

Голові разової спеціалізованої
вченої ради ID 2767
Тернопільського національного
технічного університету ім. І. Пулюя
доктору технічних наук, професору
Стаднику Ігорю Ярославовичу

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата технічних наук, доцента Клендія Миколи Богдановича
на дисертаційну роботу Маруніча 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.

У багатьох завантажувально-розвантажувальних механізмах і машинах різних галузей економіки основними робочими елементами є гвинтові конвеєри. До переваг таких конвеєрів відноситься безперервність процесу переміщення вантажів, широка багатофункціональність, можливість забезпечувати трансформацію фізико-механічних властивостей сипких матеріалів, що піддаються транспортуванню, зокрема їх змішування, проводити перевантаження матеріалів різних за структурою і фракційністю, герметичність, простота конструкції, надійність в експлуатації, можливість взаємодії з іншим обладнанням, конвеєрами з метою забезпечення механізації й автоматизації виробничих операцій. Проте основним недоліком таких конвеєрів є висока енергоємність транспортування.

Важливим завданням процесу проектування гвинтових конвеєрів є пошук удосконалених конструкцій з високими показниками продуктивності транспортування і якості змішування сипких матеріалів.

Для забезпечення високої продуктивності виконання процесів транспортування та змішування сипких матеріалів гвинтовими механізмами існує необхідність створення прогресивних конструкцій гвинтових конвеєрів із змінною геометрією гвинтового робочого органу та кожуха в напрямку переміщення матеріалу, зокрема із змінним кроком та діаметром витків.

У зв'язку з цим розроблення нових конструкцій багатофункціональних гвинтових конвеєрів з гвинтовими робочими органами із змінною геометрією, дослідження впливу їх параметрів на продуктивність, потужність транспортування та неоднорідність змішування сипких матеріалів є актуальним завданням.

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.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Маруніча О.П. за результатами теоретичних та експериментальних досліджень є достатньо високою.

Обґрунтування базується на аналізі наукових та науково-технічних джерел, пов'язаних із темою дисертації, коректному визначенні мети і завдань роботи, використанні сучасних методів дослідження, критичному аналізу отриманих результатів та порівнянні їх з результатами інших дослідників, узагальнюючому формулюванні висновків. Дослідження виконано з використанням теоретичних та експериментальних методів і концепцій. Автором запропоновано шляхи вирішення поставлених завдань, одержано патенти на корисні моделі, опубліковано отримані результати у фахових виданнях.

Висновки до дисертаційної роботи є достовірними і підтверджуються результатами досліджень. Зокрема, дані, наведені в пунктах 1, 2, 3, 7, підтверджені результатами теоретичних досліджень та комп'ютерного моделювання, пункти 4, 5, 6, 8 підтверджуються результатами експериментальних досліджень, проведених на обладнанні, конструктивні елементи якого захищені патентами України, а також актами впровадження у виробництво та навчальний процес.

3. Достовірність і наукова новизна результатів досліджень.

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується використанням апробованих методів механіко-математичного моделювання, класичної механіки, опору матеріалів, теорії пружності, інженерної творчості і вибору раціональних технічних рішень.

Експериментальні дослідження проведені в лабораторних умовах із використанням розробленого устаткування. Методика проведення експериментальних досліджень ґрунтується на методах математичного планування факторних експериментів.

Обробку експериментальних даних проведено із використанням методів математичної статистики та прикладного програмного забезпечення.

4. До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

- одержало подальший розвиток встановлення взаємозв'язку кінематичних параметрів процесу переміщення вантажу гвинтовим багатофункціональним конвеєром із конусоподібним гвинтовим робочим органом з його конструктивними параметрами та властивостями вантажу;

- вперше розроблено математичну модель процесу роботи гвинтового робочого органу вздовж котрого переміщається суцільний потік оброблювального сипкого середовища з виведенням нелінійного диференціального рівняння його поперечних коливань під дією зовнішніх періодичних сил, розв'язок якого дозволив встановити особливості динамічного процесу при переході системи через резонанс;

- отримала подальший розвиток аналітична математична модель крутильних коливань гвинтового робочого органу для нерезонансного і резонансного випадків, що враховує вплив поперечних коливань шнека та суцільний потік оброблювального сипкого середовища та виведено аналітичні залежності для визначення резонансної амплітуди й частоти власних крутильних коливань гвинтового робочого органу як функції параметрів системи;

- вперше виведено емпіричні залежності, які характеризують продуктивність, витрати потужності і неоднорідність змішування при транспортуванні та змішуванні сипких матеріалів багатофункціональним гвинтовим конвеєром залежно від параметрів процесу.

5. Значимість отриманих результатів для практичного використання полягає у тому, що в роботі запропоновано й експериментально обґрунтовано удосконалені конструкції багатофункціональних гвинтових конвеєрів для транспортування та змішування сипких матеріалів та визначено їх основні конструктивно-кінематичні параметри.

За використання структурного синтезу ієрархічних груп методом морфологічного аналізу розроблено нові типи гвинтових змішувачів. Конструктивна новизна технічних рішень захищена дев'ятьма патентами України на корисні моделі.

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.

6. Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені у 24 наукових працях, 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 матеріалів тез конференцій, 9 патентів України на корисні моделі.

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

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

7. Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Марунича Олександра Петровича складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, 5 додатків. Основні результати роботи викладено на 198 сторінках. Загальний обсяг дисертації складає 251 сторінку.

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та завдання наукових досліджень, наведено дані про зв'язок роботи з науковими програмами, вказана наукова новизна, практичне значення та реалізація результатів дисертаційного дослідження, наведено дані щодо апробації роботи, публікацій та впровадження її результатів.

У **першому розділі** «Аналіз конструкцій гвинтових транспортно-технологічних механізмів машин і технологічних процесів з їх використанням» проведено аналіз стану сучасних технологій та літературно-патентний пошук конструкцій машин і механізмів для транспортування сипких матеріалів гвинтовими робочими органами та наведено огляд наукових досліджень з даного питання. Розглянуто особливості проектування гвинтових конвеєрів із змінною геометрією гвинтового робочого органу в напрямку переміщення матеріалу. Здійснено аналіз конструкцій механізмів з гвинтовими пристроями із розширеними технологічними можливостями.

У **другому розділі** «Теоретичні передумови проектування багатофункціональних гвинтових конвеєрів» розроблено багатоваріантну структуру конструктивних та функціональних можливостей реалізації розширення технологічних можливостей гвинтових транспортних механізмів методом синтезу із використанням морфологічного аналізу. Спроектовано декілька гвинтових транспортних механізмів з розширеними технологічними можливостями. Приведено методику розрахунку похилих середньошвидкохідних гвинтових конвеєрів, які в граничних режимах призводять до інтенсивного перемішування вантажу і працюють як ефективні змішувачі. Виведені залежності для визначення кінематичних та експлуатаційних параметрів, що забезпечують стабільну роботу таких змішувачів. Теоретично обґрунтовано технологічний процес транспортування і змішування сипких матеріалів конусоподібним гвинтовим конвеєром. Розглянуто динаміку шнекового робочого органу багатофункціонального конвеєра. Визначено крутильні коливання гвинтового робочого органу багатофункціонального конвеєра із урахуванням динаміки суцільного потоку оброблювального середовища.

У **третьому розділі** «Програма і методика експериментальних досліджень багатофункціонального гвинтового конвеєра для транспортування та змішування сипких матеріалів» представлено програму проведення експериментальних досліджень лабораторного зразка багатофункціонального

гвинтового конвеєра із змінними конусними кожухами та шнеками із змінним кроком витків для переміщення та змішування матеріалів та із спеціальними гофрованими шнеками також із змінним кроком витків для змішування матеріалів в процесі транспортування. Розроблено і виготовлено стендове обладнання для дослідження продуктивності транспортування та змішування сипких матеріалів. Представлено методику проведення повнофакторних експериментів із визначенням величини потужності приводу обертання конусного шнека, продуктивності гвинтових конвеєрів із вказаними шнеками та коефіцієнта неоднорідності змішування сипких матеріалів.

У четвертому розділі «Результати експериментальних досліджень» представлено результати експериментальних досліджень лабораторного 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, під час яких встановлювали закономірності зміни продуктивності, потужності на приводі та коефіцієнта неоднорідності змішування сипких матеріалів гвинтовими конвеєрами із звичайними конусними шнеками та гофрованими конусними шнеками від зміни основних факторів: величини збільшення кроку шнека на кожному послідовному витку, кута нахилу твірної конусної поверхні шнека, частоти обертання шнека, висоти гофр на зовнішньому діаметрі шнека, частоти обертання гофрованого шнека при транспортуванні зерен пшениці, гороху.

У п'ятому розділі «Проектування гвинтових транспортних механізмів з розширеними технологічними можливостями» проведено моделювання багатофункціонального гвинтового конвеєра оснащеного гвинтовим конічним робочим органом. Приведено візуалізацію розрахунку продуктивності залежно від кроку шнека на кожному послідовному витку, кута нахилу твірної конусної поверхні шнека, частоти обертання шнека та висоти гофр на зовнішньому діаметрі шнека. Розроблено алгоритм математичної моделі, який дозволяє краще зрозуміти процес транспортування та змішування сипких матеріалів для кожної відповідної комбінації вхідних параметрів. Проведено техніко-економічне обґрунтування процесів змішування сипких матеріалів.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані достатньо чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел охоплює вітчизняні та закордонні публікації із 211 найменувань.

Зміст розширеної анотації у достатній повноті відображає зміст дисертації та розкриває основні наукові результати і практичну цінність роботи.

8. До дисертаційної роботи необхідно зробити такі зауваження.

1. В огляді літературних джерел доцільно було б привести більш детальний аналіз останніх закордонних досліджень гвинтових конвеєрів.
2. Недостатньо описані механіко-технологічні параметри сипких матеріалів та їх вплив на експлуатаційні і енергетичні показники процесу транспортування гвинтовими конвеєрами.
3. В роботі доцільно було б ширше описати переваги запропонованих конструкцій багатофункціональних гвинтових конвеєрів порівняно з існуючими.
4. У п. 2.1 доцільно було б приділити більше уваги аналізу і вибору кращих варіантів багатофункціональних гвинтових конвеєрів, одержаних в результаті генерування конструкцій методом морфологічного аналізу з ієрархічним групуванням.
5. У моделі (2.45), яка описує згинні коливання робочого органу багатофункціонального транспортера необхідно було відобразити реологічні характеристики середовища, яке транспортується.
6. При проведенні експериментальних досліджень доцільно було розширити номенклатуру сипких матеріалів, в тому числі сільськогосподарських.
7. Бажано було б навести чисельні значення статистичних показників, які характеризують отримані регресійні залежності: коефіцієнти Фішера та коефіцієнти Стюдента для параметрів (коефіцієнтів) регресійних залежностей.
8. Бажано було б більш детально показати розв'язок рівняння (2.48).
9. У дисертаційній роботі зустрічаються невдалі звороти, відхилення від встановленої технічної лексики, описки та інше.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Маруніча Олександра Петровича на тему «Обґрунтування параметрів багатофункціонального гвинтового конвеєра для транспортування та змішування сипких матеріалів» за своїм змістом відповідає спеціальності 133 – Галузеве машинобудування.

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій розв'язано важливе науково-прикладне завдання підвищення ефективності транспортування та змішування сипких матеріалів шляхом проектування і обґрунтування параметрів гвинтових багатофункціональних конвеєрів.

Виконані наукові дослідження за ступенем актуальності наукової теми, обґрунтованості наукових положень, їх новизни, повноти викладення результатів дослідження в наукових публікаціях, достатнього рівня апробації результатів дослідження на міжнародних 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,
завідувач кафедри прикладної
механіки та технічного сервісу
Відокремленого підрозділу
Національного університету біоресурсів
і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»,
кандидат технічних наук, доцент

М.Б. Клендій