

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу
Яснія Володимира Петровича "Розроблення методів прогнозування
втомної довговічності псевдо пружних сплавів з пам'яттю форми", подану
на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальні-
стю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

Актуальність теми. Сплави з пам'яттю форми (СПФ), завдяки ефекту пам'яті форми і ефекту над пружності, широко застосовуються в літакобудуванні, машинобудуванні, будівельній галузі, зокрема і в якості демпфувальних пристрій для зменшення динамічних навантажень на елементи конструкцій і споруди. Однією з фундаментальних проблем при прогнозуванні втомної довговічності елементів конструкцій із псевдо пружних сплавів з пам'яттю форми, є вибір фізично обґрутованих критеріїв втомного руйнування, які б враховували вплив асиметрії циклу навантаження та змінної амплітуди навантаження.

Тому дисертаційна робота В.П. Яснія, яка присвячена розвиток моделей втомного руйнування і методів прогнозування довговічності псевдо пружного NiTi сплаву з пам'яттю форми з урахуванням впливу асиметрії циклу і змінної амплітуди навантаження є актуальною, як з наукової так практичної точки зору.

Про актуальність теми дисертації свідчить тісний зв'язок з кафедрою будівельних конструкцій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пуллюя МОН України в рамках бюджетних тем згідно з тематичними планами наукових досліджень. Автор був керівником теми “Розроблення методів прогнозування довговічності сплавів з ефектом пам'яті форми за змінної амплітуди навантаження ” (№ держреєстрації 0117U002244, 2017–2019 рр.) та брав участь як виконавець робіт “Вплив конструктивно-технологічних та експлуатаційних факторів на довговічність силових конструктивних елементів крила транспортного літака з функціональними отворами ” (№ держреєстрації 0113U000249, 2013–2015 рр.), “Розробка методів розрахунку експлуатаційних впливів і моніторингу довговічності елементів конструкції ракети носія при

транспортуванні літаком ” (№ держреєстрації 0115U002448, 2015–2017 рр.), “Оцінювання несучої здатності і залишкової довговічності просторових елементів конструкцій з урахуванням набутих пошкоджень ” (№ держреєстрації 0115U002447, 2015–2017 рр.).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, забезпечується фізично-коректною постановкою програми експериментальних досліджень, використанням апробованих підходів механіки руйнування матеріалів та механіки деформівного твердого тіла, зокрема при аналітичному оцінюванні втомної довговічності матеріалів.

На достовірність отриманих у роботі результатів вказує те, що основні положення та висновки дисертаційної роботи підтверджено порівнянням експериментальних і розрахункових даних отриманих особисто, якому присвячено 6- й розділ дисертаційної роботи.

Наукова новизна отриманих в роботі результатів.

1. Важливим науковим результатом є те, що автором вперше виявлено ефект і запропоновано механізм часткового відновлення функціональних властивостей псевдо пружного NiTi сплаву при переході від більшої до меншої амплітуди циклічного навантаження, який полягає у зменшенні залишкової деформації в межах ступені з нижчою амплітудою навантаження, що спричинено зменшенням залишкових напружень.

2. Вперше отримано комплекс нових експериментальних даних щодо втомної довговічності, характеристик циклічної тріщиностійкості та функціональних властивостей NiTi сплаву для різних температур та асиметрії циклу навантаження за сталої та змінної амплітуди навантаження.

3. Вперше запропоновано критерій малоциклового втомного руйнування псевдо пружного сплаву за сталої і змінної амплітуди навантаження з урахуванням асиметрії циклу навантаження – сумарної питомої енергії пружної деформації. Встановлено, що на відміну від традиційних конструкційних матеріалів, наприклад сталей, дисипована енергія не впливає на формування втомних пошкоджень і втомну довговічність псевдо пружних СПФ.

4. Розроблено методику прогнозування довговічності псевдо пружного СПФ в умовах малоциклової втоми за сталої та змінної амплітуди з урахуванням асиметрії циклу навантаження. Методика прогнозування основана на критерії втомного руйнування - сумарній питомій енергії пружної деформації, яка може бути визначена при втомних випробуваннях за сталої амплітуди навантаження.

5. Запропоновано методику прискореного визначення сталих в моделі втомного руйнування псевдо пружного СПФ, яка основана на критерії сумарної питомої енергії пружної деформації за результатами випробування одновісним квазістатичним розтягом і за фіксованої сталої амплітуди навантаження.

6. Запропоновано методику прогнозування залишкової довговічності елементів конструкцій круглого перерізу із СПФ з поверхневою півеліптичною тріщиною, яка ґрунтуються на розв'язанні системи рівнянь, що описують поширення тріщини, параметрах навантаження та параметрах циклічної тріщиностійкості з урахуванням їх статистичного розкиду та зміни форми фронту тріщини.

7. Розроблено демпфувальний пристрій, захищений патентами на інтелектуальну власність, який оснований на використанні ефекту псевдо пружності СПФ та встановлено його функціональні характеристики.

Практичну цінність дисертаційної роботи складають:

- Розроблений ефективний демпфувальний пристрій, який оснований на використанні псевдо пружного сплаву з пам'яттю форми і може бути використаний як прототип при створенні повномірних демпфувальних пристріїв для зменшення динамічних навантажень інженерних та будівельних споруд, а також при транспортуванні довгомірних тонкостінних конструкцій.
- Одержані комплекс нових експериментальних даних про вплив водню на механічну поведінку та температури, асиметрії циклу і змінної амплітуди навантаження на функціональні властивості, втомну довговічність та параметри циклічної тріщиностійкості NiTi сплаву, які можуть бути використані при оцінюванні функціональної і конструкцій-

ної витривалості елементів із СПФ на стадії проектування й експлуатації.

- Запропонований метод прогнозування довговічності псевдо пружного СПФ в умовах малоциклової втоми за сталої амплітуди з урахуванням асиметрії циклу навантаження та змінної амплітуди, яка ґрунтуються на критерії втомного руйнування – сумарній питомій енергії пружної деформації, може бути застосована при оцінюванні втомної довговічності елементів конструкцій із псевдо пружного СПФ.

Повнота викладу результатів роботи в опублікованих працях. За матеріалами дисертації опубліковано 38 наукових праць, з них 24 статті у наукових фахових виданнях України та інших держав, з яких 14 статей індексовані міжнародними наукометричними базами даних Scopus та/або Web of Science; отримано один патент України на винахід та шість патентів України на корисну модель. У зазначених працях висвітлено методичні аспекти роботи, а також результати досліджень усіх розділів роботи. Окрім цього базові положення дисертації доповідалися на спеціалізованих міжнародних (наприклад, ECF21 European Conference on Fracture “Fracture and Safety” (Catania, 2016); International Conference on Structural Integrity and Durability, (Dubrovnik, 2017); ECF 22 “Loading and Environment Effects on Structural Integrity” (Belgrade, 2018); 6th International Conference “Fracture Mechanics of Materials and Structural Integrity” (Lviv, 2019); 1st Virtual European Conference on Fracture (2020), Міжнародній конференції “Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування” (Тернопіль, 2017)

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації та повністю висвітлює висновки роботи.

Мова та стиль дисертації. Дисертацію та автореферат написано грамотно, літературною державною мовою. Стиль викладу дисертації – чіткий та зрозумілий для сприйняття результатів досліджень і наукових висновків. Тема і зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 01.02.04 – механіка дефо-

рмівного твердого тіла. Разом з тим, можна зазначити ряд зауважень до роботи, зокрема.

1. В четвертому розділі роботи сказано, «що силовий $\Delta\sigma$ і деформаційний $\Delta\varepsilon$ критерії не враховують вплив асиметрії циклу навантаження на втомну довговічність, хоча задовільно описують її за певної сталої асиметрії циклу навантаження.» Разом з тим значимо, що $\Delta\sigma = \sigma_{\max}(1 - R_{\sigma})$, $\Delta\varepsilon = \varepsilon_{\max}(1 - R_{\varepsilon})$, що самі ці величини враховують асиметрію циклу.
2. Незрозуміло чому, при визначенні довговічності зразка незалежним параметром вважають кількість циклів навантаження, а не розмах напружень чи деформацій.
3. В роботі сказано, що на лінійній ділянці Періса швидкість втомної тріщини майже не чутлива до R . Думаю, що чутлива, візьміть $R = 0$ і $R = 1$.
4. Думаю, що при своєму поширенні втомна тріщина за конфігурацією свого контура буде близька до викривленого сегменту ніж до півеліптичної, особливо, до квазікрихкого матеріалу.
5. Представлена в роботі діаграма розтягу NiTi сплаву нагадує діаграму розтягу деяких квазікрихких сталей з лінійним деформаційним зміщенням, для яких розмір тріщин 0,6мм був би зовсім неприйнятним для втомних досліджень в рамках лінійної механіки руйнування. Не зрозуміло, які аргументи в автора застосовувати це до згаданого сплаву.

Слід зазначити, що зроблені вище зауваження не мають визначального впливу на загальну позитивну оцінку роботи.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам:

1. Дисертаційна робота Яснія В. П. "Розроблення методів прогнозування втомної довговічності псевдо пружних сплавів з пам'яттю форми", є завершеною науковою роботою, в якій отримано нові, важливі та значущі для науки та практики результати дослідження, спрямовані на подальший розвиток

фундаментальних зasad механіки втомного руйнування матеріалів і конструкцій із сплавів з пам'яттю форми, а також створення нових ефективних методів оцінювання їх довговічності.

2. Робота відповідає вимогам пунктів 9, 10, 13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., щодо докторських дисертацій, а її автор – **Ясній Володимир Петрович**, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – Механіка деформівного твердого тіла.

В.о. завідувача кафедри механіки
Львівського національного університету
Імені Івана Франка,
Член-кореспондент НАН України,
Доктор технічних наук, професор

О.Є. Андрейків

Підпись О. С. Андрейківа підтверджую
Вчений секретар ЛНУ ім. Івана Франка

