

Голові разової спеціалізованої
вченої ради ДФ 58.052.017
Тернопільського національного
технічного університету ім. І. Пулюя
доктору технічних наук, професору
Стаднику Ігорю Ярославовичу

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри агроінженерії Національного університету водного господарства та природокористування **Налобіної Олени Олександрівної** на дисертаційну роботу **Станька Андрія Ігоровича** «**Обґрунтування параметрів шнекових механізмів з еластичними змінними поверхнями для транспортування насіннєвих зернових матеріалів**», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування

1. Актуальність теми дисертаційної роботи та зв'язок з науковими планами і програмами.

Подані до захисту результати дисертаційного дослідження спрямовані на вирішення проблеми пошкодження насіннєвих зернових матеріалів при їх транспортуванні шнековими механізмами шляхом створення і використання ефективних конструкцій гвинтових конвеєрів з гвинтовими робочими органами із еластичними поверхнями, що забезпечують зменшення ступеня пошкодження насіннєвих зернових матеріалів.

Значна кількість механізмів та машин різних галузей економіки оснащена гвинтовими елементами, які здійснюють перевантажувальні і технологічні операції, і загалом з їх допомогою виконують до половини усіх перевантажувальних операцій. Відтак гвинтові механізми займають чільне місце серед піднімально-транспортних машин та широко використовуються у якості робочих органів інших типів машин. Необхідно відзначити значні переваги гвинтових конвеєрів, до яких відносять низькі енерговитрати і забезпечення безперервності виконання процесу при переміщенні вантажів, можливість виконання технологічних операцій разом із транспортуванням, забезпечення герметичності та уникнення розпилення вантажів при переміщенні, простоту конструкції, надійність в експлуатації, можливістю агрегування з іншим обладнанням, конвеєрами тощо. Проте недоліком цих засобів при транспортуванні насіннєвих зернових матеріалів є макро- та мікропошкодження зернин, що зумовлено значним механічним впливом на них елементів конструкції шнека. Це призводить до зниження якості насіннєвих зернових матеріалів, а при їх використанні до втрати врожайності зернових

культур. Тому актуальною науково-прикладною задачею є розроблення та практична реалізація нових конструкцій гвинтових робочих органів з еластичними змінними поверхнями для транспортування насінневих зернових матеріалів.

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» (№ державної реєстрації 0120U101916), яка реалізується в рамках Постанови Кабінету Міністрів України «Про розвиток сільськогосподарського машинобудування і забезпечення агропромислового комплексу конкурентоспроможною технікою».

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Наукові положення, висновки і рекомендації, які викладені в науковому дисертаційному дослідженні, є достатніми та належним чином обґрунтованими. Для їх уточнення автором проведено необхідні теоретичні та експериментальні дослідження, розроблено відповідні методики, опубліковано отримані результати та одержано патенти на винаходи. Поставлена проблема і знайдено шляхи її вирішення.

Теоретичні дослідження проводились з використанням основних положень вищої математики, теоретичної механіки, теорії машин і механізмів, основ конструювання деталей машин, а також сучасних методів математичного моделювання. Експериментальні дослідження здійснено за допомогою методів математичного планування експерименту з використанням комп'ютерної техніки і прикладного програмного забезпечення та стандартних методик із застосуванням спеціально спроектованого та виготовленого технологічного устаткування. Достовірність отриманих у дисертації результатів підтверджується вмільм використанням математичного апарату, обґрунтованістю прийнятих припущень, кореляцію теоретичних і експериментальних досліджень, і впровадженням одержаних результатів в інженерну практику проектування гвинтових робочих органів з еластичними змінними поверхнями. Автором одержано 9 патенти на корисні моделі і опубліковано отримані результати у вітчизняних фахових та закордонних виданнях.

Висновки по дисертаційній роботі є достовірними і підтверджуються результатами досліджень. Дані наведені в пунктах 1 – 4 підтверджені результатами теоретичних досліджень та комп'ютерного моделювання, а дані наведені в пунктах 1, 5 – 7 підтверджуються результатами експериментальних досліджень, проведених з використанням експериментального устаткування, конструктивні елементи якого захищені патентами України та актом промислового випробування.

3. Достовірність і наукова новизна результатів досліджень.

Достовірність результатів досліджень було забезпечено використанням основних положень вищої математики, методів математичного моделювання, чисельних методів розв'язку диференціальних рівнянь, теоретичної механіки, теорії машин і механізмів, основ конструювання деталей машин.

Експериментальні дослідження здійснено за допомогою методів математичного планування експерименту з використанням комп'ютерної техніки і прикладного програмного забезпечення та стандартних методик із застосуванням спеціально спроектованого та виготовленого технологічного устаткування.

До основних нових наукових результатів дисертаційної роботи доцільно віднести наступне:

- одержало подальший розвиток дослідження деформації волокон еластичних щіткоподібних гвинтових робочих органів при транспортуванні зернового матеріалу з розв'язком диференціального рівняння для середньої лінії деформації декількох волокон та виведенням емпіричного рівняння регресії величини максимальної деформації волокон, і встановлено взаємозв'язок конструктивних параметрів волокон еластичних щіткоподібних гвинтових робочих органів із силовими навантаженнями на зернини із елементами сферичних поверхонь;

- вперше на основі виведених аналітичних залежностей визначено умову защемлення зернини при її взаємодії з волокнами еластичного щіткоподібного гвинтового робочого органу та внутрішньою поверхнею кожуха;

- вперше встановлено емпіричні закономірності, які визначають вплив конструктивних параметрів та режимів роботи гвинтових конвеєрів із змінними гвинтовими робочими органами з еластичними поверхнями на їх продуктивність та ступінь пошкодження насінневих зернових матеріалів в процесі транспортування.

4. Значимість отриманих результатів для практичного використання.

Проведено структурний синтез конструктивних ознак гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями методом морфологічного аналізу з ієрархічним групуванням, на базі якого отримано нові конструкції гвинтових робочих органів, зокрема з щіткоподібною гвинтовою частиною, з периферійною еластичною щіткоподібною частиною, із суцільною камероподібною частиною. Конструктивна новизна розроблених технічних рішень захищена дев'ятьма патентами України на корисні моделі.

На основі розроблених технічних рішень було виготовлено і експериментально досліджено удосконалені конструкції гвинтових конвеєрів із гвинтовими робочими органами з щіткоподібною гвинтовою частиною, з периферійною еластичною щіткоподібною частиною, із суцільною камероподібною частиною, і визначено їх основні конструктивно-кінематичні параметри.

Порівняльна оцінка розроблених та базового шнекових механізмів підтвердила зменшення ступеня пошкодження насінневих зернових матеріалів при їх транспортуванні шнеками з еластичними поверхнями.

Результати досліджень упроваджено у Селянському фермерському науково-виробничому господарстві «Коваль» із отриманням значного економічного ефекту.

5. Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені у 22 наукових працях, із них: 5 статей у фахових виданнях України, 1 стаття – у закордонному виданні, що індексується у наукометричній базі Scopus, 1 розділ у колективній монографії, 9 патентів України на корисні моделі та 6 тез наукових конференцій.

Результати дисертаційного дослідження пройшли апробацію на численних міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях.

Загалом рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

6. Оцінка змісту роботи в цілому.

Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 4 додатків. Загальний обсяг дисертації 207 сторінок, в тому числі 166 сторінок основного тексту, 77 рисунків і 13 таблиць.

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та завдання досліджень, представлено наукову новизну та практичне значення роботи, подано її загальну характеристику і наведено дані щодо її апробації та публікацій.

Перший розділ «Стан питання та завдання дослідження» присвячений аналізу особливостей сучасних конструкцій робочих органів гвинтових конвеєрів з еластичними поверхнями. У ньому виконано літературно-патентний пошук шнекових механізмів для транспортування сипких матеріалів і проведено аналіз наукових досліджень з досліджуваного напрямку. У цьому розділі наведено і проаналізовано основні типи конструкцій гвинтових конвеєрів і їх робочих органів, які використовуються для виконання різноманітних операцій у різних галузях економіки. Також представлено і виконано аналіз конструкцій шнекових механізмів з еластичними поверхнями. Встановлено основні напрямки зменшення пошкоджень зернового матеріалу при транспортуванні шнеками і визначено завдання досліджень.

У **другому розділі** «Теоретичні передумови дослідження процесу транспортування зернових матеріалів еластичними щіткоподібними гвинтовими робочими органами» проведено структурний синтез конструкцій гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями методом синтезу ієрархічних груп із використанням морфологічного аналізу. Виконано теоретичне дослідження деформації волокон еластичних щіткоподібних гвинтових робочих органів при транспортуванні зернового матеріалу з виведенням та розв'язком диференціального рівняння для середньої лінії деформації волокон. Обґрунтовано параметри взаємодії волокон еластичного щіткоподібного гвинтового робочого органу із зерновим матеріалом і визначено умову

защемлення зернини між волокнами еластичного щіткоподібного шнека з внутрішньою поверхнею кожуха.

Третій розділ «Програма і методика експериментальних досліджень шнекових механізмів з еластичними змінними поверхнями для транспортування насінневих зернових матеріалів» містить розроблену програму і методику експериментальних досліджень. У ньому описано конструкції розроблених та виготовлених елементів дослідного зразка гвинтового конвеєра із різними діаметрами кожухів та трьома змінними гвинтовими робочими органами з еластичними поверхнями: суцільною камероподібною частиною, з периферійною еластичною щіткоподібною частиною, з щіткоподібною гвинтовою частиною. У розділі зазначено параметри шнекових механізмів з еластичними змінними поверхнями для проведення експериментальних досліджень. Представлено запропоновану методику проведення повнофакторних експериментів із визначенням величини продуктивності транспортування, ступеня пошкодження насінневого зернового матеріалу та величини максимальної деформації нейлонових волокон гвинтового робочого органу з щіткоподібною гвинтовою частиною.

Четвертий розділ «Результати експериментальних досліджень» включає опрацьовані результати проведених повнофакторних експериментальних досліджень, які представлені рівняннями регресії та їх графічними відображеннями у вигляді квадратичних поверхонь відгуку та їх двомірного перерізу. У розділі представлено результати експериментальних досліджень продуктивності транспортування та ступеня пошкодження насінневих зернових матеріалів гвинтовими конвеєрами із трьома типами гвинтових робочих органів з еластичними поверхнями: суцільною камероподібною частиною, з периферійною еластичною щіткоподібною частиною, з щіткоподібною гвинтовою частиною. Також у цьому розділі подано результати експериментальних досліджень з виведенням рівняння регресії величини максимальної деформації нейлонових волокон гвинтового робочого органу з щіткоподібною гвинтовою частиною.

У п'ятому розділі «Проектування перспективних конструкцій шнекових механізмів з еластичними змінними поверхнями для транспортування насінневих зернових матеріалів» представлено технологічні особливості способів виготовлення гвинтових робочих органів з еластичними робочими поверхнями і розроблену послідовність технологічних операцій при їх виконанні. Також він включає авторські перспективні розробки шнекових механізмів з еластичними змінними поверхнями для зменшення ступеня пошкодження зернового матеріалу при його транспортуванні. У цьому розділі проведено обґрунтування техніко-економічної ефективності використання гвинтових робочих органів з еластичними поверхнями з врахуванням зниження ступеня пошкодження насінневих зернових матеріалів при їх транспортуванні.

Результати виконаного дослідження викладені у висновках до кожного розділу та у загальних висновках до дисертаційного дослідження. Висновки є достовірними і мають наукову та практичну спрямованість.

Список використаних джерел охоплює вітчизняні та закордонні публікації із 217 найменувань.

Зміст розширеної анотації у повній мірі висвітлює основні положення і результати дисертаційної роботи.

7. Основні зауваження по роботі:

1. У п. 1.3 при аналізі відомих робіт стосовно розрахунків гвинтових конвеєрів з еластичними гвинтовими робочими органами було б доцільно більше уваги приділити невирішеним в них завданням та вказати на їх актуальність, а також відобразити обмеженість моделей, які використані дослідниками.

2. У п. 2.1 «Синтез гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями» було потрібно детальніше описати вибір кращих генерованих альтернатив гвинтових робочих органів.

3. Найбільш розповсюдженими є такі форми насіння сільськогосподарських культур: куляста, овальна, сочевицеподібна, довгаста, три- і багатогранна. При розробленні математичних моделей (п. 2.3) крім кулястої також було б варто розглянути й інші форми зернин.

4. Бажано було б вказати усі числові параметри при розв'язку диференціального рівняння (2.17) числовим методом.

5. В рівнянні (2.33) було б доцільно встановити систему обмежень для вирішення прикладних завдань, а саме обмеження за розмірами зернин, волокон, відстані між волокнами гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями, кута нахилу гвинтового конвеєра, коефіцієнтів тертя.

6. Окремі поверхні відгуків рисунків 4.4, 4.8, 4.12, 4.16 було б доцільно винести у додатки.

7. Варто уточнити, про яку розбіжність величин деформації нейлонових волокон еластичного щіткоподібного шнека, одержаних в результаті порівняння експериментальних та теоретичних даних, йдеться (висновок 10 до розділу 4). Автор вказав до 17%. Однак не зрозуміло, чи це відноситься до максимальних відхилень, чи до коефіцієнта варіації або ж іншого статистичного показника.

8. У висновках було б бажано відмітити побудовані у роботі математичні моделі, що досліджувались, та вказати їх значимість для подальшого розвитку розрахунків гвинтових конвеєрів з еластичними поверхнями.

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

8. Висновки про відповідність дисертації встановленим вимогам.

Дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить наукову новизну, теоретичне і практичне значення, і за своїм змістом у повній мірі відповідає паспорту спеціальності 133 - Галузеве машинобудування. У роботі розв'язано актуальне науково-прикладне завдання, суть якого полягає у зниженні ступеня пошкодження насінневих зернових матеріалів при транспортуванні гвинтовими конвеєрами.

Виконані наукові дослідження за ступенем актуальності теми, обґрунтованості та новизни наукових положень, повноти викладення результатів дослідження в наукових публікаціях, достатнього рівня апробації результатів дослідження на конференціях, відсутності порушень академічної

доброчесності, науковим рівнем та практичним значенням відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України, зокрема вимогам наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 41, а її автор, Станько Андрій Ігорович, заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри агроінженерії
Національного університету водного
господарства та природокористування,
доктор технічних наук, професор

О.О. Налобіна