

ВІДГУК
офіційного опонента

на дисертацію Селіванова Михайла Федоровича “Квазістатичні задачі механіки руйнування пружних та в’язкопружних тіл для моделей тріщин з зонами зчеплення”, поданої на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Міцність матеріалів та створених на їх основі інженерних конструкцій значною мірою визначається поведінкою наявних в них мікродефектів, зокрема тріщин. Важливою складовою методів прогнозування надійності елементів конструкцій є аналіз поведінки матеріалів у околі вершин тріщин. Сказане визначає актуальність даної дисертаційної роботи, присвяченої розробці методів розв’язання відповідних прикладних задач механіки руйнування.

Дослідження, результати яких викладено в дисертаційній роботі, проведено в межах затверджених спільним наказом Міністерства освіти і науки та НАН України переліком найважливіших проблем фізико-математичних та технічних наук, зокрема напрямів “1.3.1.2. Науково обґрунтовані методи оцінки технічного стану та залишкового ресурсу конструкцій тривалої експлуатації”, “1.3.1.3. Механіка руйнування та критерії граничного стану”, “1.3.1.4. Механіка композитних матеріалів, включаючи нанокompозити”. Одержані у роботі аналітичні співвідношення та обчислювальні результати стали частиною звітів з тем науково-дослідних робіт НДР № 1.3.1.445 “Дослідження довготривалого деформування та руйнування анізотропних в’язкопружних тіл”, номер державної реєстрації 0103U008055; НДР № 1.3.1.345 “Дослідження квазістатичних процесів розвитку тріщин у композитах на основі моделей нелінійної механіки руйнування”, номер державної реєстрації 0104U000300; НДР № 1.3.1.358 “Розробка нових нетрадиційних підходів на основі дискретно-континуальних методів і комбінованих моделей деформування і руйнування композитних матеріалів для розв’язання проблем міцності і довговічності сучасних конструкцій”, номер державної реєстрації 0107U000163; НДР № 1.3.1.487п “Дослідження впливу в’язкопружних властивостей композитів на концентрацію напружень поблизу отворів при статичному навантаженні”, номер державної реєстрації 0109U000252; НДР № 1.3.1.366 “Дослідження

механізмів квазістатичного розвитку тріщин в анізотропних і кусково-однорідних тілах при розтязі і зсуві з застосуванням підходів мезомеханіки руйнування”, номер державної реєстрації 0107U008617; НДР № 1.3.1.385 “Розробка моделей нелінійного деформування та руйнування конструктивних матеріалів з урахуванням їх дефектності, анізотропії, в’язкопружних та пластичних властивостей”, номер державної реєстрації 0112U000252; НДР № 1.3.1.386 “Дослідження квазістатичних процесів розвитку тріщин у в’язкопружних і нелінійно пружних тілах на основі моделей нелінійної механіки руйнування”, номер державної реєстрації 0113U002153; НДР № 1.3.1.408 “Визначення тріщиностійкості і довговічності композитних матеріалів на основі методів нелінійної механіки руйнування”, номер державної реєстрації 0115U005710.

Новизна викладених у дисертаційній роботі результатів полягає в тому, що:

- побудовано аналітичну схему ефективного отримання числових характеристик в’язкопружної поведінки композитного матеріалу на основі експериментальних даних щодо в’язкопружної поведінки компонентів; автором дисертаційної роботи запропоновано методіку, яка надає змогу радикально скоротити кількість функцій, а отже й характеристик у ядрі повзучості, не втрачаючи заданої точності представлення;

- розроблено нову модель поведінки матеріалу в околі вершин тріщин у пружних і в’язкопружних матеріалах за умови складного режиму навантаження. Запропонована автором роботи модель надає змогу фізично коректно описати поведінку матеріалу (без використання нескінченних напружень) і, водночас, уточнити параметри цієї поведінки за рахунок використання нелінійної залежності між розкриттям тріщини і силою, з якою взаємодіють її береги поблизу вершини;

- серед досліджень поведінки тріщин в умовах складного навантаження дисертаційна робота має перевагу в тім, що всі викладені в ній результати коректно враховують можливий контакт берегів тріщини внаслідок неоднорідності навантаження;

- автором дисертаційної роботи вперше широко використано модель зчеплення для дослідження широкого спектру основних задач механіки руйнування лінійно пружних та в’язкопружних тіл; використання аналітичних методів розв’язання задач теорії пружності дозволило виявити нові механічні закономірності, обумовлені використанням моделі;

- розроблено нові методики розв'язування визначальних інтегральних рівнянь та нерівностей у ряді основних задач механіки руйнування в'язкопружних анізотропних матеріалів та проаналізовано їхню ефективність.

Практичне значення отриманих у дисертаційній роботі результатів полягає в запровадженні нової схеми визначення та проектування властивостей в'язкопружних композитних матеріалів; фізично коректній постановці задач, використанні нових моделей нелінійної механіки руйнування та побудові ефективних обчислювальних схем розв'язування задач механіки руйнування тіл із в'язкопружних матеріалів. Усе це, у сукупності, має призвести до точнішої оцінки параметрів довговічності та тріщиностійкості елементів конструкцій, виготовлених із сучасних композитних матеріалів.

Застосування коректної постановки вивчених у роботі задач, розробка нових методик розв'язування на основі відомих із літератури ефективних методів побудови розв'язків інтегральних рівнянь, порівняння з розв'язками для більш простих для розв'язання частинних випадків та дослідження практичної збіжності запропонованих методик забезпечують обґрунтованість та достовірність отриманих у роботі результатів. Автором використано лише ті моделі поведінки матеріалів, які мають строге експериментальне обґрунтування.

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновку, списку використаних джерел та додатку. Текст роботи викладено на 322 сторінках. Структура, обсяг і оформлення дисертаційної роботи відповідають вимогам, які висуваються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора наук (наказ МОН № 40 від 12.01.2017 "Про затвердження Вимог до оформлення дисертації").

Загалом, робота є завершеним науковим дослідженням. Результати, викладені в дисертації, у повній мірі оприлюднено в наукових фахових виданнях, які відповідають наказу МОН № 1112 від 17.10.2012 "Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук".

Автореферат дисертації ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації. Текст автореферату та дисертації викладено на належному науковому рівні. Висновки, викладені в роботі, повністю відповідають її заявленій меті.

Результати, отримані автором у межах дисертаційної роботи, пройшли належну апробацію науковим співтовариством під час доповідей за матеріалами дисертаційної роботи на ряді конференцій та семінарів.

Наукові роботи, які є основою дисертації, опубліковано після захисту автором кандидатської дисертації. Матеріали кандидатської дисертації не включено до рецензованої роботи.

Зауваження.

1. Розглянута автором модель зони зчеплення (МЗЗ) відома в зарубіжній науковій літературі як модель когезійної зони (CZM) і широко використовується в чисельному моделюванні процесів зародження та поширення тріщин, розшарування фаз і т.д. Наразі цю модель імплементовано в комерційних МСЕ-програмах (ANSYS, ABAQUS та інших) із використанням як контактних, так і міжфазних скінчених елементів. Варто було би приділити увагу порівнянню з результатами, одержаними числовими методами й наголосити на перевагах розвинутого підходу.
2. На стор. 17, перше із завдань дослідження сформульовано як “Розвинути метод розв’язання задач лінійної в’язкопружності для врахування в’язкопружних властивостей матеріалів компонент композита”. Імовірно, мова йде про визначення макроскопічних в’язкопружних властивостей, які в подальшому використовуються при розгляді поширення тріщини в композиті (вірніше, в однорідному тілі з властивостями композиту).
3. У сучасній літературі з мікромеханіки є значна кількість робіт, присвячених задачі гомогенізації композитів із в’язкопружними компонентами (вказаний автором перелік робіт [3,58,77–79,83,93,94,94,110,141,151] на стор. 49 є далеко не повним і дещо застарілим), тому варто було б принаймні пояснити необхідність розвитку власного підходу до оцінки ефективних в’язкопружних властивостей композиту.
4. Варто було б наголосити на межах застосовності МЗЗ до композитів, а саме те, що розмір зони зчеплення має значно перевищувати характерний розмір структурної неоднорідності композитного матеріалу, що дає право розгляду останнього як однорідного тіла з ефективними в’язкопружними властивостями.

5. Іншою, не менш суттєвою проблемою при розгляді тріщин у композиті є вибір ефективних параметрів МЗЗ, а саме міцності та роботи адгезії, якщо такий вибір взагалі можливий. Вказані параметри залежать як від властивостей фаз, так і міжфазних границь: у багатьох випадках саме остання є “слабкою ланкою” і визначає траєкторію й поведінку тріщини. В такому випадку аналіз має враховувати реальну мікроструктуру зони зчеплення.

Втім, зазначені зауваження не стосуються актуальності проведених досліджень, наукової новизни, достовірності та практичної цінності отриманих результатів і не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

Висновок. Дисертаційна робота М.Ф. Селіванова «Квазістатичні задачі механіки руйнування пружних і в'язкопружних тіл для моделей тріщин з зонами зчеплення» є цілісною завершеною науковою працею, у якій отримано нові науково обґрунтовані результати, які вирішують наукову задачу математичного моделювання з фізично обґрунтованих позицій поведінки тріщин у однорідних пружних та в'язкопружних тілах, зокрема з використанням моделі зони зчеплення, яка забезпечує адекватний опис поведінки матеріалів в околі вершин тріщин. Робота повністю відповідає вимогам нормативних документів МОН України, постанові Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. “Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів”, а її автор заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент,

провідний науковий співробітник
Інституту надтвердих матеріалів
ім. В.М.Бакуля НАН України,
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

Підпис В.І. Куца засвідчую:

Вчений секретар Інституту надтвердих
матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України
канд. техн. наук



[Handwritten signature]

В.І. Куц

[Handwritten signature]

В.В. Смоквина