МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ДЕТАЛЕЙ АПАРАТІВ

О. Л. Становський, Є. О. Науменко, Ю. М. Хомяк

Розглянемо деякий об’єкт оточуючого середовища як систему **Ω** (рис. 1) і виділимо в ній окремі малі елементи та зв’язки між ними, які дозволяють окреслити границі такого дискретного об’єкта та забезпечити його стан як єдиного цілого. Прикладом таких об’єктів можуть служити деякі окремі суцільні машинобудівні деталі (і тоді виділення елементів в них здійснюється умовно) або початково дискретні мережеві конструкції, які розподіляються на елементи та зв’язки між ними природним шляхом.

При традиційному методі моделювання таких об’єктів зв’язками між умовними дискретними елементами завжди служить модель *передачі деякого ресурсу* (механічного навантаження, електричного струму, гідравлічного потоку, трафіку інформації, тощо). При цьому кожний зв’язок несе знання про вид ресурсу, інтенсивність та напрямок потоку, власні обмеження, тощо.

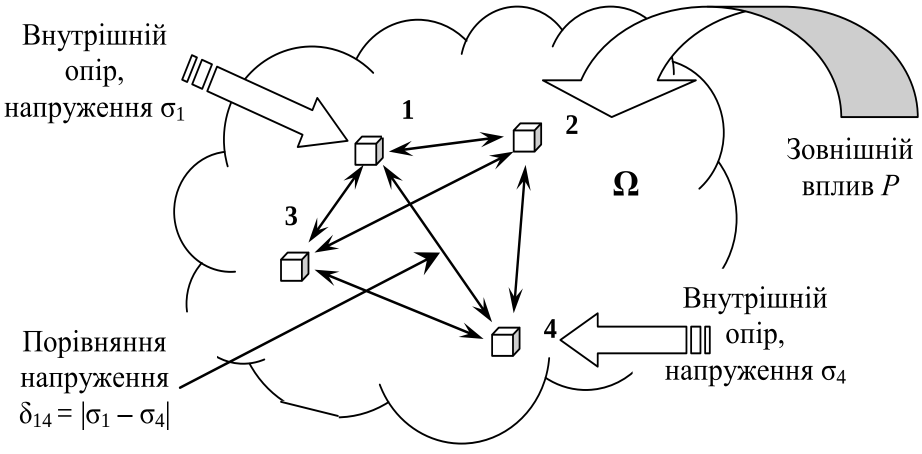

Рисунок 1 – Схема до розрахунку НРН довільного об’єкта

В нашому методі зв’язками між елементами системи є *різниця між напруженістю відповідних елементів* – тобто (НРН) об’єкта в цілому див. рис. 1). У випадку механічного навантаження на систему під «напруженістю» розуміли механічну напруженість в елементі (середню для усіх його точок), у випадку комп’ютерної мережі мова може йти про завантаженість процесорів відповідних комп’ютерів, тощо.

Для розрахунку НРН дискретного об’єкта необхідно попарно порівняти напруженості усіх N елементів цього об’єкта, взяти їх по модулю та підсумувати:

$$\text{НРН} = \sum \left| \sigma_i - \sigma_j \right|, \qquad (1)$$

де i ; j – цілі числа; $1 \le i \le N$; $1 \le j \le N$.

Кількість таких різниць в (1) визначається з теорії комбінаторики:

$$K = N(N-1). \qquad (2)$$

Зрозуміло, що коли об’єкт нерівнонапружений, але при цьому в жодній своїй точці (елементі для дискретного об'єкта) напруження не перевищує максимально припустиме, частину «міцності» недонапружених елементів можна зменшити за рахунок видалення зайвої маси.

Звідси використання панелей з отворами, труб замість суцільних прутків, овальних осей замість круглих, тощо.

Доведемо на прикладі механічної системи, що рівнонапруженість у всіх її точках відповідає мінімальному об'єму (масі) цієї системи. Хай при навантаженні суворо вертикальних стрижнів власною вагою вони піддаються розтяганню (рис. 2 *а*) або стисканню (рис. 2 *б*).

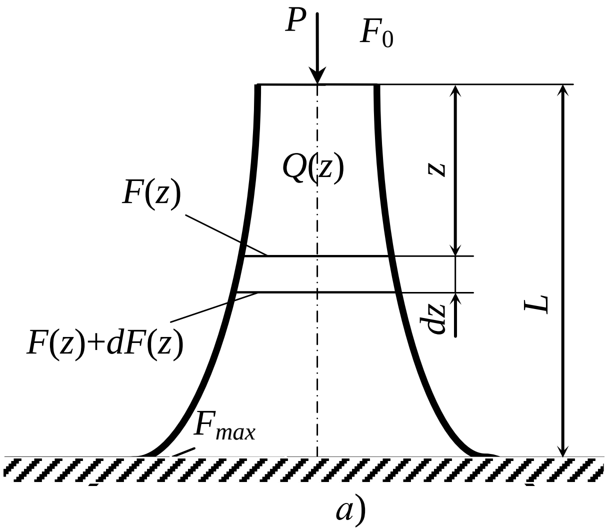

Рисунок 2 – Стрижень рівного опору: *а* – стисканню; *б* – розтяганню

Відомо, що в умовах рівного напруження площа поперечного перерізу першого з таких стрижнів змінюється за законом:

$$F(z) = F_0 e^{\frac{\gamma z}{[\sigma]}}, \tag{3}$$

де $F_0 = P/[\sigma]$ – мінімальний переріз стрижня в місці прикладення навантаження; γ – питома вага; *z* – поточна координата; *e* – основа натуральних логарифмів. Така складна форма бокової утворюючої саме й забезпечує рівнонапруженість.

У стрижня рівного опору в кожному поперечному перерізі напруження однакові і дорівнюють допустимим, тобто виконується умова рівнонапруженості:

$$\sigma(z)=[\sigma]. \tag{4}$$

Якщо стрижень розтягнутий рівномірно розподіленим навантаженням *p* з рівнодіючою **P** (див. рис. 2), то площа початкового перетину визначається з умови його рівнонапруженості *p* = [σ] і дорівнює

$$F_0 = \mathrm{P}/[\sigma]. \tag{5}$$

Для визначеності будемо вважати, що всі перетини стрижня мають форму кола, тоді їх радіус

$$r(z) = \sqrt{F(z)/\pi}\,. \tag{6}$$

Вага ділянки стрижня довжиною Δz дорівнює

$$G(z) = \gamma V(z) = \gamma \int F(z)dz\,, \tag{7}$$

де $V(z)$ – об’єм цієї ділянки:

$$V(z) = \frac{F_0}{\gamma}[\sigma]\exp\left(\frac{\gamma z}{[\sigma]}\right). \tag{8}$$