

## ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри експлуатації та технічного сервісу машин ім. проф. О.Д. Семковича Львівського національного аграрного університету Дідуха Володимира Федоровича на дисертаційну роботу Клендія Володимира Миколайовича “Обґрунтування параметрів гнучких гвинтових конвеєрів з шарнірно – секційним робочим органом”, що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.05 – піднімально – транспортні машини

### 1. Актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами

Глибокі соціально-економічні зміни, які відбулися в Україні в період незалежності призвели до знищення цілих галузей народного господарства. Серед них галузеве машинобудування, основою якого була потреба у виробництві власної техніки, серед якої особливе місце займають механізми для транспортування різних матеріалів. Окреме місце у класифікації транспортуючих вантажів займають сипкі матеріали. Вони відрізняються різноплановими технологічними процесами, які необхідно виконувати з високими експлуатаційними вимогами.

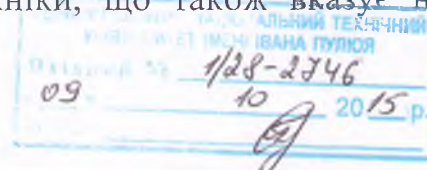
Особливу увагу слід приділяти транспортним засобам, призначеним для переміщення сипких вантажів криволінійними і комбінованими трасами. Такий технологічний процес найкраще виконувати за допомогою гнучких шнекових робочих органів, замкнених в еластичні кожухи. Стандартне прямолінійне переміщення вантажів знижує ефективність виконання технологічного процесу, зростає собівартість продукції.

Відомі гнучкі гвинтові робочі органи характеризуються складністю конструкції і технологією їх виготовлення, високою матеріаломісткістю, що призводить до підвищених енерговитрат, пошкодження транспортованого матеріалу та руйнування внутрішньої поверхні гнучких рукавів.

Аналіз вітчизняних і закордонних вчених показує, що перспективним шляхом усунення вказаних проблем є розробка нових конструкцій гнучких шарнірно – секційних гвинтових робочих органів з розширеними технологічними можливостями, які дозволять забезпечити зменшення радіуса технологічної магістралі конвеєра за рахунок збільшення кута розхилу осей між секціями.

Тому, вирішення сформульованої науково-технічної задачі підвищення продуктивності, зниження енерговитрат та розширення технологічних можливостей гнучких гвинтових конвеєрів шляхом розробки і обґрунтування параметрів шарнірно – секційних гвинтових робочих органів для транспортування сипких матеріалів по криволінійних трасах є актуальною і має народногосподарське значення.

Дослідження, які складають основу дисертаційної роботи, виконувались відповідно до державних науково-технічних програм з пріоритетних напрямків розвитку науки та техніки, що також вказує на



актуальність теми дисертації. Основні результати роботи увійшли до звіту за темою «Енергоєфективні гвинтові робочі органи сільськогосподарських машин з розширеними технологічними можливостями» (№ державної реєстрації 0112u002202).

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації**

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 застосуванням розроблених та відомих методик, широко використані літературні джерела та патентна інформація.

Дисертаційне дослідження побудовано за логічною схемою: аналіз стану науково – прикладної задачі, формулювання мети і завдань досліджень, теоретичні передумови, розробка та виготовлення нового стендового обладнання і зразків шарнірно - секційних гвинтових робочих органів, експериментальні дослідження для підтвердження теоретичних положень та оптимізація показників на основі експериментів, інженерна методика проектування із застосуванням комп'ютерного моделювання, висновки та рекомендації для науки та виробництва. Кожен етап досліджень ґрунтується на об'єктивних даних та закономірностях, які достатньо повно висвітлені в роботі.

*Головне наукове положення дисертації* полягає у тому, що встановлено систему експериментально-теоретичних методів і алгоритмів, які забезпечують покращення функціонування шарнірно – секційного гвинтового робочого органу, замкненого в еластичний рукав. Воно доведене на основі логічного змісту та повноти теоретичних і експериментальних досліджень взаємодії робочого органу із сипкими матеріалами.

Висновки дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими, що підтверджуються значною кількістю експериментальних досліджень, котрі проведені в лабораторних умовах на створеному новому стендовому обладнанні. Результати досліджень з виготовлення секційної гвинтової спіралі впроваджені на підприємстві ПАТ «Рівнесільмаш» (м. Рівне).

**Перший пункт** є узагальнюючим висновком проведених досліджень зі створення нового шарнірно – секційного робочого органу, застосування якого при переміщенні сипких матеріалів значно підвищує експлуатаційні показники транспортуючого засобу у порівнянні з відомими, розширює технологічні можливості гвинтових конвеєрів на завантажувально – розвантажувальних операціях. Комплексні дослідження, для вирішення поставленої задачі дозволили сформулювати системний підхід до прийняття раціональних конструкторсько-пошукових рішень з вдосконалення машин даного типу.

**Другий та третій пункти** вказують на особливості розроблених методів теоретичного аналізу підвищення функціональних можливостей

гвинтових конвеєрів з врахуванням конструктивних параметрів елементів робочого органу, який визначає силові параметри транспортуючого механізму з метою їх мінімізації при виконанні технологічних процесів. В результаті чого ККД запропонованого шарнірного механізму знаходиться у межах 0,89..0,93.

**Четвертий пункт** присвячений результатам теоретичних досліджень з встановлення контактних напружень у місцях контакту кульки з поверхнями гнучкого валу, аналіз яких дозволяє стверджувати про збільшення надійності та довговічності експлуатації запропонованого транспортуючого технічного засобу.

**П'ятий пункт** сформульований на підставі аналізу динамічних навантажень, які виникають при пуску гвинтового шарнірно – секційного завантажувально – розвантажувального засобу. Теоретично доведено плавність його пуску та досягнення номінального значення без коливань моменту та швидкості. При малому демпфуванні спостерігається певний перехідний коливальний процес, проте динамічні навантаження не перевищують 20% від номінального значення.

**У шостому пункті** викладено результати експериментальних досліджень з визначення крутного моменту та потужності при транспортуванні сипких матеріалів запропонованим механізмом шнекового типу таких, як зерно ячменю та технічної солі.

**Сьомий та восьмий пункти** відображають результати багатофакторних експериментів стосовно досліджень зміни крутного моменту та продуктивності від визначальних конструктивно – технологічних параметрів гвинтового шарнірно – секційного робочого органу при транспортуванні сипких матеріалів.

Дані результати досліджень дозволили оцінити вплив частоти обертання зі зміною діаметра магістралі на її продуктивність при максимально можливому її заповненні на 50% та визначити величину крутного моменту при підйомі сипких матеріалі на висоту до 3м.

**Дев'ятий висновок** вказує на перспективність розвитку напрямку вдосконалення гнучких транспортних механізмів з шарнірно – секційними робочими органами, замкнутими в еластичні рукави на основі запропонованої інженерної методики їх розрахунку. Дане твердження базується також на отриманні чотирьох деклараційних патентах України і отриманому економічному ефекті, який для одного робочого органу складає 1034,06 грн/рік..

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

Загальні зауваження до висновків:

- висновки рівновеликі за змістом, але окремі з них потребують редакційного корегування;
- перший висновок переобтяжений загальною інформацією, що ускладнює його сприйняття.

### **3. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях**

Результати досліджень, що складають дисертаційну роботу, достатньо повно викладені у 20 друкованих працях, з них у фахових виданнях 11 статей, одна у журналі, що входить до міжнародної науково - метричної бази Scopus, 5 – тез конференцій, 4 – деклараційні патенти України на винаходи. Наведені публікації відображають основний зміст дисертації.

### **4. Відповідність автореферату основним положенням дисертації**

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

### **5. Наукова новизна одержаних результатів і їх значення для науки та виробництва**

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що уперше запропоновані аналітично-експериментальні підходи вирішення проблем при розробці шарнірно – секційного гвинтового робочого органу з високим ККД (коефіцієнтом корисної дії); визначенні напруженого стану шарнірних елементів зачеплення для забезпечення раціонального підбору параметрів поверхонь взаємодіючих тіл контакту; розробці динамічної моделі шнекового транспортера з врахуванням перехідних процесів пуску та гальмування; удосконалені технології виготовлення гвинтових поверхонь; встановленні закономірностей взаємозв'язку параметрів розробленого шарнірно – секційного робочого органу з ефективними експлуатаційними показниками роботи гнучкого гвинтового конвеєра.

**Значущість результатів** досліджень для практики полягає в їх застосуванні у виробництві ПАТ «Рівнесільмаш» та навчальному процесі при підготовці фахівців технічних спеціальностей. Застосуванні нових підходів, згідно представлених автором рекомендацій, при проектуванні найбільш навантажених шарнірних вузлів шарнірно – секційного гвинтового робочого органу, замкнутого в еластичний кожух. Розробці інженерної методики проектування технічних засобів подібного типу з використанням комп'ютерного моделювання, ще дозволяє оптимізувати взаємозв'язок між конструктивними та деформаційними параметрами елементів шарнірного гвинтового робочого органу.

### **6. Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому**

Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 139 найменувань. Обсяг дисертації складає 198 сторінок (основний текст – 167 машинописних сторінок), 71 рисунок, 13 таблиць.

Текст дисертаційної роботи викладений чітко та в логічній послідовності. Матеріал дисертації достатньо проілюстрований схемами, рисунками, графіками і таблицями. Загальні висновки і рекомендації у дисертації випливають 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.

**У вступі**, відповідно до вимог, обґрунтовано актуальність теми дисертації, розкрита сутність і стан наукової задачі, її значущість, викладено зв'язок роботи з науковими програмами, встановлено об'єкт та предмет дослідження, відображено методи дослідження, сформульовані мета й основні завдання дослідження, визначено наукову і практичну цінність отриманих результатів.

**У першому розділі** наведено аналіз стану проблеми, проведено огляд і аналіз досліджень вітчизняних і іноземних авторів; проведено аналіз способів транспортування сипких матеріалів у замкнутих кожухах технологічних магістралей. Показано конструктивні особливості гвинтових конвеєрів з гнучкими секційними робочими органами. Вказано на їх конструктивні недоліки, приведено порівняння з зарубіжними аналогами. Наведено також механіко – технологічні властивості сипких матеріалів. Для забезпечення створення конкурентоздатних технічних засобів завантаження – розвантаження сипких матеріалів, здобувачем пропонується застосувати нове шарнірне з'єднання секцій гнучкого конвеєра із збільшеним кутом розхилу між секціями для зменшення радіусу кривизни технологічної магістралі. На підставі цього сформульована мета та завдання досліджень.

**У другому розділі** приведено оцінку конструктивних параметрів шарнірно – секційного з'єднання гнучкого гвинтового конвеєра для визначення їх оптимального співвідношення з величиною кута технологічної магістралі. Визначено умови ефективної його роботи без заклинювання з максимальним ККД при відповідному крутному моменті ведучого валу. Розглянуті контактні напруження в шарнірних елементах гнучкого валу і встановлена зона конструктивних обмежень на кут лунки. Представлена динамічна модель реальних навантажень шнекового транспортера та отримано пускові та гальмівні моменти в залежності від матеріалу, який транспортується і виконує функцію демпфера. Доведено, що для забезпечення міцності ланок шнека при гальмуванні необхідно передбачити запобіжні муфти із запасом 1,5 рази від номінального.

Зауваження до другого розділу:

- у аналітичних дослідженнях взаємодії робочого органу не враховано вплив матеріалу, що транспортується та не вказано особливостей їх взаємодії в залежності від фізико-механічних властивостей матеріалу;
- у дослідженнях розглядається робота шарнірно – секційного з'єднання лише у горизонтальній площині;
- при проведенні аналізу графічних залежностей (рис.2.17 – 2.22) не вказано роль кількості кривих, з яких міркувань вибирався час гальмування.

У третьому розділі автором запропонована програма, методики та результати експериментальних досліджень розроблених нових конструкцій секційних гвинтових робочих органів, виконаних на основі кулькових шарнірних з'єднань та експериментального стенду з гнучким гвинтовим конвеєром в умовах напівнатурного експерименту. В досліджах широко використовувала комп'ютерна техніка, сучасне вимірювальне обладнання. Запропоновані методики та результати з визначення енергосилових параметрів шарнірно – секційного робочого органу, продуктивності гнучкого гвинтового конвеєра при транспортуванні сільськогосподарських матеріалів і технічної солі. Okремо виділена методика та результати експериментальних досліджень з визначення деформаційних характеристик шарнірно – секційного робочого органу, обробки результатів проведення експериментів виникнення тріщин, встановлення жорсткості опор, формування статистичних моделей експлуатаційного навантаження для оцінки довговічності.

Зауваження до третього розділу:

- доцільно було б розширити номенклатуру транспортованого матеріалу.

У четвертому розділі згідно з програмою досліджень графоаналітичним методом встановлено раціональні силові та технологічні параметри шарнірно – секційного робочого органу і гнучкого гвинтового конвеєра. Встановлено вплив частоти обертання робочого органу, висоти підйому сипкого матеріалу, радіуса кривизни технологічної магістралі на зміну крутного моменту та діаметра кожуха магістралі, частоти обертання робочого органу, коефіцієнта заповнення магістралі при усталеному режимі роботи транспортуючого засобу на перевантаженні сипких матеріалів.

Зауваження до четвертого розділу:

- поняття частоти обертання і кількості обертів несуть різний зміст (стр.14 автореферату).

У п'ятому розділі наведено методику інженерного проектування з використанням комп'ютерного моделювання шарнірно – секційних робочих органів замкнених в еластичні кожухи. Порівняльний аналіз результатів комп'ютерного моделювання з отриманими експериментально не перевищує 23%. Розглянуті напрямки подальшого вдосконалення транспортуючих засобів даного типу вказують на доцільність проведених досліджень для зниження енергомісткості навантажувально – розвантажувальних робіт.

Зауваження до п'ятого розділу:

- не зрозуміло чи методика розрахунку економічної ефективності враховує технологічні параметри запропонованого технічного засобу.

## 7. Основні зауваження до дисертаційної роботи

До дисертаційної роботи та її автореферату треба віднести наступні зауваження:

1. У першому розділі автор наголошує на виконанні технологічного процесу із сільськогосподарськими матеріалами. Для даної спеціальності варто було б розглядати транспортування вантажу секційним гвинтовим конвеєром за більш ширшими ознаками.

2. При проведенні експериментальних досліджень доцільно було розширити номенклатуру сипких матеріалів, в тому числі сільськогосподарських.

3. В роботі не проводились досліди з визначення допустимих радіусів згину кожуха, що є одним із обмежень на проектування секційного конвеєра. Не вказано також і властивості матеріалу, з якого виконаний замкнутий кожух.

4. Доцільно було об'єднувати графіки на яких представлені тільки по одній кривій. В авторефераті рис. 4-8 важко сприймаються через вибраний масштаб. Рис.7 потребує уточнення щодо підпису.

5. В роботі не вказано, яка нормативно-технічна документація і методики використані при розрахунку економічної ефективності. Не зрозуміло з яких міркувань вибрано довжину завантажувально – розвантажувальних магістралей 12 м. і чому витрати енергії взяті при транспортуванні тільки ячменю.

6. В авторефераті доцільно було дати більш ширше переваги запропонованої конструкції робочого органу порівняно з існуючими. Відсутнє обґрунтування заміни шарнірного з'єднання (рис.2.1 дисертація) на кількість стержнів основи секції (рис.5.2 – 5.3) при комп'ютерному моделюванні та не вказано, які конструктивні параметри шарнірного гвинтового робочого органу вдалось встановити (уточнити).

7. В дисертаційній роботі та авторефераті зустрічаються невдалі звороти, відхилення від встановленої технічної лексики, описки та інше.

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

## 8. Висновок

Дисертація Клендія Володимира Миколайовича “**Обґрунтування параметрів гнучких гвинтових конвеєрів з шарнірно – секційним робочим органом**”, є завершеною кваліфікаційною науковою працею, в якій наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення науково – практичної задачі, що виявляється у розробленні методів для створення нових технічних засобів для виконання навантажувально – розвантажувальних робіт.

Вказані недоліки не зменшують наукової та практичної цінності представленої дисертації.

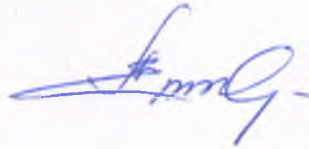
Основні результати дисертації в достатній мірі опубліковані у фахових наукових виданнях України та науко - метричних базах. Дисертація характеризується єдністю змісту та сучасною методологією проведених

досліджень. Зміст автореферату у повній мірі відображає наукові положення та результати дисертаційної роботи, висновки у дисертації та її авторефераті повністю ідентичні.

Дисертаційна робота виконана на належному науковому рівні та відповідає вимогам «Положення про присвоєння старшого наукового співробітника...» МОН України, які пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидати технічних наук за спеціальністю 05.05.05 – підйомно – транспортні машини, а її автор Клендій Володимир Миколайович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук.

**Офіційний опонент,**

**доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри  
експлуатації та технічного сервісу машин  
ім. проф. О.Д.Семковича,  
Львівський національний  
аграрний університет**



**В.Ф. Дідух**

Підпис Дідуха В.Ф. засвідчую.

Головний вчений секретар, к.б.н., доцент



**С.А.Різель**