

У спеціалізовану вчену раду
К 55.051.03 при Сумському
державному університеті
40007, м. Суми,
вул. Римського-Корсакова, 2

ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук Гадяки Володимира Григоровича на дисертаційну роботу **Данільцева Віктора Володимировича «Міцність конструкцій зі склопластика з міжшаровими дефектами структури матеріала»**, що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Дисертація Данільцева Віктора Володимировича є дослідницькою науковою роботою, яка виконана особисто у вигляді рукопису. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, списку використаних джерел (190 найменувань на 18 сторінках), висновків і додатка (на 4 сторінках). Загальний обсяг дисертації становить 180 сторінок, включаючи 21 таблицю та 60 рисунків.

Актуальність теми та її відповідність планам наукових досліджень.

Застосування склопластикових труб замість металевих збільшує термін служби трубопроводів майже в 4 рази, приблизно в 3 рази зменшує вагу трубопроводу, а також виключає застосування антикорозійних захисних покриттів та зварювальних робіт. Ще однією перевагою є збільшення терміну служби турбомашин і іншого вмонтованого в трубопровід устаткування через повну відсутність у потоці часток іржі. Низька теплопровідність таких труб зменшує втрати тепла із системи трубопроводів, внаслідок чого в багатьох випадках зникає необхідність в ізоляції.

Під час виготовлення методом намотування склопластикових труб, які при цьому мають багатошарову структуру, та подальшій їх експлуатації на міжшарових поверхнях контакту жорстких армованих шарів утворюється тонкий клейовий прошарок, а також різного роду структурні недосконалості, наприклад ділянки непоклею 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.

З досвіду експлуатації трубопроводів зі склопластикових труб більша частина випадків руйнування таких конструкцій пов'язана з низькою міцністю механічних і клейових з'єднань їхніх окремих елементів. Труби і деталі сполучень зі склопластику виготовляються під стикові з'єднання наступних типів: фланцеві, бугельні, бандажні або муфтові, раструбні, різьбові.

Аналіз ефективності різних типів з'єднань доводить, що до основних переваг адгезійних з'єднань у порівнянні з їхніми механічними аналогами варто

віднести: меншу концентрацію напружень, зниження маси з'єднання, малу ймовірність поширення тріщин. Основний недолік клейових з'єднань – низька міцність клейового шару при деформаціях зсуву та трансверсального відриву.

На цей час практично відсутні уточнені методики оцінки впливу дефектів на міцність сталевих трубопроводів, що приводить до значного зростання обсягів ремонтних робіт з усунення дефектних ділянок без особливої на те необхідності. Уточнена методика оцінки впливу виявлених дефектів на міцність системи трубопровід – композитний бандаж дозволить робити більш точний прогноз доцільності ремонту корозійних ділянок трубопроводів.

Таким чином, розробка нових методик розрахунку на конструкційну міцність та граничний стан багат шарових оболонок обертання із композиційних матеріалів та конструктивних елементів їх з'єднань на основі уточненої дискретно-структурної теорії, коли враховуються адекватні кінематичні та статичні умови контактної взаємодії суміжних поверхонь сполучених шарів під час дії як статичного, так і температурного навантаження визначає актуальність проведених досліджень.

Робота виконувалась у відповідності з науковими програмами Сумського державного університету в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи: «Несуча здатність комбінованого газового балона високого тиску» (0110U004017).

Наукова новизна.

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-структурній моделі багат шарових оболонок розв'язана задача термопружного стану склопластикових труб, коли на одній частині міжфазної поверхні контакту суміжних шарів виконуються умови ідеального контакту, а на іншій спостерігаються ділянки з неідеальним контактом; розроблена теоретично-експериментальна методика визначення інтегральних термопружних характеристик композитів шаруватої структури; експериментально досліджено деформований стан склопластикових труб та їх з'єднань з міжшаровими дефектами структури матеріалу методом тензометрування; визначена конструкційна міцність і створена методика визначення граничного внутрішнього тиску багат шарових циліндричних оболонок; досліджений напружено-деформований стан склопластикових труб в зоні фланцевих, бандажних та муфтових з'єднань; створено методику визначення граничного гідростатичного тиску ремонтних композитних бандажів, що виготовлені шляхом багат шарового намотування склотканини на трубу у місці дефекту з одночасним її просочуванням епоксидною смолою.

Виконана дисертаційна робота дає подальший розвиток наукових основ теорії з розрахунків багат шарових елементів конструкцій на міцність та граничний стан з урахуванням різного роду початкових дефектів структури матеріалу.

Робота Данільцева В.В. має всі необхідні ознаки наукової новизни кандидатської дисертації. У цій частині дисертація цілком відповідає встановленим для таких робіт вимогам.

Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень дисертаційної роботи

Достовірність отриманих результатів забезпечена 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.

Теоретичні і експериментальні дослідження виконані на високому науковому рівні.

Практичне значення роботи.

Практичне значення отриманих результатів для виробництва склопластикових труб полягає в наступному:

– розроблена методика визначення інтегральних термопружних характеристик композитів шаруватої структури та розв'язок задачі конструкційної міцності композитів з міжшаровими дефектами. Теоретичні методи визначення пружних властивостей і оцінки міцності композиційних матеріалів дозволяють зменшити обсяг трудомістких експериментальних досліджень;

– розроблений метод визначення граничного внутрішнього тиску багатошарових циліндричних оболонок, а також наведені дослідження міцності склопластикових труб в зоні фланцевих, бандажних та муфтових з'єднань має важливе значення для безпеки експлуатації трубопроводів з композиційних матеріалів.

Отримані результати можна застосовувати при проектуванні та виробництві конструктивних елементів, які виконані у вигляді багатошарових оболонок.

Використання результатів роботи

Теоретичні і числові результати дисертаційної роботи впроваджені в прикладних науково-технічних розробках щодо вдосконалення виробів із композиційних матеріалів: ТОВ «СКЛОПЛАСТИКОВІ ТРУБИ» м. Харків.

Запропоновані методи розрахунку термопружних крайових задач також використовуються в навчальному процесі Сумського державного університету, для студентів напрямку підготовки «Механіка» та магістрів спеціальності «Комп'ютерна механіка».

Результати досліджень впроваджені в практику науково-дослідних і проектних робіт в ході виконання європейського гранту «Innovative nondestructive testing and advanced composite repair of pipelines with volumetric

surface defects» № PIRSES-GA-2012-318874 у 7-й рамковій програмі Європейського союзу. Отримані відповідні акти впровадження.

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. Наданий огляд конструкторсько-технічної документації з проектування, виготовлення й експлуатації склопластикових труб та різних варіантів їх з'єднань, що виконані у формі багат шарових оболонок обертання, та сучасного стану проблеми розрахунку склопластикових труб на їх конструкційну міцність і несучу здатність. Проведений аналіз різних розрахункових моделей і методик розрахунку багат шарових елементів конструкцій з дефектами структури від дії статичних та температурних навантажень.

В цілому автором зроблено аналіз великої кількості літературних джерел, які 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 і 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 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 диференціальні рівняння в змішаній формі для багатошарової оболонки, яка складається з n -анізотропних криволінійних шарів з різними теплофізичними властивостями. Наведена задача термопружності вирішується без урахування впливу деформування конструкції на зміну поля температур і відноситься до класу незв'язаних задач теорії термопружності.

У випадку, коли температурне поле не залежить від часу, запропоновано алгоритм розв'язку стаціонарної незв'язаної задачі теорії термопружності багатошарових оболонок.

У третьому розділі для композиту з 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 з аналогічними даними, що наведені у відомих публікаціях, підтверджує коректність запропонованої методики визначення інтегральних технічних параметрів багатошарового композита.

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 досліджувався граничний стан експериментальних зразків труб, бандажних та муфтових з'єднань, а також вплив жорсткості сталевих фланців на напружено-деформований стан склопластикових труб в зоні з'єднання.

Проведені випробування сталюї труби зміцненої склопластиковим бандажем при дії внутрішнього тиску для оцінки адекватності запропонованої автором методики визначення конструкційної міцності підсилюючих склопластикових бандажів.

У п'ятому розділі на основі методу ортогональної прогонки розроблений алгоритм розв'язання задач міцності та несучої здатності тонкостінних осесиметричних конструкцій складної геометрії уздовж меридіана, який реалізовано на мові програмування VISUAL FORTRAN. Створено методику дослідження термопружного стану багатошарових 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).

За допомогою модифікованого поліноміального критерію міцності розв'язано задачу конструкційної міцності і створено методику визначення

граничного внутрішнього тиску багат шарових циліндричних оболонок, при якому відбувається руйнування склопластикової труби в зоні бандажних та муфтових з'єднань, а також в точках контакту склопластикових труб з металевими фланцями.

Розглянута задача відновлення несучої здатності дефектної ділянки сталевих трубопроводу за рахунок ефективного виконання композитних бандажів. Отримані результати доводять, що за рахунок ефективного виконання композитних бандажів та визначення їх реальних фізико-механічних характеристик можна домогтися часткового або повного відновлення несучої здатності дефектної ділянки трубопроводу.

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: розробка методики дослідження термопружного стану та конструкційної міцності склопластикових труб, а також визначення граничного тиску, від дії якого відбувається руйнування фланцевих, бандажних, муфтових з'єднань та ремонтних композитних бандажів, виготовлених шляхом багат шарового намотування склотканини на сталеву трубу у місці дефекту з одночасним її просочуванням епоксидною смолою.

Повнота викладення основних результатів роботи

За результатами досліджень, що викладені в дисертаційній роботі, опубліковано 17 робіт, що є досить повним відображенням змісту як до кандидатської дисертації. В провідних фахових виданнях України опубліковано 9 статей, 1 статтю у виданні, що обліковується базою Scopus, 3 деклараційних патенти на винахід. Вони вірно відтворюють основні положення виконаних досліджень і не суперечать висновкам дисертації. До цього треба додати апробацію роботи на ряді науково-технічних конференцій та семінарах національного та міжнародного рівня.

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

Зауваження по дисертації і автореферату.

1. Аналіз існуючих досліджень, що присвячені критеріям міцності композиційних матеріалів, доцільно було б зробити більш інформативним і поглибленим.

2. Відсутні результати впливу застосування уточненої теорії

С.П.Тимошенка у порівнянні з результатами класичної теорії.

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

4. В дисертаційній роботі відсутній порівняльний аналіз результатів, що отримані за допомогою програмного комплексу ANSYS, та теоретичних і експериментальних даних, що наведені в роботі.

5. В авторефераті не представлена методика експериментального визначення механічних характеристик склопластику.

6. З автореферату неясно, при яких припущеннях вирішувались задачі в осесиметричній постановці в програмному комплексі ANSYS для такого суттєво анізотропного матеріалу, яким є склопластик.

7. Текст дисертації та автореферат містять окремі орфографічні та стилістичні помилки.

Заклучна оцінка дисертаційної роботи.

На основі вивчення змісту дисертаційної роботи, автореферату і публікацій можна підтвердити, що дисертація Данільцева Віктора Володимировича «Міцність конструкцій зі склопластика з міжшаровими дефектами структури матеріала» є завершеним науковим дослідженням, у якому поставлене і вирішене актуальне завдання проектування і розрахунків багат шарових елементів конструкцій.

Наведені в роботі науково-обґрунтовані результати, їх впровадження у виробництво будуть сприяти подальшому дослідженню і вдосконаленню конструкційної міцності та граничного стану склопластикових труб, фланцевих, бандажних, муфтових з'єднань. Автореферат повною мірою відображає зміст дисертації.

Дисертація відповідає спеціальності 05.02.09 - динаміка та міцність машин та вимогам п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567, а її автор, Данільцев Віктор Володимирович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Офіційний опонент, канд. тех. наук, начальник
відділу газодинаміки, динаміки та міцності
машин СКБ ПАТ «Сумське НВО»

В.Г. Гадяка

Підпис к.т.н. начальника відділу газодинаміки, динаміки та міцності
машин Гадяки В.Г. засвідчую:

Інспектор канцелярії



О.Б. Сичова