

ВІДГУК

офіційного опонента
на дисертаційну роботу Яджак Наталії Степанівни
**«Розроблення моделей росту коротких тріщин у металевих матеріалах
за тривалих навантажень та експлуатаційних середовищ»,**
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 11 «Математика та статистика»
за спеціальністю 113 «Прикладна математика»

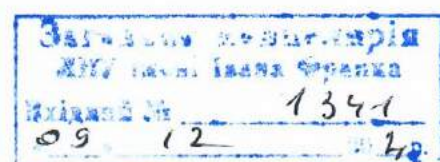
Актуальність теми дисертаційної роботи.

Відомо, що втрата міцності та вичерпання довговічності елементів конструкцій, машин та механізмів відбувається здебільшого внаслідок зародження і поширення тріщин різної геометрії, у тому числі коротких. Основною причиною виникнення та прогресування дефектів такого типу є дія довготривалих навантажень, що посилюється за впливу корозивно-агресивних середовищ. Такі механізми руйнування є типовими для елементів літальних та транспортних апаратів, устаткування хімічної та нафтохімічної промисловості, залізничних комунікаційних систем, ліній електромереж тощо. Тому розроблення математичних моделей для визначення періоду докритичного росту коротких втомних тріщин з метою оцінювання залишкової довговічності елементів конструкцій довготривалого експлуатування має важливе значення для прикладної науки та інженерної практики.

Слід зауважити, що короткі тріщини в металевих структурних елементах можуть бути ще до початку експлуатації, а також виникати і розвиватися в процесі функціонування. Незважаючи на тривалу історію вивчення коротких тріщин у металевих конструкціях, чимало важливих питань щодо їх зародження і розвитку залишаються мало вивченими. Зокрема є відкритим питання розроблення адекватного математичного апарату для опису кінетики розвитку коротких тріщин в елементах конструкцій.

З огляду на це, дисертаційна робота Яджак Н.С., яку присвячено проблемі розроблення математичних моделей і розрахункових методів для визначення довговічності металевих елементів конструкцій з короткими тріщинами за дії тривалого навантаження та впливу корозивних середовищ, є важливим та актуальним науковим дослідженням.

Дослідження за темою дисертації виконано в межах наукових бюджетних тем Львівського національного університету імені Івана Франка МОН України:



«Моделювання руйнування матеріалів за дії довготривалих навантажень, високих температур, водневмісних середовищ і радіаційного опромінення» (№ д/р 0116U001536, 2017–2018) та «Вплив деградації матеріалів на залишковий ресурс елементів конструкцій довготривалої експлуатації за дії силових і фізико-хімічних факторів» (№ д/р 0119U002202, 2019–2021).

Слід відзначити, що дисертантка навчалася в аспірантурі та провадила дослідження в рамках подвійного керівництва дисертаційною роботою у Львівському національному університеті імені Івана Франка МОН України та в Університеті Клермон – Овернь (Франція) за підтримки Стипендії французького уряду і програми I-SITE CAP 20–25. Під час навчання в аспірантурі Яджак Н.С. проходила навчальні та дослідницькі стажування у Школі обчислювальної математики Кільського університету у Великобританії та у відділі інженерії у ТОВ Андрітц Гідро у Равенсбурзі в Німеччині.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації та їх достовірність.

У дисертаційній роботі детально проаналізовано сучасний стан теоретичних розробок та результатів експериментальних досліджень за літературними джерелами, чітко сформульовано завдання дослідження та застосовано обґрунтований комплексний підхід для їх розв'язання. Для верифікації отриманих результатів здійснено їх порівняння з відомими даними експериментальних досліджень та співставлення теоретичних розрахунків з реалізацією числових алгоритмів. Це свідчить про високий ступінь обґрунтованості сформульованих у дисертації наукових положень, висновків та рекомендацій.

Про достовірність отриманих результатів також свідчить проведення великого обсягу теоретичних досліджень, коректність і строгість математичних постановок задач, використання основних законів термодинаміки і механіки руйнування при їх розв'язуванні, застосування до розв'язання рівнянь математичної фізики, обґрунтованих математичних методів, а також несуперечливість отриманих результатів з фізично очікуваними.

Результати дисертаційної роботи добре узгоджуються з висновками інших дослідників та відомими закономірностями впливу агресивних середовищ на матеріали, що підтверджує їх правильне трактування.

Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Щодо наукової новизни отриманих результатів, слід відзначити суттєвий внесок у розвиток теорії втомного руйнування шляхом розширення розрахунко-

вих моделей та розробки ефективних методів визначення залишкового ресурсу елементів конструкцій з короткими і малими тріщинами за дії змінних навантажень і впливу корозивного середовища, а саме:

- розроблено розрахункову модель у деформаційних параметрах розкриття у вершині тріщини для визначення кінетики поширення коротких втомних тріщин та визначення на цій основі залишкового ресурсу тонкостінних елементів конструкцій;
- розроблено математичну модель для визначення періоду зародження і докритичного росту коротких втомних тріщин біля вершин концентраторів напружень із урахуванням параметра деформації;
- запропоновано розрахункові моделі визначення залишкового ресурсу товстої пластини з малими втомними тріщинами за дії поперечного та повздовжнього зсувів;
- розроблено математичну модель оцінювання впливу корозивного середовища на період докритичного росту коротких втомних тріщин у тонкостінних елементах конструкцій за нормального відриву;
- узагальнено метод еквівалентних площ на випадок поширення малих плоских тріщин, що дозволяє знайти наближений розв'язок тривимірних задач розтягу тіл з малими поверхневими тріщинами довільного опуклого контуру;
- наведено постановку та отримано наближений розв'язок задачі про визначення залишкової довговічності торсіону з малою поверхневою півеліптичною тріщиною.

Повнота викладу результатів роботи в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації.

Результати дисертаційної роботи відображено у 13 наукових працях, серед яких 9 статей у наукових фахових виданнях України та у наукових періодичних виданнях інших держав (з них 5 у виданнях, що входять у наукометричні бази даних Web of Science та Scopus), 2 – у матеріалах і тезах доповідей міжнародних конференцій.

Практичне значення отриманих результатів.

Результати роботи можуть становити основу інженерних методів для оцінювання залишкового ресурсу елементів конструкцій з тріщинами за довготривалого циклічного навантаження різних видів з урахуванням дії середовища.

Структура та оцінка змісту роботи.

Дисертація складається зі вступу, переліку умовних позначень, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел (186 найменувань). Загальний обсяг роботи 203 ст.

У першому розділі зроблено детальний огляд публікацій стосовно моделювання та аналізу процесів зародження й поширення коротких втомних тріщин. Розглянуто основні критерії механіки втомного руйнування та простежено основні механізми поширення тріщин. Проаналізовано підходи до вивчення процесів виникнення та поширення коротких втомних тріщин у конструкційних матеріалах за дії циклічного навантаження, впливу корозійного середовища та інших критичних факторів та процесів. Охарактеризовано адекватність існуючих моделей для опису та прогнозування терміну служби елементів конструкцій.

У другому розділі на основі енергетичного підходу розроблено математичні моделі зародження та визначення швидкості росту короткої втомної тріщини та оцінки залишкового ресурсу пластин з такими дефектами за впливу корозивного середовища. Запропоновано формулу визначення розкриття у вершині тріщини залежно від прикладеного навантаження. Моделі верифіковано на основі аналізу відповідних модельних задач.

Третій розділ роботи стосується проблеми розроблення математичної моделі для дослідження коротких втомних тріщин у товстій пластині за дії поперечного та поздовжнього зсуву, завдяки якій вдається усунути некоректність відомих підходів, зокрема щодо задачі поздовжнього зсуву, у плані перекриття берегів тріщини в зоні передруйнування. Запропоновано формули визначення розкриття у вершині тріщини залежно від навантажень обох типів.

У четвертому розділі з використанням енергетичного підходу запропоновано та верифіковано математичну просторову модель поширення коротких втомних поверхневих тріщин довільного опуклого контуру.

Матеріал викладено логічно та послідовно з достатнім ступенем аргументації. Висновки до розділів і в цілому до дисертації ґрунтуються на результатах глибоких теоретичних розробок і всестороннього аналізу розглянутих процесів. Роботу виконано на належному науковому рівні, технічно грамотно, викладено державною мовою з дотриманням необхідних вимог.

Академічна доброчесність.

Дисертаційну роботу написано з дотриманням норм академічної доброчесності. Випадків порушення академічної доброчесності, зокрема, плагіату, у роботі не виявлено.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. У роботі в основу побудови математичних моделей природно покладено використання першого закону термодинаміки. При цьому не враховано виконання другого закону термодинаміки.
2. У рівнянні (2.72), яке характеризує дію корозійного середовища на ріст втомних коротких тріщин, використано параметр впливу середовища η . Однак не вказано його розмірність та спосіб практичного отримання.
3. З огляду на складність досліджуваних у роботі задач, величини розкриття у вершині тріщини в окремих випадках визначаються наближено. Доцільно було б проаналізувати вплив похибок таких обчислень на кінцевий результат оцінки залишкового ресурсу елементів конструкцій.

Зроблені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальні висновки.

Вважаю, що дисертаційна робота Яджак Наталії Степанівни «Розроблення моделей росту коротких тріщин у металевих матеріалах за тривалих навантажень та експлуатаційних середовищ» є завершеним науковим дослідженням. У роботі розв'язано важливі науково-прикладні задачі щодо прогнозування залишкової довговічності елементів конструкцій з короткими тріщинами за дії тривалих змінних навантажень та впливу корозійно-агресивних середовищ. За новизною отриманих результатів та ступенем їх обґрунтованості дисертація відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, затверджених наказом МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та п. 10 «Тимчасового порядку присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 р. № 167 зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 979 від 21.10.2020 р.), а дисертантка заслуговує присвоєння їй ступеня доктора філософії з галузі знань 11 «Математика та статистика» за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

Офіційний опонент

завідувач відділу механіки деформівного твердого тіла,
заступник директора з наукової роботи

Інституту прикладних проблем механіки і математики

ім. Я. С. Підстригача НАН України,

доктор фізико-математичних наук,

старший науковий співробітник



Юрій ТОКОВИЙ

Підпис *Токівського Ю. В.*
засвідчую
Вчений секретар ІАПММ
ім. Я. С. Підстригача НАНУ
Кравчишин С. В.