

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Щербія Андрія Богдановича “Гранична рівновага пологих оболонок з тріщинами за наявності гнучкого покриття”, подану до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

**Актуальність теми дисертації.** Сучасні запити практики щодо експлуатації та ефективного використання ресурсу міцності тонкостінних конструкцій за наявності в них дефектів типу тріщин вимагають створення нових та розвитку існуючих методик розрахунку утримувальної здатності таких об’єктів. Особливо це стосується теоретичного обґрунтування варіантів ремонтних технологій, які націлені на продовження терміну роботи конструкцій за рахунок зниження чи усунення концентрації напружень поблизу пошкоджень. Необхідність вирішення цих питань полягає у тому, що нанесення на пошкоджену конструкцію підкріплення у вигляді покриття, пластира чи бандажу може суттєво вплинути на перерозподіл напружень в околі дефектів і змінити параметри граничної рівноваги. Крім того, зменшення напружень у конструкції зазвичай супроводжується їх збільшенням у підкріпленні. На ці аспекти треба звертати увагу при виборі типу підсилення та способу його реалізації.

Щоб обминути обчислювальні труднощі, які виникають при розв’язуванні просторових задач теорії пружності для шаруватих тіл з тріщинами, доцільно скористатися достатньо розвинутими двовимірними теоріями пластин та оболонок. Такий підхід дещо погіршує точність очікуваних результатів, проте незрівнянно зменшує обчислювальні затрати. Попри значні успіхи у дослідженнях напружено-деформованого стану та міцності підкріплених пластин з тріщиноподібними дефектами подібні задачі для оболонок практично не розглядалися. З огляду на це безперечною є актуальність теми дисертаційного дослідження А. Б. Щербія, спрямованого на розвиток методів дослідження рівноваги пологих оболонок з тріщинами задля оцінки впливу гнучкого покриття на напружений стан та граничну рівновагу тонкостінних елементів конструкцій

Робота виконана в рамках науково-дослідної тематики Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України.

**Наукову новизну** дисертаційної роботи А. Б. Щербія визначають такі положення:

– вперше побудовано числові розв’язки задач статички циліндричної та

сферичної оболонки з тріщинами за наявності однобічного гнучкого покриття і на їх основі обчислено руйнівні навантаження для довільних значень параметра кривини;

– сформульовано та розв'язано нові задачі про взаємодію колінеарних тріщин оболонках з гнучким покриттям та вперше вивчено вплив взаємного розташування пошкоджень на граничну рівновагу підкріплених оболонок.

– дістада подальший розвиток методика асимптотичного аналізу граничної рівноваги покритої пологої оболонки з тріщиною вздовж лінії кривини, а саме, до аналізу граничної рівноваги додатково залучено критерій обмеженої міцності покриття.

Зазначені новації дали змогу дисертантові проаналізувати рівновагу підкріплених оболонок з тріщинами в широкому діапазоні зміни геометричних параметрів задачі, а також узагальнити відомі результати, отримані для нескінченно міцного покриття.

Крім того, на підставі порівняння асимптотичних та числових результатів встановлено діапазон застосовності асимптотичних розв'язків, отриманих методом малого параметра.

**Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів** забезпечується строгістю математичних постановок задач і застосуванням методів малого параметра та механічних квадратур, апробованих при розв'язуванні аналогічних задач для оболонок без покриття. Прийнята в роботі модель шарнірного з'єднання берегів тріщини вздовж лінії є логічним продуктом класичної теорії оболонок, відображає суть однобічного підкріплення і не ускладнює задачу зайвими, на думку автора, подробицями. Достовірність отриманих висновків підтверджується узгодженням асимптотичного та числового розв'язків для малих значень параметра кривини, а також збігом результатів у часткових випадках з уже відомими даними, отриманими іншими дослідниками. Наприклад, у разі нульової кривини поверхні оболонки, отримуються точні розв'язки для покритої пластини з прямолінійною тріщиною або з парою колінеарних дефектів.

**Практичне значення отриманих результатів.** Опрацьована дисертантом модель шарнірного з'єднання берегів вздовж лінії та побудована на ній розрахункова схема на сьогодні може слугувати ефективним інструментом для інженерних оцінок впливу гнучких підкріплень на міцність оболонкових конструкцій з тріщиноподібними дефектами. Досягнуті у дисертації результати та встановлені закономірності доцільно використовувати у колективах, які розробляють способи та засоби подовження ресурсу тривало



експлуатованих тонкостінних конструкцій.

**Повнота викладу наукових положень, висновків та рекомендацій дисертації в опублікованих працях.** Усі наукові положення, висновки та результати досліджень, сформульовані у тексті дисертаційної роботи, належною мірою відображено у публікаціях, обговорено на міжнародних конференціях та авторитетних наукових семінарах з механіки деформівного твердого тіла. За основними результатами дисертації опубліковано 15 наукових праць, зокрема, 6 статей розміщено у фахових виданнях у галузі фізико-математичних наук, а 3 публікації проіндексовано в наукометричній базі Scopus (h-індекс = 2).

**Мова та стиль викладу дисертації, її відповідність паспорту спеціальності.** Дисертація написана літературною українською мовою, логічно структурована. Результати досліджень в достатній мірі ілюстровані графічним матеріалом. Тема та зміст дисертації відповідають паспортів спеціальності 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла. Текст дисертації та автореферату оформлено відповідно до вимог МОН України. Зміст автореферату повністю відповідає змістові та основним положенням роботи і дає уявлення про сутність математичної моделі, методи та результати проведених досліджень.

До дисертації можна зробити наступні зауваження:

1. Ефект покриття в оболонках довільної форми проаналізовано лише асимптотичним методом для малих параметрів кривини. Проводячи числовий аналіз для більших параметрів кривини, автор обмежився випадками циліндричної та сферичної оболонок. Проте сучасний стан розвитку методу інтегральних рівнянь в теорії оболонок дає ефективні процедури обчислення ядер інтегральних рівнянь для оболонок довільної гаусової кривини, зокрема, у вигляді рядів за спеціальними (подібними до циліндричних) функціями. Цим варто було скористатися.

2. За одним із припущень автора інтегральні жорсткості двощарової композиції на розтяг та згин замінюються відповідними жорсткостями оболонки без покриття. Пояснюється це тим, що товщина покриття значно менша від товщини підкладки. Вважаю таку мотивацію недостатньою. Треба було відзначити ще і невелику жорсткість матеріалу покриття.

3. У роботі розглянуто лише випадок розтягу покритих оболонок з тріщинами. Доцільно було розглянути і дію згинальних навантажень, тим паче, що це можна зробити, не змінюючи методик дослідження.

**Висновок.** Наведені зауваження не применшують вартості отриманих результатів і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

Подана до захисту кандидатська дисертація А. Б. Щербія є завершеною науковою працею, зміст автореферату повністю відповідає змісту та основним положенням роботи, висновки відображають досягнення мети.

Отримані автором нові науково обґрунтовані результати в сукупності вирішують наукове завдання, яке полягає у розвитку методів дослідження рівноваги пологих оболонок з тріщинами задля оцінки впливу гнучкого покриття на напружено-деформований та граничний стан тонкостінних елементів конструкцій. Розв'язання цього завдання дало змогу доповнити попередні дослідження врахуванням обмеженої міцності покриття та встановити низку нових закономірностей.

За актуальністю теми, обсягом та новизною математично складних та практично важливих досліджень, повнотою опублікування та апробації результатів дисертаційна робота "Гранична рівновага пологих оболонок з тріщинами за наявності гнучкого покриття" цілком відповідає теперішнім вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор, Щербій Андрій Богданович, за дослідження впливу однобічного гнучкого покриття на напружений стан та граничну рівновагу оболонкових конструкцій з тріщинами заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент –  
професор кафедри механіки  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка,  
доктор фізико-математичних наук, професор



В. К. Опанасович

Підпис проф. Опанасовича В. К. засвідчую

Вчений секретар ЛНУ ім. Івана Франка  доцент О. С. Грабовецька

