

УДК 677.055.621

ДО РОЗРАХУНКІВ ДЕТАЛЕЙ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ ЗА КРИТЕРІЄМ ВТОМЛЕНОЇ МІЦНОСТІ

Леонід Березін

Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ, Україна

Підвищення одиничних виробничих потужностей обладнання призводить до суттєвого збільшення навантажень в механізмах, особливо в обладнанні з традиційним відтворенням технологічного процесу. Тому наряду з проектними параметричними та функціональними характеристиками обладнання також зростають вимоги до рівня його довговічності. Аналіз експлуатаційних спостережень засвідчує, що визначальними для більшості деталей є ознаки втомленого руйнування.

Мета роботи – окреслити вузьку спрямованість розрахунків довговічності стосовно деталей складних форм, які не підпадають під традиційне комплексне розв'язування.

Розрахунки довговічності виконують в традиційній (детермінованій) або ймовірнісній постановках. Перші базуються на ретроспективній інформації про надійність діючого обладнання, другі – на статистичних характеристиках міцності матеріалу та навантаженості деталей.

Зручними на етапі розробки технічного завдання є розрахунки за коефіцієнтом запасу довговічності. Цей коефіцієнт встановлюється для кожної деталі окремо на основі досвіду проектувальника і порівняння розрахованих значень з результатами спостережень в експлуатації. Така оцінка довговічності зручна на практиці, проте не характеризує рівень надійності в явному вигляді. Зміна будь-якого фактору впливу примушує уточнювати значення коефіцієнту запасу та унеможлиблює його застосування як нормативної характеристики. Іноді рекомендують метод диференційованого визначення коефіцієнту запасу довговічності у вигляді добутку ряду коефіцієнтів, кожний з яких враховує окремий фактор і також задається в певних межах. Досвід свідчить, що розраховані таким чином значення коефіцієнту не виправдані, оскільки призводять до значного варіювання.

Перелічені недоліки усуваються при застосуванні методу [1], де за рівнянням кривої втомленості деталі отримують значення обмеженої довговічності в циклах навантажень:

$$N = N_G \left(\frac{\sigma_{-1\bar{A}}}{\sigma_{-1\bar{A}N}} \right)^m, \quad (1)$$

де N_G - абсциса точки перегину кривої втомленості; $\sigma_{-1\bar{A}N}$ - амплітуда напружень в деталі при симетричному циклі та числі циклів навантаження N ; m - параметр нахилу ділянки кривої втомленості деталі. Границю втомленості деталі натуральних розмірів $\sigma_{-1\bar{A}}$ визначають експериментально або аналітично за типовою методикою для деталей загального машинобудування. Для обчислення границі втомленості деталі $\sigma_{-1\bar{A}} = \frac{\sigma_{-1}}{K}$ вводять коефіцієнт K , який враховує вплив на границю втомленості матеріалу σ_{-1} конструктивних, технологічних і експлуатаційних факторів. Проте складність форм деталей та несталість факторів впливу призводять до значних похибок при визначенні $\sigma_{-1\bar{A}}$. Тому даний підхід доцільний тільки в розрахунках при модернізації обладнання з використанням різнобічної статистичної інформації.

При проектуванні перспективних моделей із спадковістю конструкції за заданим ресурсом за критерієм втомленої міцності пропонуються положення розрахунків [2], де використовують залежність еквівалентного напруження $\sigma_{e\hat{a}}$ в небезпечному перерізі від відповідного числа циклів навантаження N_{pi} до руйнування:

$$\sigma_{e\hat{a}1}^m N_{p1} = \sigma_{e\hat{a}2}^m N_{p2}, \quad (2)$$

де m - параметр, який враховує нахил робочої ділянки кривої втомленості деталі, яку будувалася за даними експлуатаційних спостережень; індекси $i=1, 2$ відповідають параметрам до та після проектування. Звичайно такий підхід реалізується при наявності накопиченої емпірики про ресурс деталей та аналітики про їх ударне навантаження.

Перелічені детерміновані розрахунки втомленої довговічності дають загальні висновки про безвідмовність об'єкту за розрахунковий ресурс без її кількісної оцінки, тобто відносяться до розрахунків надійності тільки умовно. Обчислене значення еквівалентного напруження відповідає 50%-ій ймовірності руйнування деталі. В розрахунках з наперед заданою ймовірністю рекомендується вводити умовний коефіцієнт $K_{\sigma} = 10^{U_p \sigma_{lg N_p}}$, де $\sigma_{lg N_p}$ - середнє квадратичне відхилення логарифму середньої довговічності в циклах навантаження; U_p - квантиль нормального розподілу.

При застосуванні ймовірнісних розрахунків на довговічність необхідно враховувати несталість параметрів міцності деталей та умов їх навантаження. Типові методики мало пристосовані для деталей складних форм. Автором запропоновано розрахунково-експериментальний метод [3] визначення довговічності за кривою втомленості деталі, яку пропонується будувати за результатами силового аналізу та інформації про її ресурс до руйнування. Розрахунок включає наступні дії: визначення максимальних навантажень на деталь; обчислення еквівалентного напруження в її небезпечному перерізі та відповідного числа циклів деталі за строк служби до руйнування за даними експлуатаційних спостережень; побудова робочої частини вітки кривої втомленості деталі, яка характеризує границі обмеженої втомленості деталі при відповідних числах циклів навантаження. Аналітичний вираз ударного навантаження представляли поліномом, який отримували чисельно-аналітичним методом з використанням обчислювального експерименту. Розрахунок довговічності виконували у випадку не тривіального опису випадкових значень нелінійним рівнянням, що не підпорядковується класичному в розрахунках нормальному розподілу. Обмежені границі втомленості деталі визначали для чисел циклів, які відповідають наробіткам на відмову за корегованою лінійною гіпотезою додавання втомлених руйнувань. Криву втомленості, яка характеризує медіанну довговічність деталей і виражена числом циклів до руйнування, будували за обчисленими цими параметрами для однотипних деталей, що мали різні умови навантаження. Метод раціонально використовувати передусім в уточнених розрахунках для прийняття остаточних рішень при проектуванні серійного виробництва.

Наведена інформація слугувала математичній підтримці при виборі конструкторських рішень при удосконаленні та проектуванні панчішно-шкарпеткових автоматів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Трощенко В.Т. Прочность металлов при переменных нагрузках. - К.: Наук. думка, 1978. 174с.
2. Березін Л.М. Удосконалення трикотажного обладнання на основі розрахунків довговічності деталей в'язального механізму// Вісник КДУТД, 2001, №1, С.70-73.
3. Березін Л.М. Імовірнісний розрахунок довговічності селекторів по критерію втомленісної міцності// Вісник КНУТД. - 2006, №3. - Т.29. - С.35 – 41.