

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри інженерного та комп'ютерного забезпечення агропромислового комплексу Луцького національного технічного університету, **Дідуха Володимира Федоровича** на дисертаційну роботу **Залуцького Сергія Зіновійовича** «Обґрунтування параметрів шнеків з робочою еластичною поверхнею для транспортування сільськогосподарських матеріалів», що представлена до спеціалізованої вченої ради К 58.052.03 у 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

Результати дисертаційних досліджень подані до захисту, спрямовані на вирішення проблеми з пошуку шляхів створення ефективних гвинтових конвеєрів для транспортування чутливих до руйнування сільськогосподарських матеріалів.

Нарощування об'ємів сільськогосподарської продукції залежить від якісного посівного матеріалу та пов'язане з транспортуючими технологічними операціями. Тому створення технічних засобів з «м'якими» режимами роботи при переміщенні сипких сільськогосподарських матеріалів можна віднести до актуальних науково – практичних задач забезпечення галузі новими енерго - та ресурсозберігаючими технологіями з врахуванням комплексного підходу до розробки та виготовлення робочих органів для гвинтових конвеєрів.

Гвинтові конвеєри набули широкого застосування при транспортуванні матеріалів у різних виробничих процесах. Особливе поширення вони мають при переміщенні сипких матеріалів. Ефективність роботи шнеків у замкнутих кожухах залежить від зазору між поверхнею обертання шнека та внутрішньою поверхнею направляючої труби. У випадках збільшення такого зазору можливе заклинювання окремих частинок сипкого матеріалу, що впливає на продуктивність гвинтового конвеєра та затрат енергії на транспортування матеріалу.

Виникнення ефекту заклинювання при переміщенні насінневих сільськогосподарських матеріалів призводить до травмування насіння, втрати схожості та енергії проростання. Зниження напружень між частинками сипкого матеріалу та робочою поверхнею шнека можливе коли її надати пружних властивостей.

Відтак розроблення та обґрунтування конструктивних, кінематичних і технологічних параметрів шнекових робочих органів із секційною еластичною поверхнею, які забезпечують мінімізацію пошкодження сипких матеріалів є актуальною науково-прикладною задачею.

Актуальність теми даної дисертації підтверджується також і тим, що дослідження, які визначають основу дисертаційної роботи, відповідають науковому напрямку досліджень Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та виконані в рамках держбюджетних робіт

“Синтез гвинтових транспортно-технологічних механізмів з розширеними технологічними можливостями на основі САПР «Гвинтові конвеєри»” (№ державної реєстрації 0115U002450); “Моделювання, синтез і розроблення енергоефективних транспортуючих та перевантажувальних систем для технологічної обробки насипних вантажів” (№ державної реєстрації 0117U002240); “Розробка та комплексне дослідження синтезованих транспортно-технологічних механізмів автоматизованих виробничих систем” (№ державної реєстрації 0117U003998).

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність та новизна, повнота їх викладу в опублікованих працях

Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені в дисертаційній роботі, є достовірними та належним чином обґрунтованими. Для цього автором проведені необхідні теоретичні та експериментальні дослідження з використанням розроблених і відомих методик, використані літературні джерела та патентна інформація.

Дисертаційне дослідження побудовано за логічною схемою: аналіз стану проблеми, формулювання мети і завдань досліджень, теоретичне обґрунтування параметрів взаємодії шнека з еластичними секціями із зерновим матеріалом, загальні методи та методики досліджень на розробленому стендовому обладнанні з можливістю зміни конструктивних і кінематичних параметрів, узагальнення та аналіз експериментальних досліджень процесу транспортування сипких матеріалів, узагальнення результатів дослідження за темою дисертаційних досліджень. Енергетичне та економічне обґрунтування базується на перевірці технологічного процесу транспортування сипких матеріалів гвинтовим конвеєром, встановленим на зернозбиральний комбайн. Висновки та рекомендації для науки і виробництва є підсумком проведеної роботи. Кожен етап досліджень ґрунтується на об'єктивних даних та закономірностях, які достатньо повно висвітлені в роботі.

Головне наукове положення дисертації полягає у тому, що вихід переробної галузі з кризи залежить від застосування сучасних інноваційних технологій та створення нових технічних засобів на кожному з етапів виробництва продукції з врахуванням особливостей сільськогосподарської культури, збереження її якісних та кількісних параметрів. Дане наукове положення обґрунтоване на основі логічного змісту та повноти теоретичних і експериментальних досліджень процесу транспортування сільськогосподарських матеріалів підвищеної чутливості до руйнування у розробленому засобі, який передбачає встановлення на основу шнека еластичні секції. Таке виконання дозволяє знизити динамічні навантаження на окремі частинки матеріалу при можливому заклинюванні між кожухом шнека та ребром гвинтової ліній.

Висновки дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими, вони підтверджені необхідною кількістю експериментальних досліджень, які проведені як в лабораторних, так і у виробничих умовах.

Перший пункт загальних висновків вказує на доцільність підвищення функціональних і експлуатаційних показників гвинтового конвеєра шляхом встановлення на основу шнека еластичних секцій.

Другий пункт сформований на основі результатів проведених теоретичних досліджень. На основі виведених аналітичних залежностей обґрунтовано раціональні параметри взаємодії еластичних секцій шнека з зерновим матеріалом форми півсфера-конус.

Третій пункт вказує на умови заклинювання під час транспортування зернового матеріалу еліпсоподібної форми. При цьому максимальне зусилля тиску на зернину буде при максимальній деформації еластичної секції.

У четвертому пункті вказано, що за результатами теоретичного аналізу руху потоку зернового матеріалу збільшення коефіцієнтів тертя по поверхнях шнека μ_1 та кожуха μ_2 дає позитивний результат при транспортуванні сипкого матеріалу гвинтовим конвеєром з еластичними секціями, розміщеними на основі шнека.

У п'ятому пункті стверджується, що розроблені конструкція гвинтових робочих органів з секційною еластичною поверхнею, стендове обладнання та експериментальна установка з використанням перетворювача частоти Altivar 71 та програмне забезпечення Power Suite v.2.5.0 дозволили здійснити комплекс експериментальних досліджень для підтвердження теоретичних досліджень.

Шостий пункт сформульований на підставі експериментальних досліджень. Автором встановлено, що деформації еластичної секції Δ_n з шириною B_n , та величиною консольного виступу h_n при певному навантаженні мають переважно лінійний характер.

Наведено результати досліджень, які вказують на зменшення травмування зернового матеріалу запропонованим шнеком у порівнянні з жорстким.

У сьомому пункті, на основі результатів планованого багатofакторного експерименту встановлено, що домінуючим фактором, який впливає на величину потужності на привод гвинтового конвеєра, є частота обертання робочого органу n . Далі за інтенсивністю впливу є величина кута нахилу шнека до горизонту α . Найменший вплив на зміну величини потужності P на привод конвеєра має величина зазору Δ між еластичними шнеком і кожухом.

На основі результатів досліджень, **у восьмому пункті** вказано на запропоновані параметри гвинтового конвеєра з шнеками з еластичними поверхнями та порівняння з жорсткими при встановленій секундній продуктивності.

У десятому пункті обґрунтована доцільність використання розробленої технології виготовлення основи еластичного шнека, вказано на необхідність подальших досліджень та приведено економічну ефективність виконаних розробок.

За мінімальними підрахунками, економічний ефект становитиме близько 25 тис. грн. при роботі одного зернового комбайну типу "Claas", на площі понад 100 га при врожайності зерна пшениці близько 100 ц/га.

Усі пункти висновків логічно випливають із результатів досліджень, проведених автором у дисертаційній роботі.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Результати досліджень, що складають дисертаційну роботу, достатньо повно викладено у 25 наукових працях: 8 у фахових наукових виданнях, одна з яких входить до наукометричної бази *Scopus*, 5 деклараційних патентах України на корисні моделі та 12 матеріалах конференцій.

Наведені публікації відображають основний зміст дисертації.

Відповідність автореферату основним положенням дисертації

Автореферат дисертації відображає основний зміст роботи, її наукові положення та результати. Висновки автореферату та дисертації повністю ідентичні.

3. Важливість для науки й народного господарства отриманих автором результатів, а також рекомендації щодо їхнього використання

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що у роботі:

- вперше обґрунтовано взаємодію тіл півсфера-конус і еліпсоподібної форми з еластичною секцією шнека у замкненому просторі кожуха гвинтового конвеєра з врахуванням зусилля деформацій секції та напружень у зоні контакту тіла з внутрішньою поверхнею кожуха;

- для інтенсифікації процесу транспортування сипких матеріалів шнеком з еластичними секціями запропонована динамічна модель переміщення потоку між сусідніми секціями;

- за допомогою теоретичних методів удосконалені математичні моделі, які дозволяють встановити вплив конструктивних, кінематичних і технологічних параметрів розробленого шнека з секційною еластичною поверхнею на функціональні та експлуатаційні показники процесу роботи гвинтового конвеєра, а також ступінь пошкодження зернового матеріалу.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами досліджень запропоновано науково - обґрунтовану конструкцію шнекового робочого органу з секційною еластичною поверхнею.

Розроблено технологічне обладнання для виготовлення основи шнека. Технічна новизна виконаних розробок захищена п'ятьма деклараційними патентами України на корисні моделі. Окремі наукові та практичні результати, методики й рекомендації впроваджено на ТозВ "Універст ЛТД" (м. Тернопіль) та ТОВ АП "Колос-2" (м. Теремовля, Тернопільської обл.).

Окремі результати впроваджено в навчальний процес підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за спеціальністю 274 "Автомобільний транспорт" для викладання дисциплін «Основи наукових досліджень» у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя.

4. Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому

Дисертація складається зі вступу, загальної характеристики роботи, п'яти розділів основної частини, висновків, літературних джерел і додатків. Загальний

обсяг дисертації викладено на 197 сторінках машинописного тексту та 9 додатках, основний текст на 156 сторінках. Список використаних літературних джерел містить 141 найменування, з них 20 іноземною мовою.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання досліджень, встановлено об'єкт і предмет досліджень, відображено основні методи досліджень. Положення наукової новизни та практичної значущості отриманих результатів сформульовані чітко, відповідають суті роботи.

У першому розділі проведено огляд літератури за темою, сформульовано напрямки наукових досліджень. Проведено аналіз світового та вітчизняного досвіду переміщення сипких матеріалів гвинтовими конвеєрами. З'ясовано, що серед великої різноманітності таких матеріалів, недостатню увагу приділено сільськогосподарським з високою чутливістю до руйнування. Показано, що сучасні технічні засоби транспортування сипких матеріалів є енергозатратними.

На основі аналізу наукових праць доведено, що розрахунок і вибір параметрів даних робочих органів необхідно здійснювати на основі реалізації моделей безпосередньої взаємодії робочих поверхонь із сипким матеріалом, враховуючи при цьому його реологічні властивості. Також існуючі конструкції робочих органів конвеєрів не повною мірою задовольняють функціональні вимоги щодо пошкодження зернових матеріалів при забезпеченні мінімальних енерговитрат на їх транспортування.

В даному розділі доцільно було б представити структуру транспортування насінневих сільськогосподарських матеріалів, руйнування яких призводить до незворотних втрат врожаю. З іншої сторони, варто було б також зробити більш глибокий аналіз сипких матеріалів з рахуванням геометричних параметрів частинок для застосування у розробці математичних моделей.

У другому розділі сформовано теоретичні підходи до визначення конструктивно-технологічних параметрів гвинтового конвеєра з робочим органом у вигляді еластичних секцій шнека.

Розглянуто умови защемлення частинок у вигляді півсфера-конус і еліпсоподібної форми та вплив накладних еластичних секцій на рух потоку сипкого матеріалу зі зміною коефіцієнта заповнення міжвиткового простору на зміну технологічних параметрів гвинтового конвеєра.

На даному етапі досліджень не має потреби наголошувати на культурі (півсфера-конус – кукурудза; насіння соняшнику теж подібне за геометрією). Крім того, варто було б розглянути у якості модельної частинки ще кулю, як насінневого сільськогосподарського матеріалу (наприклад, соя).

У третьому розділі дисертантом запропоновано програму експериментальних досліджень, варіанти шнекових робочих органів з еластичною секційною поверхнею та методики проведення досліджень для підтвердження теоретичних результатів з визначення конструктивно технологічних параметрів запропонованого гвинтового конвеєра.

Для проведення експериментів запропоновано дослідну установку, обладнану сучасними вимірювальними приладами.

Не зовсім зрозуміло, чому експериментальній установці передбачено зміну кута нахилу вісі обертання шнека до горизонту? Адже, приведенні автором теоретичні дослідження цей кут не враховують.

У четвертому розділі дисертантом наведено результати експериментальних досліджень з визначення раціональних параметрів запропонованого гвинтового конвеєра з врахуванням підвищення якості транспортування зернового матеріалу через зменшення його травмування.

Досліджена секундна продуктивність Q при транспортуванні зернового матеріалу на експериментальній установці з внутрішніми діаметрами направляючих кожухів: $D = 120$ і 100 мм та енерговитрати на привод гвинтового конвеєра з секційною еластичною робочою поверхнею.

Не зрозуміло, чому автор не розглядав зміну довжини шнека, як фактор можливого повторного заклинювання та збільшення кількості травмованого матеріалу.

У п'ятому розділі дисертантом представлено узагальнення результатів досліджень. Пропозиції виробництву у випадку застосування запропонованого гвинтового конвеєра вказують на перспективність зниження травмування сільськогосподарських матеріалів за встановленої продуктивності та зниженні енерговитрат.

Наведено технологію виготовлення секційного еластичного шнека, напрямки подальших досліджень та економічну ефективність виконаних розробок.

На нашу думку пропозиції виробництву варто було б конкретизувати у плані розширення напрямків використання еластичних поверхонь при виготовленні шнеків для гвинтових конвеєрів.

Текст дисертаційної роботи викладений чітко та в логічній послідовності. Матеріал дисертації достатньо проілюстрований схемами, рисунками, графіками і таблицями. Загальні висновки та рекомендації у дисертації впливають з проведених здобувачем досліджень та відображають основні результати роботи.

Мова і стиль викладення змісту, оформлення дисертації та автореферату відповідають вимогам, які ставляться до кваліфікаційних наукових праць.

5. Основні зауваження до дисертаційної роботи

До дисертаційної роботи та її автореферату треба віднести наступні зауваження:

1. В першому розділі (п.1.1) доцільно було б охарактеризувати лише ті сипкі матеріали, для яких травмування є втратою якісних властивостей (наприклад насіння сільськогосподарських культур).

2. Перший розділ є дещо переобтяжений інформацією (п.1.2), яка є не визначальною для подальших досліджень (наприклад рис.1.14 відноситься до транспортування злежаного матеріалу; рис.1.15 - шайбові конвеєри).

3. На основі аналізу попередніх досліджень, автором визначено, що визначальними експлуатаційними параметрами гвинтових конвеєрів є продуктивність та потужність на привод, які пов'язані з коефіцієнтом заповнення. У випадку дослідження травмування насіння варто було б дослідити і технологічну довжину шнека.

4. В аналізі літературних посилань відсутні машини з гвинтовими робочими органами, яким необхідно надавати перевагу при транспортуванні сільськогосподарських насінневих матеріалів.

5. У теоретичних дослідженнях при виборі геометрії частинок матеріалу півсфера (кукурудза), еліпсоїд (зерновий матеріал) відсутня куляста частинка, яких у сільськогосподарському виробництві значний відсоток (соє).

6. На рис.2.4 (п.2.2) кут α означений як кут, який визначається нормаллю до поверхні еластичної секції з зерниною. Чи можна його вважати кутом заклинювання α_z ? На рис.2.7 кут заклинювання α_z названо кутом тиску.

7. Таблиця 2.1 не сприймається за значеннями. Що це за графіки 1 і 2, які відрізняються лише одним значенням і то в 0,001? Варто було б ретельніше підійти до роз'яснення «зусилля P , що діє на секцію, формула 2.29» та після її перетворення у «реальну сила тиску P на окрему зернину» (формула 2.31).

8. У п.2.3 розглядається рух частинки у потоці матеріалу, що контактує з кожухом і поверхнею шнека. Не зрозуміло, чому μ_1 і μ_2 у табл.2.3 рівні за значеннями, якщо кожух і поверхня шнека виконані з різних матеріалів?

9. Теоретичні дослідження виконані для горизонтальної вісі шнека. Експериментальна установка (рис.3.6) передбачає зміну кута з відповідними результатами досліджень. Як узгоджуються результати досліджень (табл.3.1).

10. Стенд на рис.5.7 заслуговує на увагу. Проте його застосування доцільне у випадку дослідження подрібнення зернових матеріалів. При цьому явище фіксації частинки є ускладнення процесу і теоретично застосувати не можливо.

Відмічені недоліки не знижують наукової та практичної цінності дисертації і не впливають на позитивну оцінку роботи в цілому. За обсягом і змістом дисертація відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт.

Загальний висновок

В цілому дисертація Залуцького Сергія Зіновійовича «Обґрунтування параметрів шнеків з робочою еластичною поверхнею для транспортування сільськогосподарських матеріалів» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, в якій наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення науково-прикладної задачі, що виявляється у підвищенні експлуатаційних показників гвинтових конвеєрів шляхом розроблення конструкцій та вибору раціональних параметрів шнекових робочих органів із секційною еластичною поверхнею.

Вказані недоліки не зменшують наукової та практичної цінності представленої дисертації. Основні результати дисертації в достатній мірі опубліковано у фахових наукових виданнях України. Дисертація

характеризується єдністю змісту та сучасною методологією проведених досліджень.

Дисертаційна робота виконана на належному науковому рівні та відповідає вимогам п. 9, 10, 12, 13 «Положення присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 576, які пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.05 – піднімально-транспортні машини, а її автор Залуцький Сергій Зіновійович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерного та комп'ютерного забезпечення агропромислового комплексу Луцького національного технічного університету

В.Ф. Дідух



ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ:
Учений секретар
ЛУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
доц. А.Земко