

ВІДГУК

опонента завідувача кафедри архітектурних конструкцій
Київського національного університету будівництва і архітектури,
доктора технічних наук, професора **Віталія ПЛОСКОГО**
на дисертацію **Тетяни ВОЛІНОЇ**
на тему: «**Геометро-кінематичні методи визначення параметрів руху
частинок по поверхнях під дією прикладених сил**»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
зі спеціальності 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка»

Аналіз дисертації, реферату та опублікованих за темою виконаного дослідження наукових праць здобувача дозволяє зробити наступні висновки.

Актуальність теми дисертації

та зв'язок її з науковими програмами, планами, темами

Актуальність дисертації має глибоке коріння в історії розвитку механіки та її застосуванні в інженерній практиці. Свідченням цього є дослідження в цій області відомих вчених – академіків НААН П. М. Василенка, П. М. Заїки, В. В. Адамчука. З плином часу кількість сільськогосподарських задач, що потребують знання теорії руху частинки по поверхні, лише зростає, розширюючи свій спектр від простих гравітаційних площин до складних рухомих поверхонь.

У сучасному світі технологічні процеси багатьох машин, зокрема сільськогосподарських, значною мірою залежать від переміщення частинок по поверхнях їх робочих органів. Ефективність цих процесів напряму пов'язана з конструктивними та кінематичними особливостями руху як самих робочих органів, так і частинок оброблюваного матеріалу по них. Тому розроблення методів для визначення закономірностей руху частинок є критично важливою задачею.

Аналітичний опис руху матеріалів, що складаються з окремих частинок, є складним завданням, і в цій області ще існують значні прогалини. Незважаючи на значний внесок багатьох вчених, численні практичні задачі, особливо в сільськогосподарському машинобудуванні, залишаються невирішеними.

Саме тому розроблення геометро-кінематичних методів для аналізу руху частинок по рухомих та стаціонарних поверхнях є актуальною науково-технічною проблемою. Такі методи мають потенціал для застосування не лише в сільськогосподарському машинобудуванні, але й в інших галузях техніки, де важливе розуміння законів руху частинок матеріалу по різноманітних поверхнях робочих органів машин.

У рамках обраної теми розроблено методологічну основу визначення параметрів руху частинок по поверхнях під дією прикладених сил. Дані наукові розвідки узагальнюють здобутки школи прикладної геометрії НУБіП України, що стосуються напряму визначення закономірностей руху частинок по поверхнях. Отримані результати послугували подальшому розвитку теоретичного ядра методології прикладної геометрії.

Дисертація відповідає актуальним напрямам науково-технічної політики України, зокрема, дослідженням в області механіки суцільного середовища та механіки машин, а також розвитку математичного моделювання в природничих науках. Роботу виконано у відповідності до плану наукових досліджень Національного університету біоресурсів і природокористування України за темою 110/9-пр-2020 «Обґрунтування методів підвищення виробництва зерна в сільськогосподарських підприємствах інтенсифікацією інженерного менеджменту» (номер державної реєстрації 0120U102086).

Розроблені способи, прийоми та моделі впроваджено в практику та освітній процес, що додатково підтверджує актуальність проведених досліджень.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, викладених у дисертації

Наукові ідеї, представлені в дисертації, опубліковані у провідних фахових виданнях України, а також у міжнародних наукових журналах, проіндексованих у базі даних Scopus. Крім того, ці ідеї обговорювалися на різноманітних наукових конференціях, що підтверджує їх актуальність та значимість для наукової спільноти.

Для обґрунтування отриманих результатів авторкою було використано методи класичної механіки, аналітичної та диференціальної геометрії, а також теорію супровідного тригранника та формул Френе. Достовірність результатів підтверджується їх реалізацією в середовищі MatLab для розрахунку параметрів руху частинок по поверхнях, а також комп'ютерною візуалізацією та практичним застосуванням отриманих даних.

Окремі результати, отримані на основі узагальнених моделей, повністю узгоджуються з висновками інших дослідників. Коректність висновків підтверджена за допомогою відповідних комп'ютерних експериментів та впровадженням результатів у практичну діяльність.

Таким чином, наукові положення, висновки та рекомендації, представлені в дисертації, є обґрунтованими та достовірними, що підтверджує їх значимість для подальших досліджень та практичного застосування.

Наукова новизна результатів дослідження

У дисертації, присвяченій геометро-кінематичним методам визначення параметрів руху частинок по поверхнях під дією прикладених сил, досягнуто низки важливих результатів, які розширюють існуючі теоретичні знання та демонструють новий погляд на вирішення задач руху частинок по різних поверхнях. Основні аспекти новизни включають:

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, який обертається всередині нерухомого циліндричного кожуха, при зміні кута нахилу осі конвеєра від горизонтального до вертикального положення. А також описано рух частинки у вертикальному циліндрі з жорстко закріпленим у ньому співвісним шнеком, які обертаються навколо спільної осі.

3. Запропоновано метод для вивчення закономірностей руху частинок по поверхнях, які здійснюють колові коливальні поступальні рухи.

4. Запропоновано застосування тригранника Френе як рухомої системи координат для опису складного руху частинок по рухомих поверхнях.

Ці результати підтверджують значущість і новизну дослідження, яке розширює існуючі знання та вносить важливий внесок у розвиток теорії і практики руху частинок по поверхнях.

Структура та зміст дисертаційної роботи, її практичне значення

Дисертаційне дослідження складається із п'яти розділів. Розділи дисертації логічно побудовані та змістовно наповнені. Структурно дисертація включає анотацію, зміст, основну частину, висновки та пропозиції, список використаних джерел та додатки. Анотація дисертації у достатньому обсязі висвітлює основні положення і висновки, що містяться у дисертації, відображає її структуру та логіку викладення матеріалу.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету та завдання дослідження, викладено його теоретичну базу, визначено наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення, наведено дані про їхню апробацію та впровадження, подано загальну характеристику структури дисертації.

Перший розділ демонструє ґрунтовний підхід до теоретичних основ дослідження руху частинок по поверхнях. Здобувачкою чітко визначено, що дослідження зосереджено на русі матеріальних точок (частинок) по поверхнях під дією сил. Це дозволяє сфокусувати подальший аналіз та уникнути розмитості у трактуванні результатів. У розділі детально розглядаються поняття «матеріальна точка» та умови, за яких реальні тіла можна вважати матеріальними точками.

Заміна реальних тіл матеріальними точками є виправданим прийомом для спрощення математичного апарату. Авторка вказує на це спрощення та його мету – полегшення опису руху. Також у розділі обґрунтовується нехтування обертальним рухом частинок, що дозволяє спростити аналіз їх руху по поверхні.

Хоча авторка ігнорує опір повітря, зосередження на русі по шорстких поверхнях з урахуванням сили тертя є важливим кроком до реалістичності моделі.

Зосередження на другій задачі динаміки (визначення траєкторії руху за відомими прикладеними до частинки силами) є обґрунтованим з огляду на її складність. Здобувачка визнає важливість обох задач динаміки, але робить акцент на більш складній, що свідчить про глибину дослідження. У розділі дається порівняльний аналіз складності розв'язання першої та другої задач динаміки.

Слід відмітити, що застосування параметричних рівнянь поверхонь та криволінійних координат є прогресивним підходом. Це дає можливість описувати рух по складних поверхнях з більшою гнучкістю та точністю порівняно з традиційними методами. У розділі детально пояснюється перевага використання параметричних рівнянь поверхонь порівняно з неявними рівняннями.

Використання тригранника Френе є потужним інструментом для аналізу кінематичних характеристик руху, особливо при складному русі. У розділі наводяться приклади ефективного застосування тригранника Френе для опису руху частинки по рухомих поверхнях.

Другий розділ присвячено застосуванню розроблених у першому розділі теоретичних методів до аналізу руху частинок по конкретних типах поверхонь.

У розділі демонструється ефективність використання параметричних рівнянь для опису руху частинки по гвинтових поверхнях. Розглядаються як лінійчаті гвинтові поверхні, так і поверхні з криволінійним осьовим перерізом. Це дозволило дослідити вплив геометрії поверхні на траєкторію руху частинки. Усі випадки описано узагальненою математичною моделлю.

Отримано цікавий результат для випадку руху частинки в жолобі гвинтової поверхні. Показано, що у гвинтовому жолобі на частинку діє відцентрова сила, яка спричиняє коливальний рух. Траєкторія частинки асимптотично наближається до гвинтової лінії дна жолоба, а швидкість — до нуля.

Загалом, другий розділ демонструє практичне застосування розроблених теоретичних методів до аналізу руху частинок по конкретних стаціонарних поверхнях. Розглянуті приклади є релевантними для багатьох інженерних

застосувань, зокрема в сільськогосподарському машинобудуванні. Аналіз руху у гвинтових жолобах є цінним внеском у розуміння складних процесів транспортування, обробки та сепарації матеріалів.

У третьому розділі проведено аналіз руху частинок по поверхнях, які знаходяться в русі. Це значно ускладнює задачу порівняно з випадком нерухомих поверхонь, оскільки виникають додаткові сили та прискорення.

Досліджено відносний рух частинки по поверхнях, що здійснюють коливальний рух, коли всі точки поверхні описують кола в горизонтальних площинах. Розглянуто приклади циліндричної поверхні з синусоїдальним перерізом та зовнішньої поверхні колового циліндра з горизонтальною та нахиленою віссю. Знайдено умови відриву частинки від поверхні. Проаналізовано вплив параметрів коливального руху на траєкторію частинки.

Розділ охоплює широкий спектр випадків складного руху частинки по поверхнях, що робить дослідження більш загальним і придатним до застосування до різних практичних задач. Використання параметричних рівнянь поверхонь та криволінійних координат дозволяє ефективно описувати рух по складних рухомих поверхнях. Розглянуті приклади мають практичне значення, як, наприклад, розглянута задача транспортування матеріалу шнеком.

Четвертий розділ демонструє ефективність використання тригранника Френе для аналізу руху частинок по стаціонарних поверхнях.

Розділ починається з аналізу руху частинки по похилій площині, де сили, що діють на частинку (сила ваги, реакція поверхні та сила тертя), проєкціюються на рухому систему координат, пов'язану з частинкою. Це дозволяє отримати відоме диференціальне рівняння руху частинки, чим, окрім іншого, підтверджується адекватність запропонованого підходу.

Далі вводиться поняття тригранника Френе – рухомої системи координат, орти якої спрямовані вздовж дотичної, головної нормалі та бінормалі до траєкторії руху частинки. Підкреслюється, що при русі по кривій траєкторії виникає нормальне прискорення, спрямоване до центру кривини, яке відсутнє при прямолінійному русі.

Окремий підрозділ присвячено аналізу руху гнучкої смуги по поверхні, де розглядаються сили, що діють на елемент смуги, включаючи силу тиску, силу тертя та відцентрову силу. Аналіз руху гнучкої смуги є цінним внеском у розуміння процесів транспортування та обробки сипких матеріалів.

Розділ наочно демонструє переваги використання тригранника Френе для опису криволінійного руху, оскільки він дозволяє спростити вирази для швидкості та прискорення частинки. Розглянуті приклади (рух по похилій площині, рух гнучкої смуги та інші) є показовими і мають практичне значення для різних інженерних застосувань.

П'ятий розділ присвячено подальшому розвитку методів аналізу складного руху частинок по рухомих поверхнях з використанням тригранника Френе.

У розділі розроблено узагальнену математичну модель складного руху частинки по площині, коли переносне переміщення задається плоскою прямою кривою сталої кривини. Отримана універсальна система диференціальних рівнянь дозволяє досліджувати рух частинки при різних кутах нахилу площини. Встановлено мінімальне значення кута нахилу поверхні, при якому відсутній відрив частинки від поверхні. Цей кут залежить від коефіцієнта тертя та кутової швидкості обертання поверхні.

Як приклад практичного застосування розроблених методів, розглянуто задачу знаходження траєкторії ковзання вантажу в кузові вантажного автомобіля, що здійснює поворот по дорозі зі змінною кривиною її осі. Такий аналіз є особливо цінним, оскільки він показує можливість застосування теоретичних результатів для вирішення конкретної практичної проблеми.

Загальні висновки повністю відображають отримані в дисертації результати, які є обґрунтованими та підтверджують вагомий внесок здобувачки в розвиток прикладної геометрії та інженерної графіки.

У дисертації розроблено геометро-кінематичні методи для визначення параметрів руху частинок по поверхнях. Ці методи базуються на використанні параметричних рівнянь поверхонь та криволінійних координат, що дозволяє ефективно аналізувати рух частинок по складних геометричних об'єктах.

У роботі розглянуто рух частинок по нерухомих та рухомих поверхнях, включаючи гвинтові поверхні, циліндричні поверхні та площини, що здійснюють коливальні рухи. Особлива увага приділена аналізу складного руху частинок, коли поверхні самі знаходяться в русі. Показано ефективність застосування тригранника Френе для аналізу кінематичних характеристик руху частинок, особливо у випадках складного руху.

Авторкою знайдено аналітичний опис залежностей руху частинок по поверхнях. Практичне значення дисертації полягає в тому, що отримані результати використані при проєктуванні технічних поверхонь, які контактують із технологічним матеріалом. Зокрема, на основі отриманих теоретичних результатів удосконалено конструкції машин відцентрової дії, що підтверджується трьома патентами України на корисну модель. Слід відмітити, що розроблені методи мають потенціал для застосування в різних галузях техніки, включаючи сільськогосподарське машинобудування, при проєктуванні робочих органів машин та аналізі процесів транспортування, обробки чи сепарування матеріалів.

У додатках до роботи наведено акти про впровадження отриманих у дисертаційному дослідженні результатів, а саме: в діяльність ТОВ «Авіс Зернотрейд» с. Біловоди Роменського району Сумської області, ТОВ «Зернова Індустрія» смт Низи Сумського району Сумської області, ТОВ «НОТЕХС» м. Суми, ФГ Шепіль Я. А. с. Сула Сумського району Сумської області, ФГ Лисянський М. В. с. Мартинці Лебединського району Сумської області, у навчальний процес Національного університету біоресурсів і природокористування України та Сумського національного аграрного університету. Це підтверджує практичну цінність даної дисертації.

Повнота викладу основних наукових результатів в опублікованих 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. У зазначених працях належним чином відображено основні наукові результати дисертації.

**Відповідність дисертації спеціальності,
за якою вона подана до захисту**

Дисертація за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка» та профілю спеціалізованої вченої ради Д 26.004.11 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України, якій надано право проводити захист дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

Мова та стиль дисертації

Дисертація написана державною мовою. Матеріали роботи викладено логічно, аргументовано та належним чином ілюстровано. Необхідні відомості сформульовано чітко та доступно, без зайвих стилістичних перевантажень. Використана термінологія є загальноприйнятою.

Відповідність академічній доброчесності

Аналіз звіту подібності за результатами перевірки дисертації на текстові збіги, дозволяє зробити висновок, що робота Тетяни Воліної не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень і є результатом самостійних досліджень авторки. Використані в дисертації ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

Ідентичність змісту реферату й основних положень дисертації

Реферат дисертації за своїм змістом з належною повнотою відповідає викладеним у дисертації результатам та ідентично відображає загальну характеристику, основний зміст та висновки роботи.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації

1. У першому розділі роботи детально описано відомості з теорії руху точки, які наведені як у підручниках із фізики, так і теоретичної механіки. На нашу думку, більше уваги слід було приділити огляду існуючих праць,

у яких розглядаються практичні задачі руху як окремих частинок по робочих органах, так і їх масиву. Наприклад, існують праці, у яких досліджується транспортування технологічного матеріалу шнековими конвеєрами із урахуванням коефіцієнта заповнення їх об'єму.

2. При дослідженні руху частинок по поверхнях, що здійснюють коливання або обертання навколо своєї осі, досліджено тільки траєкторії відносного і абсолютного рухів і не наводиться практичних рекомендацій щодо технологічних отворів і їх форми при сепарації матеріалу. Наприклад, у трієрі, яким є похилий циліндр, що обертається навколо своєї осі, у внутрішній поверхні є гнізда, форма і глибина яких розраховується в залежності від виду матеріалу, що підлягає сепарації.

3. У дослідженнях транспортування частинки гвинтовим конвеєром робочою поверхнею є прямий закритий гелікоїд, відомий у техніці, як шнек. На нашу думку, можна було б дослідити конвеєри із іншими гелікоїдами, наприклад, прямий відкритий гелікоїд, а також косий закритий гелікоїд, і порівняти результати.

4. При транспортуванні частинки гвинтовим конвеєром рівняння її руху складаються за умови, що вона ковзає вздовж гвинтової лінії – периферії шнека. При цьому вона контактує з обома поверхнями – шнеком і циліндричним кожухом. Для окремої частинки це є справедливим. Однак у масі частинок тільки незначна їх частина рухається за прийнятою умовою.

Однак, наведені вище зауваження жодним чином не знижують загального високого рівня дисертації Тетяни Воліної.

Загальний висновок

Аналіз дисертації, реферату та опублікованих праць свідчить 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 розроблення методології розв'язання задач теорії руху частинки, що можуть знайти своє застосування не тільки

у сільськогосподарському машинобудуванні, але і в інших галузях техніки, які потребують знання законів руху частинки матеріалу по тих чи інших видах поверхонь, що застосовуються в робочих органах машин.

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

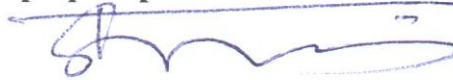
завідувач кафедри архітектурних конструкцій

Київського національного університету

будівництва і архітектури,

доктор технічних наук, професор

Віталій ПЛОСКИЙ



Підпис д. т. н., професора В. О. Плоского засвідчую:

Учений секретар

Київського національного університету

будівництва і архітектури



Жай - М.О. Келменко