

ВІДГУК

на дисертаційну роботу Шаповалової Марії Ігорівни

«Оцінка граничного стану двокомпонентного матеріалу з кулястими включеннями та прогнозування надійності конструкції методами комп'ютерного і математичного моделювання», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 11 – «Математика та статистика» за спеціальністю 113 – «Прикладна математика»

Актуальність теми досліджень

З метою підвищення якості виробів у сучасній промисловості спостерігається тенденція підвищення контролю продукції, що випускається. Така спрямованість має на меті зниження матеріалоемності та енерговитрат пов'язаних з виробництвом матеріалів, підвищення надійності та ресурсу конструкцій. Розвиток обчислювальної техніки та програмного забезпечення сприяли перетворенню математичного моделювання у потужний інструмент наукових досліджень. Використання підходів неруйнівного контролю надає значні переваги у порівнянні з традиційними експериментальними методами дослідження. Однак, проведення стандартизованих експериментів на макрозразках залишається головним шляхом отримання механічних властивостей матеріалу, що не дозволяє визначити повний набір його характеристик та параметрів граничного стану. Тому виникає необхідність створювати математичні моделі, що засновані на аналізі мікроструктури матеріалу та враховують її стохастичний характер. На цій підставі можна вважати тематичну спрямованість дисертаційної роботи актуальною.

Оцінка змістовності роботи, обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Шаповалової М. І., в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій базується на використанні математичного апарату теорії ймовірності та математичної статистики, механіки твердого деформівного тіла, методів

математичного та імітаційного моделювання з використанням ліцензійного програмного забезпечення.

В роботі наведено змістовний огляд наукової літератури з вибраної проблематики. Проаналізовано використання експериментальних та розрахункових методів оцінки взаємозв'язку мікроструктури матеріалу та характеристик міцності. Розглянуто методи комп'ютерного зору для роботи з металографічними зображеннями у задачах класифікації, передбачення та статистичної оцінки впливу мікроструктури на властивості матеріалу. Надано стислий опис критеріїв міцності у задачах механіки твердого тіла. На основі проведеного аналізу виділено напрямок досліджень, що потребує подальшого розвитку.

Теоретичною основою роботи є рівняння напруженого стану у плоскій постановці, що пов'язане з аналізом двомірних зображень мікро-шліфів матеріалу. Переваги комп'ютерного зору використано для визначення ймовірнісних характеристик розміру, просторового розподілу та концентрації сферичних включень двокомпонентного матеріалу з кулястими включеннями на основі імітаційного моделювання. Розроблений алгоритм спрямовано на визначення пружних констант матеріалу без додаткового проведення натурних експериментів.

Частина роботи спрямована на дослідження границі міцності матеріалу. Створено експериментальний набір поверхонь плинності за допомогою двох підходів: модифікованого критерію Мізеса, та феноменологічного критерію міцності Цай-Ву. Встановлено концентраційні залежності математичного очікування, дисперсії та довірчі інтервали границь плинності при стисканні та розтяганні для досліджуваного двокомпонентного матеріалу з кулястими включеннями.

Заключна частина роботи присвячена апробації підходу для оцінки залишкового ресурсу насоса відцентрового типу.

Достовірність результатів досліджень

Достовірність результатів досліджень обумовлена використанням обґрунтованих теоретичних положень, апробованих чисельних методів, зокрема методу скінченних елементів, а також сертифікованих програмних комплексів.

Отримані результати є задовільними та відповідають прийнятим нормам точності, що встановлюються у практиці технічних досліджень.

Новизна основних результатів

До основних наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

– вперше запропоновано розрахунковий підхід для визначати ймовірнісні характеристики ресурсу, та прогнозування залишкової надійності елементів конструкції виготовлених з двокомпонентного матеріалу із кулястими включеннями. Такий підхід, на відміну від існуючих, використовує методи статистичного моделювання для оцінки ймовірнісних параметрів граничного стану, та побудований на основі серії віртуальних тестів;

– розроблено алгоритм побудови статистично-еквівалентних мікроструктур двокомпонентного матеріалу з кулястими включеннями на основі аналізу оптичних зображень методами комп'ютерного зору, що, на відміну від існуючих, враховує просторовий розподіл та концентрацію параметрів включень;

– вперше встановлено закономірності впливу концентрації включень на функції густини розподілу (та їх параметри) компонентів тензору жорсткості (зокрема коефіцієнтів взаємного впливу першого та другого порядку) для чавуну марок ВЧ35-ВЧ100 (мікроструктури типу ШГ2-ШГ12);

– вперше встановлено концентраційні залежності математичного очікування, дисперсії та довірчі інтервали границь плинності при стисканні та розтяганні для чавуну марок ВЧ35-ВЧ100 (мікроструктури типу ШГ2-ШГ12).

Повнота викладення результатів у наукових працях та апробація

Результати досліджень опубліковані у 19-ти роботах, серед яких: 3 статті у наукових фахових виданнях України; 2 статті у наукових періодичних виданнях, що внесені до міжнародних наукометричних баз Web of Science та Scopus; 1 стаття у закордонному науковому періодичному виданні (Білорусь); 13 матеріалів тез доповідей у міжнародних конференціях (у тому числі 4 – що внесені до міжнародних наукометричних баз Web of Science та Scopus). Основні матеріали дисертації, включно з описом методів, підходів та результатів досліджень, повною

мірою представлені у згаданих публікаціях.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі.

Відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам та академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності (академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації) у дисертації та наукових публікаціях, в яких висвітлені основні наукові результати дисертації не виявлено. Дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 10, 11, 12 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 167 від 6 березня 2019 р., та положень «Вимоги до оформлення дисертації», затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. На основі аналізу емпіричних даних мікроструктури чавуна у роботі запропоновано формули (3.1), які описують залежність математичного сподівання та дисперсії радіусу включень на шліфі від концентрації включень. Але запропонований у роботі вигляд рівнянь регресії не є достатньо обґрунтованим. На Рис. 3.4, де наведено емпіричні значення та графіки запропонованих залежностей, видно, що рівняння будуються лише по п'яти точкам. Звідси випливає, що три параметра, які входять в запропоновані регресійні рівняння (3.1) можуть мати або великі довірчі інтервали, або взагалі не мати статистичної значущості. Нажаль, у роботі відсутня перевірка значущості коефіцієнтів запропонованих регресійних рівнянь.

2. У роботі розглядаються питання деформування і міцності чавуна. Високоміцний чавун містить включення графіту сферичної (сфероїдальної) форми, які на шліфі відображаються кругами. Але, зрозуміло, що це є лише відображення кулястих включень на площину перерізу. У роботі у розділі 3.3 аналізується напружений стан гетерогенної структури, яка складається із матриці та кругових включень. Тобто аналізується напружений стан у двовимірній постановці, тоді як у

чавуні включення мають форму близьку до сферичної. В свою чергу аналіз напруженого стану структури зі сферичними включеннями потребує моделювання напруженого стану у тривимірній постановці. Питання того, як співвідносяться між собою напружений стан матриці зі сферичними включеннями у тривимірній постановці та напружений стан пластини з круговими включеннями у двовимірній постановці потребує уточнення, чого в роботі, нажаль, нема.

Ці зауваження більшою мірою мають уточнюючий характер та не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Висновок

Дисертація Шаповалової М.І. є завершеною науково-дослідницькою роботою, що спрямована на розв'язання важливої науково-практичної задачі прогнозування надійності конструкції, на основі аналізу граничного стану відповідного двокомпонентного матеріалу з кулястими включеннями, методами комп'ютерного та математичного моделювання.

На підставі висновків щодо актуальності теми, наукових здобутків та практичного значення дисертаційного дослідження, здобувач Шаповалова Марія Ігорівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

Професор кафедри «Вищої математики та системного аналізу»

Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,
доктор технічних наук, доцент



Сергій КУРЕННОВ

ВІРНО:

Учений секретар
Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»




Світлана ЧМИХУН

(Засвідчується підписом вченого секретаря та печаткою закладу)