

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу **Станька Андрія Ігоровича**  
«Обґрунтування параметрів шнекових механізмів з еластичними змінними  
поверхнями для транспортування насінневих зернових матеріалів»,  
подану до захисту на здобуття ступеня доктора філософії  
з галузі знань 13 «Механічна інженерія»  
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

### **1. Актуальність теми роботи.**

Базовими елементами багатьох механізмів і машин, які застосовуються у багатьох галузях виробничих процесів, основними завантажувально-розвантажувальними пристроями є гвинтові конвеєри.

Як транспортні механізми вони мають суттєві переваги, зокрема: безперервність процесу переміщення та перемішування вантажів, значну багатофункціональність, можливість виконувати одночасно операції перевантаження, змішування та подрібнення матеріалів різних за структурою та фракційністю, надійну герметичність і експлуатацію, простоту конструкції, можливість взаємодії з іншим обладнанням для забезпечення механізації й автоматизації виробничих операцій.

В галузі аграрного виробництва зернових культур частка застосування шнекових конвеєрів на операціях підготовки насіннєвого матеріалу, збирання, зберігання, переробка зерна тощо становить понад 65-75 %.

Проте основним недоліком відомих шнекових конвеєрів є значні пошкодження матеріалів, в тому числі зерна зернових культур в процесі їх транспортування, які виникають під час контактної взаємодії робочих поверхонь з зерном і наявності зазору між шнеком і кожухом гвинтового механізму.

Підвищення технологічної ефективності роботи гвинтових конвеєрів і зменшення ступеня пошкодження зернових насінневих матеріалів можливе шляхом формування умов їх роботи, які сприяють мінімізації зазору між системою «шнек-кожух» і ударних взаємодій зернового матеріалу з робочими поверхнями системи.

Одним із напрямків зменшення ступеня пошкодження зернових насінневих матеріалів під час виконання гвинтовими механізмами транспортно-технологічних операцій є нагальна потреба розробки прогресивних конструкцій гвинтових конвеєрів, шнеки яких мають еластичні поверхні.

Це дозволить мінімізувати зазор між витками шнека та кожухом, а також суттєво зменшити сили, які діють на зернину при її защемленні у зазорі та її контактній взаємодії з шнеком.

Вирішення цих науково-прикладних задач, які направлені на зниження або мінімізацію ступеня пошкодження зернових насінневих матеріалів під час їх транспортування гвинтовими конвеєрами шляхом розроблення взаємозамінних гвинтових робочих органів з еластичними поверхнями і вибору раціональних конструктивних параметрів і режимів їх роботи є своєчасними та актуальними завданнями для науки та практики.

## **2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.**

Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Основні результати дисертації викладено на 166 сторінках друкованого тексту має 77 рисунків, 13 таблиць, списку використаних джерел із 217 найменувань, 4 додатки. Загальний обсяг роботи складає 207 сторінок.

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та основні завдання дисертаційного дослідження, визначено наукову новизну роботи та практичне значення отриманих результатів, наведено дані щодо апробації роботи і особистий внесок здобувача.

**У першому розділі «Стан питання та завдання дослідження»** наведено аналіз особливостей конструкцій гвинтових конвеєрів і їх застосування, відомих теоретично-експериментальних досліджень процесів роботи гвинтових конвеєрів загалом і їх основних робочих органів, бункерів і особливостей переміщення сипких матеріалів в них.

Окремо проведено аналіз відомих конструкцій робочих органів гвинтових конвеєрів з еластичними поверхнями та результатів їх дослідження.

**У другому розділі «Теоретичні передумови дослідження процесу транспортування зернових матеріалів еластичними щіткоподібними гвинтовими робочими органами»** проведено синтез гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями на основі застосування методики морфологічного аналізу. Також проведено аналітичні дослідження деформації волокон еластичних щіткоподібних гвинтових робочих органів, яка виникає у процесі транспортування зернового матеріалу.

На основі цього розроблено та вирішено диференціальне рівняння середньої лінії деформації декількох волокон еластичного щіткоподібного шнека. Визначено параметри взаємодії волокон еластичного щіткоподібного гвинтового робочого органу із зерновим матеріалом та умову защемлення зернини між волокнами гвинтового робочого органу та кожухом.

Отримано аналітичне рівняння, яке описує допустимі зовнішні навантаження на зернину.

**У третьому розділі «Програма і методика експериментальних досліджень шнекових механізмів з еластичними змінними поверхнями для транспортування насіннєвих зернових матеріалів»** наведено програму та методику реалізації експериментальних досліджень гвинтових конвеєрів із гвинтовими робочими органами з еластичними робочими поверхнями. Описано три варіанти виконання розроблених конструкцій гвинтового конвеєра із змінними гвинтовими робочими органами з еластичними поверхнями: з суцільною камероподібною частиною; з периферійною еластичною щіткоподібною частиною; з щіткоподібною гвинтовою частиною.

Розроблено часткову методику проведення планованих факторних експериментів для визначення продуктивності транспортування, ступеня пошкодження насіннєвого зернового матеріалу та величини максимальної деформації нейлонових волокон гвинтового робочого органу із щіткоподібною гвинтовою частиною.

**У четвертому розділі «Результати експериментальних досліджень»** наведено результати експериментальних досліджень трьох варіантів виконання гвинтових робочих органів.

На основі реалізації планованих факторних експериментів отримано емпіричні залежності, які функціонально описують характер зміни продуктивності гвинтових конвеєрів і ступеня пошкодження насіннєвого зернового матеріалу для трьох варіантів виконання гвинтових робочих органів залежно від параметрів і режимів їх роботи.

Також наведено результати експериментальних досліджень з визначення величини максимальної деформації нейлонових волокон гвинтового робочого органу з щіткоподібною гвинтовою частиною.

Шляхом аналізу графічної інтерпретації розроблених рівнянь регресії обґрунтовано основні параметри та режими роботи гвинтових конвеєрів.

**У п'ятому розділі «Проектування перспективних конструкцій шнекових механізмів з еластичними змінними поверхнями для транспортування насіннєвих зернових матеріалів»** проаналізовано параметри, які забезпечують технологічність конструкцій та способи виготовлення гвинтових робочих органів з еластичною робочою поверхнею. Наведено напрямки подальшого удосконалення конструкції гвинтових конвеєрів оснащених гвинтовими робочими органами із еластичними поверхнями, які захищені патентами України на корисні моделі. Проведено обґрунтування техніко-економічної ефективності використання гвинтових робочих органів з еластичними робочими поверхнями.

**У загальних висновках** викладено основні розгорнуті результати наукових досліджень і рекомендації для їх застосування.

**Висновки** за результатами виконання дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

**У списку використаних джерел** наведено наукові праці, які відносяться до теми дисертаційної роботи та є наслідком проведеного аналізу сучасних результатів наукових досліджень.

**У додатках** наведено додаткові матеріали, які доповнюють наукові результати досліджень та акти впровадження результатів досліджень у виробничий і навчальний процеси.

Повнота викладення матеріалу дисертації відповідає вимогам до оформлення дисертаційних робіт, зміст анотації ідентичний структурі та змісту дисертації і в достатній мірі відображає основні результати роботи.

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення, структура та зміст відповідає встановленим вимогам МОН України до дисертаційних робіт на здобуття ступеня доктора філософії.

### **3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційну роботу виконано відповідно до тематики наукового напрямку Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя в рамках науково-дослідної держбюджетної теми «Розробка транспортно-технологічних систем з пружними та еластичними гвинтовими робочими органами» (№ д.р. 0120U101916), яка є частиною Постанови КМУ «Про розвиток сільськогосподарського машинобудування і забезпечення агропромислового комплексу конкурентоспроможною технікою».

#### **4. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків.**

Виходячи з актуальності теми, автором була поставлена мета та сформульовані основні завдання наукових досліджень. Позитивне вирішення цих завдань на основі якісно проведених теоретично-експериментальних досліджень дозволило автору дисертації обґрунтувати конструктивно-компонувальну схеми та визначити основні раціональні конструктивно-кінематичні параметри робочих органів удосконалених гвинтових конвеєрів, які оснащені гвинтовими робочими органами із еластичними поверхнями.

Наукові положення, висновки та рекомендації, які наведено в дисертаційній роботі, є достовірними, новими та належним чином кількісно та якісно науково обґрунтованими.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень** базується на основі достатньо проведених і наведених автором результатах коректних теоретичних досліджень з застосуванням сучасних положень теоретичної механіки, аналітичної математики, опору матеріалів, морфологічного аналізу, а також коректно проведених експериментальних досліджень процесу транспортування насіннєвого матеріалу зернових культур запропонованими гвинтовими конвеєрами, оснащених гвинтовими робочими органами із еластичними поверхнями і виробничої перевірки показників якості їх роботи з застосуванням спеціальної експериментальної установки та відповідності їх агротехнічним вимогам.

**Достовірність результатів досліджень** підтверджується поданими у дисертації даними, які отримано з використанням сучасних типових і запропонованих автором дисертації методик математичного моделювання, планування та проведення експериментальних досліджень, впровадженням результатів досліджень у виробництво у Селянському фермерському науково-виробничому господарстві «Коваль» та достатньою апробацією результатів дослідження у періодичних виданнях і оприлюдненням їх на міжнародних наукових конференціях.

#### **5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.**

Основні наукові положення, які отримано автором самостійно за результатами проведеного комплексу досліджень, відображено у семи пунктах висновків.

Основні наукові результати та висновки дисертації доповідалися на міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях та опубліковані у наукових працях у фахових виданнях України. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 22 наукові праці, із них: 5 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у закордонному виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази Scopus, 1 розділ в колективній монографії, 9 патентів України на корисні моделі, 6 тез наукових конференцій.

Наукова новизна отриманих наукових положень і результатів дисертаційної роботи полягає в тому, що на основі визначення та теоретично-експериментального узагальнення вирішення задачі зниженні ступеня пошкодження зернового насіння при транспортуванні гвинтовими конвеєрами розроблено нові змінні гвинтові робочі органи з еластичними поверхнями та обґрунтовано раціональні конструктивні параметри та режими їх роботи.

Для обґрунтування раціональних параметрів робочих органів автором:  
*вперше:*

- розроблено математичну модель, яка описує взаємозв'язок силової взаємодії зернини із елементами сферичних поверхонь шнека залежно від конструктивних параметрів волокон еластичних щіткоподібних гвинтових робочих органів;
- обґрунтовано умову мінімізації пошкодження зернини під час її защемлення між волокнами еластичного щіткоподібного гвинтового робочого органу та внутрішньою поверхнею кожуха;
- *дістали подальший розвиток* математичні моделі деформації волокон еластичних щіткоподібних гвинтових робочих органів з врахуванням дії зовнішніх навантажень, які виникають при транспортуванням зернового матеріалу;
- *уточнено* емпіричні залежності продуктивності транспортування та ступеня пошкодження насіннєвих зернових матеріалів змінних гвинтових робочих органів, поверхні яких виконані еластичними.

## **6. Практичне значення одержаних результатів.**

Запропоновано та експериментально обґрунтовано удосконалені конструкції гвинтових робочих органів з еластичними поверхнями та визначено їх основні параметри та режими роботи.. Розроблено та виготовлено дослідні зразки гвинтових конвеєрів і запропоновано рекомендації для вибору раціональних параметрів і режимів роботи робочих органів гвинтових конвеєрів. Застосування розроблених конструкцій шнекових робочих органів дозволило зменшити пошкодження зернових матеріалів при транспортуванні гвинтовими конвеєрами порівняно із традиційними жорсткими шнеками.

Конструктивна новизна технічного рішення захищена 9 патентами України на корисну модель. Результати досліджень впроваджено в Селянському фермерському науково-виробничому господарстві «Коваль» для удосконалення машин для транспортування насіннєвого матеріалу та використовуються у навчальному процесі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

## **7. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.**

Вимоги академічної доброчесності дотримані – використання чужих наукових результатів без посилань на авторів у дисертаційній роботі не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні.

## **8. Зауваження до дисертації.**

1. Графічна інтерпретація, яка наведена на рис. 2.13 та рис. 2.14 потребує наведення додаткового аналізу графічних залежностей, який би більш повно розкривав сутність впливу коефіцієнта тертя між поверхнею зернини та поверхнею волокна на геометричні параметри волокон, за яких відбувається защемлення зернини.

2. Не в повній мірі наведено параметри та фізичні властивості матеріалів, які переміщуються гвинтовими механізмами та їх вплив на продуктивність процесу транспортування.

3. Бажано було б навести загальні методи обробки експериментального масиву даних та за якими критеріями було проведено апроксимацію експериментальних даних.

4. У роботі не вказано похибки контрольних і вимірювальних приладів, якими визначали значення вхідних і вихідних параметрів при проведенні експериментальних досліджень.

5. У дисертаційній роботі зустрічаються невдалі звороти, стилістичні помилки, деякі відхилення від затвердженої термінології виразів, поодинокі описки тощо.

### **Висновки щодо дисертаційної роботи.**

1. Дисертаційна робота Станька Андрія Ігоровича «Обґрунтування параметрів шнекових механізмів з еластичними змінними поверхнями для транспортування насіннєвих зернових матеріалів», яку подано на здобуття ступеня доктора філософії галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» є завершеною науковою працею, в якій отримано результати самостійних теоретичних і експериментальних досліджень, що дозволяють забезпечити зниження пошкодження насіннєвого матеріалу.

2. Отримані автором результати є новими та науково обґрунтованими та перевірені у виробничих умовах і підтверджені необхідними та затвердженими актами і довідками. Матеріали всіх розділів дисертації логічно пов'язані і разом складають закінчену наукову роботу, яка вирішує поставлені мету та завдання. Зміст, форма подачі матеріалу та стиль викладання відповідають вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії. Анотація дисертації повністю відповідає змісту та результатам дисертаційної роботи.

Відмічені недоліки до дисертаційної роботи не знижують її наукового та практичного рівня і не впливають на позитивну оцінку дисертації загалом.

3. Виконані наукові дослідження за ступенем актуальності обраної теми, обґрунтованості наукових положень, їх новизни, повноти викладення результатів дослідження в наукових публікаціях, достатнього рівня апробації результатів дослідження на наукових міжнародних конференціях, відсутності порушень академічної доброчесності, науковим рівнем та практичним значенням відповідають вимогам МОН України, а її автор Станько Андрій Ігорович заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Галузеве машинобудування».

Рецензент:

доцент кафедри інжинірингу  
машинобудівних технологій  
Тернопільського національного  
технічного університету імені Івана Пулюя,  
кандидат технічних наук, доцент

В.Р. Паньків

Підпис Паньків В.Р. засвідчую:  
Проректор з наукової роботи  
Тернопільського національного  
технічного університету імені Івана Пулюя,  
доктор технічних наук, професор

П.О. Марущак