

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

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата технічних наук, доцента Хруцького Андрія Олександровича
на дисертаційну роботу **Шкут Анастасії Петрівни**
«Методологія віртуального моделювання двопривідних інерційних грохотів з
використанням програмного комплексу Dassault Systemes Solidworks»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань
13 Механічна інженерія зі спеціальності
133 Галузеве машинобудування

Актуальність теми дисертаційного дослідження, її зв'язок із науковими програмами і планами

Процес класифікації твердих корисних копалин у вигляді сипучої сировини, що видобувається і переробляється у гірничій промисловості, відбувається за допомогою грохочення, причому у майже 95 % випадків застосовуються саме вібраційні інерційні грохоти.

Ефективність процесу грохочення, від досконалості якого залежить собівартість та якість продукції, залежить від правильного вибору конструктивних та технологічних параметрів вібраційних грохотів, що забезпечує таку поведінку гірничої маси, при якому матеріал залишає робочу поверхню відповідно до встановлених критеріїв.

Попри відносну просту конструкцію інерційних грохотів та враховуючи те, що вони належать до машин динамічної дії, при їх проектуванні необхідно вирішення багатьох задач вибору оптимальних параметрів, для чого потрібно чітко уявляти, які параметри слід варіювати вати для максимізації заздалегідь обраної цільової функції. Різноманіття чинників та їх рівнів варіювання створює велику кількість варіантів конструкції грохотів, які повинні бути проаналізовані на предмет відповідності технічному заданню. Використання у цьому процесі проектування інерційних грохотів комп'ютерних технологій суттєво пришвидшує цей процес та підвищує якість отриманих конструкторських рішень.

Таким чином, розробка методології віртуального моделювання двопривідних інерційних грохотів на основі використання програмного комплексу Dassault Systemes SolidWorks є актуальним науковим завданням, отже і тема дисертаційної роботи, безперечно, є актуальною.

Дисертаційна робота виконувалась у рамках держбюджетної науково-дослідної роботи «Розвиток теорії обґрунтування і вибору конструктивних та технологічних параметрів технічних об'єктів галузевого машинобудування» (№ ДР 0122U201676). 01.2023-12.2025.

Структура дисертаційної роботи

Робота містить вступ, 5 розділів, висновки, перелік використаних літературних джерел та додатки.

У *Вступі* викладено актуальність, мету, наукові завдання, котрі виконувались при виконанні дисертаційної роботи, наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів.

У *Розділі 1* проаналізовано особливості конструкції сучасних двопривідних інерційних грохотів, що випускаються серійно, подано аналіз науково-дослідних робіт, присвячених створенню інерційних грохотів. Наприкінці розділу наведено обґрунтування вибору програмного пакета віртуального моделювання

У *Розділі 2* наведено результати аналітичного моделювання перехідних режимів роботи високочастотного грохота типу ГВЧ-2. Розглянуті нестационарні режими пуску, зупинки та режим сталої роботи.

У *Розділі 3* розглянуто можливості застосування САПР SolidWorks Education Edition у процесі проектування двопривідних інерційних грохотів. Наведено методики визначення власних частот коливань, моделювання перехідних процесів пуску і зупинки та сталого режиму роботи грохота. Okремо розроблено методики моделювання напружено-деформованого стану вузлів кріплення модернізованої конструкції грохота.

У *Розділі 4* представлено результати фізичного моделювання двопривідного інерційного грохота. Розглянуті питання розробки експериментального стенду, налаштування вимірювального обладнання та його тарування. Сплановано та проведено дослідження грохота на основі розробленого лабораторного стенда, оброблено та оцінено отримані результати, які порівняні з результатами попередніх досліджень.

Розділ 5 присвячений розробці та впровадженню автоматизованого місця конструктора SolidWorks Parametric Design Workstation. При цьому розроблено параметричну модель грохота, на основі якої за допомогою мови програмування C# програмно реалізовано автоматизоване місце конструктора. Наведено аналіз використання програми SolidWorks Parametric Design Workstation. Наприкінці розділу подано концептуальну модель розробки VR-застосунку для моделювання динаміки роботи грохота

Кожен з розділів завершується формулюванням проміжних висновків дослідження.

Загальні висновки по дисертаційній роботі є коректними і водночас достатньо аргументованими стосовно отриманих результатів досліджень та відображають наукові і практичні результати, отримані авторкою.

Список використаної літератури із 80 найменувань охоплює сучасні вітчизняні та закордонні публікації за темою дисертаційного дослідження.

Додатки до дисертаційної роботи містять аналіз літературних джерел, результати дослідження грохоту отримані при тестуванні лабораторного стенду, основні розміри та технічні характеристики інерційних грохотів, розроблене автоматизоване місце конструктора для моделювання та розрахунку вібраційних грохотів, наводяться алгоритми та текст програми, акти впровадження результатів дисертаційного дослідження.

Викладення основного матеріалу дисертаційного дослідження Шкут А.П., наукових положень, результатів та висновків є логічним та науково аргументованим. Робота написана в науковому стилі та оформлена згідно чинних норм та вимог. Викладання матеріалу виконано відповідно до мети та задач дослідження. Результати роботи викладено чітко і послідовно, висновки за розділами та загальні висновки дисертації містять наукові і практичні результати.

Наукова новизна дисертаційного дослідження

У дисертаційній роботі вирішено актуальне *наукове завдання* - розробка методології віртуального моделювання двопривідних інерційних грохотів із використанням програмного комплексу Dassault Systemes SolidWorks.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розробці та впровадженні нової методології комбінованого підходу, що включає традиційні аналітичні методи, фізичні експерименти та комп'ютерне моделювання, яка уможливорює забезпечення комплексного аналізу та оптимізацію динамічних характеристик інерційних грохотів.

Уперше:

- запропоновано нову методологію комбінованого підходу для аналізу динаміки інерційних грохотів, яка включає традиційні аналітичні методи, фізичні експерименти та комп'ютерне моделювання із використанням програмного комплексу Dassault Systemes SolidWorks та технологій віртуальної реальності;
- розроблено методику визначення власних частот коливань грохота з використанням SolidWorks Simulation;
- запропоновано методику моделювання перехідних процесів грохота з використанням SolidWorks Motion, що дозволяє врахувати змушувальні сили та точно описати динамічну поведінку грохота;
- розроблено методику моделювання напружено-деформованого стану вузлів кріплення грохота з використанням SolidWorks Simulation;
- реалізовано автоматизоване робоче місце конструктора SPDW, інтегроване з Dassault Systemes SolidWorks, що дає можливість створювати та аналізувати параметричні моделі інерційних грохотів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці комплексу SolidWorks Parametric Design Workstation, який дозволяє автоматизувати створення параметричних моделей інерційних грохотів, що забезпечує значну економію часу й ресурсів у порівнянні з традиційними методами проектування. Завдяки параметричному моделюванню SolidWorks Parametric Design Workstation може легко адаптуватися до змін у вимогах проєкту, дозволяючи швидко коригувати розміри та інші характеристики конструкцій без необхідності повного переналаштування моделі. Також розроблений комплекс SolidWorks Parametric Design Workstation об'єднує можливості SolidWorks Motion і SolidWorks Simulation, що дає можливість проводити динамічний і частотний аналіз безпосередньо в рамках одного програмного середовища, що спрощує процес аналізу конструкцій на предмет їх поведінки під дією зовнішніх навантажень і коливань, що важливо для забезпечення надійності та ефективності грохотів. Використання VR-технологій та інструментів для тривимірного моделювання (таких як Gravity Sketch) у поєднанні з SolidWorks Parametric Design Workstation дозволяє інженерам створювати віртуальні прототипи

та візуалізувати їх у реальному часі. Це сприяє кращому розумінню дизайну та виявленню потенційних проблем на ранніх етапах проектування.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційного дослідження. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів і висновків підтверджується коректністю постановки та вирішення задач; застосуванням сучасних методів математичного і комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень з урахуванням загальноприйнятих припущень. Похибка розрахунку амплітуд комп'ютерним методом у порівнянні з аналітичним становила від 2 до 8 %, а похибка розрахунку амплітуд комп'ютерного в порівнянні з фізичним експериментом – від 1 до 9 %, залежно від досліджуваної точки грохота.

Результати дисертаційного дослідження отримали достатній рівень апробації. Вони доповідались на ряді міжнародних та регіональних науково-технічних конференціях і опубліковані у 11 наукових працях, з яких 2 статті у періодичних виданнях, включених до переліку фахових видань України, 2 статті у періодичних виданнях, що індексовані в базах даних Scopus, 7 публікацій у збірниках матеріалів міжнародних науково-практичних конференцій.

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача та його наукових праць встановлено, що дисертаційне дослідження виконано самостійно, текст роботи не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності відповідно до статті 42 Закону України «Про освіту».

Зауваження до дисертації

Не зважаючи на загальне позитивне враження від дисертації Шкут А.П., робота має ряд недоліків і дискусійних питань:

1. Структура Вступу має певні відмінності від структури, наведеної у Наказі МОНУ №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» від 12.01.2017 (Із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки 759 від 31.05.2019).
2. Заявлена тема роботи передбачає моделювання будь-яких двопривідних інерційних грохотів. Однак у роботі в основному розглядається конкретний тип грохотів ГВЧ-2 з певною схемою розташуванням вібраторів і пружин. Не зрозуміло, чи буде розроблена методика корисною при проектуванні двопривідних інерційних грохотів з іншим розташуванням вібраторів та пружин.
3. Не зрозуміло чим розроблена авторкою методика визначення власних частот коливань грохота з використанням SolidWorks Simulation відрізняється від відомого частотного аналізу у цьому модулі.
4. Період пуску і зупинки грохоту в наслідок проходження резонансних частот характеризується збільшенням амплітуд коливань, причому ці процеси суто ймовірнісні, і тому має характеризуватися параметрами, притаманними для випадкових процесів, наприклад питомою потужністю спектра (щоб можна було потім моделювати у SW Simulation Linear Dynamic).

5. При комп'ютерному моделюванні роботи грохоту авторка прийняла однаковими поздовжню та поперечну жорсткість гвинтових циліндричних пружин стиснення. Для реальної гвинтової пружини поздовжня та поперечна жорсткості суттєво відрізняються.
6. При комп'ютерному моделюванні напружень у матеріалі деталей грохота за допомогою SolidWorks Simulation має використовувалася задача Linear Dynamic з підтипом задачі Harmonic для сталого режиму роботи та з підтипом задачі Random Vibration для режиму пуску і зупинки, оскільки грохот - динамічна система і власні та вимушені коливання мають суттєвий вплив на міцність конструкції.
7. Є певні відмінності між віртуальною моделлю грохота, що використовувалася комп'ютерних дослідженнях, та фізичною моделлю для лабораторних досліджень. Це може поставити під сумнів подібність моделей, що вивчаються.

Оцінка дисертаційної роботи загалом

В цілому зазначені зауваження не зменшують наукового рівня роботи та її практичного значення.

Дисертаційна робота Шкут Анастасії Петрівни «Методологія віртуального моделювання двопривідних інерційних грохотів з використанням програмного Комплексу Dassault Systemes Solidworks» з урахуванням актуальності вирішених у роботі задач, наукової новизни, отриманих результатів і можливостей їх широкого практичного використання є закінченим науковим дослідженням, що характеризується внутрішньою цілісністю та містить наукові положення і практичний результат.

За об'єктом і предметом дослідження, характером вирішених задач і отриманими результатами дисертаційна робота відповідає освітньо-науковій програмі «Галузеве машинобудування» третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 133 Галузеве машинобудування.

Вважаю, що дисертаційна робота Шкут А.П. «Методологія віртуального моделювання двопривідних інерційних грохотів з використанням програмного Комплексу Dassault Systemes Solidworks», за актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення наукових і практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів та практичних висновків, а також за змістом поданого в ній матеріалу задовольняє вимогам постанови № 44 Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а її авторка Шкут Анастасія Петрівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування.

Офіційний опонент,

кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри гірничих машин і
обладнання Криворізького
національного університету

Андрій ХРУЦЬКИЙ