

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного технічного Університету
«Дніпровська політехніка»
доктору технічних наук, професору
Колосову Д. Л.

Відгук рецензента

**кандидата технічних наук, доцента Ільїної Інни Сергіївни
на дисертаційну роботу Шкут Анастасії Петрівни**

на тему: «Методологія віртуального моделювання двопривідних інерційних
грохотів із використанням програмного комплексу Dassault Systemes
SolidWorks», яка представлена на здобуття ступеня доктора філософії з галузі
знань 13 «Механічна інженерія»
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

Проаналізовано та вивчено: основний матеріал дисертаційного дослідження, допоміжну інформацію в додатках роботи, копії документів, що засвідчують реалізацію результатів роботи, наукові публікації здобувача.

1. Актуальність теми дисертаційного дослідження та її зв'язок із науково-дослідними роботами

Роботу Анастасії Петрівни Шкут зосереджено на розробці методології віртуального моделювання двопривідних інерційних грохотів із використанням програмного комплексу Dassault Systemes SolidWorks. Це дослідження є надзвичайно актуальним з кількох причин.

По-перше, в сучасних умовах промислового виробництва існує постійна потреба в підвищенні ефективності технологічних процесів і швидкому адаптуванні та модифікації конструкцій обладнання. Інерційні грохоти відіграють важливу роль у різних галузях промисловості, таких як гірничо-промисловість, де вони використовуються для просіювання й розділення матеріалів. Підвищення ефективності їхнього проектування та експлуатації

значно впливає на загальну продуктивність і конкурентоспроможність підприємств.

По-друге, використання сучасних комп'ютерних технологій, таких як Dassault Systemes SolidWorks, для моделювання й оптимізації конструкцій грохотів дає можливість значно скоротити час і витрати на розробку фізичних прототипів. Це забезпечує високу точність і надійність проєктних рішень, що є критично важливим в умовах жорсткої конкуренції на ринку.

По-третє, дослідження Шкут А. П. базується на комбінованому підході, що включає аналітичні методи, фізичні експерименти і комп'ютерне моделювання. Такий підхід уможливорює всебічно враховувати всі фактори, що впливають на роботу грохотів, і забезпечує високу точність результатів. Це важливо для розробки ефективних конструкцій, які відповідають сучасним вимогам до продуктивності й надійності.

Дослідження Шкут А. П. гармонійно вписується у контекст сучасних наукових досліджень у галузі машинобудування і вібротехніки. В роботі авторка спирається на досвід відомих науковців і використовує передові методи аналізу й моделювання.

Аспірантка Шкут А. П. є співвиконавцем кількох важливих науково-дослідних робіт, що ще більше підкреслює значущість її дослідження.

Зокрема, її власне дослідження стало фрагментом держбюджетної НДР «Розвиток теорії обґрунтування і вибору конструктивних та технологічних параметрів технічних об'єктів галузевого машинобудування» (№ ДР 0122U201676), яка проводиться з 2023 по 2025 рр. Це дослідження спрямовано на розвиток теоретичних основ і практичних методик, що є основою для подальших наукових розробок у галузі машинобудування.

Також Шкут А. П. є співвиконавцем НДР з обґрунтування ресурсоощадної гідротехнології видобування багатих залізних руд в умовах шахти «Ювілейна» ПрАТ «СУХА БАЛКА». Її дослідження в цьому контексті сприяє впровадженню нових технологій і підвищенню ефективності видобування природних ресурсів.

Крім того, вона є співвиконавцем практикуму «Методика виконання лабораторних робіт із використанням автоматизованого робочого місця конструктора інерційних двопривідних грохотів» з дисципліни «Основи комп'ютерного інжинірингу». Це підкреслює її активну участь у навчальному процесі й підготовці нових кадрів у галузі машинобудування.

2. Обґрунтованість наукових положень і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, їх достовірність і новизна

Дисертаційне дослідження Анастасії Петрівни Шкут є ґрунтовним і ретельно продуманим науковим дослідженням, що спрямоване на розробку методології віртуального моделювання двопривідних інерційних грохотів із використанням програмного комплексу Dassault Systemes SolidWorks. У роботі застосовано комплексний підхід, який включає аналітичні методи, фізичні експерименти та комп'ютерне моделювання, що забезпечує високий рівень обґрунтованості й достовірності отриманих результатів.

Основні наукові положення роботи базуються на детальному аналізі сучасного стану досліджень і розробок у галузі вібраційних грохотів.

Авторка обґрунтовано обрала комбіновану методологію, що включає використання аналітичних методів для аналізу динаміки грохота, проведення фізичних експериментів для перевірки правильності аналітичних моделей, а також застосування методів комп'ютерного моделювання. Такий підхід забезпечує комплексний аналіз і проектування інерційних грохотів.

Авторка підкреслює значення комп'ютерного моделювання для підвищення точності аналізу та ефективності проектування вібраційних грохотів. Використання сучасного програмного забезпечення, такого як SolidWorks, дозволяє значно скоротити час і витрати на розробку обладнання. Це є критично важливим у сучасних умовах конкурентного ринку.

Дисертаційна робота Анастасії Петрівни Шкут «Методологія віртуального моделювання двопривідних інерційних грохотів на основі використання програмного комплексу SolidWorks Education Edition» – це

грунтовне і ретельно структуроване дослідження. Воно охоплює широкий спектр питань, пов'язаних із вібраційним обладнанням, зокрема інерційними грохотами, що підтверджує високу наукову та практичну значущість роботи.

Новизна дослідження полягає в розробці нового комбінованого підходу, який включає аналітичні методи, фізичні експерименти та комп'ютерне моделювання. Запропоновані методи аналізу динаміки інерційних грохотів, такі як визначення власних частот коливань та моделювання перехідних процесів із використанням SolidWorks Motion, є унікальними, вони дають можливість підвищити точність і надійність проєктних рішень.

Достовірність результатів підтверджується високою кореляцією між даними, отриманими з використанням аналітичних моделей, комп'ютерного моделювання та фізичних експериментів. Наприклад, похибка розрахунку амплітуд комп'ютерним методом у порівнянні з аналітичним становила від 2 до 8 %, а в порівнянні з фізичним експериментом – від 1 до 9 %. Це свідчить про високу точність і надійність методів, застосованих у дисертації.

Крім того, розроблена автоматизована робоча станція конструктора (SPDW), інтегрована з SolidWorks, забезпечує можливість створення й аналізу параметричних моделей інерційних грохотів із високою ефективністю. Це рішення значно полегшує процес проєктування і сприяє підвищенню якості кінцевих продуктів.

Важливим аспектом є також використання технологій віртуальної реальності для візуалізації та аналізу динамічних характеристик грохотів. Це уможлиблює не тільки проведення детального аналізу конструкцій, але й забезпечує навчання технічного персоналу, підвищуючи його кваліфікацію та підготовку.

Таким чином, наукові положення та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є обґрунтованими, достовірними та новаторськими, що підтверджується як теоретичними дослідженнями, так і практичними результатами.

3. Оцінка змісту роботи та повнота викладу положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

У першому розділі дисертації проведено детальний аналіз сучасного стану досліджень у галузі вібраційного обладнання, зокрема інерційних грохотів. Авторка розглянула основні конструкції грохотів, що використовуються в Україні, такі як ГІСЛ 62 У, ПИ-14 та ГВЧ-42, описала їхні технічні характеристики та принципи роботи. Це дозволяє читачам глибше зрозуміти контекст дослідження та його практичну значущість для промисловості.

Другий розділ присвячено розробці методології комбінованого підходу до аналізу динаміки грохота. Авторка використовує традиційні аналітичні методи, проведення фізичних експериментів та комп'ютерне моделювання для забезпечення комплексного аналізу та проектування інерційних грохотів. Такий підхід дає змогу враховувати всі аспекти динамічних характеристик обладнання, що підвищує точність і надійність проектних рішень.

Третій розділ містить детальний опис використання програмного комплексу SolidWorks для створення віртуальних моделей грохотів та симуляції їх робочих процесів. Авторка детально розглянула процес моделювання перехідних режимів грохота, оцінку напружено-деформованого стану зварних конструкцій і використання технологій віртуальної реальності для ілюстрації динаміки системи. Це забезпечує високу точність і надійність отриманих результатів, що дуже важливо для подальшого впровадження у промисловість.

Четвертий розділ присвячено дослідженню та аналізу вібраційних характеристик грохотів із використанням розробленої методики моделювання. В цьому розділі авторка детально розглядає вплив різних параметрів на динамічну поведінку грохота, включаючи частоту й амплітуду коливань, що дозволяє оптимізувати конструкцію для підвищення ефективності роботи обладнання.

П'ятий розділ містить детальний опис процесу створення автоматизованого робочого місця конструктора, інтегрованого з програмним комплексом SolidWorks, що дозволяє значно підвищити ефективність і точність моделювання й аналізу інерційних грохотів.

Авторка чітко визначає мету і завдання, які необхідно виконати для створення автоматизованого робочого місця конструктора. Основною метою є розробка інтегрованої системи, яка дає змогу автоматизувати процеси моделювання, аналізу та оптимізації конструкцій інерційних грохотів, використовуючи програмні засоби SolidWorks.

Дисертантка детально описує математичні моделі й методи, які використовуються для аналізу динамічних характеристик грохотів. Цей розділ містить опис розрахункових моделей, алгоритмів і методик, що застосовуються для визначення власних частот коливань, моделювання перехідних процесів та аналізу напружено-деформованого стану конструкцій. Використання програмного комплексу SolidWorks дозволяє значно підвищити точність розрахунків та ефективність процесу проектування.

У розділі Результати використання програми SolidWorks Parametric Design Workstation наведено результати використання розробленої системи для моделювання та аналізу інерційних грохотів. Авторка демонструє, як автоматизоване робоче місце конструктора дозволяє скоротити час розробки та підвищити точність отриманих результатів. Використання параметричних моделей та автоматизація процесу моделювання забезпечує високу ефективність роботи інженерів і проєктувальників.

Авторка також розглядає питання інтеграції розробленої системи з мовою програмування C# та особливості програмної реалізації. Описує розробку інтерфейсу користувача, який забезпечує зручний доступ до всіх функцій програми, а також алгоритми та підпрограми, що автоматизують процеси моделювання й аналізу. Це дає користувачам можливість легко управляти параметрами моделей, здійснювати розрахунки та аналізувати результати.

Розглянуто основні принципи побудови системи, вимоги до програмного забезпечення та апаратного забезпечення, а також особливості реалізації й використання.

П'ятий розділ також містить детальний опис розробки програмного коду для управління параметрами моделі грохота в комплексі SWEE (SolidWorks Education Edition). Описано підпрограми для зміни розмірів моделі з урахуванням кута нахилу, автоматизації роботи з додатком SolidWorks Motion, керування масово-інерційними характеристиками та іншими параметрами моделі. Описані математичні моделі, алгоритми та програмні засоби забезпечують високу точність та ефективність процесу проектування, що має значний практичний внесок у розвиток галузі машинобудування.

Основні наукові результати дослідження Анастасії Петрівни Шкут опубліковані у низці фахових видань та наукометричних базах даних, що свідчить про високу наукову цінність роботи та її значущість для наукової спільноти. Публікації охоплюють різні аспекти дослідження, від методологічних підходів до моделювання динаміки грохотів до оцінки довговічності зварних конструкцій.

У публікаціях, що надруковані у фахових виданнях України, таких як «Collection of Research Papers of the National Mining University», висвітлено дослідження динаміки перехідних режимів інерційного грохота з двома мотор-вібраторами та симуляцію пружного елемента грохота у SolidWorks Motion. Ці роботи демонструють значний внесок авторки у розвиток методологій комп'ютерного моделювання та симуляції вібраційного обладнання.

Публікації у наукометричних базах даних Scopus, такі як «Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu» та «Journal of Engineering Sciences», містять результати досліджень методологічних підходів до оцінки довговічності зварних конструкцій грохотів, використовуючи SolidWorks Simulation. Це підкреслює високу наукову значущість дослідження та його актуальність для галузі.

Доповіді на наукових конференціях, таких як «Наукова весна» та «Світ наукових досліджень», засвідчують апробацію основних результатів дослідження на національному та міжнародному рівнях. Наприклад, у доповіді «Розробка методики моделювання напружено-деформованого стану зварних конструкцій методами SOLIDWORKS SIMULATION» детально описано основні результати дослідження та їх практичне застосування.

Значну увагу приділено використанню технологій віртуального дизайну для моделювання механіки роботи грохотів, що знайшло своє відображення у публікаціях на міжнародних конференціях. Наприклад, у роботі «Virtual reality illustration of dynamic system mechanics using a screen example» описано методи використання віртуальної реальності для створення тривимірних моделей грохотів, що забезпечує точне відтворення їх роботи у віртуальному середовищі.

Таким чином, усі основні положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, знайшли своє відображення в опублікованих працях, що свідчить про високий рівень наукової роботи та її значущість для галузі машинобудування.

4. Значення роботи для науки, практики та суспільства

Дисертаційна робота Анастасії Петрівни Шкут є значним науковим внеском, оскільки вона розробляє нову методологію комбінованого підходу для аналізу динаміки інерційних грохотів. Цей підхід включає традиційні аналітичні методи, фізичні експерименти та комп'ютерне моделювання із використанням програмного комплексу Dassault Systemes SolidWorks та технологій віртуальної реальності. Це дозволяє створювати віртуальні моделі грохотів із симуляцією їхніх робочих процесів, що підвищує точність аналізу та ефективність проектування.

Розроблені методики моделювання власних частот коливань, перехідних процесів та напружено-деформованого стану грохотів на основі SolidWorks є інноваційними та унікальними, що значно збагачує наукові

знання у галузі механіки та вібротехніки. Дослідження також підкреслює важливість використання сучасних комп'ютерних технологій для підвищення точності та надійності проєктних рішень у промисловості.

Розробка автоматизованого робочого місця конструктора (SPDW) інтегрованого з SolidWorks дозволяє значно підвищити ефективність процесу проєктування. Це рішення забезпечує автоматизацію створення параметричних моделей, динамічний і частотний аналіз, що знижує ймовірність помилок та підвищує продуктивність інженерів. Використання VR-технологій для візуалізації та аналізу конструкцій грохотів сприяє глибшому розумінню дизайну і виявленню потенційних проблем на ранніх етапах проєктування.

Практичне значення роботи полягає у можливості безпосереднього застосування отриманих результатів у промислових умовах. Розроблені методики віртуального моделювання уможливають значно скоротити час і витрати на розробку нових конструкцій інерційних грохотів. Віртуальні моделі, створені у SolidWorks, забезпечують точний аналіз динамічних характеристик грохотів, що сприяє їх оптимізації та підвищенню надійності. Так, на підприємство ТОВ «АНА-ТЕМС» – стейкхолдер спеціальності 133 Галузеве машинобудування в НТУ «ДП», передана віртуальна візуалізація конструкції грохота SkUb5.0x1D з інтерактивними елементами, яка створена у програмному комплексі Dassault Systemes SolidWorks. Підприємству ТОВ «Океанмашенерго», яке є також стейкхолдером спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», передано автоматизоване місце конструктора SolidWorks Parametric Design Workstation та віртуальна візуалізація конструкції грохота SkUb5.0x1D.

На підприємстві ТОВ «Паритет СОФТ» було виконано комплексну оцінку прискорення процесу проєктування та аналізу роботи грохота з використанням автоматизованого місця конструктора SolidWorks Parametric Design Workstation (SPDW) порівняно з традиційними методами проєктування у SolidWorks). За даними підприємства «Паритет Софт», використання

комплексу SPDW під час проектування типорозміру грохота типу ГВЧ-2 дозволяє під час концептуального проектування зменшити час створення у 10 разів, а під час робочого – у 2,5 раза.

ПрАТ «СУХА БАЛКА» передано автоматизоване місце конструктора SolidWorks Parametric Design Workstation та віртуальна візуалізація конструкції грохота SkUb5.0x1D.

У рамках навчального процесу авторкою розроблено практикум «Методика виконання лабораторних робіт із використанням автоматизованого робочого місця конструктора інерційних двопривідних грохотів з дисципліни «Основи комп'ютерного інжинірингу».

Дисертаційна робота має важливе суспільне значення, оскільки впровадження її результатів сприяє підвищенню ефективності промислових процесів, що, в свою чергу, позитивно впливає на економічний розвиток та конкурентоспроможність підприємств. Підвищення продуктивності й надійності вібраційного обладнання дає можливість знижувати витрати на його обслуговування й ремонт, що сприяє економії ресурсів та зменшенню екологічного впливу.

Використання нових технологій у проектуванні та моделюванні також сприяє розвитку інженерної освіти, оскільки студентам і молодим фахівцям надаються сучасні інструменти для вивчення й дослідження складних механічних систем. Це підвищує рівень кваліфікації технічного персоналу і сприяє підготовці нових фахівців для промисловості.

5. Відсутність порушень академічної доброчесності

Дисертаційна робота Анастасії Петрівни Шкут виконана відповідно до всіх вимог академічної доброчесності. У тексті роботи чітко вказані джерела інформації, всі цитати та результати інших дослідників належним чином оформлені з посиланнями на відповідні джерела. Крім того, результати досліджень є оригінальними, ґрунтуються на власних експериментах і розробках авторки. У роботі не виявлено випадків плагіату або інших

порушень етичних норм наукової діяльності, що підтверджує високу академічну доброчесність роботи.

6. Дискусійні положення та зауваження

Дисертаційна робота Анастасії Петрівни Шкут дуже ґрунтовна та якісна, але, як і будь-яке наукове дослідження, вона має деякі дискусійні положення та зауваження.

- **Деталізація моделювання.** У роботі досліджено динамічні характеристики грохотів за допомогою комп'ютерного моделювання. Водночас було б корисно більш детально розглянути вплив різних параметрів моделювання, таких як точність сітки, граничні умови й типи матеріалів, на кінцеві результати. Це дозволить краще розуміти межі застосування розроблених моделей.

- **Порівняння з альтернативними методами.** Хоч авторка й використала передовий програмний комплекс SolidWorks, було б доцільно провести порівняльний аналіз із іншими методами та програмними засобами моделювання для підтвердження переваг обраного підходу. Це допоможе виявити потенційні обмеження та переваги запропонованої методики.

- **Урахування експлуатаційних факторів:** У роботі значна увага приділяється динамічним характеристикам грохотів. Проте важливо також ураховувати вплив експлуатаційних факторів, таких як знос, корозія та температурні впливи, на довговічність і надійність грохотів. Додаткові експериментальні дослідження в цій сфері могли б значно підвищити практичну цінність роботи.

- **Інтерпретація результатів:** Деякі результати моделювання та експериментів можуть викликати дискусії щодо їх інтерпретації й узагальнення. Було б корисно навести детальніші пояснення та обговорення отриманих результатів для уникнення неоднозначностей.

7. Загальний висновок щодо дисертаційної роботи

У процесі аналізу дисертаційної роботи встановлено, що результати нові та інноваційні й належать безперечно до здобутків. Усі поставлені наукові завдання повністю виконано, в роботі є наукова новизна, а результати характеризуються високим рівнем наукової та практичної цінності для галузевого машинобудування.

Вважаю, що дисертаційна робота Шкут Анастасії Петрівни на тему «Методологія віртуального моделювання двопривідних інерційних грохотів із використанням програмного комплексу DASSAULT SYSTEMES SOLIDWORKS» відповідає всім вимогам, що передбачені Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії» ... (пункти 6, 5, 8).

За виконання актуального наукового завдання, яке полягає в розробці методології віртуального моделювання двопривідних інерційних грохотів із використанням програмного комплексу Dassault Systemes SolidWorkst Шкут Анастасія Петрівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

Доцент кафедри транспортних систем
та енергомеханічних комплексів НТУ
«Дніпровська політехніка», кандидат
технічних наук

Ільїна І. С.