

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Щербія Андрія Богдановича**
“ГРАНИЧНА РІВНОВАГА ПОЛОГИХ ОБОЛОНОК З ТРІЩИНАМИ
ЗА НАЯВНОСТІ ГНУЧКОГО ПОКРИТТЯ”,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

Актуальність теми

Перед сучасним технічним розвитком стоїть низка науково-технічних проблем, серед яких можна виділити як створення нових матеріалів з високими експлуатаційними характеристиками, так і раціональне використання вже наявних конструкційних матеріалів. В багатьох інженерних конструкціях широке застосування знайшли високоміцні та малопластичні матеріали, яким властиве крихке руйнування через появу та поширення тріщиноподібних дефектів, які істотно знижують допустимі навантаження таких конструкцій. Існує багато способів затримки росту тріщин у вже пошкоджених тонкостінних елементах конструкцій (пластинах та оболонках), чи запобіганню появи тріщин у ще непошкоджених, щоб підвищити загальний ресурс таких конструкцій. На практиці найбільшого поширення набули різного роду підкріплення тонкостінних елементів конструкцій – від давно застосованих локальних профільних потовщень однорідним матеріалом, підкріпленнями різноманітними ребрами жорсткості або широкими накладками до нанесення на їхню поверхню сучасних тонких та високоміцних покриттів.

Під час проектування та експлуатації таких конструкцій важливо знати, наскільки ті чи інші підкріплення вплинуть на міцність та ресурс конструкції у разі появи тріщин. За рахунок складності, а деколи і неможливості проведення відповідних натурних випробувань значно зростає роль аналітичних підходів до розв’язування даних проблем та теоретико-числової перевірки критеріїв руйнування тонкостінних елементів конструкцій.

Тому дисертаційна праця А. Б. Щербія, спрямована на розв’язання наукового завдання щодо розвитку методів дослідження пружної та граничної рівноваги пологих оболонок з тріщинами, береги яких з’єднані шарнірно у лицьовій поверхні оболонки, є актуальним дослідженням, важливим для побудови математичної моделі оцінки впливу гнучкого покриття на напружено-деформований та граничний стани тонкостінних елементів конструкцій з тріщинами.

Робота виконана в межах держбюджетних тем Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу МОН України та Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України, де дисертант був їх виконавцем.

Наукова новизна отриманих у роботі результатів

У дисертації виконано комплекс досліджень, які стосуються моделювання впливу тонкого гнучкого покриття на пологих оболонках з тріщинами на основі класичної теорії Кірхгофа-Лява. На основі моделі контакту берегів тріщини через шарнірне з'єднання вздовж лінії на одній лицьовій поверхні оболонки сформульовано пружні задачі для пологих оболонок з тріщинами за наявності одностороннього гнучкого покриття і розроблена схема їх розв'язування методом сингулярних інтегральних рівнянь.

Вперше розроблено методику визначення граничної рівноваги підкріпленої однобічним тонким покриттям пологої оболонки з наскрізною тріщиною вздовж лінії кривини стосовно врахування обмеженої міцності покриття, що передбачає аналіз граничної рівноваги конструкції “оболонка-покриття” за двома критеріями – тріщиностійкості оболонки та класичної міцності самого суцільного покриття.

Адаптовано та вдосконалено алгоритми асимптотичного методу малого параметра та числового методу квадратур, які дозволяють ефективно розв'язувати поставлені задачі щодо визначення напруженого стану та граничної рівноваги пологої оболонки довільної форми з тріщиною вздовж лінії кривини за уявної наявності гнучкого покриття. Визначено допустимі межі використання асимптотичних результатів, отриманих методом малого параметра (для малих значень параметра кривини оболонки).

Вперше отримано числові розв'язки пружних задач статички для підкріплених однобічним гнучким покриттям циліндричної і сферичної оболонок з наскрізними тріщинами за внутрішнього тиску на їх берегах та для довільних значень параметра кривини оболонок. На основі цих результатів знайдено коефіцієнти інтенсивності зусиль і моментів та граничні навантаження всієї конструкції “оболонка-покриття” для різних значень параметрів кривини оболонки та міцності покриття;

Вперше сформульовано та розв'язано задачі про взаємодію колінеарних наскрізних тріщин в пологих сферичних та циліндричних оболонках з гнучким однобічним покриттям і на прикладі двох тріщин оцінено вплив взаємного розташування розрізів на розподіли реакцій в шарнірі вздовж тріщин, коефіцієнти інтенсивності зусиль і моментів та граничну рівновагу розглянутих оболонок з покриттям.

На основі отриманих результатів виявлено низку нових закономірностей механічного характеру щодо впливу гнучких покриттів на міцність пологих оболонок з наскрізними тріщинами.

Достовірність отриманих в роботі результатів

Достовірність отриманих у дисертації результатів забезпечується використанням раніше побудованої та апробованої в науковій літературі моделі наскрізної тріщини у пологій оболонці з шарнірно з'єднаними берегами, добрим узгодженням отриманих асимптотичних та числових

розв'язків задач для малих значень параметра кривини оболонки, збігом результатів в окремих випадках з відомими даними інших авторів.

Практичне значення результатів та їх використання

Отримані у процесі виконання роботи наукові результати (коефіцієнти інтенсивності зусиль і моментів, граничні навантаження конструкції “оболонка-покриття”) можуть бути використані для розрахунків напружено-деформованих станів, оцінки міцності та залишкової довговічності різного роду тонкостінних елементів конструкцій з тріщинами (як з покриттями, так і без них), які широко використовують у різних галузях машинобудуванні, будівельній індустрії, нафтогазовій промисловості.

Розроблена у роботі методика визначення граничної рівноваги однобічно покритої пологої оболонки з тріщинами на основі моделі розрізу з шарнірно з'єднаними берегами на одній з поверхонь оболонки та двох критеріїв граничної рівноваги (стосовно самої оболонки з тріщинами та суцільного гнучкого покриття) дає змогу точніше визначати загальну міцність всієї конструкції “оболонка-покриття”.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях

Основні положення та результати дисертаційної праці достатньо повно висвітлено у наукових виданнях та апробовано на конференціях і семінарах.

Опубліковано 15 друкованих праць, серед них 6 статей у наукових фахових виданнях України, 3 статті у збірниках матеріалів конференції, 6 тез доповідей. Три публікації проіндексовано в наукометричній базі Scopus.

Апробація основних положень дисертації та отриманих результатів досліджень проведена на всеукраїнських і міжнародних наукових конференціях, симпозіумах та семінарах зі спеціальності 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Автореферат дисертації адекватно відображає загальний зміст, основні положення та висновки роботи.

Мова та стиль викладу дисертації, її відповідність паспорту спеціальності

Робота написана державною мовою, викладена грамотно і зрозуміло для фахівця з механіки деформівного твердого тіла. За темою, змістом та викладеними матеріалами дисертація цілком відповідає паспорту спеціальності 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла. Оформлення дисертації та автореферату відповідає чинним вимогам АК МОН України.

Оцінка основного змісту роботи

Виклад змісту проведених досліджень добре структуровано та оформлено. Текст подано стисло та лаконічно. Отримані результати в достатній мірі проілюстровано графічним матеріалом.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел.

У вступі подано усі належні відомості, що відповідають чинним вимогам до дисертації.

У першому розділі виконано огляд робіт за тематикою проведених досліджень, окреслено основні мотивації що спонукали до вибору теми дослідження, обґрунтовано актуальність проблеми дослідження впливу гнучких покриттів на напружений та граничний стани пологих оболонках з наскрізними тріщинами.

У другому розділі наведено основні співвідношення теорії пологих оболонок, сформульовано пружну задачу для пологої оболонки з наскрізною прямолінійною тріщиною, береги якої піддані сталому внутрішньому тиску за наявності одностороннього суцільного гнучкого покриття оболонки. Описано загальну методологію проведення подальших досліджень, висвітлено зведення сформульованої задачі до сингулярних інтегральних рівнянь. Описано асимптотичний (за малим параметром кривини оболонки) та числовий (метод квадратур) алгоритми для знаходження розв'язків інтегральних рівнянь. Сформульовано два критерії граничної рівноваги для розглядуваної конструкції "оболонка-покриття": для пологої оболонки – енергетичний критерій лінійної механіки руйнування за дії розтягу та згину, для суцільного тонкого покриття – класичний критерій міцності.

У третьому розділі роботи проведено аналітико-числове дослідження напружених та граничних станів (розподілів зусиль реакції в шарнірі, коефіцієнтів інтенсивності зусиль та моментів на зовнішній та внутрішній поверхнях оболонок, граничних навантажень для оболонок з тріщинами та покриття) вкритих пологових оболонок різних форм та кривин з наскрізними тріщинами різних орієнтацій за дії на їх берегах сталого внутрішнього тиску. На основі порівняння асимптотичних та числових результатів встановлено межі застосовності отриманих асимптотичних залежностей для різних параметрів задачі.

Четвертий розділ роботи висвітлює результати дослідження взаємодії колінеарних тріщин за розтягу оболонок з гнучким покриттям. Сформульовану задачу теорії пологих оболонок із взаємопов'язаними крайовими умовами на розрізах, розташованих на одній прямій, зведено до системи сингулярних інтегральних рівнянь для знаходження невідомих функцій похідних розкриттів тріщин у базовій поверхні оболонки. Методом квадратур отримано числові розв'язки задачі, проведено аналіз базових шуканих величин для циліндричної оболонки з поперечними та повздовжніми розрізами і для сферичної оболонки з тріщинами вздовж меридіана. Розглянуто оболонки з двома однаковими колінеарними прямолінійними розрізами. Тут відсутня симетрія відносно центрів тріщин і необхідно враховувати той факт, що самі розрізи та їх вершини знаходяться в різних умовах. Зроблено низку висновків механічного характеру щодо

закономірностей впливу гнучких покриттів на міцність пологих оболонок з наскрізними колінеарними тріщинами.

У висновках наведено підсумки досліджень, перелічено основні результати дисертації та встановлені закономірності впливу гнучких покриттів на міцність пологих оболонок з наскрізними тріщинами.

Зауваження до дисертації

1. Для побудови механіко-математичних моделей оцінки впливу тонких покриттів на напружений та граничний стани оболонок з тріщинами поряд з врахуванням проблеми взаємодії берегів тріщин потрібно також ще брати до уваги механічні та геометричні характеристики самого покриття, способу його з'єднання з оболонкою. У роботі на це не акцентовано увагу.

2. Залишається відкритим питання адекватності моделювання підкріпного покриття лише шарнірним з'єднанням берегів тріщини в лицьовій поверхні оболонки, оскільки покриття взаємодіє з оболонкою не тільки вздовж берегів тріщини на одній з лицьових поверхонь, але по всій поверхні оболонки. Тут бажано розглянути шарувату оболонку, або вводити усереднені характеристики для однорідної оболонки. Окремо стоїть непроста проблема врахування виходу тріщини на межу розділу у відповідній шаруватій оболонці.

3. У роботі мало інформації стосовно порівняння отриманих результатів з відомими за реальної наявності різного роду підкріплень (навіть для пластин з тріщинами), зокрема, для підкріплених оболонок або пластин широкими накладками, з'єднаних по всій площі. Така інформація була б додатковим свідченням коректності поданої моделі впливу покриття та вірогідності отриманих автором результатів.

4. У роботі трапляються також окремі описки (рис.2.1. без підпису; на рис.2.2, 2.3 невдало подана схема для зовнішньої поверхні ($s=1$); на рис.2.2 потрібно поміняти місцями R_1 та R_2); недоречності – під “навантаженням розтягу” (вступ розділу 3, опис рис.3.7) потрібно розуміти “внутрішнього тиску” (матеріал оболонки стискається) та окремі недоліки стилістичного характеру, наприклад: “постановка задачі” (п.2.2), “слідuje із формул (графіків)” ((3.36), рис.4.6), часто зустрічається неправильне вживання прийменника “при” та інші.

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи і не занижують наукової цінності дисертації.

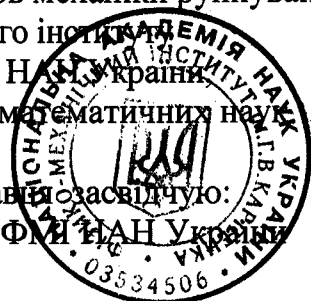
Висновок

Дисертація А. Б. Щербія “Гранична рівновага пологих оболонок з тріщинами за наявності гнучкого покриття” є завершеною науковою роботою, в якій отримано нові обґрунтовані результати, що спрямовані на розв'язання актуального наукового завдання розвитку методів дослідження

пружної рівноваги пологих оболонок з тріщинами для оцінки впливу гнучкого покриття на напружений та граничний стани тонкостінних елементів конструкцій з тріщинами. За актуальністю, новизною та обсягом виконаних досліджень, за науковою і практичною значущістю дисертація повністю відповідає вимогам ДАК МОН України, а її автор А. Б. Щербій за виконану роботу заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент,
старший науковий співробітник відділу
теоретичних основ механіки руйнування
Фізико-механічного інституту НАН України
ім. Г. В. Карпенка НАН України
кандидат фізико-математичних наук

Підпис В. С. Кравця засвідчую:
Вчений секретар ФМІ НАН України



В. С. Кравець

В. В. Корній