

## МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ПРИ НЕСТАЦІОНАРНИХ НАПРУЖЕНОСТІ Й ШВИДКОСТІ ДЕФОРМАЦІЇ

Плачинда О. Є.

Розрахунки на довговічність для випадків спільної зміни навантаження й швидкості деформування, практично дуже важливі, але розроблені слабо.

Пояснюється це малою вивченістю ролі швидкості деформації (частоти навантаження) в опорі металів втомі й тим фактом, що при нормальних температурах і відсутності корозійних впливів частота навантаження у звичайному для машинобудування діапазоні 20 – 200 Гц помітно не впливає на довговічність [1 – 6].

Однак багато деталей сучасних машин, у тому числі деталі турбодетандерів, працюють при швидкостях циклічного деформування, що далеко виходять за межі зазначеного діапазону. Для таких деталей, маючи на увазі монотонну залежність між втомною міцністю й частотою навантаження [6], можна чекати істотної зміни опору втомі при малих і великих частотах навантаження. При малих (порядку декількох герц) частотах міцність і довговічність можуть знизитися до небезпечної величини, а при великих – навпаки, помітно підвищитися.

Як було показано в роботі [2], для аналітичного визначення довговічності при мінливій частоті нагруження необхідно знати граничне накопичене ушкодження  $Q_v$  й залежність  $N(\nu)$  довговічності  $N$  від частоти  $\nu$  при стаціонарному по частоті навантаженні.

Що стосується величини  $Q_v$ , то вона була досліджена в роботі [2] і виявилася близької до одиниці. Очевидно, її можна приймати рівній одиниці незалежно від закону зміни частоти в програмному блоці, тобто від виду функції  $\nu(n)$ .

Визначення виду функції  $N(\nu)$  утруднено через відсутність достатньої кількості експериментальних даних.

Аналіз можливих зв'язків між  $N$  і  $\nu$  показав, що в першому наближенні в якості  $N(\nu)$  можна скористатися рівнянням [1, 5]:

$$\lg N(\nu) = \lg \alpha(\sigma) - [\beta(\sigma) - 1] \lg \nu \quad (1)$$

де  $N(\nu)$  – довговічність у числах циклів при частоті навантаження  $\nu$ ;  $\alpha(\sigma)$  і  $\beta(\sigma)$  – коефіцієнти, що залежать від амплітуди напруги.

Конкретизація функції  $N(\nu)$  відповідно до вираження (1) становить важливе практичне завдання й буде розглянута далі.

Звернемося спочатку до суті методики розрахунку на довговічність при зміні частоти прикладення навантаження й величини останнього. При цьому будемо виходити із принципу незалежності процесів нагромадження ушкоджень при зміні тільки частоти прикладення деякого постійного навантаження

й при зміні тільки величини навантаження при постійній частоті його дії. Обсяги схематизованих блоків по частоті  $n_{\delta v}$  й навантаженню  $n_{\delta \sigma}$  так само як і їхньої форми  $\nu(n)$  й  $\sigma(n)$ , будемо вважати, як це й трапляється в дійсності, не однаковими.

Поставлене завдання може бути вирішене в такий спосіб. Спочатку виходячи із заданого закону зміни  $\nu(n)$  частоти в блоці частот і функції  $N(\nu)$  по формулах роботи [2] визначаємо довговічності  $N_{\nu_1}, N_{\nu_2} \dots N_{\nu_k}$  для напруг  $\sigma_1, \sigma_2 \dots \sigma_k$  відповідно. У якості останніх вибираємо напруги, характерні для блоку напруг  $\sigma(n)$ . Знайдені в такий спосіб довговічності рівноцінні по своєму ушкоджуючому впливі на матеріал довговічностям при тих же напругах, прикладених з деякою постійною  $\nu_e$  частотою. Цю частоту, за аналогією з постійним навантаженням, до якого приводиться спектр навантажень, можна назвати еквівалентною частотою. Її значення визначається з функції  $N(\nu)$ , зокрема, з рівняння (1) :

$$\nu_e = \left( \frac{\alpha(\sigma)}{N_\nu} \right)^{\frac{1}{\beta(\sigma)-1}} \quad (2)$$

Сукупність попарних значень  $N_{\nu_i}$  і  $\sigma_i$ , що відповідають деякій еквівалентній частоті  $\nu_e$  й певному блоку частот  $\nu(n)$ , можна розглядати як еквівалентну криву втоми, тобто як криву, отриману при стаціонарному по частоті режимі навантаження й, що забезпечує при заданих напругах  $\sigma_i$  довговічності  $N_{\nu_i}$  :

$$\sigma^{me} N_\nu = C'_e,$$

де  $me = \frac{\lg N_{\nu_2} - \lg N_{\nu_1}}{\lg \sigma_1 - \lg \sigma_2}$  – довговічності при напругах  $\sigma_1$  і  $\sigma_2$  й заданої фікції  $\nu(n)$ .

Подальший розрахунок ведемо на основі отриманої еквівалентної кривої втоми як для випадку властиво нестационарної напруженості.

Тоді шукана довговічність до руйнування в обсягах блоку напруг при безперервній зміні напруг у блоці:

$$\lambda = \frac{1}{\int_0^{n_{\delta \sigma}} \frac{dn}{N}} = \frac{1}{\int_{\sigma_n}^{\sigma_e} \frac{d\sigma}{\sigma'(n) N_\nu}} \quad (3)$$

а при східчастій зміні напруг у блоці:

$$\lambda = \frac{1}{n_{\delta \sigma} \sum_{i=1}^{i=k} \frac{t_{i\sigma}}{N_{\nu_i}}} \quad (4)$$

Тут:  $\lambda$  – число блоків напруг;  $\sigma_n$  і  $\sigma_e$  – напруги в блоці, що відповідають числам циклів  $n=0$  і  $n=n_{\delta \sigma}$ ;  $\sigma'(n)$  – похідна функції зміни напруг у блоці;  $t_{i\sigma} = n_{\delta \sigma i} / n_{\delta \sigma}$  – відносна тривалість дії напруги  $\sigma_i$  в блоці, практично рівна відносною тривалості дії цієї напруги за весь термін служби деталі, що розрахову-

ється;  $n_{\delta\sigma_i}$  – число циклів напруги  $\sigma_i$  в блоці;  $k$  – число щаблів (напруг) у блоці (для східчастих блоків);  $N_{vi}$  – довговічність у циклах при нарузі  $\sigma_i$  по еквівалентній кривій втоми.

Розрахункова довговічність деталі в циклах дорівнює:

$$N = \lambda \times n_{\delta\sigma}.$$

Запропонована методика розрахунку на довговічність при мінливих частотах і рівнях навантаження відрізняється простотою, ясністю передумов та універсальністю, завдяки чому може знайти широке застосування при розрахунку деталей турбодетандерів і інших машин.

Перелік літератури

1. Когаев В.П., Кирич В.В. Методика исследования влияния частоты нагружения на сопротивление усталости при повышенных температурах. «Заводская лаборатория», 1971, №11.
2. Олійник М.В., Заболтний В.І. Нагромадження втомних пошкоджень у зв'язку з зміною частоти навантаження. У зб. «Деталі машин», вип.13, Київ, «Техніка», 1981.
3. Ратнер С.И. Разрушение при повторных нагрузках. М., Оборонгиз, 1989.
4. Трошенко В.Т. Усталость и неупругость металлов. Киев, «Наукова думка», 1978.
5. Форрест П. Усталость металлов. М., «Машиностроение», 1983.
6. Кікукава S. et al. Relationship between Frequency – and Temperature – Effects on Fatigue. «Papers JSME 1987 Semi-International Symposium 4th-8th September, 1987, Tokyo, №1.