

ВІДГУК

опонента на дисертацію **ВОЛІНОЇ Тетяни Миколаївни**
на тему: «**Геометро-кінематичні методи визначення параметрів руху частинок по поверхнях під дією прикладених сил**»,
що подана до спеціалізованої вченої ради Д 26.004.11
у Національному університеті біоресурсів і природокористування України
на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
з наукової спеціальності 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка»

Актуальність теми дисертаційного дослідження

Питання глибокого розуміння та оптимізації процесів руху частинок по різних поверхнях, що є ключовим аспектом у багатьох галузях техніки та промисловості, не втрачає своєї актуальності. У сучасних умовах, коли технологічні процеси стають все складнішими, а вимоги до ефективності та точності зростають, дослідження динаміки частинок набуває особливого значення. Розробка геометро-кінематичних методів визначення параметрів їх руху дозволяє не тільки покращити розуміння фізичних процесів, але й вдосконалити конструкції машин та механізмів, що взаємодіють з частинками матеріалів.

Дослідження має важливе значення для сільськогосподарської техніки, де ефективно транспортування та розподіл матеріалів, таких як зерно або добрива, безпосередньо впливає на продуктивність та рентабельність виробництва. Крім того, результати дослідження можуть бути застосовані в інших галузях, таких як гірничовидобувна промисловість, хімічна промисловість та будівництво, де рух частинок по поверхнях є невід'ємною частиною технологічних процесів.

Проведене дослідження не тільки розширює теоретичні знання в області механіки, але й пропонує практичні рішення для покращення роботи машин та механізмів. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню ефективності виробничих процесів, зниженню витрат та підвищенню якості продукції. Таким чином, проведене дослідження є важливим кроком у розвитку сучасних технологій та підвищенні їх конкурентоспроможності на світовому ринку.

Структура та зміст дисертації

Дисертація складається з анотацій, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі обґрунтована актуальність теми, її зв'язок з науковими програмами та планами, мета і завдання дослідження, а також його об'єкт і предмет. Тема дисертації відповідає пріоритетним напрямам науково-технічної політики України, зокрема, дослідженням механіки суцільного середовища та механіки машин.

Перший розділ присвячено основним відомостям та аналізу наукових праць з теорії руху матеріальної точки. Проаналізовано основні підходи до складання диференціальних

рівнянь руху точки по рухомих і нерухомих поверхнях. З'ясовано, що при цьому не існує єдиного підходу і задачі розв'язуються для конкретних типів поверхонь, причому часто використовується циліндрична система координат, в якій зручно описувати рух частинок по гвинтових і поверхнях обертання. При цьому рівняння складаються за умови, що рух по них стабілізувався, тобто вони не описують перехідного процесу. Сама поверхня описується спрощено, часто не наводяться її параметричні рівняння, які мають вирішальне значення для складання диференціальних рівнянь руху. Отримані результати відображаються у вигляді різноманітних графіків без якісної візуалізації самих поверхонь і траєкторій ковзання частинки по них.

Здобувачкою запропоновано відносити поверхню до внутрішніх координат, що дозволяє описувати абсолютну траєкторію руху частинки додаванням її відносного (залежність двох криволінійних координат від третьої незалежної змінної) і переносного (переміщення поверхні відносно нерухомої системи координат) рухів. Інший запропонований підхід – використання в ролі рухомої системи координат супровідного тригранника Френе. Це дає змогу визначати складові абсолютного прискорення за формулами Френе в проекціях на його орти.

У другому розділі досліджено аналітичний опис руху частинки по стаціонарних гвинтових поверхнях у залежності від часу. Характер руху частинки по такій поверхні з вертикально розташованою віссю визначається формою цієї поверхні, яка задається кривою перерізу жолоба вертикальною площиною, що проходить через вісь гвинтової поверхні. Отримані результати показують, що конструктивні параметри жолоба, такі як його радіус та кут підйому гвинтової лінії, суттєво впливають на режими руху частинок. Це дозволяє оптимізувати конструкції гвинтових транспортерів.

У розділі сформульовано узагальнені диференціальні рівняння руху частинки по нерухомій гвинтовій поверхні. Отримано часткові розв'язки для косоного закритого гелікоїда та поверхонь з жолобами у вигляді півкола та синусоїди. Досліджено вплив амплітуди та частоти синусоїди на траєкторію та швидкість руху частинки. Отримані результати мають значення для проектування та оптимізації механізмів, де використовуються складні гвинтові поверхні.

Третій розділ присвячено аналітичному опису руху частинки по рухомих поверхнях у функції часу. У цьому розділі розглядаються різні випадки руху поверхонь: коливальні, обертальні та комбіновані. Особлива увага приділяється впливу конструктивних параметрів поверхонь та кутів нахилу на траєкторії руху частинок.

Розглянуто рух частинки по хвилястій поверхні, усі точки якої описують кола в горизонтальних площинах. Досліджено вплив амплітуди та частоти коливань на траєкторію та швидкість руху частинки. Показано, що коливальні рухи можуть суттєво впливати

на стабільність та траєкторію руху частинок, що важливо для оптимізації роботи вібротранспортерів та інших пристроїв.

Досліджено рух частинки по поверхні, яка обертається навколо своєї осі. Розглянуто різні випадки обертального руху, включаючи вплив кутової швидкості та конструктивних параметрів поверхні на рух частинки. Це є важливим для проєктування та оптимізації оберткових машин, таких як центрифуги або гвинтові конвеєри.

Для випадку обертального руху досліджено рух частинки по внутрішній поверхні горизонтального та похилого циліндрів, зовнішній поверхні конуса, внутрішній поверхні сферичного сегмента та поверхні з меридіаном у формі параболи. Обґрунтовано форму меридіана поверхні обертання, яка забезпечує заданий рух частинки.

Розглянуто рух частинки по сферичному сегменту з лопатками, вертикальному гвинтовому коноїду зі співвісним циліндром та гвинтовому коноїду в нерухомому циліндрі, що здійснюють обертальний рух. Проведено порівняльний аналіз траєкторій руху частинок у різних умовах. З'ясовано принципову відмінність процесу транспортування частинки вертикальним, горизонтальним і похилим гвинтовим конвеєром.

Четвертий розділ присвячено аналітичному опису руху частинки по стаціонарних поверхнях у функції довжини пройденого шляху, що дозволяє краще зрозуміти вплив геометрії та конструктивних параметрів на динаміку частинок. Розглянуто закономірності руху частинок, а також розраховано параметри руху для різних типів поверхонь і умов.

Розглянуто закономірності руху частинки по гвинтовому коноїду, обмеженому вертикальним циліндром. Досліджено, як конструктивні параметри, такі як кут підйому гвинтової лінії та діаметр циліндра, впливають на траєкторію руху частинки. Отримані результати показують, що при певних умовах частинка може рухатися стабільно або з періодичними коливаннями, що є важливим для оптимізації роботи механізмів, таких як шнеки або гвинтові транспортери.

Розроблено методику проєктування криволінійної осі силосопроводу, яка забезпечує ефективне транспортування подрібненої маси. Розглянуто різні варіанти конструкцій та їх вплив на ефективність транспортування. Важливим є те, що запропоновані рішення дозволяють зменшити втрати матеріалу та підвищити продуктивність систем транспортування, що має велике практичне значення для сільськогосподарської та харчової промисловості.

Досліджено рух матеріалу у вигляді суцільного середовища на прикладі абсолютно гнучкої нестискуваної смуги по поверхні циліндра, як перпендикулярно до його твірних, так і під кутом. Проаналізовано вплив кута нахилу та швидкості руху смуги на її стабільність та траєкторію.

Отримані результати мають безпосереднє застосування в конструюванні та оптимізації машин і механізмів, що взаємодіють з сипучими матеріалами. Вони дозволяють підвищити ефективність транспортування, зменшити втрати матеріалів та покращити надійність обладнання.

Матеріал розділу розширює розуміння закономірностей руху частинок по стаціонарних поверхнях, що є важливим для подальших теоретичних розробок у галузі механіки та інженерії.

П'ятий розділ присвячено аналітичному опису руху частинки по рухомих поверхнях у функції довжини пройденого шляху. У цьому розділі розглянуто різні випадки складного руху частинок по поверхнях, які здійснюють обертальні або коливальні рухи.

Досліджено рух частинки по похилій площині, яка обертається навколо вертикальної осі. Розглянуто вплив кута нахилу площини та швидкості обертання на траєкторію руху частинки. Проведено аналіз закономірностей руху та отримані результати порівняно з теоретичними моделями. Отримані результати показують, що оптимізація кута нахилу та швидкості обертання може суттєво покращити ефективність роботи пристроїв, таких як похилі транспортери або сортувальні пристрої.

Досліджено рух частинки по горизонтальній площині, яка виконує складні рухи: поєднання поступального та обертального рухів. Проведено аналіз впливу параметрів руху площини на траєкторію частинки.

Розглянуто рух частинки по внутрішній поверхні конуса з вертикальними лопатками з точку зору впливу конструктивних параметрів конуса та лопаток на траєкторію та швидкість руху частинки.

Досліджено вплив швидкості обертання гвинтового коноїда всередині нерухомого циліндра та його геометричних параметрів на рух частинки. Проведено порівняльний аналіз траєкторій руху частинок у різних умовах.

Розділи містять детальні розрахунки, ілюстрації та висновки, які підтверджують теоретичні положення та практичну значимість досліджень.

Загальні висновки підсумовують результати, які були отримані в ході проведеного дослідження. Вони демонструють внесок у розвиток теоретичних та практичних аспектів руху частинок по різних поверхнях. Отримані результати мають вагоме значення для різних галузей техніки та промисловості, включаючи сільськогосподарську техніку, гірничовидобувну промисловість та будівництво.

Застосування пропонованих геометро-кінематичних методів для аналізу руху частинок дозволяє не тільки покращити розуміння фізичних процесів, але й оптимізувати конструкції машин та механізмів. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню ефективності виробничих процесів, зниженню витрат та підвищенню якості продукції. Отримані

результати мають практичне застосування та можуть бути використані для розробки нових технологій та вдосконалення існуючих рішень.

Таким чином, висновки до дисертації підтверджують актуальність та значимість проведеного дослідження, а також його внесок у розвиток сучасних технологій та наукових знань.

У додатках подано документальне підтвердження виконаних впроваджень отриманих результатів.

Отже, дисертація Т. М. Воліної є логічно завершеною науковою роботою. Дисертанткою по розділах розкрито підходи до знаходження закономірностей руху частинок по стаціонарних та рухомих поверхнях за допомогою параметричних рівнянь у функції часу та у функції довжини дуги відповідно, та застосовано запропоновані підходи до розв'язання задач практичного характеру.

Наукова новизна результатів дослідження

1. Вперше виведено узагальнені диференціальні рівняння ковзання частинки по гвинтовій поверхні під дією її власної ваги при заданій кривій осьового перерізу.

2. Вперше описано рух частинки у гвинтовому конвеєрі зі шнеком, що обертається всередині нерухомого циліндричного кожуха при зміні кута нахилу осі конвеєра від горизонтального до вертикального положення.

3. Вперше описано рух частинки у вертикальному циліндрі з жорстко закріпленим у ньому співвісним шнеком, які обертаються навколо спільної осі.

4. Вперше складено диференціальні рівняння відносного і абсолютного руху частинки, яка ковзає по поверхні, що здійснює коловий коливальний поступальний рух.

5. Вперше візуалізація траєкторій ковзання частинки приводиться не у вигляді графіків, а на аксонометричному зображенні поверхні.

6. Отримало подальший розвиток застосування супровідного тригранника напрямної кривої в ролі рухомої системи координат і формул Френе при складному русі частинки.

7. Отримало подальший розвиток складання диференціальних рівнянь руху частинки як по нерухомих, так і по рухомих поверхнях із застосуванням внутрішніх криволінійних координат поверхні, що представляє собою узагальнений спосіб розв'язання подібних задач.

8. Отримало подальший розвиток застосування в ролі незалежної змінної довжини дуги траєкторії як у простому, так і складному русі.

Все це підтверджує суттєвість наукової новизни отриманих дисертанткою результатів.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено використанням математичного апарату у вигляді методів аналітичної, обчислювальної,

диференціальної геометрії, векторної алгебри, теоретичної механіки, комп'ютерної графіки. На їх основі створено геометричні моделі, які забезпечили проведення відповідних комп'ютерних експериментів, що підтвердили коректність запропонованої методології. Достовірність отриманих результатів підтверджено виконаними практичними впровадженнями. Зазначені відомості належним чином опубліковано у наукових виданнях та обговорено на науково-практичних конференціях.

Практичне значення результатів дослідження

Цінність виконаного дисертаційного дослідження полягає у розробленні методології визначення параметрів руху частинок по стаціонарних та рухомих поверхнях та у її застосуванні до розв'язання широкого кола практичних задач. Отримані результати впроваджено у сільськогосподарське виробництво, освітній процес та інші сфери, що підтверджує їх практичну значимість.

Повнота викладення основних результатів дослідження в опублікованих наукових працях

За темою дисертації опубліковано 71 наукову працю, з яких 24 статті у періодичних наукових виданнях, включених до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України та/або в закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, 16 статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань, 3 патенти України на корисні моделі, 28 тез наукових доповідей. Публікації у повному обсязі висвітлюють основні наукові результати дисертаційного дослідження та підтверджують високий рівень їх апробації.

Відповідність дисертації спеціальності, за якою вона подана до захисту

Дисертація за своїм змістом відповідає паспорту наукової спеціальності 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка», за якою спеціалізований вчений раді Д 26.004.11 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України надано право проводити захист дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

Мова та стиль написання дисертації

Мова та стиль дисертації відповідають вимогам академічного письма, забезпечуючи точність і наукову об'єктивність викладу. Порядок викладення матеріалу є логічним, послідовним та аргументованим, що сприяє його сприйняттю. Використано уніфіковану термінологію та аргументовані твердження. Формальний стиль викладу сприяє об'єктивності та нейтральності тексту. Текст дисертації написано державною мовою без помилок та стилістичного перевантаження.

Відсутність академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації

Наявні в дисертації ідеї, результати і тексти інших авторів мають потрібні посилання на літературні джерела. Проведений аналіз тексту дисертації дозволяє зробити висновок

про відсутність порушень з боку авторки принципів академічної доброчесності. Дисертація не містить фальсифікації, фабрикації, компіляції, плагіату та запозичень і є результатом особистих наукових положень авторки.

Ідентичність змісту реферату та дисертації

Реферат повною мірою відображає основні положення, висновки та рекомендації дисертаційного дослідження, є ідентичним із основними результатами дисертації.

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації:

1. При розв'язуванні задач знаходження траєкторій ковзання частинок по рухомих поверхнях не завжди обґрунтовуються початкові умови руху. Це стосується величини початкової швидкості і її напрямку в момент зустрічі із поверхнею або в момент початку ковзання, як це зроблено, наприклад, при попаданні частинки на зовнішню поверхню конуса, що обертається навколо своєї вертикальної осі.

2. Авторка для дослідження ковзання частинки по рухомій поверхні застосовує супровідний тригранник Френе переносної траєкторії. При цьому незалежною змінною є довжина дуги цієї траєкторії. У подальших викладках фігурує натуральне рівняння переносної траєкторії. Але таку параметризацію допускає обмежене число кривих, що може поставити під сумнів доцільність застосування тригранника Френе.

3. Назва п'ятого розділу є некоректною. В ньому заявлено про опис руху частинки у функції довжини пройденого шляху. Проте довжина пройденого шляху стосується не частинки, а руху супровідного тригранника Френе переносної траєкторії.

4. У роботі розглянуто ковзання частинки по поверхнях, які здійснюють поступальні коливання. При такому коливальному русі всі точки поверхні описують однакові кола у горизонтальних площинах. Однак поширеними є також зворотно-поступальні коливання. На нашу думку, розгляд таких коливань міг би бути цікавим з теоретичної точки зору, а можливо і корисним із практичної.

Подані зауваження не знижують загального високого рівня дисертації Т. М. Воліної.

Загальний висновок

Аналіз дисертації, реферату та опублікованих наукових праць дозволяє сформулювати загальний висновок про те, що дисертація Воліної Тетяни Миколаївни на тему: «Геометро-кінематичні методи визначення параметрів руху частинок по поверхнях під дією прикладених сил» є завершеною науковою працею, що має наукову новизну, теоретичне та практичне значення, які в сукупності розв'язують актуальну науково-прикладну проблему, яка полягає у необхідності розроблення методології визначення параметрів руху частинок по стаціонарних та рухомих поверхнях для її застосування до розв'язання задач теорії руху частинки в різних галузях.

За актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною, змістом та оформленням, дисертація повністю відповідає вимогам Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17.11.2021 року № 1197 та паспорту наукової спеціальності 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка», а її авторка Воліна Тетяна Миколаївна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за науковою спеціальністю 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка».

Опонент

завідувачка кафедри цифрових технологій в енергетиці
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»,
доктор технічних наук, професор

