

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри аграрної інженерії Луцького національного технічного університету, **Дідуха Володимира Федоровича** на дисертаційну роботу **Слободяна Любомира Михайловича «Обґрунтування параметрів гвинтових завантажувачів сипких матеріалів»**, що представлена на захист у спеціалізованій вченій раді К 58.052.03 Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулля на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.05 – піднімально–транспортні машини

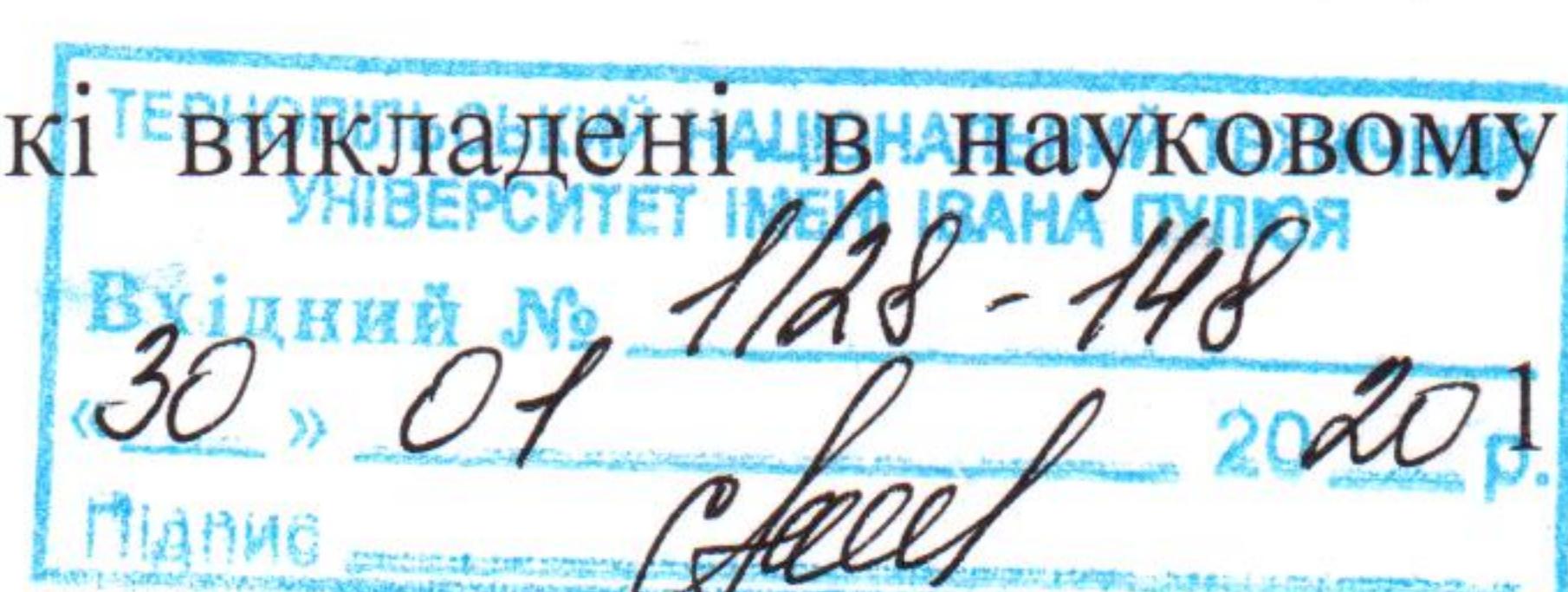
1. Актуальність теми дослідження

Подані до захисту результати дисертаційних досліджень спрямовані на вирішення проблеми з пошуку шляхів створення ефективних гвинтових завантажувачів, які забезпечують мобільну зміну траси перевантаження сипких вантажів без зниження продуктивності та підвищення питомих енерговитрат. У значному переліку механізмів і машин для транспортування сипких матеріалів у виробничих процесах, основні завантажувально-розвантажувальні операції забезпечують гвинтові транспортери. При цьому на їх ефективну роботу особливо не впливають властивості матеріалів з різною структурою і фракційністю. Такі механізми забезпечують умови безперервного процесу, не змінюють фізико-механічні властивості переміщуваних вантажів. Вони є конструктивно нескладними та надійними в експлуатації, можуть агрегатуватись з іншим обладнанням з метою забезпечення максимальної механізації й автоматизації виробничих операцій. Проте основним недоліком відомих завантажувачів є обмежена можливість мобільної зміни траси при перевантаженні вантажів.

Усунути вказаний недолік можна за рахунок вибору раціональних параметрів гвинтових робочих органів для транспортування сипких матеріалів на стадії їх проектування. У такому випадку можна розробляти робочі елементи механізмів і машин з підвищеною стійкістю до коливань, зменшити напруження у різних вітках завантажувачів, особливо з пересипом вантажу. Тому актуальною науково-прикладною задачею є розроблення та практична реалізація нових конструкцій завантажувачів, які забезпечують мобільну зміни траси без збільшення питомих енерговитрат і зниження продуктивності переміщення сипких вантажів.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх вірогідність та повнота викладу в опублікованих працях

Наукові положення, висновки і рекомендації, які викладені в науковому



дисертаційному дослідженні, є достатніми та належним чином обґрунтованими. Для їх аргументації автором проведено необхідні теоретичні та експериментальні дослідження, розроблено відповідні методики. В процесі проведення досліджень отримані чотири патенти України на корисні моделі, результати у повній мірі опубліковано у фахових виданнях. Обґрунтована актуальність теми та знайдено шляхи її вирішення.

Теоретичні дослідження проводились з використанням методів механіко-математичного моделювання, інформатики, теоретичної механіки, теорії машин і механізмів, конструювання деталей машин. Експериментальні дослідження здійснено за допомогою методів математичного планування експерименту з використанням комп’ютерної техніки і прикладного програмного забезпечення та необхідних методик із застосуванням спеціально спроектованого та виготовленого технологічного устаткування. Достовірність отриманих у дисертації результатів підтверджується вмілим використанням математичного апарату, обґрунтованістю прийнятих припущень, кореляцією теоретичних і експериментальних досліджень і впровадженням отриманих результатів в інженерну практику проектування гвинтових конвеєрів.

Висновки до дисертаційної роботи є достовірними і підтверджуються результатами досліджень. Зокрема дані наведені в пункті 4, 5, 6 і 7 підтверджені результатами теоретичних та експериментальних досліджень і деклараційними патентами України на винахід. Пункти 2 і 3 підтверджені результатами теоретичних досліджень.

За результатами досліджень автора опубліковано 22 наукових праць, з них – 11 статей у фахових виданнях України, 2 статті – у закордонних виданнях, що індексуються у наукометричній базі Scopus та Web of Science, 4 деклараційних патентах України на корисні моделі, 5 тез наукових конференцій.

3. Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- вперше теоретично досліджено кінематику переміщення вантажу у горизонтальному гвинтовому конвеєрі завантажувача з врахуванням його згинальних коливань;

- вперше встановлено закономірності зміни навантажень у гвинтовому конвеєрі та встановлено найбільш небезпечні (резонансні) режими експлуатації робочих органів завантажувача сипких матеріалів;

- знайшло розвиток дослідження зі встановлення впливу швидкостей сипкого матеріалу у вигляді потоку у гвинтовому завантажувачі з пересипом на осьове зусилля подачі матеріалу, що є важливим при визначенні інтенсивності його переміщення у крутонахиленій вітці;

- отримали подальший розвиток аналітичні дослідження із врахуванням силових і кінематичних параметрів на динамічний процес завантажувача з пересипом і можливістю зміни траси перезавантаження сипких матеріалів при стабільній продуктивності та без зростання питомих енерговитрат.

4. Практичне значення одержаних результатів

Спроектовано і виготовлено взірець гвинтового завантажувача з пересипом і проведено комплекс експериментальних досліджень, що дозволило встановити його раціональні конструктивно-технологічні параметри.

Проведені випробування нового гвинтового завантажувача з пересипом дозволили сформувати рекомендації виробництву, які стануть основою при проектування технічних засобів для транспортування сипких матеріалів різного функціонального призначення.

Визначені перспективні напрямки подальших досліджень для забезпечення підвищення мобільності зміни траси перевантаження сипких матеріалів та експлуатаційних показників роботи гвинтових завантажувачів і встановлено економічний ефект від впровадження, який становить 9007,73 грн.

Технічна новизна розробок захищена 4-ма деклараційними патентами України на корисні моделі. Отримані наукові та практичні результати впроваджено у ПРАТ «Закупнянське хлібоприймальне підприємство» та навчальному процесі.

5. Оцінка змісту роботи в цілому

Загальний обсяг дисертації 187 сторінок, в тому числі 142 сторінки основного тексту, 45 рисунків, 11 таблиць. Дисертація складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел із 141 найменувань та додатків на 36 сторінках.

У **вступі** подано загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність даної теми і обґрунтована необхідність розв'язання поставленої науково-прикладної задачі.

У **першому розділі** проведено аналіз теоретичних і експериментальних досліджень та різних типів конструкцій гвинтових конвеєрів. Також у розділі проведено аналіз робіт, які пов'язані з проектуванням гвинтових завантажувачів з різними функціональними можливостями. Намічені шляхи підвищення ефективності функціонування завантажувачів за рахунок обґрунтування раціональних параметрів гвинтових робочих органів для транспортування сипких матеріалів з можливістю зміни траси при стабільній продуктивності та без зростання питомих енерговитрат.

Розділ перенасичений ілюстраціями: фотографіями (рис. 1.4-1.5), які не узгоджені за змістом. Важливо було б більшу увагу приділити жорстким гвинтовим конвеєрам і технічним засобам для завантаження сипких матеріалів, відповідно до теми дисертаційної роботи. Висновки розділу повторюють завдання досліджень, а не узагальнення приведеного матеріалу.

У другому розділі розглянуто теоретичні передумови роботи завантажувача, який включає жорсткі робочі гвинтові конвеєри у вигляді горизонтальної та вертикальної віток. Отримано аналітичну залежність, яка дозволяє визначати величину осьової сили у зоні пересипу матеріалу з врахуванням конструктивних параметрів завантажувача та частоти обертання гвинта вертикальної вітки.

Запропонована математична модель згиальних коливань горизонтальної вітки завантажувача, вздовж якої рухається однорідний потік матеріалу. Отримано аналітичні залежності, які описують закони зміни амплітуди та частоти його коливань у залежності від кінематичних, фізико-механічних та інших параметрів за відповідних узагальнюючих припущеннях щодо самого робочого органу та матеріалу, який переміщається гвинтом.

У розділі приведено результати дослідження з визначення власних коливань механічної системи: «пружне тіло – суцільний потік сипкого матеріалу». Динамічний процес для вказаної системи трактується як накладання двох хвиль однакових довжин із змінними в часі амплітудами та частотами. Побудовані графічні залежності на основі аналітичних рівнянь дозволяють аналізувати конструктивно-технологічні параметри горизонтальної вітки завантажувача сипких матеріалів.

Результати дослідження резонансних коливань горизонтального робочого органу вказують, що домінуючу роль входження у резонанс відіграють: кутова швидкість обертання робочого органу, швидкість руху матеріалу та її погонна маса. Отримано також основні співвідношення, які описують динаміку вертикальної та горизонтальної віток завантажувача за умови, що поперечний переріз робочого органу є пустотілий циліндр із зовнішнім радіусом R . Дані співвідношення дозволяють оцінити динамічні напруження, які виникають в процесі експлуатації завантажувача з пересипом сипких матеріалів.

У п. 2.1 у деякій мірі не узгоджені розмірності у формулах та на графіках 2.2 та 2.3. Варто дати роз'яснення, що таке T на цих графіках?

Неоднозначність матеріалу «сипкий матеріал», «зернова суміш», що взаємодіє з гвинтовим робочим органом ускладнює сприйняття математичної моделі (п.2.2).

У третьому розділі розроблено програму і методику експериментальних досліджень гвинтових завантажувачів, яка передбачала етапи розроблення та виготовлення стендового обладнання з можливістю зміни основних робочих

параметрів та проведення лабораторних досліджень для визначення продуктивності транспортування сипких матеріалів, крутного моменту, продуктивності транспортування сипких матеріалів з приростом кроку шнека на одному витку методом планування трьохфакторних експериментів.

Четвертий розділ присвячено результатам проведених експериментальних досліджень з використанням повнофакторних експериментів.

Отримано регресійні рівняння для визначення впливу зміни продуктивності гвинтового завантажувача при транспортуванні пшениці, з врахуванням частоти обертання шнека, кута нахилу вивантажувальної магістралі, кроку шнека. Встановлено, що на продуктивність гвинтового завантажувача з пересипом зернового матеріалу, найбільший вплив має частота обертання та кут нахилу вивантажувальної вітки. При цьому продуктивність може падати з 7,86 до 1,73 т/год.

Встановлено, що на зростання величини крутного моменту на валу завантажувача з пересипом зернових матеріалів впливає висота піднімання матеріалу, яка у дослідах коливалась у межах 1,5-4,5 м.

За результатами проведених експериментальних досліджень встановлено, що приріст кроку шнека на кожному витку 0,001м у комбінації з кутом нахилу вивантажувальної вітки, який у дослідах варіювався у межах 30-60⁰ суттєво впливає на експлуатаційні параметри запропонованого завантажувача сипких матеріалів з пересипом. Дослідні дані представлені для варіанту перезавантаження технічної солі.

При встановленні продуктивності транспортування зернових матеріалів, при завантаженні з пересипом, необхідно конкретизувати сільськогосподарську культуру або матеріал (графіки стор. 113-115 - для технічної солі, висновок 5 – для пшениці).

У п'ятому розділі запропоновано алгоритм проектування основних конструктивних параметрів гвинтових завантажувачів. Вказано на вихідні дані, які варто враховувати. Окреслено параметри, які є визначальними при експлуатації багатофункціональних гвинтових завантажувачів, приведено принципову конструкцію гвинтового пересувного завантажувача та аналітичні залежності для визначення основних конструктивних вузлів.

За допомогою пакету прикладних програм створено комп’ютерну модель секції робочого органу для гвинтового завантажувача. Проведене техніко-економічне обґрунтування гвинтового завантажувача від зниження енерговитрат при річній експлуатації та зменшенні металомісткості на виготовлення вказує, що воно становить 9007,73 грн.

Розроблений пакет прикладних програм варто було б внести у додатки.

6. Відповідність автореферату основним положенням дисертації

Зміст автореферату у достатній мірі відображає основні положення та результати дисертаційної роботи, висновки в дисертації та авторефераті повністю ідентичні.

7. Основні зауваження по роботі

1. В огляді літературних джерел доцільно було б більшу увагу приділити завантажувачам, а не гвинтовим транспортним засобам загалом.

2. Дев'ять фотографій на рис. 1.4 (стор. 21-22) не несуть наукової інформації. Краще було розробити (або показати) класифікацію завантажувачів сипких матеріалів з різних галузей.

3. У висновках за розділом 1 відсутні узагальнення та приведено повторно завдання досліджень, висвітлених на стор. 14. Okрім того, варто було б розмежувати визначення: «однорідний потік сипкого матеріалу», стор. 47; «суцільний потік сипкого матеріалу», стор. 48; «сипкий матеріал», стор. 47.

4. Варто уточнити означення вертикальної та горизонтальної віток (стор. 50, рис. 2.1). Автор вказав її межі: $\beta = 0-20^{\circ}$. Подальші дослідження показують, що ці вітки не є горизонтальною та вертикальною.

5. На стор. 51, 52. кути α , β , γ у радіанах, а на рис. 2.2, 2.3 - у градусах. При побудові вказаних графіків використано параметр $T=0,15 - 0,2$ м. За текстом відсутнє дані пояснення.

6. У п. 2.2 першим абзацом (стор. 52) вказано, що математична модель дієва для обох віток. Проте подальші дослідження проведенні лише для горизонтальної вітки.

7. В роботі зустрічаються розбіжності щодо матеріалу, з яким проводились дослідження. Так у розділі 3 (автореферат, стор. 13) такими матеріалами є: горох, ячмінь, технічна сіль. Перший експеримент планувався по пшениці і ячменю (стор. 82), а у розділі 4 – лише пшениця (стор. 99). Графічні залежності побудовані для технічної солі (стор. 113 - 115), а у висновку 5 (стор. 117) продуктивність 15,15 т/год. вказана для пшениці.

8. Окремі рисунки (поверхні відгуку, стор. 102-104, 108-110, 113-115), можна було б винести у додатки. За текстом дисертації та автореферату зустрічаються деякі описки, невдалі терміни (напр. «крутонахилені», краще «відхилені від вертикалі») та неточності.

8. Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертаційна робота Слободяна Любомира Михайловича на тему: «Обґрунтування параметрів гвинтових завантажувачів сипких матеріалів» є закінченим науковим дослідженням.

Зміст і структура роботи відповідає паспорту спеціальності 05.05.05 - піднімально-транспортні машини.

Дисертаційна робота є актуальною, має наукову новизну та практичне значення. Результати досліджень є належним чином обґрунтовані та апробовані. Зазначені вище недоліки не знижують наукового та практичного рівня дисертаційної роботи і не впливають на позитивну оцінку в цілому.

На основі вищесказаного вважаю, що кандидатська дисертація Слободяна Любомира Михайловича «Обґрунтування параметрів гвинтових завантажувачів сипких матеріалів» є завершеною науково-дослідною роботою, яка за науковим рівнем, структурою, обсягом, змістом, якістю оформлення та викладення матеріалу відповідає вимогам МОН України, що пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор Слободян Любомир Михайлович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.05 - піднімально-транспортні машини.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри аграрної інженерії
Луцького національного технічного університету

В.Ф. Дідух

