

Вченому секретарю
спеціалізованої вченої ради
К 55.051.03 доц. Савченко Є.М.

Сумський державний університет
40007, м.Суми, вул.Римського-Корсакова, 2

В І Д Г У К

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Дейнеки Андрія Віталійовича

"Конструкційна міцність багатошарових елементів машин з дефектами структури", що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 - динаміка і міцність машин

На розгляд представлена дисертація, автореферат, копії опублікованих робіт і висновок установи (Сумський державний університет), в якій виконувалася дисертаційна робота. Дисертація Дейнеки Андрія Віталійовича є дослідницькою науковою роботою, яка виконана особисто у вигляді рукопису. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, списку використаних джерел (149 найменувань на 15 сторінках), висновків і додатка (на 2 сторінках). Загальний обсяг дисертації становить 168 сторінок, включаючи 4 таблиці та 53 рисунки.

1 Оцінка актуальності теми та її відповідність планам науковч досліджень

Застосування склопластикових труб взамін металевих збільшує термін служби трубопроводів майже в 4 рази, приблизно в 3 рази знижує вагу трубопроводу, а також виключає застосування антикорозійних захисних властивостей та зварювальних робіт. Перспективним напрямком застосування конструкцій з композиційних матеріалів є заміна металевих газових балонів композитними. Ще одним прикладом доречності застосування композитів являються ущільнення робочих коліс насосів, які працюють з легкими вуглеводнями.

При виготовленні й експлуатації багатошарових конструкцій на міжшарових поверхнях контакту жорстких армованих шарів утворюється тонкий клейовий прошарок, а також різного роду структурні недосконалості, наприклад ділянки непроклею або відшарувань. Специфічними особливостями багатошарових конструкцій з композитних матеріалів є суттєва анізотропія їх властивостей, відносно низький опір поперечним та трансверсальним деформаціям, істотна відмінність механічних і теплофізичних характеристик шарів.

Більшість робіт із розрахунків на міцність і граничний стан багатошарових конструкцій із дефектами структури типу непроклеїв і розшарувань виконане, як правило, у рамках наближених розрахункових схем.

Тому актуальним є питання створення нових ефективних конструкцій у вигляді багат шарових оболонок обертання і надійних методик їх розрахунку на міцність та граничний стан.

Робота виконувалась у відповідності з науковими програмами Сумського державного університету, які виконувалися в рамках держбюджетних науково-дослідницьких робіт: «Несуча здатність комбінованого газового балона високого тиску» (011011004017), «Дослідження робочого процесу та розробка теорії нових енергоефективних та ресурсозберігаючих конструкцій ущільнень відцентрових машин» (0113Ш00135).

2 Оцінка наукової новизни

На основі результатів досліджень здобувачем сформульовані положення, які відрізняються науковою новизною і мають практичне значення.

Наукова новизна даної роботи полягає у тому, що відповідно дискретно-структурної моделі багат шарових оболонок і пластин дістало подальший розвиток дослідження термопружного стану багат шарових оболонок обертання, коли на одній частині міжфазної поверхні контакту суміжних шарів виконуються умови ідеального контакту, а на іншій спостерігаються ділянки з неідеальним контактом (непроклеї, розшарування, проковзування); побудовано замкнену систему диференціальних рівнянь та відповідні крайові умови незв'язаної стаціонарної задачі термопружного деформування композитної оболонки шаруватої структури, що дозволяють врахувати деформації поперечного зсуву і трансверсального обтиснення, забезпечити умови механічного і теплового сполучення шарів і умови термомеханічного навантаження на лицьових поверхнях такої оболонки; вперше отримано нові чисельно-аналітичні розв'язки термопружної крайової задачі деформації циліндричних оболонок обертання шаруватої структури від дії внутрішнього тиску і температурного навантаження з неідеальним міжшаровим контактом, виявлені основні закономірності зміни напруженого стану при врахуванні проковзування суміжних шарів по сполученим поверхням, визначено інтегральні коефіцієнти теплового лінійного розширення багат шарового анізотропного матеріалу; вперше встановлено вплив температурних навантажень на напружено-деформований стан ущільнення робочого колеса, виготовленого із композиційних матеріалів; дістало подальший розвиток дослідження впливу жорсткості фланців на напружено-деформований стан склопластикових труб в зоні їх з'єднань.

Робота Дейнеки Андрія Віталійовича має всі необхідні ознаки наукової новизни кандидатської дисертації.

У цій частині дисертація цілком відповідає вимогам ВАК України.

3 Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень дисертаційної роботи

Достовірність і новизна отриманих автором наукових положень і сформульованих в дисертації висновків і рекомендацій не викликає сумнівів, оскільки забезпечується використанням апробованих методів розв'язання крайових задач, фізично обґрунтованих моделей конструкцій і матеріалів, доброю кореляцією теоретичних результатів як з отриманими в роботі, так і наведеними в літературних джерелах експериментальними і теоретичними даними, тобто прийняті в дисертації положення і припущення є коректними, а їх достовірність підтверджена послідовністю висновків та експериментально.

Результати досліджень використовувалися при розробленні нових конструкцій і виробів з композиційних матеріалів для хімічного машинобудування.

Загальний обсяг досліджень, використані методи і методичні підходи адекватні поставленим завданням, забезпечують достовірність результатів і обґрунтованість положень, висновків і рекомендацій, які сформульовані в дисертації. Результати досліджень представлені кваліфіковано.

У цьому пункті робота повністю відповідає вимогам ВАК України до кандидатських дисертацій.

4 Практична цінність роботи

Зміст основних розділів і окремі результати роботи доповідалися на: Всеукраїнській міжвузівській науково-технічній конференції "Сучасні технології в промисловому виробництві" (Суми, 2012); Міжнародній науково-технічній конференції "Динамика, надежность и долговечность механических и биомеханических систем и элементов их конструкций" (Севастополь 2012, 2013); XIУ-й Міжнародній науково-технічній конференції "Герметичность, виброненадежность и экологическая безопасность насосного и компрессорного оборудования" (Суми, 2014); Міжнародній науково-практичній конференції "Технология XXI века" (Южне, 2014), Міжнародній науково-технічній конференції "Теория та практика рационального проектирования, изготовления и эксплуатации машинобудовных конструкций" (Львів, 2014).

Теоретичні і числові результати дисертаційної роботи впроваджені при проектуванні і виготовленні склопластикових труб на підприємстві ТОВ «СКЛОПЛАСТИКОВІ ТРУБИ» (м. Харків).

В цьому пункті робота повністю відповідає вимогам ВАК України до кандидатських дисертацій.

5 Загальна характеристика роботи

У вступі автор обґрунтовує актуальність обраної теми, ставить мету і завдання дослідження, а також приводить дані по апробації роботи, її зв'язку з науковою тематикою, структурі та публікаціях.

У першому розділі дисертації показано, що основна мета даної роботи передбачає розв'язання задач вибору математичної моделі конструкцій з композиційних матеріалів з урахуванням дефектів структури матеріалу, які виникають при їхньому виготовленні й експлуатації, під дією як статичних так і температурних навантажень; експериментальної перевірки теоретичних результатів; створення прикладної методики розрахунків багат шарових оболонок обертання з урахуванням впливу структурних недосконалостей композиційних матеріалів на їхню конструкційну міцність і граничний стан. Отримані результати можуть використовуватися при розробці нових конструкцій або виробів з композиційних матеріалів для хімічного машинобудування. Запропонована методика практичних розрахунків дозволить значно скоротити час проектування, прогнозувати строк і надійність роботи таких конструкцій.

В цілому автором зроблено аналіз великої кількості літературних джерел, що доводять достовірність висновків та актуальність встановлених наукових завдань.

У другому розділі структуровані й узагальнені рівняння дискретно-структурної теорії багат шарових оболонок і пластин із дефектами структури матеріалу по товщині. За допомогою отриманих рівнянь рівноваги, геометричних і фізичних співвідношень враховуються геометрична нелінійність деформацій, деформації поперечного зсуву і трансверсального обтиснення.

Розв'язок двовимірних крайових задач на основі дискретно-структурної теорії багат шарових оболонок обертання й пластин пов'язаний з великими труднощами обчислювального плану. Високий порядок системи розв'язувальних диференціальних рівнянь у частинних похідних, різноманітність геометричних форм, відмінність типів граничних умов, змінюваність зовнішнього навантаження, нелінійність геометричних і фізичних співвідношень є основними причинами створення різного роду наближених підходів до розв'язання такого класу задач. Одне з найбільш ефективних і часто використовуваних припущень - зниження розмірності розв'язувальних рівнянь вихідної крайової задачі методом розділення змінних і зведення їх до системи звичайних диференціальних рівнянь.

Для розв'язання задачі термопружності складені рівняння теплопровідності для багат шарової оболонки, яка складається з «-анізотропних криволінійних шарів з різними теплофізичними властивостями. Наведена задача теплопровідності вирішується без урахування впливу деформування конструкції на зміну поля температур і відноситься до класу незв'язаних задач теорії термопружності.

Коли температурне поле не залежить від часу, запропоновано алгоритм розв'язку стаціонарної незв'язаної задачі теорії термопружності багат шарових оболонок.

У третьому розділі на основі класичної теорії пружності анізотропного тіла досліджується напружено-деформований стан багат шарового порожнистого циліндру кінцевої довжини під дією внутрішнього тиску і температурного навантаження. При розрахунку враховуються наближені до реальних умови взаємодії шарів і величина зміни контактних напружень на міжшарових границях.

У разі, коли композит є набором n по-різному орієнтованих шарів односпрямованого матеріалу, запропонована методика визначення зведених інтегральних термопружних характеристик і компонент матриці жорсткості розглянутого пакета шарів у цілому. Порівняння отриманих результатів та аналогічних даних, наведених у відомих публікаціях, підтверджує коректність запропонованої методики визначення інтегральних технічних параметрів багат шарового композита.

Для розв'язання поставленої задачі були складені рівняння рівноваги, фізичні та геометричні співвідношення, а також рівняння теплопровідності. За допомогою добре відомого підходу, побудованого на основі сплайн-апроксимації розв'язків у напрямі утворюючої або розкладання розв'язків у тому ж напрямі в ряди Фур'є, розглянута задача зводиться до одновимірної.

Даний підхід розв'язання термопружної задачі для товстостінних багат шарових циліндричних оболонок дозволяє проводити дослідження їх напружено-деформованого стану при дії як статичного, так і теплового навантаження, коли враховується наближені до реальних умови взаємодії шарів і величина зміни контактних напружень на міжшарових поверхнях.

У четвертому розділі розроблена експериментально-теоретична методика для визначення фізико-механічних характеристик склопластикових труб, проведена експериментальна перевірка достовірності теоретичних результатів й оцінки похибок, що вносять різного роду припущення в розрахунки на міцність тонкостінних елементів із міжшаровими дефектами. На основі методів математичної статистики визначені довірчі інтервали експериментально отриманих середніх значень модуля пружності й граничних напружень склопластику при розтяганні та стисканні.

Для оцінки достовірності результатів, отриманих на основі запропонованої експериментально-теоретичної методики, додатково були проведені гідростатичні випробування склопластикових труб. При цьому досліджувалися несуча здатність експериментальних зразків та вплив жорсткості сталевих фланців на напружено-деформований стан склопластикових труб у зоні їх з'єднань.

Проведені випробування сталюї труби зміцненої склопластиковим бандажем при дії внутрішнього тиску для оцінки адекватності чисельно-аналітичного методу розв'язання термопружної задачі.

У п'ятому розділі на основі методу переміщень розроблений алгоритм розв'язку задач міцності й несучої здатності багат шарових оболонок обертання складної геометрії уздовж меридіана. Вивчений напружено-деформований стан композитних торових балонів високого тиску й проведені розрахунки на міцність і несучу здатність з урахуванням контактної взаємодії між шарами.

За допомогою методу переміщень побудована матриця жорсткості, що встановлює залежність між крайовими зусиллями на торцях 5-го тонкостінного елемента оболонки обертання й крайовими переміщеннями цих торців. На основі запропонованих розрахункових моделей, а також розглянутих раніше алгоритмів розрахунків такого класу задач мовою програмування ФОРТРАН створений пакет прикладних програм.

Установлений вплив жорсткості фланців на напружено-деформований стан склопластикових труб у зоні їх з'єднань. Фланцеві з'єднання використовуються для монтажу елементів склопластикових трубопроводів, а також для з'єднання склопластикових трубопроводів з металевими трубопроводами або металевою арматурою.

6 Оцінка змісту дисертації і її завершеність в цілому

Дисертація представляє завершену наукову роботу, яка має внутрішню єдність, сукупність наукових теоретичних положень і експериментальних результатів, що свідчать про індивідуальний внесок здобувача у науку.

Теоретичні положення й експериментальні результати оригінальні, взаємопов'язані та отримані на основі надійного методичного забезпечення і з достатньою точністю. Висунуті у роботі задачі послідовно вирішено автором і, таким чином, досягнуто поставлену мету дослідження: розробці методики розрахунку термопружного напруженого стану склопластикових труб, композитних балонів високого тиску та ущільнень робочих коліс насосів з урахуванням міжшарових дефектів структури матеріалу.

7 Повнота викладення основних результатів роботи

За результатами досліджень, що викладені в дисертаційній роботі, опубліковано 11 робіт, що є досить повним відображенням змісту як до кандидатської дисертації. В провідних фахових виданнях України опубліковано 6 статей та 1 статтю у виданні, що обліковується базою Scopus, вони вірно відтворюють основні положення виконаних досліджень і не суперечать висновкам дисертації. До цього треба додати апробацію роботи на ряді науково-технічних конференціях та семінарах національного та міжнародного рівня.

Конкретний персональний вклад здобувана у роботах, які надруковані у співавторстві, відображений як у дисертації, так і в авторефераті.

8 Зауваження по дисертації й автореферату

8.1 Аналіз існуючих досліджень, присвячених критеріям міцності композиційних матеріалів, доцільно було б зробити більш інформативним і поглибленим.

8.2 Відсутні результати впливу функції зсуву $i/$ на напружений стан оболонки у порівнянні з результатами класичної теорії.

8.3 З автореферату та дисертації не зрозуміло як реалізується задача теплопровідності у випадку неідеального контакту.

8.4 В дисертації не відмічається вплив циклічних навантажень на конструкційну міцність багат шарових елементів машин.

8.5 З дисертаційної роботи не зрозуміло як здійснювалось тестування програми розрахунку багат шарових оболонок.

8.6 В дисертаційній роботі відсутній порівняльний аналіз рішення поставленої задачі за допомогою відомих програмних комплексів (ANSYS, ABAQUS, KASTKA1C).

8.7 З дисертаційної роботи не зрозуміло як розв'язувалась задача міцності труби зі склопластику в зоні фланцевого з'єднання за допомогою програмного комплексу AK8U8. Необхідно відмітити відмінність розмірів товщини труби із склопластику за розрахунковою схемою та вказаного на рис. 5.5. За розрахунковою схемою товщина труби складає 4 мм, а на рис. 5.5 вказаний розмір 3 мм.

8.8 Дисертація та автореферат дисертації містять окремі стилістичні помилки.

9 Висновок про відповідність установленим вимогам

На основі вивчення змісту дисертаційної роботи, автореферату і публікацій можна підтвердити, що дисертація Дейнеки Андрія Віталійовича є завершеним науковим дослідженням, у якому поставлене і вирішене актуальне завдання проектування і розрахунків багат шарових елементів конструкцій.

Приведені в роботі науково-обґрунтовані результати, їх впровадження у виробництво будуть сприяти подальшому дослідженню і вдосконаленню конструкційної міцності і несучої здатності склопластикових труб, композитних газових балонів високого тиску та ущільнень робочих коліс насосів.

Автореферат повною мірою відображує зміст дисертації.

Враховуючи актуальність, наукову новизну, практичну цінність досліджень, які містяться у рамках дисертаційної роботи, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Дейнеки Андрія Віталійовича на тему "Конструкційна міцність багат шарових елементів машин з дефектами структури", що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук відповідає спеціальності 05.02.09 - динаміка та міцність машин і п.13 „Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань" ВАК України.

На основі викладеного вважаю, що Дейнека Андрій Віталійович автор дисертації, яка опонується, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.02.09 - динаміка та міцність машин.

Провідний науковий співробітник
науково-дослідного відділу газодинаміки,
динаміки та міцності машин СКБ
ПАТ «Сумське НВО ім. М. В.Фрунзе»,
кандидат технічних наук



В.О. Левашов

The image shows a circular official stamp of the Scientific Center for Gas Dynamics and Strength of the Sumy National University named after M.V. Frunze. The stamp contains the text: "Сумське НВО ім. М. В. Фрунзе", "Спеціальне Конструкторське Бюро", and "ДЛЯ ДОДАТКОВОГО ПІДПИСАНОГО". A handwritten signature is written over the stamp, and the name "В.О. Левашов" is printed to the right of the stamp.