ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Кіпніса Олександра Леонідовича «Напружений стан біля міжфазних зсувних тріщин у кутовій точці межі поділу середовищ», подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

**Актуальність теми.** Сучасні конструкції, виготовлені з композитних матеріалів, як правило містять багаточисленні кутові точки складної структури, що у певних випадках є гострокінцевими концентраторами напружень. У математичному відношенні кутові точки – гострокінцеві концентратори напружень являють собою особливі точки крайових задач теорії пружності. Напруження прямують до нескінченності, якщо точка тіла наближається до такої кутової точки. Висока концентрація напружень в даній точці може стати причиною розриву суцільності біля неї і зародження тріщин, що виходять з неї, довжини яких набагато менші за розміри тіла (маломасштабні тріщини). Це відбувається передусім саме біля кутових точок – гострокінцевих концентраторів напружень. У такій ситуації особливо небезпечною є маломасштабна тріщина, рівновага якої буде нестійкою, оскільки після досягнення стану граничної рівноваги матиме місце динамічний режим розвитку тріщини. В цьому випадку можливе непередбачене заздалегідь повне руйнування конструкції.

Отже, інформація про напружений стан біля тріщин у кутових точках пружних тіл має дуже важливе значення при дослідженні проблем, що стосуються руйнування конструкцій.

Проте у більшості задач теорії пружності про тріщини в кутових точках, які розглянуто на даний час, тіло є однорідним. У випадку кусково-однорідного тіла в указаному напрямку досліджувались лише кутові точки, що являють собою кінці тріщин. Кутові точки складнішої структури не розглядались. У даній роботі досліджується напружений стан біля тріщин в кутовій точці кусково-однорідного пружного тіла. Тому тема роботи є актуальною для механіки деформівного твердого тіла.

**Наукова новизна отриманих результатів.** В роботі вперше у механіці деформівного твердого тіла проведено дослідження напруженого стану біля маломасштабних міжфазних зсувних тріщин, які виходять з кутової точки межі поділу ізотропних пружних середовищ. З цією метою здійснено перехід від задачі про тріщини у кутовій точці до плоскої статичної симетричної задачі теорії пружності для кусково-однорідної ізотропної площини з межею поділу середовищ у формі сторін кута, що містить розрізи скінченної довжини, які виходять з кутової точки та розташовані на цій межі. Дані розрізи являють собою лінії розриву дотичного переміщення. Указану нову задачу теорії пружності для кусково-однорідного тіла клиноподібної конфігурації з використанням апарату інтегрального перетворення Мелліна зведено до функціонального рівняння Вінера – Гопфа. Побудовано точний розв’язок рівняння Вінера – Гопфа, який виражається через інтеграли типу Коші і гамма-функції. При цьому метод розв’язання одновимірних функціональних рівнянь Вінера – Гопфа задач теорії пружності для однорідних клиноподібних тіл поширено на випадок кусково-однорідного тіла.

Виведено формулу для визначення коефіцієнта інтенсивності напружень у кінці маломасштабної міжфазної зсувної тріщини в кутовій точці межі поділу ізотропних пружних середовищ. Вона установляє зв'язок між цим коефіцієнтом і коефіцієнтом інтенсивності напружень у кутовій точці межі поділу середовищ. Одержано трансцендентне рівняння для знаходження показника степеня сингулярності напружень в кутовій точці за наявності в ній тріщин. Визначено умову зрушення тріщин і показано, що їх рівновага є нестійкою. Установлено нові механічні ефекти щодо характеру зміни рівня концентрації напружень біля кінця тріщини та біля кутової точки у залежності від кута і пружних сталих.

На основі побудованих в роботі точних аналітичних розв’язків нових задач теорії пружності для кусково-однорідних тіл клиноподібної конфігурації досліджено граничну рівновагу кусково-однорідної площини з міжфазними тріщинами у кутовій точці межі поділу середовищ за наявності навантаженої внутрішньої півнескінченної тріщини. Установлено характер зміни руйнуючого навантаження.

**Обґрунтованість та достовірність результатів.** У процесі виконання роботи використовувались тільки положення класичної теорії пружності і загальновизнані положення механіки крихкого руйнування. Крайові задачі теорії пружності поставлено коректно і для побудови їх розв’язків застосовано строгі математичні методи. Сформульовані у роботі висновки узгоджуються з фізичними міркуваннями. У часткових випадках є збіг одержаних результатів з відомими результатами інших авторів. Все це свідчить про обґрунтованість і достовірність одержаних результатів.

**Наукове та практичне значення роботи.** Теоретичне значення роботи полягає у тому, що в ній розвинуто підхід до дослідження напруженого стану кусково-однорідних ізотропних пружних тіл біля маломасштабних зсувних тріщин у кутових точках та з його застосуванням розв’язано задачі про граничну рівновагу тіла з міжфазними тріщинами в кутовій точці межі поділу середовищ. Практичне значення роботи полягає у тому, що в ній одержано зручні для практичного використання формули для коефіцієнтів інтенсивності напружень; виведено формули для визначення руйнуючого навантаження; установлено інтервали значень кута і відношення модулів Юнга, де посилюється і послаблюється рівень концентрації напружень біля кінців тріщин та кутової точки. Указані результати можуть становити інтерес для будівництва, машинобудування, приладобудування та використовуватись при вирішенні питань щодо розрахунків міцності елементів конструкцій.

**Рекомендації щодо використання результатів дисертації.** Одержані результати доцільно використовувати при проведенні наукових досліджень, а також в навчальному процесі у Київському, Дніпропетровському, Львівському, Одеському національних університетах, Інституті механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України, Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України, Інституті прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України. Окремі положення роботи можуть бути використані проектними організаціями при вирішенні питань щодо руйнування конструкцій.

**Повнота викладу основних результатів дисертації в наукових фахових виданнях.** Основні результати дисертації опубліковано в 12 працях, з них 4 – у фахових виданнях, які визначено переліком ДАК, 1 стаття – у науковому фаховому виданні України, яке включено до міжнародної наукометричної бази та 7 робіт – у матеріалах конференцій. Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації.

**Оцінка змісту роботи.** Дисертація є цілісною завершеною працею. В ній наведені результати дослідження напруженого стану кусково-однорідного тіла біля міжфазних зсувних тріщин у кутовій точці межі поділу середовищ, які мають важливе фундаментальне та прикладне значення для механіки деформівного твердого тіла. Робота характеризується використанням сучасного математичного апарату. Рисунки, графіки і таблиці цілком наглядно ілюструють викладений матеріал. Робота добре спланована, чітко викладена і оформлено відповідно до вимог МОН України.

**Зауваження до дисертації**

1. В роботі не проведено дослідження напруженого стану біля внутрішніх зсувних тріщин у кутовій точці межі поділу ізотропних пружних середовищ, а вивчено лише відповідний випадок міжфазних тріщин. Результати такого дослідження були б суттєвим доповненням до результатів дисертанта.

2. На відміну від формул для напружень в задачі теорії пружності, що досліджена у третьому розділі, які містяться в підрозділі 3.5 (стор. 80), у четвертому розділі в задачі про кусково-однорідну площину з негладкою межею поділу середовищ за наявності навантаженої внутрішньої півнескінченної тріщини подібні формули відсутні. Є лише формули для коефіцієнтів інтенсивності напружень (стор. 102, 108). На думку опонента, формули для напружень треба було навести.

3. Не розглянуто питання про зрушення внутрішньої тріщини.

Указані зауваження не впливають на позитивну оцінку роботи і мають характер побажань.

**Висновок.**

Все вище викладене свідчить про те, що дана робота являє собою завершену працю, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні результати, що в сукупності є суттєвими для розвитку механіки початкового руйнування пружних тіл – актуального напрямку механіки деформівного твердого тіла. В зв’язку з цим вважаю, що дана робота відповідає вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор – Кіпніс Олександр Леонідович за результати дослідження напруженого стану кусково-однорідного ізотропного пружного тіла біля маломасштабних міжфазних зсувних тріщин в кутовій точці межі поділу середовищ заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук, професор

завідувач кафедри вищої математики

Національного університету

харчових технологій М.А. Мартиненко