

ВІДГУК

офіційного опонента д-ра техн. наук, професора Дзюби Анатолія Петровича на дисертаційну роботу Мізерної Олени Леонідівни на тему:

«Напружено-деформований стан волокнистих композиційних матеріалів в умовах в'язкопружного деформування»,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

Актуальність теми дисертації.

Широкое використання конструкцій із композитних матеріалів, для яких математичні моделі опису поведінки є суттєво складнішими, ніж для випадку ізотропних матеріалів, потребує розробки нових та вдосконалення існуючих підходів до розв'язання проблем, що виникають при розрахунку таких конструкцій. Це стосується, зокрема, і розв'язання задач визначення напружено-деформованого стану волокнистих композиційних матеріалів, компоненти яких мають в'язкопружні властивості.

Особливістю таких композитних матеріалів є те, що матеріал створюється разом із самою конструкцією, і тому врахування його фізико-механічних властивостей, зокрема, в'язкопружних властивостей матриці та волокна у математичній моделі композиційного матеріалу та розробка, вдосконалення і модифікації ефективних числових алгоритмів розрахунку конструкцій із таких матеріалів є надзвичайно важливими як з наукової, так і з практичної точки зору.

Таким чином, тема дисертаційної роботи Мізерної О. Л., яка присвячена розробці нових та вдосконаленню існуючих підходів до розв'язання задач в'язкопружності механіки композитів, є досить актуальною. Актуальність роботи підтверджує також те, що її виконано у відповідності до низки важливих для галузі наукових тем, що проводились на кафедрі прикладної математики Національного університету «Запорізька політехніка».

Наукова новизна результатів дослідження.

До нових наукових результатів, отриманих у роботі, можна віднести такі:

– розроблено новий скінченний елемент у вигляді шестигранного паралелепіпеда з просторово-часовою апроксимацією переміщень для визначення напружено-деформованого стану волокнистих композиційних матеріалів, що мають в'язкопружні властивості;

– запропоновано розвиток моментної схеми скінченних елементів у тривимірній постановці з використанням розробленого скінченного елемента для визначення напружено-деформованого стану композиційних матеріалів, які містять пружні волокна та в'язкопружну матрицю;

– удосконалені числові підходи для розв'язування задач механіки композиційних матеріалів у тривимірній постановці для визначення напружено-деформованого стану в умовах в'язкопружного деформування;

– розроблено авторський пакет прикладних програм та отримано нові числові результати, що відображають вплив в'язкопружних властивостей

– компонент композиційного матеріалу і характеризують процес в'язкопружного деформування всієї конструкції.

Обґрунтованість та достовірність одержаних результатів, наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Обґрунтованість та вірогідність результатів досліджень забезпечується тим, що:

- наукові задачі досліджень в дисертації поставлені коректно;
- при розробці моделей розрахунку використовуються відомі фізичні закони, а також загально визнані та адекватні гіпотези і припущення механіки композитних матеріалів;
- методи та підходи при реалізації задач розроблені з залученням строгого та коректного математичного апарату, апробованих числових методів і програмного забезпечення;
- одержані результати не суперечать механічному змісту задачі та добре узгоджуються з результатами, отриманими в роботах інших авторів;
- обґрунтованість висновків та рекомендацій забезпечується тим, що вони безпосередньо впливають із отриманих аналітичних та числових результатів дисертаційної роботи;
- основні положення дисертаційної роботи апробовані виступами (та отримали підтримку) на наукових конференціях і семінарах різних рівнів

У цілому можна вважати, що наукові положення, висновки та підходи, розвинуті в дисертації, є достатньо обґрунтованими та достовірними, оскільки ґрунтуються на глибокому порівняльному аналізі досліджуваних явищ та узгодженням отриманих результатів з роботами інших авторів;

Значення отриманих результатів дослідження.

Теоретичне значення полягає в побудові нового скінченного елемента з просторово-часовою апроксимацією переміщень та методики його використання для розрахунку конструкцій із волокнистих композитних матеріалів, що мають в'язко-пружні властивості.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості безпосереднього використання розроблених підходів і методів при проектуванні конструкцій з волокнистих композиційних матеріалів на основі гум, пластмас, поліуретанів та ін. в машинобудівній, металургійній, енергетичній, автомобільній промисловості та інших галузях. Результати, отримані у дисертаційній роботі, вже знайшли впровадження у відділі механіки еластомерних конструкцій Інституту геотехнічної механіки НАН України (м. Дніпро) при розрахунку та створенні гумових амортизаторів із гумокордними вставками.

Структура, загальна характеристика та оформлення дисертації.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку літератури і додатків. Дисертація викладена на 135 сторінках, з них – 28 рисунків, 1 таблиця, список використаних джерел становить 158 найменувань на 20 сторінках, 5 додатків на 11 сторінках.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, наведено загальну характеристику роботи, сформульовано мету і основні завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет та методи наукового дослідження. Викладено нау-

кову новизну, практичне значення результатів дослідження, наведено відомості про особистий внесок здобувача та апробацію результатів дисертаційної роботи.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного теоретичного, експериментального та числового досліджень ефективних характеристик та напружено-деформованого стану волокнистих композиційних матеріалів, що мають в'язкопружні складові. Проведено аналіз результатів експериментальних досліджень в'язкопружних властивостей різних видів композитів (полімерних, еластомерних, гумокордних, поліпропіленових, органо- і склопластиків). Розглянуто методи визначення ефективних характеристик композиту в залежності від властивостей компонентів матеріалу. Досліджено диференціальні та інтегральні моделі в'язкопружності композиційних матеріалів. Особливу увагу приділено методу скінченних елементів, як одному з ефективних методів розрахунку.

У **другому розділі** запропоновано модифікацію моментної схеми скінченних елементів у формі методу переміщень на основі варіаційного принципу Лагранжа для застосування її при розрахунку в'язкопружних композиційних матеріалів. Розглянуто скінченний елемент у вигляді шестигранного паралелепіпеда, для якого проведено просторово-часову апроксимацію переміщень. Отримано складові матриці жорсткості скінченного елемента для в'язкопружного композиту та систему розв'язувальних рівнянь для визначення переміщень у певний момент часу.

У **третьому розділі** представлено авторську програмну реалізацію розробленої математичної моделі. Описано ітераційний алгоритм розв'язання задачі в'язкопружного деформування волокнистого композиту. Розглянуто складові пакету прикладних програм та етапи розрахунку конструкцій.

Четвертий розділ присвячено визначенню напружено-деформованого стану елементів композитних конструкцій (пластин, труб, циліндричних оболонок) в умовах в'язкопружного деформування при різних умовах закріплення і навантаження. Проведено порівняння результатів пружного і в'язкопружного розрахунків. Проаналізовано такі ефекти, як релаксація напружень і повзучість деформацій у матеріалі конструкцій. Зроблено розрахунок напружено-деформованого стану силового амортизатора у вигляді пневмоелемента з гумокордною оболонкою. Представлено поля переміщень і напружень у конструкціях.

У **висновках** наведено основні результати та загальні підсумки дослідження.

У **додатках** наведено список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації, а також акт впровадження результатів дослідження у відділі механіки еластомерних конструкцій Інституту геотехнічної механіки НАН України (м. Дніпро) при розрахунку та створенні гумових амортизаторів із гумокордними вставками.

У цілому структура, обсяг роботи та оформлення дисертації і автореферату відповідають вимогам МОН України до кандидатських дисертацій.

Повнота викладу наукових положень, висновків, результатів і рекомендацій в опублікованих роботах.

За темою дисертації опубліковано 16 робіт, з них 6 статей опубліковано у фахових наукових виданнях згідно з Постановами МОН України, а 1 стаття – у міжнародному науковому періодичному виданні, з яких 3 статті входять до наукометричних баз даних; а також 9 робіт матеріалів міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференцій.

Опубліковані наукові праці достатньо повно відображають основні результати дисертаційної роботи, яка пройшла апробацію на більше, ніж 9-и авторитетних міжнародних наукових конференціях та семінарах.

Автореферат дисертації відповідає змісту дисертаційної роботи.

Як зауваження можна зазначити:

1. В дисертації не приведена інформація про спосіб визначення фізико-механічних характеристик матеріалу (стор. 57 дис.). Якщо це параметри ортотропного тіла, то як вони пов'язані з фізико-механічними характеристиками складових ортотропного тіла, в'язкопружної матриці і пружного волокна? Як, при цьому, враховується, зокрема, кут укладання волокна (див. результати на рис.4. 2 дис.) та ін.

2. Недостатньо пояснено, яка фізична природа чи властивості складових композитного матеріалу покладені в основу отримання реологічних характеристик в'язкопружного матеріалу, складових матриці жорсткості, миттєвих та тривалих характеристик компонентів композитних матеріалів, та ін.

3. Не можна вважати коректним, як суперечливе, (стор. 1 автореф.) висловлювання (стор 1 автореф., стор. 3 та стор. 18 дис.) «... методики визначення напружено-деформованого стану композиційних конструкцій в умовах в'язкопружного деформування часто мають деякі припущення і гіпотези, які дозволяють спростити розрахунок. Однак, використання їх для конструкцій ... в умовах в'язкопружного деформування призводить до громіздкості та складності математичних моделей і неможливості їх розв'язку ... або незадовільною точністю».

4. Не наведені сітки розбиття на скінченні елементи, зокрема. за наявності часової координати. Чи призводить це до необхідності перебудови сітки за часовою координатою?

5. Не вказано напрям дії навантаження квадратної пластини (рис. 4.1), що ускладнює аналіз отриманих результатів.

6. Замість терміну «чисельні» краще вживати «числові», а замість «розклад» – «розкладення» або «розвинення».

Зазначені недоліки не стосуються актуальності проведених досліджень, наукової новизни, достовірності та практичної цінності отриманих результатів і тому не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи у цілому.

Висновки щодо відповідності дисертації встановленим вимогам МОНУ.

В цілому дисертаційна робота Мізерної Олени Леонідівни виконана на високому науковому рівні і є цілісною завершеною кваліфікаційною науковою працею, в якій одержані нові наукові результати, що у сукупності є вагомим внеском у вирішенні актуальної науково-технічної задачі розробки методів розрахунку напружено-деформованого стану просторових конструкцій із волокнистих композиційних матеріалів в умовах в'язкопружного деформування.

Результати та висновки дисертаційної роботи повністю відповідають меті та поставленим завданням, а автореферат є ідентичним положенням дисертації і у повній мірі відображає основний зміст. Тема, зміст та результати дисертації відповідають паспорту спеціальності 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла (технічні науки).

Вважаю, що за актуальністю теми, високим науковим рівнем виконаних досліджень, новизною, науковим та прикладним значенням одержаних результатів дисертаційна робота Мізерної О. Л. «Напружено-деформований стан волокнистих композиційних матеріалів в умовах в'язкопружного деформування», відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів...», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 656 зі змінами, затвердженими Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19 серпня 2015 р., № 1159 від 30.12.2015 р., а її автор – Мізерна Олена Леонідівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент:

Професор кафедри

теоретичної та прикладної механіки

Дніпровського національного університету

імені Олеся Гончара,

Заслужений діяч науки і техніки України,

доктор технічних наук, професор

А. П. Дзюба

Підпис професора А. П. Дзюби засвідчую

Вчений секретар Вченої ради ДНУ



Т. В. Ходанен