

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію **Скочка Володимира Ігоровича** “**Методи інтерпретаційного геометричного моделювання сітчастих структур та їх застосування**”, подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.01.01 – прикладна геометрія, інженерна графіка.

Актуальність теми дослідження. Дисертаційне дослідження Скочка В.І. присвячене вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми, сутність якої полягає в розробленні методологічних основ геометричного інтерпретаційного моделювання сітчастих структур, які є прообразами багатокomпонентних систем і складних фізичних або абстрактних системних процесів. У зв'язку з цим тема дисертації “Методи інтерпретаційного геометричного моделювання сітчастих структур та їх застосування” є актуальною і розробляється своєчасно. Доцільність поглибленої розробки вибраної тематики пояснюється тим, що хоча методи прикладної геометрії набули широкого ужитку при вирішенні цілого ряду теоретичних та практичних задач багатьох галузей науки і техніки, але наявний на сьогодні інструментарій геометричного моделювання не має достатньої функціональності, щоб з необхідною ефективністю забезпечувати виконання поставлених завдань. Пояснюється це відсутністю єдиних методологічних основ побудови, управління та оптимізації відповідних інтерпретаційних моделей. Таким чином, подальше розроблення зазначених питань з єдиних методологічних позицій можна вважати пріоритетним напрямком подальшого розвитку теорії і практики геометричного інтерпретаційного моделювання. Цілеспрямоване проведення системних досліджень теоретичних й практичних аспектів геометричного інтерпретаційного моделювання, розроблення його методологічної й алгоритмічної бази дозволить здійснювати всебічне вивчення сітчастих

структур з подальшим визначенням закономірностей взаємодії між їх елементами і зовнішнім середовищем, а також прогнозування поведінки й подальшої оптимізації об'єктів дослідження. Це дозволить суттєво розширити сферу застосування інтерпретаційного геометричного моделювання в різних галузях науки і виробництва.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційному дослідженні досягається завдяки коректній постановці задач, вибором адекватного математичного апарату і експериментальною перевіркою точності отриманих розрахункових результатів. Проведені дослідження визначаються коректністю виконаних теоретичних і чисельних розрахунків, практичним застосуванням одержаних результатів для розв'язання реальних задач моделювання, а також апробацією на міжнародних конференціях та наукових семінарах.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується коректністю застосування апробованого в науковій практиці дослідницького і аналітичного апарата, несуперечністю отриманих наукових результатів загальновідомим фізичним та математичним положенням, збіжністю результатів теоретичних і модельних розрахунків.

Усе це дає підстави стверджувати, що наукові положення, висновки і рекомендації дисертації в достатній мірі обґрунтовані.

Достовірність одержаних результатів забезпечується коректним застосуванням математичного апарата; використанням фундаментальних співвідношень, які стосуються обраної галузі знань; результатами тестових прикладів, що базуються на даних чисельних експериментів, достатнім рівнем публікацій та апробацій одержаних результатів; актами впровадження результатів дисертаційної роботи. Так розроблені в дисертації три методики оптимізації геометричних та/або фізико-механічних параметрів огорожувальних конструкцій та внутрішніх конструкцій будівель та зовнішніх систем теплопостачання впроваджені у ряді тренінгових курсів в

рамках Проекту «Train-to-NZEB: The Building Knowledge Hubs» програми ЄС «Горизонт 2020» і прийнятті до впровадження у проектно-будівельні компанії ТОВ «Комплексне проектування та будівництво» та ТОВ «Архітектурно-будівельний енергоцентр».

Новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі вирішена важлива наукова і практична проблема створення методологічних основ геометричного інтерпретаційного моделювання сітчастих структур, які є прообразами багатокомпонентних систем і складних фізичних або абстрактних системних процесів.

Наукова проблема дослідження полягає в розробленні нових методів інтерпретаційного геометричного моделювання сітчастих структур та способів їх застосування

Наукову новизну роботи складають наступні результати:

Уперше:

1) виявлено диференційну закономірність між геометричними і фізичними параметрами сітчастої структури та потенціалом векторного поля, що її врівноважує у незакріплених вузлах; одержано диференціальне рівняння зв'язку між геометричними і фізичними параметрами сітчастої структури та щільністю потоку векторного поля, яке діє на її вільні вузли;

2) виведено рівняння, що описують зв'язок між фізичними і геометричними параметрами окремих ланок сітчастої структури та вузловими характеристиками польових структур, що врівноважують модель; розроблено універсальний метод управління параметрами ланок сітчастих структур шляхом корегування величин скалярного потенціалу зовнішніх впливів на основі виведених рівнянь;

3) розроблено інваріантний по відношенню до постановки задач метод корегування сітчастих структур, побудованих шляхом геометричного формоутворення із накладанням додаткових функціональних умов;

4) створено алгоритми прискорення процесу моделювання регулярних

дискретних каркасів кривих та поверхонь, заданих у параметричній або неявній формі;

5) запропоновано ефективну методику розрахунку та оптимізації форми і компонентів НДС стрижневих безмоментних будівельних конструкцій, вузли яких сприймають проєктне навантаження; представлено спосіб локального та комплексного корегування форми стрижневої конструкції на основі запропонованої методики;

6) запропоновано алгоритм оптимізації геометричних та фізичних параметрів огорожувальних конструкцій і теплових оболонок енергоефективних будівель, а також адаптивний алгоритм скорочення тепловтрат мереж систем тепlopостачання на основі оптимізації їх геометричних моделей;

7) запропоновано спосіб оптимізації організаційних кластерних структур на основі корегування параметрів їх геометричних моделей, як інтерпретаційних сітчастих структур;

8) запропоновано спосіб геометричного моделювання мікроструктури кристалічних решіток на прикладі іонних кристалів із можливістю урахування зовнішнього впливу на положення елементів моделі;

Удосконалено:

1) диференційні закономірності між геометричними і фізичними параметрами сітчастих структур та полів що на них діють, які адаптовано до застосування у задачах довільної розмірності.

2) спеціальні алгоритми побудови дискретно представлених плоских і просторових кривих, а також поверхонь, заданих функціями у неявній формі.

Дістали подальшого розвитку:

1) інструментальні засоби статико-геометричного методу дискретної геометрії шляхом доповнення системи рівнянь рівноваги вузлів моделі сітчастої структури параметричними рівняннями стану її вузлів та ланок;

2) оптимізаційний алгоритм пошуку ефективних геометричних

параметрів багатоярусних підпірних стін на основі симбіотичного поєднання методу штрафних функцій та методу управління параметрами сітчастих структур;

3) диференційні закономірності між фізико-геометричними параметрами ланок сітчастих структур та характеристиками зовнішніх полів, діючих на їх вузли, які були адаптовані до випадку, коли незафіксовані вузли моделі перебувають у рухомому стані.

Практичне значення одержаних автором наукових результатів полягає у розширенні області застосування інструментів дискретної геометрії по відношенню до нових класів прикладних задач та доведенні більшості отриманих результатів до практичної реалізації. До переліку наукових результатів, що мають суттєве практичне значення, можна віднести:

1) запропоновану методику оптимізації стрижневих конструкцій, з використанням якої можна досягти максимально можливих показників економії матеріалів з урахуванням реальних обмежень, що накладаються на відповідні конструкції;

2) отриману методику оптимізації геометричних параметрів систем теплопостачання та інженерних систем, яка дозволяє ще на етапі проектування віднайти такі координати вузлів розгалуження їх ланок, які забезпечуватимуть мінімізацію енергетичних втрат по довжині прокладання відповідних мереж, враховуючи специфіку містобудівних умов та обмежень;

3) розроблені ефективні програмні алгоритми моделювання та оптимізації дискретних каркасів просторових і плоских кривих та поверхонь, а також стрижневих конструкцій, зовнішніх інженерних мереж, багатоярусних підпірних стін, організаційних кластерів у будівництві.

Вище зазначені результати впроваджено у виробничу проектно-будівельну практику, а також у науково-освітній процес Київського національного університету будівництва і архітектури, що може бути підтверджено відповідними довідками про впровадження.

Повнота викладу основних результатів дисертації в публікаціях. За матеріалами дисертаційного дослідження Скочка В.І. опубліковано 57 наукових праць, з яких: 12 – у міжнародних виданнях та виданнях, що належать до наукометричних баз, 22 – у виданнях, що належать до переліку фахових видань, 22 – у матеріалах науково-практичних конференцій, 1 – у додаткових публікаціях. Загалом, із зазначеного переліку 26 наукових праць опубліковані здобувачем без співавторів.

Аналіз публікацій автора дозволяє зробити висновок, що основні результати дисертаційної роботи, перелік яких наведено вище, знайшли повне відображення у його публікаціях. Результати дослідження пройшли необхідну апробацію на вітчизняних та міжнародних конференціях і семінарах.

Оцінка змісту дисертації, відповідність встановленим вимогам щодо оформлення. У вступі викладені основні положення дисертації: актуальність теми дослідження, основні задачі, методи досліджень, наукова новизна, практична значимість отриманих результатів, їхня апробація й кількість публікацій.

У першому розділі «Аналіз сучасного стану досліджень методів дискретного геометричного моделювання об'єктів та процесів» проаналізовано дослідження присвячені розвитку та застосуванню методів дискретного геометричного моделювання явищ, процесів та об'єктів здійснено огляд методів аналізу й розрахунку фізичних сітчастих та стрижневих структур. Проаналізовано чисельні методи оптимізації параметрів функцій багатьох змінних з описом переваг та недоліків при вирішенні задач різних типів, Також виділено загальні принципи розрахунку стрижневих безмоментних конструкцій засобами теоретичної механіки. Виявлено необхідність у створенні спільної інструментальної бази для вирішення цих задач засобами геометричного дискретного формоутворення та чисельного моделювання.

У другому розділі «Геометрична інтерпретаційна модель сітчастої структури, яка перебуває у стані статичної рівноваги під дією зовнішніх

впливів» запропоновано розглядати та описувати інтерпретаційні моделі сітчастих структур на основі уявлення про роботу фізичних систем. Представлено математичну модель дискретного образу сітчастої структури, яка перебуває у стані статичної рівноваги під дією зовнішніх впливів. Продемонстровано графічні інтерпретації рівнянь статичної рівноваги вузлів та ланок сітчастих інтерпретаційних структур, а також принципів побудови відповідних рівнянь. Одержано закономірності між геометричними і фізичними параметрами сітчастих структур та векторних полів, що їх врівноважують. Сформовано повну систему рівнянь стану вузлів моделі, та побудовано параметричні рівняння стану ланок сітчастих структур.

У третьому розділі «Геометричне моделювання дискретних образів об'єктів заданих функціями у неявній формі» розроблено алгоритми управління параметрами в'язей сітчастих структур та корегування сітчастих структур з наданням їм наперед визначених форм. Продемонстровано принципи і приклади побудови дискретно представлених кривих на площині, які є аналогами графіків функцій, заданих у неявній формі. Розглянуто специфіку моделювання дискретно представлених поверхонь, прообразами яких слугують неперервні поверхні задані функціями у неявній формі. Продемонстровано приклад відтворення форми дискретно представлених поверхонь, заданих функціями у неявній формі. Досліджено принципи побудови дискретних образів просторових кривих, утворених перетином двох поверхонь, що задані функціями у неявній формі. Розроблено алгоритм моделювання регулярних дискретних каркасів кривих та поверхонь, що задані функціями у параметричній формі.

У четвертому розділі «Геометричне моделювання напружено-деформованого стану стрижневих конструкцій» досліджено базові принципи формоутворення та коригування форми безмоментних стрижневих конструкцій. Розроблено прийоми для геометричного моделювання плоских стрижневих конструкцій із невеликою кількістю вільних вузлів, а також для формоутворення й корегування шарнірних ферм. Наведено методику

визначення компонентів напружено-деформованого стану шарнірних ферм, одержаних шляхом формоутворення. На основі припущення, що шарнірно-рухома опора може бути замінена на комбінацію однієї шарнірно-нерухомої опори і одного вільного вузла, запропоновано принцип моделювання стрижневих конструкцій з шарнірно-рухомими опорами. Запропоновано підхід та математичний алгоритм визначення векторних компонентів опорних реакцій у фіксованих вузлах стрижневих конструкцій. Також розроблено математичний алгоритм розвантаження окремих опорних вузлів стрижневих будівельних конструкцій із шарнірним вузловим сполученням. Представлено оптимізаційний алгоритм скорочення витрат матеріалів для виготовлення стрижневих конструкцій.

У *п'ятому розділі* «Застосування інтерпретаційних моделей сітчастих структур при відтворенні параметрів стану багатокомпонентних фізичних та абстрактних систем» встановлено основні математичні закономірності дискретної оптимізації геометричних і фізико-механічних параметрів енергоефективних будівель. Описано методику скорочення тепловтрат мереж теплопостачання на основі оптимізації їх геометричних моделей при проектуванні. Представлено підхід до геометричного моделювання оптимальних параметрів багаторусних підпірних стін. Продемонстровано використання інтерпретаційних сітчастих структур в процесі визначення оптимальних параметрів системи формування організаційних кластерів у будівництві. Розроблено математичний апарат дискретного геометричного моделювання мікроструктури іонних кристалічних решіток, як аналогів сітчастих структур.

У *шостому розділі* «Основні закономірності дискретного геометричного моделювання динамічних сітчастих структур» виведено рівняння руху незакріплених вузлів сітчастих структур, що перебувають під дією векторних полів. Одержано диференціальне рівняння зв'язку між геометричними і фізичними параметрами сітчастої структури та потенціалом векторного поля. Виведено диференціальне рівняння зв'язку між геометричними і фізичними

визначення компонентів напружено-деформованого стану шарнірних ферм, одержаних шляхом формоутворення. На основі припущення, що шарнірно-рухома опора може бути замінена на комбінацію однієї шарнірно-нерухомої опори і одного вільного вузла, запропоновано принцип моделювання стрижневих конструкцій з шарнірно-рухомими опорами. Запропоновано підхід та математичний алгоритм визначення векторних компонентів опорних реакцій у фіксованих вузлах стрижневих конструкцій. Також розроблено математичний алгоритм розвантаження окремих опорних вузлів стрижневих будівельних конструкцій із шарнірним вузловим сполученням. Представлено оптимізаційний алгоритм скорочення витрат матеріалів для виготовлення стрижневих конструкцій.

У *п'ятому розділі* «Застосування інтерпретаційних моделей сітчастих структур при відтворенні параметрів стану багатокомпонентних фізичних та абстрактних систем» встановлено основні математичні закономірності дискретної оптимізації геометричних і фізико-механічних параметрів енергоефективних будівель. Описано методику скорочення тепловтрат мереж теплопостачання на основі оптимізації їх геометричних моделей при проектуванні. Представлено підхід до геометричного моделювання оптимальних параметрів багаторусних підпірних стін. Продемонстровано використання інтерпретаційних сітчастих структур в процесі визначення оптимальних параметрів системи формування організаційних кластерів у будівництві. Розроблено математичний апарат дискретного геометричного моделювання мікроструктури іонних кристалічних решіток, як аналогів сітчастих структур.

У *шостому розділі* «Основні закономірності дискретного геометричного моделювання динамічних сітчастих структур» виведено рівняння руху незакріплених вузлів сітчастих структур, що перебувають під дією векторних полів. Одержано диференціальне рівняння зв'язку між геометричними і фізичними параметрами сітчастої структури та потенціалом векторного поля. Виведено диференціальне рівняння зв'язку між геометричними і фізичними

параметрами сітчастої структури та щільністю потоку векторного поля, яке призводить до руху її вузлів. Сформовано повну систему рівнянь руху вільних вузлів сітчастої структури, що перебуває під впливом зовнішніх векторних полів. Виконано узагальнення системи рівнянь руху вільних вузлів N вимірної сітчастої структури, що перебуває під дією векторних полів у евклідовому просторі.

У цьому розділі «Програмна реалізація та впровадження результатів досліджень» виведено рівняння руху незакріплених вузлів сітчастих структур, що перебувають під дією векторних полів. Одержано диференціальне рівняння зв'язку між геометричними і фізичними параметрами сітчастої структури та потенціалом векторного поля, яке призводить до руху її вузлів. Виведено диференціальне рівняння зв'язку між геометричними і фізичними параметрами сітчастої структури та щільністю потоку векторного поля, яке призводить до руху її вузлів. Сформовано повну систему рівнянь руху вільних вузлів сітчастої структури, що перебуває під впливом зовнішніх векторних полів.

За своїм змістом дисертація Скочка В.І. відповідає усім діючим вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук і представляє собою самостійно написану наукову роботу, яка містить сукупність наукових положень та результатів, представлених автором для публічного захисту. Дисертаційна робота має внутрішню цілісність і свідчить про вагомий особистий внесок автора у науку. Робота написана на достатньо кваліфікованому мовно-стилістичному рівні, застосована наукова термінологія є загальноновизнаною, стиль викладення результатів теоретичних досліджень та практичних розробок, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття і використання іншими дослідниками. Оформлення дисертаційної роботи і автореферату повністю відповідає вимогам державних стандартів і Положень ВАК України.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації. Зміст автореферату повністю відображає основні результати досліджень, поданих у дисертації.

Зауваження

1. В результаті розробки єдиної геометричної інтерпретаційної моделі сітчастої структури досліджуваних об'єктів та процесів суттєво зросли можливості геометричного моделювання. Цим питанням в роботі приділяється основна увага. Доцільно було б також зазначити чи є у запропонованій моделі конкретні недоліки чи проблемні питання щодо її використання та навести порівняльну таблицю з можливостями наявних та запропонованої моделей.

2. У третьому розділі дисертації продемонстровано застосування декількох методів формоутворення дискретно представлених кривих та поверхонь, кожен із яких в кінцевому рахунку дозволяє досягнути поставленої мети і віднайти шуканий каркас точок. Було б корисним і цікавим навести порівняльний аналіз запропонованих методів з метою оцінки їх ефективності застосування при вирішенні різних типів задач дискретного геометричного моделювання.

3. В роботі не зазначено чи проводилося узагальнене системне оцінювання економічного ефекту від застосування запропонованого автором інструментарію геометричного моделювання сітчастих структур, що інтерпретують досліджувані об'єкти, явища та процеси. Не у всіх випадках зазначено також як обґрунтовувався вибір критеріїв ефективності, за якими проводилося це оцінювання.

Висновок

Дисертаційна робота Скочка В.І. є завершеною кваліфікаційною науковою працею. В ній отримано нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності розв'язують актуальну науково-прикладну проблему розроблення методологічних основ геометричного інтерпретаційного моделювання сітчастих структур, які є прообразами багатокomпонентних систем і складних фізичних або абстрактних системних процесів. Дисертаційна робота Скочка

Володимира Ігоровича. відповідає п.п. 9, 10, 12, 13 “Порядку присудження наукових ступенів” щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук, який затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року № 567 (із змінами), а її автор, Скочко Володимир Ігорович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.01.01 – прикладна геометрія, інженерна графіка.

Офіційний опонент, професор кафедри основ архітектурного проектування, конструювання та графіки Національного університету водного господарства та природокористування, доктор технічних наук, професор

Особистий підпис Є. В. Пугачова засвідчую
Вчений секретар НУВГП



Є. В. Пугачов

А. А. Подлевський