

УДК 621.3.019.32:02

**Т.І. Рибак, докт. техн. наук, проф.; М.І. Підгурський, докт. техн. наук, проф.;
М.Я. Сташків, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ОЦІНКА МІЦНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН ЗА КРИТЕРІЯМИ МЕХАНІКИ ВТОМНОГО РУЙНУВАННЯ

**T. Rybak, Dr., Prof.; M. Pidgurskyi, Dr., Prof.; M. Stashkiv, Ph.D., Assoc. Prof.
ASSESSMENT OF STRENGTH AND DURABILITY OF MACHINE ELEMENTS
BASED ON THE FRACTURE MECHANICS CRITERIA**

Загальна тенденція розвитку сучасної техніки в напрямку інтенсифікації виконання технологічних процесів, яка приводить до неперервного збільшення енергосилових, кінематичних, габаритних та інших параметрів машин, вимагає нових підходів при створенні перспективних та модернізації існуючих машин. Базовою складальною одиницею практично будь-якої машини є несуча конструкція (рама, остов), від надійності якої значно залежить ресурс роботи машини. Однією з основних причин недостатньої експлуатаційної надійності рам мобільної техніки є недосконалість існуючих інженерних методів розрахунку їх несучих конструкцій.

Більшість методів оцінки міцності та розрахунку ресурсу стосується бездефектних конструктивних структур. Але в процесі експлуатації, при поєднанні концентрації напружень, високого рівня залишкових напружень і наявності технологічних дефектів (підрізи, непровари та ін.), навіть при обмеженому числі циклів навантажень, можуть виникати втомні тріщини. В процесі подальшої експлуатації залишковий ресурс елемента конструкції з таким дефектом буде визначатись стадією розвитку втомної тріщини. У таких умовах традиційні методи розрахунку міцності і довговічності конструкції будуть недостатніми, що зумовлює необхідність застосування критеріїв механіки руйнування.

Механіка втомного руйнування є теоретичною основою для прогнозування ресурсу в умовах накопичення пошкоджень і розвитку тріщин, оскільки тріщини можуть повільно розповсюджуватися в елементі конструкції і їх ріст можна контролювати і передбачати.

Виходячи з напрацювань у цьому напрямку вітчизняних та зарубіжних вчених, створення ефективних несучих і функціональних систем, оптимальних за матеріаломісткістю та з прогнозованим ресурсом роботи, полягає у розробці алгоритму оцінки довговічності елементів конструкцій з врахуванням реальних умов експлуатації, технології їх виготовлення, застосуванні в інженерному проектуванні числових методів аналізу напружено-деформівного стану (НДС), використанні теоретичних моделей і методів механіки втомного руйнування з врахуванням особливостей розвитку дефектності в статично невизначуваних системах.

Критеріальна оцінка міцності та прогнозування ресурсу роботи конструкцій передбачає проведення дослідження НДС конструкції, вибору критеріїв оцінки тріщиностійкості та визначення характеристик тріщиностійкості матеріалу вузла.

Складність вибору та формування критеріїв оцінки міцності і прогнозування ресурсу роботи зумовлюється, перш за все, різноманітністю профілів складових елементів цих конструкцій та специфікою їх з'єднань. Такі конструкції важко оптимізувати через відсутність фактичних характеристик циклічної тріщиностійкості матеріалу з врахуванням його структурних змін в зоні термічного впливу зварних з'єднань, у відповідності до конкретної технології виготовлення, та відсутність аналітичних залежностей, що описують НДС в околі тріщин у поперечних перетинах тонкостінних елементів відкритого чи замкнутого профілю.

Найбільш простим і доступним для аналізу розвитку втомних тріщин є силовий критерій лінійної механіки руйнування – коефіцієнт інтенсивності напружень (КІН) – основний фактор, що описує НДС у вершині тріщини і контролює її розповсюдження.

Реалізація методики формування силового критерію оцінки тріщиностійкості і прогнозування ресурсу роботи конструкцій проводиться у такій послідовності:

- отримання аналітичних залежностей для визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень (КІН) для тріщин у елементах замкнутого [1, 2] та відкритого [3, 4] тонкостінного профілю;
- уточнення залежностей для визначення КІН для тріщин, які розвиваються в зонах зварних з'єднань, з врахуванням конструктивної концентрації напружень, залишкових зварних напружень, неоднорідності матеріалу зварного шва [5, 6];
- побудова кінетичних діаграм тріщиностійкості матеріалу зварних швів [7];
- одержання залежностей для прогнозування ресурсу роботи з врахуванням спектрів експлуатаційного навантаження [8].

У більшості вказаних робіт з дослідження тріщиностійкості елементів конструкцій машин враховувався лише КІН нормального відриву K_I , який визначається нормальними напруженнями, а КІН поперечного K_{II} та поздовжнього K_{III} зсуву, які визначаються дотичними напруженнями, нехтують.

Такий підхід значно спрощує дослідження тріщиностійкості, проте для деяких задач з оцінки залишкового ресурсу елементів конструкції на основі критеріїв механіки руйнування, врахування КІН поперечного K_{II} та поздовжнього K_{III} зсуву є необхідним і дозволяє підвищити точність визначення довговічності конструкції.

Література

1. Рибак Т.І., Підгурський М.І., Сташків М.Я. Методи визначення КІН для дефектних елементів замкнутого профілю // Механічна втома металів. Праці 13-го міжнародного колоквиуму. – Тернопіль: ТДТУ, 2006. – С. 441 – 449.
2. Підгурський М., Сташків М. Розвиток наскрізних тріщин в гнутозварних тонкостінних елементах коробчастого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. – Т.11. – № 4. – С. 78 – 86.
3. М. Підгурський, М. Сташків. Методи визначення КІН для дефектних елементів відкритого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. – Т. 11. – № 2. – С. 92 – 108.
4. Довбуш Т. Розвиток крайової тріщини при згині тонкостінного Z-подібного профілю / Т. Довбуш, М. Сташків, Н. Хомик // Зб. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». – Т.1. – ТНТУ, 2016. – С. 190 – 191.
5. Підгурський М.І., Рибак Т.І., Сташків М.Я. Оцінка впливу дефектності зварних з'єднань на надійність сільськогосподарської техніки // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва» – Випуск 51. – Харків: ХНТУСГ, 2007. – С. 289 – 295.
6. Сташків М.Я. Дослідження впливу стисненого кручення на міцність зварного з'єднання елементів рами розкидача твердих органічних добрив / М.Я. Сташків, М.І. Підгурський, Т.А. Довбуш, І.М. Бортник // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. - Харків: ХНТУСГ, 2016. – Вип. 170. – С. 164 – 171.
7. Підгурський М.І., Рибак Т.І., Сташків М.Я. Визначення кінетики тріщини та її КІН у гнутозварних коробчастих профілях // Загальнодержавний міжвідомчий наук. - техн. зб. «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Кіровоград: КНТУ, 2007. – Вип. 37. – С. 24 – 29.
8. Рибак Т. Дослідження залишкового ресурсу тонкостінних елементів з тріщиною / Т. Рибак, М. Сташків // Зб. праць Тернопільського осередку Наукового товариства ім. Шевченка. – Т. 7. – Праці Інженерно-технічної комісії. – Тернопіль: Джура, 2012. – С. 73 – 79.