

УДК 677.055

ВПЛИВ ЖОРСТКОСТІ ПАРИ ГОЛКА-КЛИН НА ДИНАМІКУ НАПРУЖЕНЬ У ГОЛЦІ ПРИ УДАРІ ОБ КЛИН

С.А. Плешко, кандидат технічних наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну

Ю.А. Ковальов, кандидат технічних наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну

Дослідження показали, що в момент удару трикотажною голкою об клин у її стержні виникають ударні хвилі напружень. У дійсності ж при ударі голки об клин має місце пружний удар, зумовлений жорсткістю пари голка-клин. При розгляді питання розповсюдження хвиль напружень, що виникають у момент удару, розглянемо стержень, схема якого представлена на рис.1, а. Вісь стержня приймаємо за вісь X . Сила удару прикладена до точки O стержня.

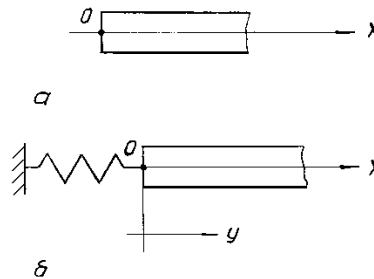


Рисунок 1 – Розрахункова схема до аналізу процесу поширення пружної подовжньої хвилі напружень у стержні голки в'язальної машини: a – при жорсткому ударі голки об клин; b – при пружному ударі голки об клин

За початкові умови приймаємо: при $t = 0$

$$u = 0; \quad \frac{\partial u}{\partial t} = 0;$$

гранична умова (при $x = 0$):

$$EF \frac{\partial u}{\partial x} = -N(t),$$

де $u = u(x, t)$ – подовжнє переміщення перетину стержня при ударі;

E – модуль нормальної пружності матеріалу стержня ;

F – площа поперечного перерізу стержня;

$\varepsilon = \frac{\partial u}{\partial x}$ – відносне подовження стержня;

$N(t)$ – зусилля стиску, зумовлене ударом.

Очевидно: $N(t) \equiv 0$ при $t \leq 0$.

Переміщення перетинів стержня в момент удару описується диференціальним рівнянням:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad (1)$$

де $a = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ – швидкість поширення звуку в матеріалі стержня;

ρ – масова погонна щільність матеріалу стержня.

Припустимо, що уздовж стержня поширюється подовжня хвиля:

$$u = f(x - at), \quad (2)$$

що задовольняє рівняння (1).

Тоді рівняння руху перетинів стержня можна представити у вигляді:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = f'(x - at). \quad (3)$$

Розв'язуючи рівняння 3) з використанням граничних умов, маємо:

$$EFf'(-at) = -N(t).$$

Звідки:
$$f'(-at) = -\frac{N(t)}{EF}. \quad (4)$$

Вираз (4) представимо у вигляді:

$$-\frac{1}{a} \cdot \frac{d}{dt} f(-at) = -\frac{N(t)}{EF}.$$

Або у вигляді:

$$\frac{d}{dt} f(-at) = \frac{aN(t)}{EF}. \quad (5)$$

Рішення рівняння (5) знайдемо, використовуючи метод варіації довільної постійної, проінтегрувавши:

$$f(-at) = \int_0^t \frac{aN(\tau)}{EF} d\tau = \frac{a}{EF} \int_0^t N(\tau) d\tau. \quad (6)$$

Використовуючи отриману залежність (6), можна знайти подовжне переміщення перетинів стержня при ударі. Розглянемо тепер випадок удару стержня з урахуванням його пружних властивостей (пружний удар) – рис. 1, б.

При ударі стержня подовжне переміщення його перетинів визначається з умови:

$$W = u(x, t) + v_0 t.$$

Або, враховуючи (6):

$$W = \frac{a}{EF} \int_0^{t - \frac{x}{a}} N(\tau) d\tau + v_0 t, \quad (7)$$

де W – подовжне переміщення перетину стержня при ударі (пружний удар);

v_0 – початкова швидкість стержня (швидкість удару).

Після проведення розрахунків та перетворень напруження в перетинах стержня при ударі будуть дорівнювати:

$$\sigma(t) = \frac{N(t)}{F} = \frac{E}{a} v_0 \left(-1 + e^{\frac{ac}{EF}t} \right). \quad (8)$$

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що зниження жорсткості системи голка-клин сприятливо впливає на підвищення довговічності голок в'язальних машин.

Список використаних джерел

1. Плешко С. А. Підвищення ефективності роботи в'язальних машин : монографія / С. А. Плешко, Ю. А. Ковальов, М. М. Рубанка. – Київ : КНУТД, 2022. – 288 с.