РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Марунича Олександра Петровича**
«Обґрунтування параметрів багатофункціонального гвинтового конвеєра для транспортування та змішування сипких матеріалів»,
подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 13 «Механічна інженерія»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

1. Актуальність теми роботи.

Підвищення ефективності процесу транспортування сипких матеріалів можна досягти шляхом створення нових та вдосконалення існуючих гвинтових багатофункціональних транспортних машин (ГБТМ) з розширеними технологічними можливостями. Використання таких ГБТМ дозволяє підвищити точність подачі сипкого матеріалу та забезпечити широкі межі продуктивності транспортування.

Виявлено, що деякі ГБТМ не в повній мірі відповідають сучасним вимогам у зв'язку з розширенням номенклатури технологічних процесів, а також новими результатами теоретичних і експериментальних досліджень. Технічні характеристики та функціональні можливості цих ГБТМ потребують додаткової оптимізації для забезпечення більш ефективного використання у сучасних умовах.

Актуальність дослідженої теми та отриманих результатів виявляється у розширенні технологічних можливостей багатофункціональних гвинтових конвеєрів за рахунок інтеграції операцій транспортування та змішування сипких матеріалів, підвищення продуктивності гвинтових конвеєрів, зниження енерговитрат під час експлуатації та покращення якості змішування матеріалів у порівнянні з відомими гвинтовими конвеєрами.

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

Дисертація складається із вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних джерел і п’яти додатків. Загальний обсяг роботи складає 251 сторінку друкованого тексту: 163 сторінки основного тексту, 87 рисунків, 12 таблиць, списку використаних джерел із 211 найменувань та 29 сторінок додатків.

У вступі обґрунтовано наявність наукових та практичних викликів у відповідній галузі знань. Метою дослідження є визначення конкретних цілей та завдань, спрямованих на вирішення визначених проблем. Наукова новизна роботи визначена у внеску нових знань або підходів, що розширюють наявний науковий обсяг. Практичне значення визначено у здатності отриманих результатів вирішувати конкретні завдання або покращувати існуючі методи та технології. Таким чином, дисертація виправдовує свою актуальність, має чітку мету та завдання, внесок у науку та практику, а також пройшла етап апробації та підтвердження внеску здобувача.

У першому розділі проведено аналіз результатів досліджень гвинтових механізмів машин, де вивчено особливості конструкцій гвинтових конвеєрів та їх застосування, приділено увагу внеску науковців у вивчення гвинтових

конвеєрів, гвинтових робочих органів, бункерів та особливостей переміщення сипких матеріалів. Детально проаналізовано особливості проектування гвинтових конвеєрів із змінною геометрією гвинтового робочого органу, спрямованого на поліпшення захоплення сипкого матеріалу з бункера в напрямку його переміщення.

Також встановлено напрямки розвитку конструкцій обладнання в даній галузі, зокрема обгрунтовано шляхи створення нових конструкцій шнеків та застосування передових технологій у виробництві, які сприяють розширенню технологічних можливостей гвинтових транспортних машин. Цей підхід спрямований на підвищення ефективності та удосконалення функціональних характеристик гвинтових конвеєрів, що важливо для вдосконалення сучасних систем транспортування матеріалів.

У другому розділі шляхом застосування морфологічного аналізу проведено синтез гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями, які здатні виконувати операції змішування сипкого матеріалу в процесі його транспортування. В рамках дослідження проведено аналіз процесу транспортування сипкого вантажу нахиленими гвинтовими конвеєрами, виведено рівняння руху вантажу у гвинтовому конвеєрі, визначено середню осьову швидкість та прискорення переміщення вантажу у гвинтовому змішувачі. Проведено дослідження кінематики сипкого матеріалу у конусоподібному гвинтовому конвеєрі, виведено диференціальне рівняння згинних коливань робочого органу багатофункціонального транспортера. Дане рівняння описує переміщення суцільного потоку оброблювального середовища вздовж робочого органу під час головного резонансу. Встановлені співвідношення, які описують закони зміни основних параметрів робочого органу в процесі головного резонансу. Проведено дослідження крутильних коливань гвинтового робочого органу багатофункціонального конвеєра з урахуванням динаміки суцільного потоку оброблювального середовища. Ці дослідження сприяють розвитку нових конструкцій та технологій в галузі гвинтових транспортних машин.

У третьому розділі представлена програма та методика проведення експериментальних досліджень транспортування та змішування сипких матеріалів багатофункціональним гвинтовим конвеєром, що включає в себе визначення параметрів двох зразків гвинтових робочих органів. Для здійснення експериментальних досліджень продуктивності та змішування використовується спеціальний стенд з комбінованим гвинтовим робочим органом конічного типу та гофрованим гвинтовим робочим органом. Методика експериментів передбачає проведення повнофакторних досліджень для визначення різних параметрів, таких як потужність приводу обертання конусного шнека із змінним кроком витків, продуктивність гвинтового конвеєра з вказаними робочими органами та коефіцієнт неоднорідності змішування сипких матеріалів. Отримані результати експериментів дозволять визначити оптимальні параметри для покращення роботи багатофункціональних гвинтових конвеєрів.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень лабораторного стенда багатофункціонального гвинтового конвеєра. Даний конвеєр оснащений змінними конусними кожухами та конусними шнеками із змінним кроком витків і призначений для переміщення та змішування матеріалів. Також використовуються спеціальні конусні гофровані шнеки із змінним кроком витків для змішування матеріалів під час транспортування. В ході експериментів визначалися закономірності зміни продуктивності, потужності на приводі та коефіцієнта неоднорідності змішування сипких матеріалів гвинтовими конвеєрами, порівняно з традиційними конусними шнеками та гофрованими конусними шнеками. Дисертаційна робота включає результати експериментальних досліджень динамічного навантаження багатофункціонального гвинтового конвеєра під час транспортування та змішування сипких матеріалів. Отримані дані вказують на технічні та функціональні переваги використання зазначених змінних конструкцій гвинтових елементів у порівнянні з відомими конструкціями, що робить вагомий внесок у розвиток технологій транспортування та змішування сипких матеріалів.

У п’ятому розділі за допомогою пакету прикладних програм було створено модель шнека багатофункціонального гвинтового конвеєра для транспортування та змішування сипких матеріалів. Ця модель дозволяє отримати графічне відображення розподілу напружень та деформацій на шнекові під дією зовнішніх навантажень. Розроблена комп'ютерна програма, яка дозволяє проводити розрахунки продуктивності гвинтового конвеєра. В процесі дослідження було обґрунтовано техніко-економічну ефективність використання запропонованих багатофункціональних гвинтових конвеєрів. Обґрунтування включає в себе аналіз параметрів продуктивності, витрат енергії та якості змішування матеріалів, що дозволяє зробити висновки щодо вигідності впровадження даного типу конвеєрів у практиці. Отримані результати і програмні розробки сприяють покращенню розуміння процесів, які відбуваються в гвинтових конвеєрах, та надають підстави для прийняття обґрунтованих технічних та економічних рішень у сфері транспортування та змішування сипких матеріалів.

Висновки результати виконання дисертаційної роботи підтверджують наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

Список використаних джерел свідчить про те, що під час виконання роботи проаналізовано сучасні результати наукових досліджень в галузі транспортування сипких матеріалів.

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає встановленим вимогам МОН України.

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

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечено коректним використанням основних положень теоретичної механіки, диференціального числення, чисельних методів розв'язку диференціальних рівнянь, опору матеріалів, морфологічного аналізу. Апробацію розроблених математичних моделей проведено методами комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень із застосуванням спеціальної установки.

Достовірність отриманих результатів забезпечується: результатами виконаних автором низки експериментальних досліджень; публікацією статей в провідних фахових виданнях України і за кордоном; апробацією отриманих наукових результатів на п'яти міжнародних науково-технічних конференціях; впровадженням отриманих результатів у Приватному акціонерному товаристві «Закупнянське хлібоприймальне підприємство» і в освітній процес підготовки фахівців за спеціальністю «Агроінженерія» при викладанні дисципліни «Сільськогосподарські машини» в Борщівському агротехнічному коледжі.

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

Основні наукові результати та висновки дисертації пройшли апробацію під час міжнародних науково-технічних конференцій та знайшли відображення в публікаціях у фахових виданнях. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 24 наукових праці, із них – 7 публікацій у наукових фахових виданнях України, 2 статті у закордонному виданні та виданні України, що індексуються у наукометричній базі Web of Science, 1 стаття у закордонному виданні, 5 тез конференцій, 9 патентів України на корисні моделі.

Дисертант отримав такі наукові результати:

- отримали подальший розвиток аналітичні залежності, які визначають кінематичні параметри процесу переміщення вантажу гвинтовим багатофункціональним конвеєром, за яких покращуються умови змішування сипких матеріалів;
- вперше досліджено кінематику руху сипкого вантажу у багатофункціональному гвинтовому конвеєрі з конусоподібним гвинтовим робочим органом, отримано параметричні рівняння траєкторії, швидкості та прискорення, які дозволяють визначати інтенсивність переміщення матеріалу та продуктивність роботи конвеєра;
- вперше розроблено динамічну модель шнекового робочого органу багатофункціонального транспортера з встановленням визначальних параметрів коливального процесу залежно від зовнішніх та внутрішніх чинників, що

описуються законами зміни основних параметрів робочого органу під час проходження через головний резонанс системи;

- отримали подальший розвиток аналітичні дослідження крутильних коливань гвинтового робочого органу шнекового багатофункціонального конвеєра із урахуванням динаміки суцільного потоку середовища, що транспортується з визначальними параметрами його коливань для нерезонансного та резонансного випадків;

- вперше встановлено емпіричні залежності впливу конструктивних параметрів та режимів роботи багатофункціонального гвинтового конвеєра на його продуктивність, витрати потужності і ефективність змішування при транспортуванні сипких матеріалів.

6. Практичне значення одержаних результатів.

За результатами структурного синтезу, теоретичних та експериментальних досліджень розроблено нові конструкції конвеєрів для одночасного транспортування та змішування сипких матеріалів та обґрунтовано їх конструктивні параметри, що дало можливість вирішити завдання підвищення ефективності транспортування та змішування сипких матеріалів у порівнянні із традиційними гвинтовими конвеєрами з постійним діаметром та кроком витків шнеків.

Спроектовано і виготовлено функціонально здатні зразки технологічного оснащення для транспортування і змішування сипких матеріалів. Проведено комплекс експериментальних досліджень багатофункціональних гвинтових конвеєрів і вироблено практичні рекомендації щодо забезпечення їх конкурентоздатності з урахуванням переваг над існуючими аналогами. Технічна новизна розробок, захищена 9 патентами України на корисні моделі. Результати досліджень використані в конструкціях конвеєрів ПРАТ «Закупнянське хлібоприймальне підприємство» та в освітньому процесі підготовки фахівців за спеціальністю «Агроінженерія» при викладанні дисципліни «Сільськогосподарські машини» в Борщівському агротехнічному коледжі.

7. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні.

8. Основні зауваження до дисертаційної роботи.

До дисертаційної роботи та її автореферату слід віднести такі зауваження:

1. У першому розділі доцільно було б описати механіко-технологічні параметри сипких матеріалів та їх вплив на експлуатаційні і енергетичні показники процесу транспортування гвинтовими конвеєрами.

2. У пункті 1.3 дисертаційної роботи доцільно було б ширше висвітлити переваги запропонованих конструкцій багатофункціональних гвинтових конвеєрів у порівнянні з відомими.

3. В роботі не вказано, яка нормативно-технологічна документація використана при проектуванні і проведенні експериментальних досліджень багатофункціональних гвинтових конвеєрів.

4. Поверхні відгуків, що зображені на рисунках 4.4, 4.8, 4.12, 4.16, 4.20, 4.24 можна було б представити у додатках.

5. В дисертаційній роботі і авторефераті зустрічаються невдалі звороти і специфічна термінологія.

Вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Марунича Олександра Петровича «Обґрунтування параметрів багатофункціонального гвинтового конвеєра для транспортування та змішування сипких матеріалів», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» (галузь знань 13 «Механічна інженерія») є актуальною, завершеною науковою працею, що виконана на належному науковому та практичному рівні з логічним та доступним викладенням матеріалу, що відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України, зокрема 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.

Здобувач Марунич Олександр Петрович заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування».

Рецензент,
доцент кафедри інжинірингу машинобудівних технологій
Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя,
кандидат технічних наук, доцент І.Г. Ткаченко

Підпис Ткаченка І.Г. засвідчую:
проректор з наукової роботи
Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя,
доктор технічних наук, професор П.О. Марущак