

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора, заступника директора з наукової роботи
Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України
Максименка-Шейка Кирила Володимировича на дисертацію
Гнєздовського Олексія Валентиновича «Відкрита об'єктно-орієнтована
архітектура систем скінченно-елементного аналізу», яку представлено на
здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності
122 «Комп'ютерні науки»

Актуальність обраної теми дисертаційного дослідження та її зв'язок із напрямами науково-дослідних робіт

Велика кількість практичних застосувань сучасної науки та техніки зводиться до необхідності розв'язання крайових задач. Обмежена кількість типів рівнянь, що розв'язуються аналітично, обумовлює необхідність пошуку наближених чисельних розв'язків диференціальних рівнянь та впровадження відповідного математичного та програмного забезпечення.

Розробка нових підходів до проєктування та побудови архітектур наукового програмного забезпечення є актуальною з декількох причин. Зокрема, з розвитком технологій з'являються нові вимоги та можливості для розробки програмного забезпечення. Нові архітектури можуть враховувати ці тенденції та використовувати нові технології для розширення функціональності та підвищення продуктивності програмних комплексів. Розвиток підходів до проєктування з урахуванням можливостей ефективного масштабування дозволяє програмам працювати ефективно при збільшенні обсягів даних та розширенні кола задач.

При розробці сучасного наукового програмного забезпечення мова програмування Python є такою, що використовується найбільш часто. Це зумовлено, зокрема, великою кількістю бібліотек, що реалізують різний

математичний функціонал (наприклад, NumPy та SciPy, що використовуються для наукових розрахунків). Слід зазначити, що до сьогодні систем скінченно-елементного аналізу на Python розроблено відносно мало. Серед них можна виділити, наприклад, fempy, FEniCS, PolyFEM, SfePy, втім частина з них має лише Python-інтерфейс, але написана на C++. Незважаючи на те, що деякі з наведених систем є відкритими, внесення змін для розширення їх функціоналу є складним та трудомістким процесом.

Отже, створення нового ПЗ скінченно-елементного аналізу з відкритою об'єктно-орієнтованою архітектурою і програмним кодом на мові Python, яке б давало змогу користувачам розв'язувати широкі класи крайових задач за допомогою сучасних комп'ютерних платформ, є важливою задачею, а дисертаційне дослідження Гнєздовського О. В. є актуальним, своєчасним і таким, що повністю відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Основні наукові положення і висновки, сформульовані в дисертації, їх новизна, ступінь обґрунтованості та достовірності

У дисертаційній роботі чітко сформульовано її мету, яка полягає у розв'язанні актуальної задачі створення відкритої об'єктно-орієнтованої архітектури систем скінченно-елементного аналізу, яку може бути використано при розробці як універсального, так і спеціалізованого ПЗ, призначеного для аналізу широких класів крайових задач.

Наукові положення та висновки дисертації добре обґрунтовані з посиланнями на літературу та джерела, які розглянуто здобувачем у першому розділі дослідження «Аналіз стану проблеми». Структура дисертаційної роботи є логічною та виваженою, вона містить всі необхідні складові та підпорядкована досягненню заявленої мети. Обґрунтованість та достовірність результатів дисертації не викликає сумнівів, оскільки вона підтверджується коректністю обраної методології дослідження та ґрунтовним аналізом сучасного стану досліджень у предметній галузі, релевантною добіркою використаних джерел, а

також проведеними обчислювальними експериментами.

В дисертаційній роботі отримано такі наукові результати:

вперше запропоновано ієрархічну об'єктно-орієнтовану архітектуру систем скінченно-елементного аналізу, яка на відміну від наявних аналогів дозволяє легко додавати нові типи розрахунків (статика, динаміка, фізична нелінійність) та враховувати геометричні особливості конструкцій, що розраховуються;

вперше програмно реалізовано на мові Python систему скінченно-елементного аналізу, яка базується на запропонованій архітектурі і може виконувати розв'язання широкого кола задач в статичній та динамічній постановці;

вперше отримано чисельні розв'язки певних класів крайових задач;

отримали подальший розвиток алгоритми розв'язання крайових задач методом скінченних елементів, що базуються на запропонованій об'єктно-орієнтованій архітектурі.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використовувати розроблений в дисертації програмний засіб `ruFEM` для автоматизації всіх етапів практичного використання МСЕ – генерації дискретних геометричних моделей (препроцесінг), чисельного розрахунку (процесінг) та візуалізації чисельних результатів (постпроцесінг). Запропонована в дисертації архітектура систем скінченно-елементного аналізу дозволяє істотно підвищити продуктивність програмної реалізації відповідного ПЗ. Слід відзначити, що розроблену програмну систему `ruFEM` реалізовано у вигляді бібліотеки класів з відкритим початковим кодом із застосуванням стандартних бібліотек мови Python NumPy, SciPy та інших.

Повнота викладення наукових положень, висновків і результатів дослідження в наукових публікаціях

За темою дисертації здобувач опублікував 7 робіт, серед яких: 1 стаття у

виданні, яке індексується у наукометричній базі Scopus; 3 статті у виданнях, що належать до категорії Б, а також 3 тез доповідей на науково-практичних конференціях.

Усі публікації прямо пов'язані з тематикою дисертації і достатньо повно розкривають її основні положення. Фактів порушення академічної доброчесності не виявлено. На усі використані в роботі джерела інформації є посилання.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації

В цілому позитивно оцінюючи дисертацію, слід звернути увагу на наступні дискусійні положення та зауваження до її змісту.

1. В першому розділі було б доцільно більше уваги приділити обґрунтуванню вибору мови програмування Python для реалізації систем скінченно-елементного аналізу, оскільки її використання вимагає більшої кількості обчислювальних ресурсів у порівнянні з традиційними для цієї задачі мовами програмування, наприклад, C/C++ та Fortran.

2. В третьому розділі наведено достатньо детальний огляд паттернів проєктування програмного забезпечення. Проте було б доцільним окрім об'єктно-орієнтованої парадигми розглянути ще можливість застосування функціонального програмування. На думку опонента, ця технологія є природньою для програмної реалізації математичних обчислень.

3. В роботі наведено скінченно-елементну модель задачі про пошук параметрів напружено-деформованого стану двотаврової балки з круговими отворами, яка знаходиться під дією змінного у часі об'ємного навантаження. На жаль, в дисертації не наведено верифікації результатів у порівнянні з іншими авторами.

4. Було б доцільно провести дослідження ефективності запропонованого підходу до проєктування та реалізації скінченно-елементних систем у порівнянні з іншими аналогами.

5. Робота значно виграла б, якщо в ній була б продемонстрована можливість розв'язання фізично нелінійних задач за допомогою засобів розробленої системи.

6. Робота містить деякі друкарські помилки та стилістично невдалі конструкції, проте їх кількість не впливає на розуміння роботи.

Загальний висновок

Зазначені зауваження та рекомендації не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації. Гнездовський Олексій Валентинович продемонстрував високий рівень професійної підготовки, вміння проводити ґрунтовний аналіз предметної області та працювати з літературою, у повному обсязі впорався з основними завданнями дисертаційного дослідження.

Дисертація «Відкрита об'єктно-орієнтована архітектура систем скінченно-елементного аналізу» є цілісним завершеним дослідженням, відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» (галузь знань 12 «Інформаційні технології») та вимогам «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України № 167 від 6 березня 2019 р., а Гнездовський Олексій Валентинович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:

Доктор технічних наук, професор,
заступник директора з наукової роботи
Інституту проблем машинобудування
ім. А. М. Підгорного НАН України

_____ К. В. Максименко-Шейко