

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу О.О. Шкриля «Чисельний аналіз тріщиностійкості просторових призматичних і кругових тіл складної форми при дії поверхневих та об'ємних сил різної природи», яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка

Актуальність теми. Питання визначення несучої здатності тіл з тріщинами є актуальною проблемою механіки. Вирішення цієї проблеми потребує розв'язання задачі з використанням підходів механіки руйнування. Відомі аналітичні розв'язки задач механіки руйнування стосуються здебільшого двовимірних задач в умовах пружного деформування. Як показує огляд літературних джерел, більшість опублікованих розв'язків для просторових задач механіки руйнування отримані із застосуванням методу скінченних елементів (МСЕ). Серед зазначених публікацій питання розв'язання просторових задач механіки руйнування на основі МСЕ при наявності поверхневих та об'ємних сил різної природи не знайшло достатнього відображення. Значну частину об'єктів, що експлуатуються в різних галузях техніки, можна віднести до класу призматичних тіл та тіл обертання. У великій кількості публікацій різних авторів для розрахунку таких тіл ефективно використовується напіваналітичний метод скінченних елементів (НМСЕ). Частина з них присвячена безпосередньо задачам механіки руйнування. Проте в них розглянуто питання визначення тріщиностійкості тіл в умовах дії на них поверхневих сил. Одним із факторів, що спричиняє появу об'ємних сил, є дія температурного навантаження. В цьому випадку дослідження тріщиностійкості потребує додаткового розв'язання задачі нестационарної теплопровідності та термопружності. Тому розробка методики розв'язання задачі нестационарної теплопровідності та термопружності із подальшим дослідженням тріщиностійкості призматичних та

кругових незамкнених тіл на основі НМСЕ є актуальною проблемою будівельної механіки.

Зважаючи на викладене, тема дисертаційної роботи Шкриля О.О. є актуальною. Результати дисертації використані в держбюджетних науково-дослідних роботах, що виконувались в НДІБМ КНУБА. В деяких з них Шкриль О.О. виступав як відповідальний виконавець. Результати дисертації використані в навчальному процесі при виконанні магістерських робіт.

Дисертація складається зі вступу, який включає в себе анотацію, дев'яти розділів, списку літературних джерел, висновків і додатків про впровадження результатів дисертаційної роботи.

В першому розділі розглянуто огляд підходів до моделювання процесів теплопровідності і термопружності, методів визначення параметрів механіки руйнування та огляд підходів до визначення НДС просторових тіл на основі МСЕ.

У другому розділі наведені вихідні співвідношення термопружного деформування просторових тіл та формули для визначення прийнятих в роботі параметрів механіки руйнування. Співвідношення термопружності представлені в криволінійній системі координат. В якості параметрів механіки руйнування використовуються параметр Гріффітса G , коефіцієнт інтенсивності напружень (КІН) та J -інтеграл Черепанова-Райса.

В третьому розділі наведені основні положення моментної схеми СЕ. Отримані вирази матриці жорсткості та вектора вузлових реакцій для нового призматичного скінченного елемента (СЕ). Наведені співвідношення для спеціального СЕ з тріщиною. Проведено апробацію розроблених співвідношень на тестових задачах.

В четвертому розділі отримані вирази матриці жорсткості та вектора вузлових реакцій для нового типу кругового незамкненого скінченного елемента. Розглянуто модифікований варіант кругового СЕ. Наведені результати розв'язання тестових задач.

В п'ятому розділі описується методика розв'язання задач теплопровідності та термопружного стану просторових тіл на основі НМСЕ. Чисельне розв'язання задачі теплопровідності виконується із застосуванням скінченного елемента, в якому розподіл температури у

межах поперечного перетину описується білінійним законом, а в напрямку твірної - поліномами Лагранжа та Міхліна. Проведена апробація розроблених підходів на тестових задачах, результати яких показують ефективність реалізованих в НМСЕ методик порівняно із тривимірним МСЕ.

У шостому розділі наведені методики визначення параметрів механіки руйнування в дискретних моделях НМСЕ. Для визначення параметра Гріффітса G на основі узагальненого методу реакцій розроблена нова методика його обчислення в дискретних моделях. Це передбачає дворазове розв'язання задачі про визначення НДС: з початковою конфігурацією тріщини та після її приросту. Обчислення G виконується по привершинному об'єму довільного розміру. Використання G дозволяє досліджувати тріщиностійкість в тілах, що знаходяться під впливом як поверхневих так і об'ємних сил. Якщо об'ємні сили викликані дією температури, тріщиностійкість тіл можна оцінювати на основі параметра J^* . В даній роботі розроблена нова методика визначення J^* за величинами вузлових реакцій та переміщень, що потребує одноразового розв'язання задачі про визначення НДС. Для випадку лінійного деформування наведена методика визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень прямим методом.

У сьомому розділі проведений аналіз результатів розв'язання тестових задач лінійної механіки руйнування. Визначення тріщиностійкості виконується на основі трьох розроблених методів. Тестові задачі охоплюють як тріщини нормального відриву, так і задачі змішаного руйнування. Крім того, розглянуті тестові задачі при наявності температурного навантаження. Отримані результати відрізняються від даних, наведених іншими авторами, в межах 5%.

У восьмому розділі розглядаються нелінійні задачі механіки руйнування. Нелінійність пов'язана з пружнопластичним деформуванням матеріалу. Для оцінки тріщиностійкості використовується J -інтеграл. Розв'язання задач пружнопластичності виконується на основі крокового алгоритму за параметром навантаження. Наведені результати розв'язання тестових задач.

У дев'ятому розділі на основі розроблених методів розв'язані практичні задачі. Досліджено тріщиностійкість захисної оболонки ядерного реактора з напівеліптичною тріщиною під дією термосилового навантаження. Визначено розподіл КІН вздовж фронту тріщини диску ротора парової турбіни, що знаходиться під дією відцентрових сил. Проведено розрахунок сталюого вертикального резервуара від дії гідростатичного тиску рідини при наявності початкової напівеліптичної тріщини. Визначено розподіл J -інтеграла вздовж фронту тріщини компактного зразка при його пружнопластичному деформуванні. Розрахунок кожного із зазначених об'єктів продемонстрував можливості розроблених підходів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації і їх достовірність. Вибір вихідних співвідношень для опису розглянутих процесів деформування є повністю обґрунтованим. Прийняті параметри механіки руйнування дозволяють визначати тріщиностійкість тіл в зазначених умовах деформування. Достовірність отриманих результатів обґрунтовується дослідженнями їх збіжності при згущенні дискретної моделі, а при нелінійному деформуванні - збіжністю результатів розрахунку при зменшенні кроку навантаження. Крім того, отримані результати порівнювались із результатами, наведеними в роботах інших авторів.

Наукова новизна роботи полягає в розробці нових ефективних чисельних підходів до оцінки тріщиностійкості просторових тіл при дії поверхневих і об'ємних сил різної природи. Отримані розв'язувальні співвідношення НМСЕ для нових типів скінченних елементів; розвинено нову методику розв'язання нестационарної задачі теплопровідності для просторових тіл; розроблено нові методи визначення параметрів механіки руйнування в дискретних моделях МСЕ; отримано нові розв'язки прикладних задач, які демонструють можливості розроблених методів і можуть бути використаними при визначенні тріщиностійкості елементів конструкцій сучасної техніки.

Практичне значення. В результаті виконання роботи розроблено нові підходи дослідження тріщиностійкості просторових тіл з тріщинами. Розроблені підходи мають програмну реалізацію, що може бути використаним при виконанні науково-дослідних робіт та при

виконанні магістерських робіт.

Рекомендації щодо використання отриманих результатів.

Теоретичні результати дисертаційної роботи можуть бути використані у подальшому розвитку теоретичної бази НМСЕ. Результати дисертаційної роботи можуть бути впровадженими в інших програмних комплексах, в яких розв'язання задач про визначення НДС виконується на основі МСЕ.

Оцінка змісту і оформлення роботи. Робота виконана на високому науковому рівні, написана технічно грамотно, що дозволяє скласти повне уявлення про суть і результати дослідження. Викладення матеріалу логічне і послідовне, висновки по розділах і в цілому по дисертації базуються на результатах досліджень і їх аналізі. Вірогідність висновків не викликає сумнівів. Зміст дисертації з достатньою повнотою відображено в авторефераті та 28 публікаціях автора, що включають монографію, та 23 публікації у фахових виданнях. Результати доповідались на наукових конференціях.

Текст автореферату відповідає змісту дисертації і повністю його відображає.

Матеріали і висновки кандидатської дисертації здобувачем не використовувались.

Зауваження до змісту дисертації та її оформлення.

1. З тексту незрозуміло, які дані дозволили визначити розташування і конфігурацію початкових тріщин в об'єктах.
2. При описі алгоритму розв'язання систем рівнянь НМСЕ не вказано спосіб визначення параметру релаксації β при розв'язанні систем рівнянь.
3. В роботі не вказані обмеження на діапазон температур та матеріали, для яких може бути застосована розроблена методика.

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи .

Висновок. Представлена до захисту дисертаційна робота О.О. Шкриля є завершеною науково-дослідною роботою, що має важливе наукове та практичне значення в якій розв'язана актуальна наукова

проблема з розробки на основі напіваналітичного метода скінченних елементів ефективного чисельного підходу до розв'язання задач механіки руйнування просторових тіл складної форми.

Таким чином, дисертаційна робота "Чисельний аналіз тріщиностійкості просторових призматичних і кругових тіл складної форми при дії поверхневих та об'ємних сил різної природи" відповідає вимогам МОН України щодо порядку присудження наукових ступенів, а її автор Шкриль Олексій Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка.

Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук, професор
завідувач відділу термопружності
Інституту механіки ім. С.П.Тимошенка
НАН України

В.Г.Карнаухов

Підпис В.Г. Карнаухова засвідчую.

Вчений секретар
Інституту механіки ім. С.П.Тимошенка
НАН України
доктор фіз.-мат. наук



О.П. Жук