

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»,
доктору технічних наук, професору
Тарану І. О.

Відгук рецензента

доктора технічних наук, професора Колосова Дмитра Леонідовича
на дисертаційну роботу Симоненка Віталія Вадимовича
на тему: «Розробка комплексної методології моделювання розрізних
канатомістких барабанів шахтових підймальних машин», яка подану на
здобуття ступеня доктора філософії за галузю знань 13 «Механічна інженерія»
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.

Тема дисертаційної роботи Симоненка Віталія Вадимовича «Розробка комплексної методології моделювання розрізних канатомістких барабанів шахтових підймальних машин» є надзвичайно актуальною в контексті розвитку сучасного гірничого машинобудування, особливо з огляду на необхідність забезпечення надійності, ефективності та довговічності технічних засобів вертикального транспортування вантажів на глибоких горизонтах (понад 1500 м). Запропонована тематика дослідження виконується по технічному завданню ПрАТ «НКМЗ». Надана для дослідження конструкція барабана типу ЦР-6,75×6,2/1,95, розроблена ПрАТ «НКМЗ», яка поєднує ознаки одно- та двобарабанних систем і водночас потребує глибокого аналізу осьової деформативності та теплової поведінки гальмового вузла в умовах високих навантажень. Актуальність роботи також підтверджується залученням результатів дисертаційного дослідження до виконання держбюджетної науково-дослідної теми № 0122U201676 «Розвиток теорії обґрунтування і вибору конструктивних та технологічних параметрів технічних об'єктів галузевого машинобудування» (2023–2025), що свідчить про органічний зв'язок між теоретичними положеннями дисертації та пріоритетними науковими напрямками у сфері галузевого машинобудування.

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

Наукові положення та рекомендації, викладені в дисертаційній роботі Симоненка Віталія Вадимовича, відзначаються високим ступенем обґрунтованості, чіткістю формулювання і відповідністю методологічним стандартам сучасного інженерного аналізу. Достовірність результатів забезпечується логічно вибудованою дослідницькою процедурою, яка поєднує

аналітичні розрахунки, чисельне моделювання на основі скінченно-елементного методу, термомеханічний аналіз, а також валідацію результатів на основі порівняльних схем.

Наукова новизна дисертації полягає у створенні комплексної інтегрованої методології моделювання розрізних канатомістких барабанів шахтових підіймальних машин, яка дозволяє синергетично поєднати аналітичне ядро з параметризованими CAD-моделями, скінченно-елементним аналізом і VR-інструментами для підтримки інженерних рішень. Уперше запропоновано узагальнену багатофізичну модель, яка одночасно враховує осьову деформативність, напружено-деформований стан, теплові поля в гальмовому вузлі та геометричні особливості конструкції.

Особливо важливим є доведення функціональної ефективності аналітичної моделі як інтелектуального фільтра – засобу попередньої оцінки конструктивної доцільності без виконання ресурсоемного тривимірного моделювання. Методика оптимізації жорсткісної схеми через топологічне моделювання «діафрагм» із заданими обмеженнями на осьові деформації та стійкість конструкції є інноваційною й має значну інженерну цінність. Термомеханічне моделювання гальмового диску з дискретним тепловим навантаженням забезпечило реалістичну оцінку температурного стану, що вперше дозволило перевірити придатність вітчизняних фрикційних матеріалів до використання в імпортних гальмових системах.

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

Дисертаційна робота Симоненка Віталія Вадимовича вирізняється логічною структурованістю, внутрішньою цілісністю та відповідністю класичним вимогам до наукових досліджень інженерного спрямування. У роботі повною мірою реалізовано принципи системного підходу, з чітким формулюванням мети, постановкою задач, узгодженістю між теоретичними розділами та практичними реалізаціями. Особлива увага приділена верифікації запропонованих моделей, зіставленню аналітичних рішень із чисельними результатами, а також узагальненню результатів у вигляді регресійних залежностей для подальшого проектного застосування.

Висновки дисертації коректно відображають основні етапи дослідження, а рекомендації – мають прикладний характер, що підтверджено фактами передачі методичних матеріалів виробничим підприємствам та імплементації результатів у навчальні курси для підготовки інженерних кадрів. Комплексність підходу виявляється також у поєднанні розрахункових моделей із практиками віртуального моделювання (зокрема, Gravity Sketch та SolidWorks Simulation), що демонструє глибоке розуміння автором як фундаментальних принципів механіки, так і актуальних цифрових інструментів інженерного аналізу.

Наукові положення, що складають основу дисертаційного дослідження, оприлюднені у низці фахових публікацій. Здобувачем опубліковано наукові статті у рецензованих виданнях, матеріалах конференцій та збірниках тез, що засвідчує активну апробацію результатів, а також готовність до наукової дискусії в професійному середовищі. Зокрема, оприлюднено основні розділи аналітичного моделювання, результати чисельної оптимізації жорсткості,

результати термомеханічного аналізу та рекомендації з впровадження методики у виробництво. Тематичний діапазон публікацій охоплює ключові аспекти дослідження, а їхня структура відображає цілісність і логіку дисертаційної праці.

У першому розділі дисертації представлено ґрунтовний огляд сучасного стану наукових досліджень, присвячених проектуванню канатомістких барабанів шахтових підймальних машин. Автор здійснив систематизацію теоретичних підходів до аналізу оболонкових конструкцій, врахування осьових деформацій, моделей контактної взаємодії у фрикційних вузлах та методик термомеханічного аналізу. Наукова література розглянута у міждисциплінарному зрізі, що охоплює роботи з прикладної механіки, конструктивного проектування, опору матеріалів і гірничого машинобудування.

Особливу увагу приділено ідентифікації методологічних обмежень існуючих моделей. Автор обґрунтовано вказує, що більшість аналітичних методик:

- не враховують осьові деформації у гальмовому вузлі;
- не забезпечують адекватного моделювання просторової жорсткості оболонки в умовах складного навантаження;
- не узгоджуються метрологічно з результатами чисельного моделювання.

На основі критичного огляду джерел автор чітко формулює наукову гіпотезу дослідження, яка полягає у необхідності створення інтегрованої методології моделювання, що поєднує аналітичний, чисельний та термомеханічний підходи. Вказано на недостатню вивченість впливу топології підкріплюючих елементів на осьову жорсткість барабана, а також на відсутність валідованих термомеханічних моделей гальмового вузла в умовах шахтових навантажень.

Таким чином, перший розділ виконує не лише функцію аналітичного огляду, а й формує концептуальні підвалини для розгортання власного дослідження. Він аргументовано окреслює наукову новизну та практичну значущість подальших розділів, демонструючи високий рівень обізнаності автора у предметному полі дослідження.

Другий розділ дисертаційної роботи присвячено розробці аналітичної моделі переставної частини розрізного канатомісткого барабана шахтової підйальної машини типу ЦР-6,75×6,2/1,95. Автором запропоновано новий підхід до аналітичного моделювання, який базується на теорії деформації тонкостінних оболонкових систем із урахуванням кільцевих підкріплюючих елементів, що моделюють лобовини барабана як кільцеві пружні елементи з еквівалентною жорсткістю.

У структурі розділу послідовно викладено:

- математичне формулювання задачі на основі рівнянь рівноваги згідно з класичною теорією оболонок;
- побудову моделі у вигляді системи диференціальних рівнянь четвертого порядку;
- застосування безрозмірних параметрів для уніфікації розрахункових залежностей та їх масштабованості;

- реалізацію валідації результатів аналітичної моделі через порівняння з чисельним розрахунком, виконаним у середовищі SolidWorks Simulation.

Особливої уваги заслуговує обґрунтування вибору методики зниження розмірності задачі для забезпечення оперативності інженерних розрахунків. Запропонована автором аналітична модель виконує функцію первинного фільтра у проектному процесі: вона дозволяє швидко оцінити напружено-деформований стан та виключити конструктивно неефективні варіанти без необхідності обчислювально витратного тривимірного моделювання.

Також у межах розділу автор довів, що жорсткість лобовин барабана має лінійно-пропорційний вплив на зменшення осьових деформацій, що є критично важливим для збереження функціональної придатності гальмового вузла при номінальному зазорі 3 мм.

У результаті аналітична модель не лише стала основою для подальших розділів, а й підтвердила свою ефективність як універсальний інструмент для інженерного прогнозування, оптимізації геометрії та забезпечення надійності під час проектування канатомістких барабанів.

Третій розділ дисертації присвячено завданню чисельного моделювання та оптимізації осьових деформацій переставної частини розрізного канатомісткого барабана під дією реального канатного навантаження. Основна увага зосереджена на побудові ефективної просторової жорсткісної схеми конструкції шляхом топологічного аналізу та варіативного моделювання підкріплюючих елементів – зокрема, так званих «діафрагм», які виступають ключовими елементами формоутворення жорсткості.

На підставі обґрунтованих технічних граничних умов (допустима осьова деформація гальмових дисків $\leq 1,5$ мм; коефіцієнт стійкості $\gamma_d \geq 4,0$) автор:

- реалізував параметричний скінченно-елементний аналіз різних конфігурацій ребер жорсткості з урахуванням комбінованого навантаження (власна вага, натяг каната, тиск навивки);
- дослідив вплив товщини, форми отворів та розмірів «діафрагм» на жорсткісні характеристики та осьову стабільність конструкції;
- встановив оптимальні параметри, за яких забезпечується нормативна функціональна поведінка конструкції при істотному зменшенні її маси (до 29 % відносно базової конфігурації).

Особливу наукову й практичну цінність становить побудова регресійних залежностей між геометричними параметрами «діафрагм» і технічними характеристиками барабана. Це дозволяє не лише узагальнити результати моделювання, а й сформулювати інженерну предиктивну модель для проектування нових систем за аналогією.

Важливо, що результати моделювання стали підставою для розробки технічного рішення, поданого до патентного відомства у вигляді заявки на корисну модель (заявка U2025 00123 від 10.01.2025 р.), що засвідчує високий ступінь практичної придатності та технологічної новизни результатів розділу.

У цілому третій розділ демонструє глибоку компетентність автора у використанні сучасних засобів CAD/CAE-моделювання, зокрема SolidWorks Simulation, а також здатність трансформувати результати чисельного аналізу в

прикладні конструктивні рішення з чітко формалізованими параметрами оптимізації.

Четвертий розділ присвячено термомеханічному моделюванню роботи фрикційної пари «гальмовий диск-колодка» шахтової підйимальної машини у контексті підвищення температурної стабільності роботи гальмового вузла. Розділ демонструє міждисциплінарний підхід автора, який інтегрує методи теплопереносу, механіки контактної взаємодії та чисельної дискретизації у формалізовану розрахункову процедуру для інженерної оцінки теплового режиму.

У структурі моделювання автором:

- розроблено спрощену, але достатньо точну скінченно-елементну модель гальмового вузла з урахуванням рухомого та змінного джерела теплоти, яке імітує обертання гальмового диска під час аварійного гальмування;
- проведено аналіз ефективності різних схем теплового навантаження та їх впливу на температурні градієнти в зоні контакту;
- встановлено, що застосування спрощеної моделі дозволяє зменшити обчислювальне навантаження більш ніж у 10 разів за збереження високої точності (похибка не перевищує 8,1 %).

Завдяки параметричному аналізу з різною кількістю гальмівних модулів та геометрією дискретизації автор з'ясував, що ключові температурні характеристики гальмового диску слабо залежать від кількості гальмівних пар (у межах 1 %), проте істотно залежать від матеріалів фрикційних накладок.

Окрему цінність становить моделювання з різними фрикційними матеріалами, зокрема вітчизняними композиціями (У2-301-07 та «Ретінакс»), для яких автор визначив критичні температурні межі та запропонував режимні обмеження (швидкість каната $\leq 13\text{--}13,5$ м/с), за яких ці матеріали залишаються термічно придатними до використання в умовах імпортних гальмових систем.

Розділ переконливо демонструє як високий рівень володіння автора складними термогідродинамічними та механічними моделями, так і прагнення до практичної реалізації результатів: побудована модель може бути інтегрована в інженерну практику вибору матеріалів та проектування гальмового вузла на ранніх етапах.

Здобувач забезпечив належний рівень апробації результатів свого наукового дослідження. Основні положення та висновки дисертаційної роботи опубліковано в низці фахових наукових видань України, таких як Збірник наукових праць НГУ, де розглянуто питання оптимізації контактних напружень у гальмових системах та методики розрахунку канатомістких барабанів шахтових підйимальних машин.

Значна частина результатів дисертації оприлюднена у наукометричних базах даних Scopus, зокрема в журналі Науковий Вісник Національного Гірничого Університету, де висвітлено методику теплового аналізу гальмових дисків та методи розрахунку розрізних барабанів із підвищеною канатомісткістю.

Також варто відзначити публікації результатів дослідження у матеріалах наукових конференцій, зокрема в IOP Conference Series: Earth and Environmental

Science та «Потураївських читаннях», що свідчить про ретельну апробацію та суспільну зацікавленість науковою проблематикою.

Таким чином, основні результати, положення і рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, знайшли належне відображення в опублікованих працях здобувача, що засвідчує високий рівень її наукової цінності, підтвердженої як фаховою спільнотою в Україні, так і міжнародною науковою аудиторією.

4. Значення роботи для науки, практики та суспільства.

Дисертаційна робота Симоненка Віталія Вадимовича має безперечну значущість як для розвитку фундаментальних засад механіки деформівного твердого тіла та комп'ютерного інженерного моделювання, так і для вирішення прикладних задач галузевого машинобудування. У науковому сенсі робота пропонує інтегровану методологію багатофізичного моделювання розрізних канатомістких барабанів шахтових підймальних машин, яка поєднує аналітичні, скінченно-елементні та термомеханічні модулі, – підхід, що може бути масштабовано на інші типи оболонкових і фрикційних конструкцій.

У прикладному вимірі результати дослідження вже впроваджено у практичну діяльність провідних промислових підприємств: ПрАТ «НКМЗ» отримало методичні рекомендації з розрахунку напружено-деформованого стану барабана типу ЦР-6,75×6,2/1,95; ПрАТ «Суха Балка» – обґрунтовані параметри підйальної машини для формування технічного завдання на її виготовлення. Впровадження підтверджене відповідними актами й має прямий вплив на підвищення надійності, довговічності та безпеки гірничого обладнання, що використовується на великих глибинах.

У контексті освітньої діяльності результати дисертації інтегровані до практикуму з дисципліни для студентів та аспірантів освітньо-наукової програми «Галузеве машинобудування», де вони використовуються як кейси з моделювання напруженого стану конструкцій у середовищах Gravity Sketch і SolidWorks Simulation. Це сприяє модернізації навчального процесу через включення цифрових VR-технологій, що відповідає концепції інженерної освіти XXI століття.

У суспільному вимірі значення роботи виявляється у сприянні розвитку наукоємного машинобудування в Україні, технологічної самодостатності у проектуванні критичних компонентів гірничих систем, а також у забезпеченні професійної підготовки нового покоління інженерів з компетенціями в галузі CAE-моделювання.

5. Відсутність порушень академічної доброчесності

У процесі ознайомлення з дисертаційною роботою Симоненка Віталія Вадимовича не виявлено жодних фактів порушення академічної доброчесності.

Текст дисертації вирізняється високим рівнем самостійності, наукової доброчесності та коректного академічного цитування. Усі залучені джерела оформлено належним чином відповідно до загальноприйнятих вимог; наведені посилання є коректними, а бібліографічний апарат – репрезентативним і адекватним тематиці дослідження.

Основні наукові положення, результати та рекомендації дисертації оприлюднено у відкритих джерелах і апробовано на наукових заходах, що забезпечує прозорість і верифікованість представленого матеріалу.

Перевірку дисертації здійснено в системі **StrikePlagiarism.com**, яка зафіксувала коефіцієнт подібності лише **0,20 %**, що свідчить про високу оригінальність тексту.

Отже, зміст дисертаційної роботи не містить ознак плагіату, самоплагіату чи інших форм недоброчесної наукової поведінки. Можна впевнено констатувати, що дослідження виконано з дотриманням принципів академічної етики та професійної відповідальності.

6. Дискусійні положення та зауваження.

Попри високий науково-методичний рівень дисертаційного дослідження Симоненка Віталія Вадимовича, окремі положення роботи можуть бути предметом подальшого розвитку, уточнення або дискусії в науковому середовищі. Наведені нижче зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертації, але, на думку рецензента, можуть стати підґрунтям для подальших досліджень:

1. Обмежена валідація результатів експериментальними даними. Попри високий рівень чисельного моделювання та теоретичного аналізу, у роботі бракує порівняння з натурними або стендовими експериментами, які могли б остаточно підтвердити точність запропонованої методології. Доцільним було б у майбутньому провести відповідні фізичні випробування прототипів або гальмівних вузлів.
2. Недостатньо формалізовано розрахунок похибки моделювання. У роботі вказується, що похибка чисельних моделей не перевищує 3 % та 8,1 % у відповідних задачах, проте відсутня узагальнена процедура оцінювання похибки, яка є важливою складовою наукової строгості інженерного аналізу.
3. Моделі зосереджені на одному типорозмірі конструкції. Хоча аналітична модель заявлена як масштабована, практична реалізація методики орієнтована переважно на барабан типу ЦР-6,75×6,2/1,95. Подальша перевірка універсальності методології на інших типорозмірах значно посилює її прикладне значення.
4. Обмежений аналіз втомної міцності. В дисертації фокус зміщено на деформаційні характеристики та термостійкість, проте питання втомного руйнування, особливо в умовах циклічного навантаження, залишається поза межами дослідження. Цей аспект заслуговує на розгляд у подальших роботах, зокрема в контексті довготривалої експлуатації гірничих машин.
5. Потребує подальшого розвитку аспект інтеграції з цифровим двійником. Використання VR-середовищ та 3D-моделей у освітніх цілях є позитивним кроком, однак було б доцільно розширити методику до концепції цифрового двійника із можливістю реального моніторингу та зворотного зв'язку.

7. Загальний висновок щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Симоненка Віталія Вадимовича є самостійним, завершеним, науково обґрунтованим дослідженням, у якому комплексно вирішено актуальну науково-прикладну проблему – розробку методології моделювання розрізних канатомістких барабанів шахтових підймальних машин з урахуванням осьових деформацій, теплових процесів та конструктивної оптимізації.

У дослідженні поєднано аналітичний апарат механіки оболонок, чисельні методи скінченно-елементного аналізу та інженерні процедури топологічної оптимізації, що забезпечило багаторівневу верифікацію результатів і високу наукову новизну. Практична значущість підтверджується впровадженням рекомендацій у виробничу діяльність промислових підприємств і в освітній процес підготовки фахівців галузевого машинобудування.

Результати дослідження апробовано на наукових конференціях, опубліковано у фахових виданнях, зокрема у виданнях, індексованих у міжнародних наукометричних базах. Дисертаційна робота виконана на високому науковому та методологічному рівні, відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт такого рівня, а її автор виявив здатність до самостійного проведення складних наукових досліджень, аргументованої інтерпретації результатів і формулювання практичних рекомендацій.

Таким чином, подана до захисту дисертація відповідає вимогам постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії» (пункти 6, 5, 8), а її автор – Симоненко Віталій Вадимович – заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування».

Завідувач кафедри механічної та
біомедичної інженерії НТУ
«Дніпровська політехніка»,
доктор технічних наук, професор

Дмитро КОЛОСОВ