

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

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, в.о. завідувача
кафедри агроінженерії Національного університету водного господарства та
природокористування **Налобіної Олени Олександрівни**
на дисертаційну роботу **Марунича Олександра Петровича**
**«Обґрунтування параметрів багатофункціонального гвинтового конвеєра
для транспортування та змішування сипких 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 завдання підвищення ефективності транспортування та змішування сипких матеріалів шляхом проектування і обґрунтування параметрів гвинтових багатофункціональних конвеєрів із розробленням теоретичних передумов їх роботи та вдосконаленням конструктивних рішень.

Гвинтові конвеєри в сучасному виробництві широко використовуються у різних галузях економіки і повинні відповідати вимогам підвищеної продуктивності з мінімальними енергетичними витратами транспортування сипких матеріалів, надійності протягом всього періоду експлуатації та можливості виконання додаткових технологічних операцій, зокрема змішування матеріалів. До переваг гвинтових конвеєрів можна віднести забезпечення безперервності виконання процесу при переміщенні вантажів, можливість виконання технологічних операцій разом із транспортуванням, забезпечення герметичності та уникнення розпилення вантажів під час транспортування, простоту конструкції, можливість агрегування з іншим обладнанням, конвеєрами тощо.

Разом з тим, як показує досвід проектування та експлуатації гвинтових конвеєрів, до їхніх основних недоліків відноситься порівняно висока енергоємність процесу транспортування. Особливо це відноситься до швидкохідних гвинтових конвеєрів.

Тому дослідження процесу транспортування та змішування сипких матеріалів гвинтовими багатофункціональними конвеєрами з розробленням

нових конструкцій робочих органів, обґрунтуванням їхніх конструктивних і кінематичних параметрів є пріоритетним напрямком досліджень для науки і практики.

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 корисні моделі. Поставлено завдання і знайдено шляхи їх вирішення.

Теоретичні дослідження проводились з використанням основних положень математичного моделювання, теоретичної механіки, опору матеріалів, теорії пружності, інженерної творчості і вибору раціональних технічних рішень. Експериментальні дослідження здійснено за допомогою методів математичного планування експерименту з використанням прикладного програмного забезпечення та стандартних методик із застосуванням спеціально спроектованого та виготовленого технологічного устаткування. Достовірність отриманих у дисертації результатів підтверджується вмільм використанням математичних методів, обґрунтованістю прийнятих припущень, кореляцією теоретичних і експериментальних досліджень, впровадженням одержаних результатів у виробництво. Автором одержано 9 патентів України на корисні моделі і опубліковано отримані результати у фахових та закордонних виданнях.

Висновки по дисертаційній роботі є достовірними і підтверджуються результатами досліджень. Дані наведені в пунктах 1–3, 7 підтвержені результатами теоретичних досліджень та комп'ютерного моделювання, а дані наведені в пунктах 4–6, 8 підтверджуються результатами експериментальних досліджень, проведених з використанням експериментального устаткування, конструктивні елементи якого захищені патентами України та актом впровадження у виробництво.

3. Достовірність і наукова новизна результатів досліджень.

Достовірність результатів досліджень дисертаційної роботи забезпечено використанням основних положень вищої математики, методів математичного моделювання, чисельних та аналітичних 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:

- 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 сипкого вантажу у багатофункціональному гвинтовому конвеєрі з конусоподібним гвинтовим робочим органом, отримано параметричні рівняння траєкторії, швидкості та прискорення руху вантажу, 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 випадку;

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

4. Значимість отриманих результатів для практичного використання.

Проведено структурний синтез конструктивних ознак багатофункціональних гвинтових конвеєрів методом морфологічного аналізу з ієрархічним групуванням, на базі якого отримано нові конструкції конвеєрів для одночасного транспортування та змішування сипких матеріалів. Конструктивна новизна розроблених технічних рішень захищена дев'ятьма патентами України на корисні моделі.

На основі розроблених технічних рішень виготовлено і експериментально досліджено удосконалені конструкції багатофункціональних гвинтових конвеєрів, визначено їх основні конструктивно-кінематичні параметри.

Результати досліджень впроваджено у Приватне акціонерне товариство «Закупнянське хлібоприймальне підприємство» і в навчальному процесі при підготовці фахівців за спеціальністю «Агроінженерія» для викладання дисципліни «Сільськогосподарські машини» в Борщівському агротехнічному

коледжі.

5. Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені у 24 наукових працях, із них: 7 статей у фахових виданнях України, 2 статті у закордонному виданні та виданні України, що індексуються у наукометричній базі Web of Science, 1 стаття у закордонному виданні, 9 патентів України на корисні моделі та 5 тез наукових конференцій.

Результати дисертаційного дослідження пройшли апробацію на п'яти міжнародних науково-технічних конференціях.

Загалом рівень і кількість публікацій, апробація 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 5 додатків. Загальний обсяг дисертації 251 сторінка, в тому числі 163 сторінки основного тексту, 87 рисунків і 12 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 «Аналіз конструкцій гвинтових транспортно-технологічних механізмів машин і технологічних процесів з їх використанням» присвячений аналізу особливостей сучасних конструкцій гвинтових конвеєрів та їх робочих органів. Виконано літературно-патентний пошук шнекових механізмів для транспортування і змішування сипких матеріалів, проведено аналіз наукових праць з досліджуваного напрямку. 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 гвинтових конвеєрів із змінною геометрією гвинтового робочого органу в напрямку переміщення матеріалу. Встановлено основні напрямки підвищення продуктивності транспортування та якості змішування сипких матеріалів гвинтовими конвеєрами, визначено завдання досліджень.

У **другому розділі** «Теоретичні передумови проектування багатофункціональних гвинтових конвеєрів» проведено структурний синтез конструкцій багатофункціональних гвинтових конвеєрів методом синтезу ієрархічних груп із використанням морфологічного аналізу. Виконано теоретичне дослідження процесу транспортування сипкого вантажу похилими гвинтовими конвеєрами, виведено рівняння для знаходження мінімальної кутової швидкості виділеного об'єму вантажу при його русі по гвинтовій траєкторії, середньої осьової швидкості переміщення вантажу у гвинтовому змішувачі, об'ємної продуктивності змішувача. Проведено дослідження кінематики сипкого матеріалу у конусоподібному гвинтовому конвеєрі.

Досліджено динаміку шнекового робочого органу багатофункціонального конвеєра. Виведено та розв'язано диференціальне рівняння згинних коливань робочого органу багатофункціонального транспортера, вздовж котрого переміщується сипкий матеріал. Визначено параметри гвинтового робочого органу багатофункціонального транспортера при переході через резонанс. Досліджено крутильні коливання гвинтового робочого органу багатофункціонального конвеєра, наведено уточнене диференціальне рівняння крутильних коливань системи суцільний потік оброблювального середовища-гвинтовий робочий орган.

Третій розділ «Програма і методика експериментальних досліджень багатофункціонального гвинтового конвеєра для транспортування та змішування сипких матеріалів» містить розроблену програму і методику експериментальних досліджень. Описано конструкції розроблених та виготовлених елементів дослідного зразка багатофункціонального гвинтового конвеєра із змінними конусними кожухами та конусними шнеками із змінним кроком витків для переміщення і змішування матеріалів та із спеціальними конусними гофрованими шнеками також із змінним кроком витків для змішування матеріалів в процесі транспортування.

Представлено запропоновану методику проведення повнофакторних експериментів із визначенням величини продуктивності транспортування, потужності приводу гвинтового робочого органу та коефіцієнта неоднорідності змішування сипких матеріалів гвинтовим конвеєром.

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, потужності приводу гвинтового робочого органу та коефіцієнта неоднорідності змішування сипких матеріалів гвинтовими конвеєрами із конусними шнеками із змінним кроком витків та із спеціальними конусними гофрованими шнеками також із змінним кроком витків. Представлено результати експериментальних досліджень динамічних навантажень, що виникають у багатофункціональному гвинтовому конвеєрі при транспортуванні та змішуванні сипких матеріалів.

У п'ятому розділі «Проектування гвинтових транспортних механізмів з розширеними технологічними можливостями» за допомогою пакету прикладних програм створено комп'ютерну модель багатофункціонального гвинтового конвеєра для транспортування та змішування сипких матеріалів, проведено дослідження напружено-деформованого стану вказаної моделі. Розроблено програмне забезпечення для розрахунку параметрів багатофункціонального гвинтового конвеєра. Проведено обґрунтування техніко-економічної ефективності використання змішувачів оснащених гвинтовими робочими органами.

Результати виконаних досліджень 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 211 найменувань.

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

7. Основні зауваження по роботі:

1. У п. 1.1 першого розділу наведено значну кількість дослідників, які вивчали роботу гвинтових механізмів машин, але не завжди показано, що саме цими дослідниками зроблено у напрямку поєднання операцій одночасного транспортування та змішування сипких матеріалів гвинтовими конвеєрами.

2. Не всі параметри диференціального рівняння (2.45) згинних коливань робочого органу багатофункціонального транспортера, вздовж котрого переміщується сипкий перевірені експериментально.

3. Необхідно було б вказати одиниці вимірювання змінних і постійних величин виведених у дисертаційній роботі нелінійних диференціальних рівнянь поперечних та крутильних коливань гвинтового робочого органу вздовж котрого переміщується суцільний потік оброблювального сипкого середовища.

4. У дисертаційній роботі не представлено технічні характеристики усіх контрольних і вимірювальних приладів, що застосовувались при проведенні експериментальних досліджень.

5. Недостатньо наведено інформації про математичну обробку результатів багатофакторних експериментальних досліджень, що не дозволяє повною мірою судити про їх точність.

6. Бажано було б вказати усі числові параметри при побудові графіків рис. 2.17 зміни в часі амплітуди робочого органу багатофункціонального транспортера при переході через головний резонанс.

7. У висновках варто було б відмітити розроблені та досліджені у роботі математичні моделі, вказати їх значимість для подальшого розвитку розрахунків багатофункціональних гвинтових конвеєрів для транспортування та змішування матеріалів.

8. 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 та практичне значення, і за своїм змістом відповідає спеціальності 133 - Галузеве машинобудування. У роботі розв'язано актуальне науково-прикладне завдання, суть якого полягає у підвищенні ефективності транспортування та змішування сипких матеріалів багатофункціональними 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, Маруніч Олександр Петрович, заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування.

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

О.О. Налобіна