

## ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора Ловейкіна Вячеслава Сергійовича на дисертаційну роботу Серілка Дмитра Леонідовича «Обґрунтування конструкцій та параметрів забірних пристроїв вертикальних гвинтових конвеєрів», представлені до спеціалізованої вченої ради К 58.052.03 в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.05 – піднімально-транспортні машини.

### **1. Актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами**

Гвинтові конвеєри в сучасному виробництві повинні відповідати вимогам підвищеної продуктивності та надійності з мінімальними енергетичними витратами протягом всього періоду експлуатації. Разом з тим, як показує досвід проектування та експлуатації вертикальних гвинтових конвеєрів до їхніх основних недоліків відноситься порівняно низька продуктивність та висока енергоємність процесу транспортування. Особливо це відноситься до швидкохідних вертикальних гвинтових конвеєрів. Це пов'язано з тим, що при значних кутових швидкостях гвинта відцентрові сили інерції в зоні завантаження стають більшими за гравітаційні сили, під дією яких сипкий матеріал поступає на гвинтовий канал шнека, що зменшує продуктивність роботи конвеєра та підвищує його енергоспоживання. Тому дослідження процесу завантаження вертикального швидкохідного гвинтового конвеєра сипкими вантажами та розробка нових конструкцій забірних пристроїв цих конвеєрів з обґрунтуванням їхніх конструктивно-кінематичних параметрів є пріоритетним напрямком досліджень для науки і практики.

Дослідження, що складають основу дисертаційної роботи виконано відповідно до наукової тематики Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя і є складовою частиною держбюджетних науково-дослідних тем: «Розробка теорії та дослідження транспортно-технологічних та перевантажувальних систем з розрідженими потоками» (№ державної реєстрації 0105U000742); «Розробка теорії транспортування сипких вантажів швидкісними гвинтовими конвеєрами із еластичними робочими органами» (№ державної реєстрації 0108U001105); «Синтез систем неперервного транспорту на основі розкриття закономірностей формування потоку вантажу робочими поверхнями» (№ державної реєстрації 0111U002586).

### **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих в дисертації, їх достовірність і новизна**

Наведені в дисертаційній роботі наукові положення, висновки та рекомендації

є достовірними та належно обґрунтованими. Для цього автором проведені необхідні теоретичні та експериментальні дослідження.

Теоретичні дослідження проведено з використанням апробованих методів теоретичної механіки, механіки суцільного середовища, диференціального та інтегрального числення, математичного та комп'ютерного моделювання.

Експериментальні дослідження проведено із застосуванням загальних методик з використанням методів оптимального планування багатofакторних експериментів на спеціально розробленому устаткуванні. Опрацювання результатів експериментальних досліджень здійснено статистичними методами за допомогою програмних катетів аналізу даних.

Положення дисертації обґрунтовані на наукових конференціях. Результати досліджень достатньо повно відображені у публікаціях в фахових та міжнародних виданнях. Технічна новизна підтверджена 7 патентами України на корисні моделі.

За результатами досліджень автором дисертації зроблено 7 висновків:

Перший пункт висновку стосується того, що підвищення продуктивності швидкохідних вертикальних гвинтових конвеєрів досягається за рахунок зменшення відцентрових сил інерції, які діють на частинку сипкого матеріалу в бункері і перешкоджають їх стабільному рухові у міжвитковий простір, що призводить до зменшення коефіцієнта заповнення гвинтового конвеєра. Висновок підтверджується проведеними розрахунками та експериментальними дослідженнями.

У другому пункті встановлено, що необхідною умовою для забезпечення бажаного коефіцієнта заповнення (0,6...0,8) вертикального швидкохідного гвинтового конвеєра є створення надлишкового тиску в забірній частині в межах 2,0...2,8кПа. Отримані результати підтверджуються проведеними розрахунками.

У третьому пункті встановлено, що наявність кожуха гвинтового конвеєра в бункері з сипким матеріалом суттєво впливає на величину осьового та радіального тиску.

При висоті засипки до 3-х діаметрів бункера значення тиску практично є незмінним, але його максимальне значення суттєво зменшується при збільшенні діаметра кожуха. Встановлено, що при відношенні діаметра кожуха до діаметра бункера 0,4 тиск зменшується в 1,6 разів. Висновок підтверджується проведеними розрахунками.

В четвертому пункті висновків на основі математичної моделі руху частинки матеріалу по нерухомій гвинтовій поверхні додаткового елемента забірною пристрою гвинтового конвеєра встановлено вплив його параметрів на витрату сипкого матеріалу. Розміщення гвинтової лопаті під кутом  $75^{\circ}$  до осі гвинта зменшує величину роботи на переміщення частинки сипкого матеріалу по цій лопаті на 14...19% в порівнянні з лопаттю, яка розміщена перпендикулярно до осі

гвинта, а нанесення на стінки гвинтового каналу антифрикційного покриття (тефлонової стрічки) дозволяє зменшити розміри додаткового елемента забірної пристрою та кутову швидкість додаткового гвинта. Висновок підтверджено проведеними розрахунками та експериментальними дослідженнями.

У п'ятому пункті отримано регресивну залежність, яка визначає вплив висоти і довжини патрубку бункера на витрату сипкого матеріалу, яка дозволяє визначити раціональні параметри додаткового елемента забірної пристрою гвинтового конвеєра. Висновок підтверджується проведеними експериментальними дослідженнями.

У шостому пункті встановлено, що запропонована конструкція швидкохідного вертикального гвинтового конвеєра дозволяє збільшити коефіцієнт транспортування до 0,5...0,65, що дозволимо зменшити розміри та масу конвеєра. Висновок підтверджено експериментальними дослідженнями дослідного зразка конвеєра.

Сьомий пункт висновку дозволяє оцінити економічну ефективність від застосування запропонованих конструкцій швидкісних вертикальних гвинтових конвеєрів з новими забірними пристроями у виробництво. Прогнозований річний економічний ефект від впровадження одного вертикального швидкохідного гвинтового конвеєра продуктивністю  $5\text{ м}^3/\text{год}$  при висоті транспортування 5м, оснащеного запропонованим забірним пристроєм склав 4520грн, який отримано за рахунок зменшення матеріалоємності конвеєра.

### **3. Повнота викладу матеріалів дисертації в опублікованих наукових працях**

Основні теоретичні й експериментальні дослідження за темою дисертаційної роботи виконані здобувачем особисто, зокрема: запропонована класифікація забірних пристроїв гвинтових конвеєрів; встановлено вплив конструктивно-технологічних параметрів забірних пристроїв гвинтових конвеєрів на процес транспортування сипких матеріалів; досліджені реологічні властивості сипких матеріалів; запропонована схема розрахунку руху сипкого матеріалу в забірному пристрої гвинтового конвеєра; запропонована методика розрахунку параметрів забірної пристрою гвинтового конвеєра і обґрунтовано його параметри; досліджено рух сипкого матеріалу в забірній частині вертикального гвинтового конвеєра; запропонована методика визначення тиску сипкого матеріалу в бункері гвинтового конвеєра; запропонована методика проведення експериментальних досліджень і проведені дослідження витікання сипкого матеріалу з бункера з аналізом отриманих результатів; запропонована схема завантаження гвинтового конвеєра; запропоновані напрямки удосконалення конструкцій гвинтових конвеєрів.

Загалом, за результатами досліджень, автором опубліковано 22 наукові праці, з яких 7 статей у наукових фахових виданнях, затверджених МОН України, 1 стаття в закордонному періодичному фаховому виданні, 7 матеріалів тез конференцій і симпозіумів та 7 патентів України на корисні моделі. Матеріали в друкованих працях не повторюються.

#### **4. Значимість для науки і практики одержаних автором результатів**

Автором вперше побудовано математичну модель руху сипкого середовища в забірній частині гвинтового конвеєра, на основі якої встановлено розподіл швидкості матеріалу в гвинтовому каналі, а також напружень в сипкому середовищі в забірній частині в залежності від кутової швидкості гвинта і коефіцієнта продуктивності.

Вперше визначено тиск сипкого матеріалу в бункері, в якому знаходиться гвинтовий конвеєр, що дозволило вибрати раціональну конструкцію бункера і його параметри, при яких забезпечується необхідний надлишковий тиск в забірній частині конвеєра.

Вперше побудовано регресивну модель впливу параметрів бункера на витрату сипкого матеріалу при боковому витіканні, що дало можливість отримати залежності витрати висипання сипкого вантажу з бункера від внутрішнього діаметра та висоти отвору додаткового елемента.

Вперше обґрунтовано залежності швидкостей руху частинки сипкого вантажу по нерухомій гвинтовій поверхні від її геометричних параметрів, коефіцієнта тертя та початкової швидкості, які дозволили вибрати конструктивні параметри гвинтового каналу додаткового елемента, при яких зменшуються енерговитрати.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці нових забірних пристроїв швидкохідних вертикальних гвинтових конвеєрів, які дозволяють підвищити продуктивність транспортування сипких вантажів і зменшити енерговитрати на їхнє транспортування.

#### **5. Шляхи використання результатів досліджень**

Автором проаналізовано основні шляхи використання результатів роботи. Запропоновані конструкції нових забірних пристроїв вертикальних швидкохідних гвинтових конвеєрів можуть бути рекомендовані для впровадження у машинобудуванні та інших галузях виробництва як на етапі проектування нових, так і під час модернізації існуючих вертикальних гвинтових конвеєрів з забірними пристроями.

Запропоновані конструкції вертикальних швидкохідних гвинтових конвеєрів з забірними пристроями, а також методика їхнього розрахунку використовуються в навчальному процесі при підготовці бакалаврів за напрямком підготовки

«Машинобудування» та спеціалістів за спеціальністю «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання» в Національному університеті водного господарства та природокористування.

## **6. Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації**

Зміст представленого автореферату достатньо повно відображає основні положення дисертації, а саме дає уявлення про зміст роботи, містить її характеристику та висновки. В авторефераті наведено список праць за темою дисертації із зазначенням внеску автора у працях написаних у співавторстві, а також висвітлені анотації у необхідному обсязі. Зміст, обсяг та оформлення автореферату відповідають встановленим вимогам. Висновки наведені в авторефераті і дисертації ідентичні.

## **7. Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому**

Представлена дисертація складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 136 найменувань і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 192 сторінок, в тому числі 99 рисунків і 26 таблиць. Обсяг основного тексту дисертації 137 сторінки.

У вступі обгрунтовано актуальність теми, наведено зв'язок роботи з науковими програмами, сформовано мету і задачі досліджень, визначено об'єкт і предмет досліджень і зазначено наукову новизну, практичне значення одержаних результатів та особистий внесок здобувача. Наведено інформацію про апробацію і публікації результатів досліджень, структуру та обсяг дисертаційної роботи.

В першому розділі проаналізовано способи завантаження гвинтових конвеєрів та конструкцій їх забірних пристроїв. Проведено аналіз досліджень щодо гвинтових конвеєрів, так і забірних пристроїв. Аналіз проведених досліджень дозволив зробити висновок про відсутність результатів досліджень, якіб дозволили встановити закономірності процесу завантаження вертикальних швидкохідних гвинтових конвеєрів.

На основі аналізу попередніх досліджень зроблено висновки та окреслено завдання, які стали предметом дисертаційної роботи.

У другому розділі викладено результати теоретичного дослідження процесу руху сипкого вантажу в забірній частині вертикального гвинтового конвеєра. При складанні розрахункової схеми прийнято припущення, що під дією відцентрових сил вантаж заповнює периферійну зону і рухається в умовному гвинтовому каналі і при цьому відсутня сила тертя між вантажем і валом шнека, яке не в повній мірі обгрунтоване.

В результаті проведених досліджень встановлено залежність напружень, що виникають в кінці забірної частини гвинтового каналу від кутової швидкості

гвинта. Також вирішено задачу створення значного радіального тиску в забірній частині гвинтового конвеєра для забезпечення його стабільної роботи при заданому коефіцієнті продуктивності. Проведено дослідження визначення тиску в забірній частині гвинтового конвеєра при використанні циліндричної та конічної форм бункера, з яких встановлено, що використання бункера конічної форми забезпечує виникнення значно меншого тиску в порівнянні з бункером циліндричної форми. Однак графіки на рис. 2.11 та 2.16 цього не підтверджують, бо різниця між тисками на цих графіках є незначною.

На основі проведених теоретичних досліджень визначено параметри забірної пристрою, які забезпечують необхідний коефіцієнт заповнення гвинтового конвеєра.

Для зменшення сили тертя вантажу по кожуху запропонована конструкція забірної пристрою гвинтового конвеєра з лопатями, нахиленими під деяким кутом до осі конвеєра. Використання забірної пристрою з нахиленими лопатями дозволяє зменшити енерговитрати гвинтових конвеєрів в 1,5...1,7 разів в порівнянні з забірними пристроями з ненахиленими лопатями.

У третьому розділі наведено програму та описано методику проведення експериментальних досліджень для визначення раціональних конструктивних та кінематичних параметрів забірної пристрою вертикального швидкохідного гвинтового конвеєра. Для проведення експериментальних досліджень транспортування сипких вантажів виготовлено дослідну установку вертикального гвинтового конвеєра, оснащеного спеціальним забірним пристроєм.

Разом з тим, в цьому розділі недостатньо уваги приділено методиці визначення конструктивних та кінематичних параметрів на розробленій дослідній установці гвинтового конвеєра з новим та існуючим раніше забірними пристроями.

У четвертому розділі наведено результати проведених експериментальних досліджень. Для визначення впливу параметрів бункера на процес бокового витікання сипкого матеріалу проведено математичне планування експерименту.

Експериментально встановлено, що продуктивність гвинтового конвеєра досягає максимального значення, яке дорівнює витраті просипання через гвинтові канали додаткового елемента забірної пристрою і надані при збільшенні кутової швидкості гвинта залишається практично незмінною.

Встановлено, що коефіцієнт продуктивності гвинтового конвеєра, оснащеного новим забірним пристроєм на 48...56% більший в порівнянні з гравітаційним завантаженням.

У п'ятому розділі розглянуті основні напрямки зниження енергоємності процесу транспортування сипких вантажів гвинтовими конвеєрами. За результатами досліджень запропоновані нові конструктивні схеми забірних

пристроїв швидкохідних гвинтових конвеєрів, на які отримані патенти України на корисні моделі.

Наведено також методику інженерного розрахунку забірною пристрою вертикального гвинтового конвеєра. Для мінімізації енергоємності процесу завантаження сипкого матеріалу визначено раціональні параметри забірною пристрою гвинтового конвеєра шляхом розв'язання задачі нелінійного програмування. В результаті розв'язку цієї задачі рекомендовано раціональні значення параметрів забірною пристрою гвинтового конвеєра для різних сипких вантажів.

Обчислено річний економічний ефект від впровадження забірною пристрою вертикального гвинтового конвеєра продуктивністю  $5\text{м}^3/\text{год}$  при висоті транспортування  $5\text{м}$ , який становить  $4520\text{грн}$ .

## **8. Загальні зауваження по дисертації**

1. В п.1.2 першого розділу наведено значну кількість дослідників, які вивчали усталений рух потоку сипких вантажів гвинтовими конвеєрами, але не завжди показано, що саме цими дослідниками зроблено у вказаному напрямку.

2. На с. 44 сказано, що при  $l/B \ll 1$  можна замість об'ємної задачі розглядати плоску модель руху сипкого середовища в гвинтовому каналі. Однак, попередні розрахунки показують, що для розглянутої задачі відношення  $l/B \approx 0,25$ , яке менше одиниці, але не значно менше одиниці. Тоді виникає питання: чи правомірно об'ємна задача руху сипкого вантажу замінена на плоску?

3. В залежності (2.14) додаються величини різної розмірності (дивись останні дужки цього виразу).

4. Формула Янсена не досить адекватно відображає осьовий тиск в бункері циліндричної форми. Виникає питання, яким чином визначається величина коефіцієнта бокового тиску? Тут більш доцільно було б використати теорію Генієва.

5. В розділі 3 розроблено фізичну модель гвинтового конвеєра зі спеціальним забірним пристроєм, але нічого не сказано, які критерії подібності використані при побудові цієї моделі.

6. В третьому розділі досить детально описана методика обробки експериментальних даних, однак про методику визначення цих даних майже нічого не сказано, наприклад, як визначалась частота обертання гвинтового вала, які вимірювальні засоби при цьому використовувались?

7. Автором не в повній мірі підтверджена адекватність математичних моделей побудованих в другому розділі. Співставлення експериментальних даних продуктивності конвеєра від частоти обертання гвинтового вала з результатами, отриманими за допомогою рівнянь регресії ніяк не підтверджують побудовані моделі.

8. В другому розділі відмічено, що для забезпечення стабільної роботи гвинтового конвеєра необхідно створити значний радіальний тиск в його забірній частині, який є більшим в бункерах з циліндричною формою поверхні в порівнянні з бункерами з конічною формою. Разом з тим, автором дисертації запроновано ряд забірних пристроїв з конічною формою бункера (рис. 5.2, 5.3, 5.7) Як це можна пояснити?

9. В тексті дисертації та автореферату зустрічаються деякі описки, невдалі зврати та неточності.

Вказані зауваження не зменшують наукової та практичної значимості отриманих результатів і загальної оцінки роботи.

### **Висновок по дисертації**

В цілому дисертаційна робота Серілка Дмитра Леонідовича «Обґрунтування конструкцій та параметрів забірних пристроїв гвинтових конвеєрів» є завершеною, самостійно виконаною науковою працею, в якій обґрунтовані результати, що в сукупності розв'язують важливу наукову задачу підвищення ефективності роботи вертикальних швидкохідних гвинтових конвеєрів із забірним пристроєм. Оцінюючи зміст дисертації в цілому, можна відзначити, що всі задачі досліджень розв'язані і знайшли відображення у висновках.

Зміст і структура дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.05.05 – «Піднімально-транспортні машини».

Дисертаційна робота виконана на належному науковому рівні і відповідає вимогам «Положення...» МОН України, які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.05 – «Піднімально-транспортні машини», а її автор Серілко Дмитро Леонідович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.05.05 – «Піднімально-транспортні машини».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор  
завідувач кафедри конструювання  
машин і обладнання  
Національного університету  
біоресурсів природокористування

Україна



ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ  
начальник відділу кадрів  
М.В. Михайліченко  
2011 р.

Ловейкін В.С.