

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Підгурського Івана Миколайовича

«*Моделювання росту поверхневих втомних тріщин у низьколегованих сталях після перевантажень*»,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності
01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

Актуальність теми дослідження. В реальних умовах експлуатації конструкційні елементи машин і механізмів, в більшості випадків, працюють під дією нерегулярного навантаження. Важливою є задача оцінки довговічності на етапі проектування і залишкового ресурсу елементів конструкцій з наявними пошкодженнями у вигляді поверхневих втомних тріщин.

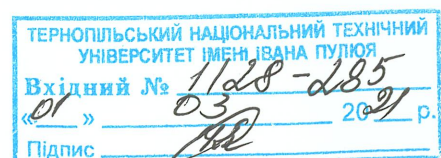
Відомо низку праць (Злочевський А.Б., Ясній П.В., Пиндус Ю.І., Шувалов О.М., В.В. Покровський, О. Г. Іванченко, С.В. Петінов, Р.В. Гучинський, та ін.), у яких досліджувалися одноразові перевантаження розтягом на швидкість росту наскрізних тріщин. Проте, не розглянуто вплив перевантаження на затримку росту поверхневих тріщин зі складним за геометрією контуром.

Оцінка процесів втомного руйнування суттєво ускладнюється при механічній взаємодії та злитті поверхневих тріщин. Моделі розвитку поверхневих втомних тріщин та методики оцінки залишкової довговічності ще не є достатньо опрацьовані, не ввійшли в стандарти ASME – XI, BS 7910, FITNET та ін. Разом з тим, обґрунтоване врахування періоду злиття поверхневих втомних тріщин створює додатковий резерв при оцінці залишкової довговічності елемента конструкції.

Практична цінність дисертаційної роботи визначається необхідністю створення надійних методів оцінки безпечного ресурсу та запасу міцності відповідальних елементів конструкцій та механізмів.

Отже, означенні обставини обумовлюють актуальність науково-технічної проблеми розроблення методик прогнозування довговічності елементів конструкцій з поверхневими тріщинами з урахуванням їх об'єднання та впливу перевантаження, а необхідність їх вирішення не викликає сумнівів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у Тернопільському національному технічному університеті ім. І. Пулюя за тематичними планами НДР Міністерства освіти і науки України. Основні наукові результати дисертації відповідають напряму дослідження та отримані здобувачем, як виконавцем держбюджетних тем: “Оцінка несучої здатності і залишкової довговічності просторових елементів конструкцій з



урахуванням набутих пошкоджень” № держреєстрації 0115U002447, 2015-2017 рр. та “Методологія оцінювання довговічності і продовження ресурсу елементів авіаційних конструкцій з експлуатаційними пошкодженнями біля кріпильних отворів” № держреєстрації 0118U003479, 2018-2020 рр..

Мета роботи полягає у встановленні закономірностей розвитку поверхневих тріщин зі складною геометрією контуру та з врахуванням впливу перевантаження і розроблення методики прогнозування залишкової довговічності елементів конструкцій.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- уперше запропоновано імітаційну модель процесу злиття поверхневих тріщин, що базується на обґрунтованій геометрії ряду фіксованих контурів тріщин та розробленій методиці оцінки КІН вздовж зазначених контурів;
- розроблено статистичну математичну модель, яка оцінює коефіцієнти взаємодії тріщини, що об’єднуються в залежності від геометричних розмірів тріщини та параметра відносного злиття тріщини;
- виявлено основні закономірності впливу одноразових перевантажень розтягом на кінетику розвитку поверхневих втомних півеліптичних тріщин у пластинах зі сталі 09Г2С з урахуванням коефіцієнта форми тріщини;
- виявлено основні закономірності впливу одноразових перевантажень розтягом на затримку росту та кінетику форми поверхневих втомних тріщин зі складною геометрією контуру.

Практична цінність роботи підтверджена можливістю застосування методики прогнозування залишкової довговічності елементів конструкцій з поверхневими тріщинами зі складною геометрією контуру на основі аналізу НДС з урахуванням злиття тріщин та перевантажень. Результати роботи використовуються на стадії проектування для аналізу надійності та запасу міцності і безпечного ресурсу експлуатації конструкцій літальних апаратів у Державному підприємстві “АНТОНОВ”; а також, в ТОВ “ТЕХС” для оцінки довговічності посудин високого тиску, газопроводів, газорегуляторних установок УТРШТ і ПГРШТ на стадії розвитку поверхневих тріщин та при визначенні характеристик циклічної тріщиностійкості низьколегованих сталей, що підтверджено відповідними актами.

Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації і їх достовірність та новизна.

Обґрунтованість наведених в дисертації наукових положень та висновків базується на успішному визначенні перспективних напрямів вирішення сформульованої проблеми, виборі адекватних моделей досліджень, опрацюванні недоліків та переваг існуючих методик прогнозування залишкової довговічності

елементів конструкцій з поверхневими тріщинами, комплексним характером експериментів, використанням спеціалізованого програмного комплексу "ANSYS", сучасними математичними методами обробки їх результатів. Достовірність результатів дослідження підтверджується відповідністю сучасним уявленням про природу дефектів, які діагностуються.

Оцінка змісту дисертації.

Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел із 142 найменувань та додатків. Загальний обсяг роботи становить 162 с. – з них обсяг основного тексту – 122 сторінки, додатки – 2 сторінки. Дисертація містить 84 рисунки та 9 таблиць.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, зв'язок роботи з науковими темами, сформульовано мету та задачі дослідження, показано наукову новизну та практичну цінність роботи. Приведено відомості про публікацію та апробацію роботи.

У **першому розділі** на основі огляду літературних джерел проаналізовано особливості розвитку поверхневих втомних тріщин в елементах конструкцій. Зазначено, що поверхневі тріщини в процесі розвитку можуть об'єднуватись у магістральні тріщини, що мають складну геометрію контуру. Наявність великої кількості запропонованих моделей свідчить про складність оцінки перехідних процесів у вершині тріщини після перевантажень, особливо за її складної конфігурації.

Другий розділ присвячений розробці та опису методик і дослідженню методом скінчених елементів (МСЕ) КІН КІ вздовж фронту поверхневих півеліптичних тріщин (канонічної форми) та тріщин зі складним за геометрією контуром (неканонічної форми).

У **третьому розділі** розроблено імітаційну модель злиття ідентичних компланарних поверхневих тріщин, статистичну математичну модель зміни коефіцієнта взаємодії в зоні об'єднання ідентичних поверхневих тріщин та проведено оцінку впливу періоду злиття тріщин на залишкову довговічність пластини з тріщинами, що об'єднуються.

У **четвертому розділі** проведено оцінку впливу перевантажень на затримку росту поверхневих півеліптичних тріщин в сталі 09Г2С з параметрами циклічної тріщиностійкості $n = 3,08$; $C = 8,9 \cdot 10^{-12} (\text{МПа})^{-n} \cdot \text{м}^{(1-n/2)} \cdot \text{цикл}^{-1}$.

В **п'ятому розділі** представлено результати дослідження розвитку поверхневих тріщин зі складним за геометрією контуром після впливу одноразових перевантажень розтягом, методика та особливості визначення КІН

вздовж несиметричного фронту поверхневої тріщини, методика прогнозування РВТ після перевантажень.

У **висновках** сформульовано основні наукові результати дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота є завершеною науковою роботою, за структурою, мовою і стилем написання відповідає вимогам МОН України, які ставляться до кандидатських дисертацій.

Висновок про повноту опублікування основних положень дисертації, аналіз автореферату.

Основні результати дисертаційної роботи в достатній мірі опубліковано в 18 друкованих працях, зокрема, в 6 статтях у наукових фахових виданнях, з них 3 статті у виданнях, які включено до міжнародної наукометричної бази Scopus, 1 робота у міжнародному періодичному виданні, опублікована, як частина монографії, 2 статті зареєстровані у наукометричних базах з міжнародним індексом цитування Index Copernicus, 8 тез і матеріалів міжнародних та всеукраїнських наукових конференцій. Основні наукові положення і висновки, які представлені в дисертації та авторефераті, ідентичні між собою. Автореферат повністю відображає актуальність роботи, зміст і суть одержаних наукових результатів, їх практичне значення, детально виокремлює особистий внесок здобувача та демонструє апробацію результатів. Запозичень та плагіату у дисертації немає.

Проте, є низка зауважень по дисертації та автореферату, зокрема:

1. В роботі розглянуто коалесценцію двох напівеліптичних тріщин. Проте, було б бажано уточнити яким було співвідношення осей розглянутих півеліпсів, в якому діапазоні змінювалось під час коалесценції та яким стало при повному злитті і утворенні фронту єдиної півеліптичної тріщини.

2. З роботи не зрозуміло, з яких міркувань вибрано коефіцієнти перевантаження, чи допустимі такі перевантаження на реальних технологічних об'єктах?

3. Слід уточнити яким чином контролювали та враховували зміну фронту тріщини на дослідних зразках?

4. В роботі встановлено, що обґрунтоване врахування росту тріщини в зоні об'єднання збільшує до 25 % розрахункову довговічність порівняно з відомими методиками розрахунку, нормами та стандартами. Чим це обумовлено?

Слід зазначити, що усі відмічені недоліки не знижують високого наукового рівня та практичної цінності результатів дисертаційного дослідження здобувача.

Загальні висновки

Загалом, дисертаційна робота Підгурського Івана Миколайовича на тему: «Модельовання росту поверхневих втомних тріщин у низьколегованих сталях після перевантажень», яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла, є завершеною науковою працею, в якій вирішено важливу наукову задачу з виявлення основних закономірностей впливу перевантаження розтягом на затримку і кінетику росту поверхневих тріщин зі складною геометрією контуру та запропоновано методика оцінки цього впливу.

Робота відповідає вимогам паспорту вказаної спеціальності, а також чинним вимогам до кандидатських дисертацій, а здобувач заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент:

доцент кафедри зварювання
Івано-Франківського національного
технічного університету нафти і газу,
кандидат технічних наук, доцент



Р.Т. Біщак

Підпис Біщака Р.Т. засвідчую
вчений секретар
Івано-Франківського національного
технічного університету нафти і газу
кандидат технічних наук, доцент



В.Р. Процюк