

УДК 621.81:539.4.001

Березін Л. М., канд. техн. наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну, lnb07@ukr.net

ДО РОЗРАХУНКІВ ДЕТАЛЕЙ НА МІЦНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ

В науково-технічних джерелах представлено широкий спектр напрацювань з теорії та практики розрахунків деталей на міцність та надійність. Проте, незважаючи на комплексне висвітлення проблеми, існує прогалина в стратегії вибору конкретного методу розрахунку, який переважно базується на кваліфікації та інтуїції проектувальника стосовно кожної деталі окремо.

Запропоновано підхід поділу деталей на окремі групи, для яких доцільно використовувати відповідні алгоритми в розрахунках на міцність, а при необхідності, на довговічність та надійність.

Особливості проектування технологічного обладнання, полягають в тому, що частина стандартизованих та уніфікованих деталей (перша група) є наперед надійними, мають середній ресурс, який перевищує тривалість міжремонтного циклу. Для таких деталей розрахунки на міцність недоцільні.

Існує номенклатура деталей (відносимо до другої групи), для яких характерний надлишковий запас міцності, що призводить до збільшення їх габаритів, маси та відповідно динамічних навантажень. При корегуванні розмірів деталей використовують традиційні інженерні розрахунки деталей машин та елементів конструкцій на міцність: за нормованим коефіцієнтом запасу міцності $n \geq [n]$ або за допустимим напруженням $\sigma \leq [\sigma]$. Оцінку міцності за допустимим напруженням виконують переважно в наближених, попередніх розрахунках однотипних деталей при детермінованих умовах навантаження, усталеній технології виробництва та розробленій системі допустимих напружень.

Аналогічну перевірку на міцність достатньо виконувати для деталей третьої групи, несуча здатність яких обмежується жорсткістю або стійкістю, а міцність - їх розмірами, що зумовлені вимогами технологічного процесу.

Четверту групу складають деталі машин загального призначення, розрахунки яких широко висвітлені науково-технічній літературі та достатньо представлені в нормативних матеріалах. До них відносять кріпильні різьбові, зубчасті, пасові, підшипники, вали тощо. Основна відмінність розрахунків для підшипників – їх ведуть не за напруженням, а за динамічною вантажопідйомністю.

До п'ятої групи відносимо силові деталі, розрахунок на міцність яких необхідно виконувати в імовірнісному аспекті за критерієм втомленості. Деталі мають випадковість навантажень і характеристик міцності матеріалів при необхідності забезпечення малих, але достатніх запасів міцності, що характеризується умовою $\bar{n} \geq n_{кр(\beta)}$ - критеріальні значення коефіцієнту запасу з довірчою імовірністю β , які визначають методом довірчих інтервалів,

При невиконанні умови міцності $\bar{n} \leq n_{кр(\beta)}$, необхідна перевірка, яка полягає в

$$n_p = \frac{1 + \sqrt{1 - (1 - u_p^2 \cdot v_{-1\alpha}^2)(1 - u_p \cdot v_\sigma^2)}}{1 - u_p^2 \cdot v_{-1\alpha}^2}$$

обчисленні коефіцієнту запасу міцності

при заданій

ймовірності руйнування P або визначенні ймовірності руйнування P за таблицею після обчислення квантилю нормованого нормального розподілення:

$$u_p = -\frac{\bar{\sigma}_{-1\sigma} - \bar{\sigma}}{\sqrt{S_{-1\sigma}^2 + S_{\sigma}^2}} = \frac{1 - \bar{n}}{\sqrt{\bar{n} \cdot v_{-1\sigma}^2 + v_{\sigma}^2}}$$

У випадках комбінацій інших відомих законів розподілів (Вейбула, логарифмічно нормального, гама-розподіл тощо) характеристик міцності та навантаженості, ймовірнісні розрахунки по визначенню точкових оцінок показників надійності в кінцевій формі доцільно виконувати за формулами, які представлені в [1].

Найбільш загальним є випадок, коли значення випадкової величини не підпорядковуються класичному закону розподілу. Розв'язок в цій постановці представлений в [2] на прикладі адаптованої до в'язального механізму шкарпеткових автоматів динамічної моделі в поліноміальній формі випадкових значень максимального ударного навантаження F голки в залежності від силу опору F_o її руху як функції випадкового аргументу. Для визначення щільності розподілу ймовірностей неперервної випадкової величини F використовували вираз $f(F) = f[q(F)] \cdot q'(F)$, де $q(F)$, $q'(F)$ – функція, яка обернена функції $F = f(F_o)$ та її похідна. Оскільки складені залежності є незручними для практичного використання, запропоновано спрощений підхід до складання закону розподілу навантажень, який полягає в заміні його середнє зваженою сумою декількох нормальних законів.

Шосту групу складають деталі складної форми (в в'язальному механізмі панчішних автоматів - голки та селектори різних позицій), які критеріальні за розмірами [8]. Їх проектування з великим запасом міцності унеможливлено через обмеження розмірів небезпечного перерізу, які залежать від класу автомату. Для них доцільно використовувати розрахунки на втомленісну міцність по обмеженій, наперед заданій довговічності. Пропонується попередньо будувати за даними експерименту криву втомленості, яка характеризує наробітки деталей на відмову, а далі обраховувати їх довговічність в залежності від режиму навантаження або розв'язувати обернену задачу - за заданим рівнем довговічності розраховувати конструктивні параметри замкової системи та швидкісний режим автомату. При проектуванні перспективних замкових систем з спадковістю конструкції пропонується спрощений розрахунок, який базується на рівнянні Велера - залежності еквівалентних напружень в небезпечному перерізі голок і селекторів від відповідних розрахункових чисел циклів навантаження до руйнування.

Використовуючи сучасні уявлення про втомленісну міцність та довговічність, розроблено основи імовірнісного розрахунку втомленісної довговічності СЕ автоматів на основі даних про навантаження і параметри втомленісної міцності з урахуванням їх розсіяння. Результатом розрахунків є функції розподілу довговічності СЕ за втомленісною міцністю при різних значеннях коефіцієнта варіації навантаження ($v_a=0,1; 0,15; 0,2$) - залежностей квантилю u_{p_i} в рівномірному масштабі та відповідних ймовірностей руйнування P_i в масштабі нормального закону розподілу від логарифму втомленісної довговічності $\lg N_{\text{сум}_i}$ в числах циклів навантаження до руйнування.

Для підвищення достовірності результатів розрахунків на міцність та надійність доцільно використовувати декілька способів, а на заключній стадії проектування, по можливості, виконувати визначальні випробування.

Список посилань

1. Хазов, Б.Ф. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования [Текст] / Б.Ф. Хазов, Б.А. Дидусев - М.: Машиностроение. – 1986. – 224 с.
2. Березін, Л.М. Визначення втомленісної довговічності деталей критеріальних за розмірами [Текст] / Л.М. Березін // Вісник ХНУ. – 2013. – №3. – С.12-15.