослідження процесу змішування сипучих матеріалів зробили вчені: Василенко П. М., Віденбаум С., Брахман А., Стренк П., Макаров Ю. І., Кукта Г. М., Ластовцев А. М., Хлистунов В. Ф., та інші.

Теоретичні залежності й загальні положення процесу змішування та взаємодії сипучих матеріалів з робочими органами наведені у працях Василенка П. М., Белянчікова М. М., Зенкова Р. Л., Гевка Б. М., Рогатинського Р. М., Міочинського П. М., Фурси І. І., та інших.

Розробленню конструкції стендового обладнання для дослідження гвинтових механізмів присвячені Туршаєва А. І., Сисоліна В. П., Григорьєва А. М., Гевка Б. М. та інших. Однак ціла низка питань, що стосуються проектування нових конструкцій гвинтових робочих органів із дослідженням їх характеристик, потребують подальших відповідних теоретичних та експериментальних досліджень.

### **Мета, завдання та методика досліджень**

Метою досліджень є розробка і обґрунтування конструкції установки для дослідження гвинтових конвеєрів з обертовим кожухом та із шнеком з поступово зростаючим кроком витків у напрямку руху вантажу на основі аналізу і систематизації теоретичних основ і методів визначення параметрів і характеристик гвинтових робочих органів, які викладені в літературних джерелах та на основі проведених власних теоретичних і експериментальних досліджень.

Теоретичною і методологічною основами даного дослідження є аналіз та систематизація теоретичних основ і методів визначення конструкційних, кінематичних, динамічних, експлуатаційних параметрів гвинтових робочих органів, які викладені в літературних джерелах та проведених власних теоретичних і експериментальних дослідженнях. У процесі дослідження використовувались фундаментальні засади теоретичної механіки, інформатики, морфологічного аналізу, інженерної творчості і вибору раціональних технічних рішень.

### **Результати дослідження**

На основі проведеного огляду літературних джерел, технологічного процесу й механізмів транспортування і змішування та на основі методики генерування

конструкції енергоощадних транспортно-технологічних систем з гвинтовими робочими органами запропоновано нову конструкцію установки для дослідження гвинтових конвеєрів з обертовим кожухом та із шнеком з поступово зростаючим кроком витків у напрямку руху вантажу для дослідження експлуатаційних характеристик та енерговитрат електроенергії при пуску [1–9].

Для дослідження гвинтових конвеєрів з обертовим кожухом розроблено конвеєр, який показано на рис. 1 [9].

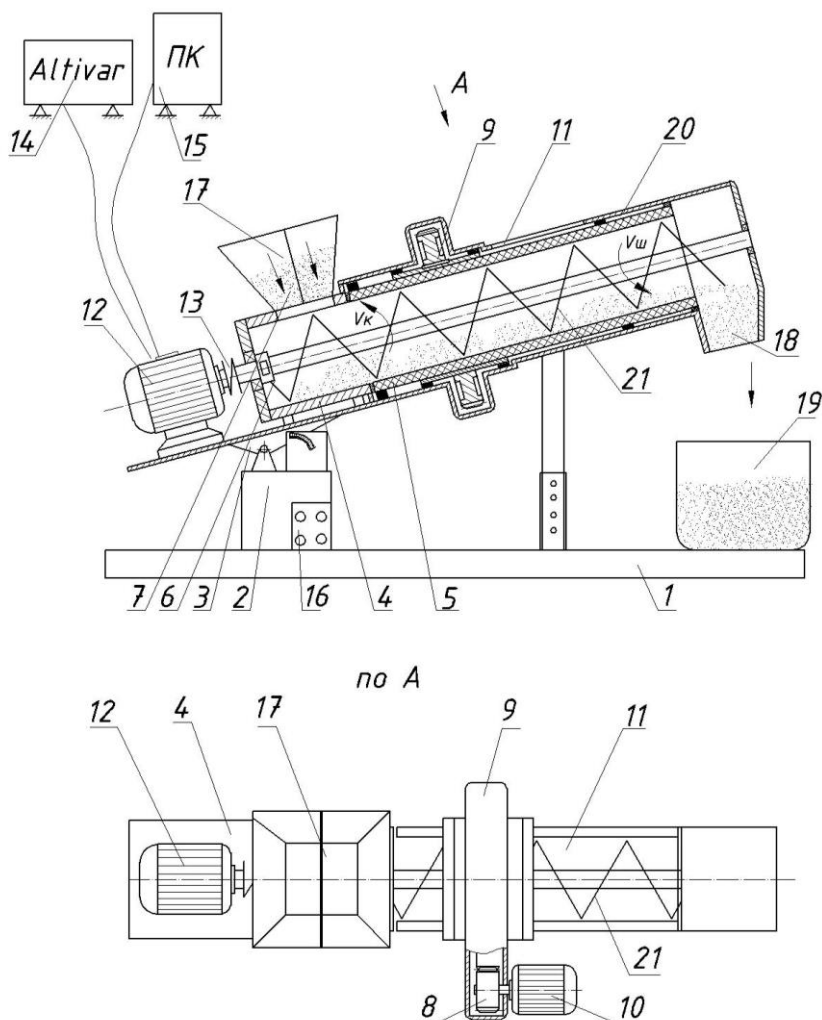


Рис. 1. Стенд для дослідження гвинтових транспортерів з обертовим кожухом

Його виконано у вигляді рами 1, на якій жорстко встановлено механізм регулювання кута нахилу конвеєра 2 відомої конструкції, який є у взаємодії з корпусом 3, до якого зверху жорстко закріплена підставка у вигляді циліндричної труби 4. Всередині циліндричної труби 4 на підшипниках з двох кінців встановлено прозорий циліндричний кожух 5 з можливістю обертового руху, який дає змогу досліджувати ті процеси, які відбуваються в ньому при провертанні в ньому гвинтового робочого органу 6 з сипким матеріалом 7. Посередині довжини прозорого циліндричного кожуха 5 жорстко встановлена шестерня 9, яка є у взаємодії з приводною шестернею 8, яка жорстко встановлена на приводному валу електродвигуна 10 приводу циліндричного кожуха 5. Електродвигун 10 встановлено збоку від циліндричної труби 4 з можливістю провертання циліндричного прозорого кожуха 5. Зверху циліндричної труби виконано наглядове вікно 11 по її довжині з можливістю огляду характеру роботи гвинтового транспортера з обертовим циліндричним прозорим кожухом 5.

Привід гвинтового робочого органу 6 здійснюється від електродвигуна 12, через запобіжну муфту 13.

Крім цього, електродвигуни 10 і 12 під'єднані через перетворювач частоти 14 з персональним комп'ютером 15. Керування роботою стенда здійснюється з пульта керування 16.

Для завантаження конвеєра використовують бункер 17 з заслінкою, а вивантаження здійснюється патрубком 18 у смінь 19. Зовнішні обертові деталі стенда закриті кожухом 20 відомої конструкції.

Робота стенда здійснюється наступним чином. Дослідний елемент гвинтового конвеєра з обертовим кожухом встановлюють у циліндричну трубу 4 і під'єднують до приводів 10 і 12, перетворювача частоти 14 і персонального комп'ютера 15. Запускають програмне забезпечення у персональному комп'ютері для управління процесом і подають сигнали на приводи і завантаження конвеєра з бункера 17 сипким матеріалом у певних дозах. У процесі транспортування, або змішування дані про величину навантаження, продуктивність, швидкість обертання робочого органу і обертового кожуха та інші фіксуються у персональному комп'ютері.

Дослідження величини крутного моменту, який передається гвинтовим конвеєром, здійснюють наступним чином. Запускають програмне забезпечення в персональному комп'ютері 11 для управління процесом і подають сигнал на відповідну частоту обертання двигуна 9. Сипкий матеріал 15 з бункера 12 через відкритий шибер 12 подається у досліджуваний стенд. Далі матеріал переміщається, а дані про величину навантаження на гвинтовий робочий орган фіксуються у персональному комп'ютері.

Для роботи експериментальної установки використовувалася програма PowerSuite для налаштування перетворювачів частоти серії Altivar, в якій проводився вибір тих характеристик, які необхідні при проведенні

експериментів. У процесі проведення досліджень вони відображалися на моніторі ПК у вигляді табличних даних та графічних залежностей у процентному співвідношенні до номінальної потужності із наперед заданою частотою.

За допомогою програми PowerSuite також здійснювався вибір необхідної частоти обертання вала двигуна і напрям його обертання. Частота обертання задавалась у вікні осцилографа в ПК у вигляді кратних чисел 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ... Гц, що відповідало визначеній швидкості обертання шнека транспортера.

Частоту обертання вала електродвигуна визначали за формулою:

$$n_{\partial} = n_n \times ЧМ_3 / 50, \quad (1)$$

де  $n_n$  – номінальна кількість обертів ротора електродвигуна, об/хв.;

$ЧМ_3$  – частота стуму, що подається на двигун, Гц.

Величину вхідної потужності отримували у відсотках від номінальної потужності двигуна із даних, що знімалися на ПЕОМ системою Altivar 71. Витрати потужності на привід конвеєра визначали за залежністю:

$$N = N_{\%} N_{ном} / 100\%, \quad (2)$$

де  $N_{\%}$  – відсоткове співвідношення потужності електродвигуна при проведенні дослідження у певний момент часу, яке отримується з табличних чи графічних даних програмного забезпечення, %;

$N_{ном}$  – номінальна потужність електродвигуна, 2,2 кВт.

Після здійснення відповідної кількості циклів (визначених згідно з методикою експериментальних досліджень часу виконання технологічного процесу змішування суміші чи транспортування насінневого матеріалу), проводилась зупинка установки і визначалась якість змішаної суміші з відібраних проб, крутильного моменту на приводі від частоти обертання шнека змішувача, кута нахилу корпусу та коефіцієнта завантаження[8].

Оцінку травмування зерна насінневого матеріалу отримували порівнянням динних про транспортований матеріал до завантаження в бункер і після його переміщення у гвинтовому конвеєрі відомим способом описаного в ДСТУ 4138-2002 – «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості».

Для одержання порівняльного показника травмування матеріалу проведено перерахунок маси пошкодженого зерна до маси проби за формулою [6]:

$$T_{зм} = \frac{m_1 - m_2}{m_n} \cdot 100 \quad (3)$$

де  $m_1$  – маса травмованого зерна після переміщення транспортером, кг;

$m_2$  – маса травмованого зерна до транспортування, кг;

$m_n$  – маса проби, кг.

До травмованих відносили зерна, що мали наступні пошкодження: роздроблений зародок, пошкоджений зародок, пошкоджена оболонка зерна, пошкоджений ендосперм, пошкоджена оболонка ендосперму, побите зерно, механічно стиснуте зерно [6].

На основі методики проведення досліджень з використанням повнофакторного експерименту та одержаних результатів експериментів, пов'язаних із дослідженнями продуктивності та потужності конвеєра, визначали питомі енерговитрати конвеєра за формулою[1–3,5,7,8]:

$$w = \frac{N}{QL}. \quad (4)$$

Довжина робочої частини шнека складала  $L=1,5$ м.

### **Висновки та перспективи подальших досліджень**

Розроблено нову конструкцію установки для дослідження гвинтових конвеєрів з обертовим кожухом та описано порядок проведення досліджень величини крутного моменту, енерговитрат при пуску завантаженого гвинтового конвеєра із шнеком з поступово зростаючим кроком витків у напрямку руху вантажу та оцінку травмування зерна насінневого матеріалу.

Перспективи подальших досліджень полягають у тому, що за допомогою стенда можна проводити лабораторні дослідження відповідних конструкцій та технологічних параметрів транспортно-технологічних систем з розширеними технологічними можливостями в автоматизованому режимі. А це дозволить проектувати енергоощадні гвинтові конвеєри, які можуть застосовуватися при транспортуванні насінневих матеріалів та запобігати їх травмуванню при протруюванні, а також змішування сипучих компонентів у процесі виробництва кормів, за умови технологічного забезпечення високої якості змішування сипучих компонентів, мінімізації енерговитрат електроенергії при пуску завантаженого гвинтового конвеєра та зменшення тривалості циклу змішування

---

---

**Література**

---

---

1. Григорьев А. М. Винтовые конвейеры / А. М. Григорьев. – М. : Машиностроение, 1972. – 258 с.
2. Гевко Б. М. Механізми з гвинтовими пристроями / Б. М. Гевко, Р. М. Рогатинський. – Львів : Світ, 1993. – 206 с.
3. Гевко І. Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання / І. Б. Гевко. – Тернопіль : ТДТУ ім. І. Пулюя, 2008. – 307 с.
4. Герук С. М. Синтез енергоощадних транспортно-технологічних систем з гвинтовими робочими органами / С. М. Герук, А. Є. Дячун, Р. С. Грудовий // Механізація та електрифікація сільського господарства : міжвід. темат. наук. зб. – 2013. – Вип. 97. Т.1. – С. 519–527.
5. Герман Х. Шнековые машины в технологических ФРГ / Х. Герман. – Л., 1975. – 250 с.
6. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. – К. : Ред.-видав. відділ УкрНДІССІ, 2003. – 172 с.
7. Макаров Ю. И. Апараты для смешивания сыпучих материалов / Ю. И. Макаров. – М. : Машиностроение, 1973. – 216 с.
8. Душинський В. В. Основи наукових досліджень. Теорія та практикум з програмним забезпеченням : навч. посіб. / В. В. Душинський. – К. : НТУУ “КПІ”, 1998. – 408 с.
9. Пат. 81131 Україна, МПК В 65 G 33/00 G 01 M 99/00 (2013.01). Стенд для дослідження гвинтових конвеєрів з обертовими кожухами / Дячун А. Є., Грудовий Р. С., Рогатинська Л. Р.; заявник і патентовласник Дячун А. Є., Грудовий Р. С., Рогатинська Л. Р. – № u201214082; заявл. 10.02.12; опубл. 25.06.13, Бюл. № 12.

УДК 631:62-2

**С. С. Карабиньош**

к.т.н.

**З. А. Федченко**

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ПОВЕРХНІ ТА СТРУКТУРИ ПОВЕРХНЕВИХ  
ШАРІВ МЕТАЛУ ЗНОШЕНИХ СЕПАРУЮЧИХ РЕШІТ  
У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

*Наразі основним обладнанням для подрібнення зернового матеріалу є молоткові дробарки ударної дії. Головними сепаруючими елементами в цих машинах, що відповідають за якість вихідного матеріалу, як правило, є решета. Саме за допомогою решіт регулюється крупність помелу, а отже і якість продуктів помелу при виконанні операції просіювання. У процесі експлуатації сепаруючі робочі органи інтенсивно*

© С. С. Карабиньош, З. А. Федченко