

## ВПЛИВ ЖОРСТКОСТІ ПАРИ ГОЛКА-КЛИН НА НАПРУЖЕННЯ, ЩО ВИНИКАЮТЬ В СТЕРЖНІ В'ЯЗАЛЬНОЇ ГОЛКИ ПРИ УДАРІ ОБ КЛИН

*У статті представлено метод оцінки впливу жорсткості пари голка-клин в'язальної машини на динаміку напружень, що виникають в стержні голки під час ударної взаємодії її з клинами в'язальних систем. Проведене дослідження дозволяє стверджувати, що зменшення величини ударних напружень у стержні голки та підвищення її довговічності можна досягти шляхом зниження жорсткості пари голка-клин.*

*Ключові слова: в'язальна машина, голка, клин, напруження в голці, жорсткість пари голка-клин.*

S.A. PLESHKO, B.F. PIPA

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

### INFLUENCE OF INFLEXIBILITY OF PAIR NEEDLE-WEDGE ON TENSIONS, ARISING UP IN THE BAR OF KNITTING NEEDLE AT A BLOW AT THE WEDGE

*Abstract – The task of researching of influence of inflexibility of pair needle-wedge in knitting machine on tensions that arise up at the blow of needle at a wedge.*

*In the moment of blow of knitting needle at a wedge in her bar there are shock waves of tensions that are one of main reasons of refuse of needles (destruction of hook of needle and other). Thus at the decision of task of determination of size of tensions that arise up in the bar of needle, the case of hard blow of needle (bar) is examined at a wedge. In actual fact at the blow of needle the resilient blow predefined by inflexibility of pair needle-wedge takes place at a wedge.*

*Analysing the got dependences, come to the conclusion, that inflexibility of pair a needle-wedge influences on the size of the tensions in the bar of needle, caused by a shock wave. Thus the decline of inflexibility assists the decline of size of tension in the bar of needle.*

*Keywords: knitting machine, needle, wedge, tensions in a needle, inflexibility of pair needle-wedge.*

Ефективність роботи в'язальних машин, зокрема їх продуктивність та якість полотна, значною мірою залежать від довговічності роботи голок [1, 2], яка, у свою чергу, залежить від динамічних навантажень, що виникають в зоні ударної взаємодії голок з клинами в'язальних систем.

Як показують дослідження [3], ефективним шляхом зниження динамічних навантажень, діючих на голку при роботі в'язальної машини, є зниження жорсткості пари голка-клин. Проте питання впливу жорсткості пари голка-клин на динаміку напружень, що виникають при цьому в стержні голки, практично не досліджене, що створює певні проблеми при проектуванні в'язальних машин.

#### **Об'єкт та методи дослідження**

Об'єктом досліджень обрана голка в'язальної машини і процес її взаємодії з клинами в'язальних систем. При рішенні завдань, поставлених в цій роботі, були використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії поширення хвиль напружень в плоских стержневих елементах при подовжньому ударі.

#### **Постановка завдання**

Завданням досліджень є дослідження впливу жорсткості пари голка-клин в'язальної машини на напруження, що виникають при ударі голки об клин, та розробка методу впливу жорсткості пари голка-клин на ударні напруження в стержні голки при взаємодії її з клином в процесі в'язання.

#### **Результати та їх обговорення**

Дослідження [4, 5] та ін. показали, що у момент удару в'язальної голки об клин в її стержні виникають ударні хвилі напружень, що є однією з головних причин відмови голок (руйнування гачка голки та ін.). При цьому при рішенні задачі визначення величини напружень, що виникають в стержні голки, розглядається випадок жорсткого удару голки (стержня) об клин. Насправді ж при ударі голки об клин має місце пружний удар, зумовлений жорсткістю пари голка-клин.

При розгляді питання поширення хвиль напружень, що виникають у момент удару, розглянемо стержень, схема якого представлена на рис. 1, а. Вісь стержня приймаємо за вісь  $X$ . Сила удару приложена до точки  $O$  стержня.

За початкові умови приймемо: при  $t = 0$   $u = 0$ ;  $\frac{\partial u}{\partial t} = 0$ ; гранична умова (при  $x = 0$ ):

$$EF \frac{\partial u}{\partial x} = -N(t), \quad (1)$$

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

$E$  - модуль нормальної пружності матеріалу стержня;

$F$  - площа поперечного перерізу стержня;

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

$N(t)$  – сила стискування стержня, обумовлена ударом.

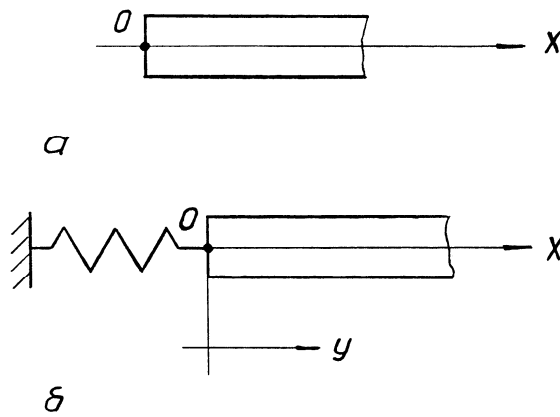


Рис. 1. Розрахункова схема до аналізу процесу поширення пружної подовжньої хвилі напружень в стержні голки в'язальної машини: а - при жорсткому ударі голки об клин; б - при пружному ударі

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

Переміщення перерізів стержня у момент удару описується диференціальним рівнянням:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \tag{2}$$

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

$\rho$  - масова погонна щільність матеріалу стержня.

Припустимо, що уздовж стержня поширюється подовжня хвиля:

$$u = f(x - at), \tag{3}$$

що задовольняє рівняння (2).

Тоді рівняння руху перерізів стержня можна представити у виді:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = f'(x - at). \tag{4}$$

Розв'язуючи рівняння (4) з використанням граничних умов, маємо:

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

Звідки:

$$f'(-at) = -\frac{N(t)}{EF}. \tag{5}$$

Вираз (5) запишемо у виді:

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

або у виді:

$$\frac{d}{dt} f(-at) = \frac{aN(t)}{EF}. \tag{6}$$

Рішення рівняння (6) знайдемо, використовуючи метод варіації довільної постійної, інтегруючи:

$$f(-at) = \int_0^t \frac{aN(\tau)}{EF} d\tau = \frac{a}{EF} \int_0^t N(\tau) d\tau. \tag{7}$$

З рівняння (7) маємо:

$$f(x - at) = \frac{a}{EF} \int_0^{t-\frac{x}{a}} N(\tau) d\tau = u(x, t).$$

Використовуючи отриману залежність (7), можна знайти подовжнє переміщення перерізів стержня при ударі.

Розглянемо випадок удару стержня голки з урахуванням його пружних властивостей (пружний удар) - рис. 1, б.

При ударі стержня подовжнє переміщення його перерізів визначається з умови:

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

або, враховуючи (7):

$$W = \frac{a}{EF} \int_0^{t-\frac{x}{a}} N(\tau) d\tau + v_0 t, \quad (8)$$

де  $W$  - подовжнє переміщення перерізу стержня при ударі (пружний удар);  
 $v_0$  – початкова швидкість стержня (швидкість удару).

Сила стискання стержня, викликана ударом, знаходиться з рівняння:

$$N(t) = cy(t), \quad (9)$$

де  $c$  - жорсткість стержня в зоні удару.  
 Підставляючи (9) в (8), знаходимо:

$$W = \frac{ac}{EF} \int_0^{t-\frac{x}{a}} y(\tau) d\tau + v_0 t. \quad (10)$$

Рівняння (10) представимо у виді:

$$\frac{ac}{EF} \int_0^t y(\tau) d\tau + v_0 t = y(t). \quad (11)$$

Розв'язуючи рівняння (11), отримуємо:

$$\frac{ac}{EF} y(t) + v_0 = \frac{d}{dt} y(t),$$

або:

$$y'(t) - \frac{ac}{EF} y(t) = v_0. \quad (12)$$

Розв'язуючи (12), знаходимо:

$$y(t) = -\frac{EF}{ac} v_0 + A e^{\frac{ac}{EF} t}. \quad (13)$$

Постійну інтегрування  $A$  знаходимо, використовуючи початкові умови: при  $t = 0$   $y(t = 0)$ :

$$A = \frac{EF}{ac} v_0. \quad (14)$$

Підставляючи (14) в (13), маємо:

$$y(t) = \frac{EF}{ac} v_0 \left( 1 - e^{-\frac{ac}{EF} t} \right). \quad (15)$$

Силу стискання стержня визначимо, підставивши (15) в (9):

$$N(t) = \frac{EF}{a} v_0 \left( -1 + e^{\frac{ac}{EF} t} \right). \quad (16)$$

Напруження в перерізах стержня при ударі дорівнюватиме:

$$\sigma(t) = \frac{N(t)}{F} = \frac{E}{a} v_0 \left( -1 + e^{\frac{ac}{EF} t} \right). \quad (17)$$

Представивши голку у вигляді стержня кусочно-змінного перерізу [5], величину максимального напруження в перерізах окремих ділянок стержня знаходимо з умови (враховуючи, що  $\sigma(t)_i = \sigma_{i \max}$  при  $t = \frac{2l_i}{a}$ ):

$$\sigma_{i \max} = \frac{E v_0}{a} \left( -1 + e^{\frac{2c l_i}{E F_i}} \right). \quad (18)$$

### Висновки

Аналізуючи отримані залежності (17), (18), приходимо до висновку, що жорсткість пари голка-клин впливає на величину напружень в стержні голки, викликаних ударною хвилею. При цьому зниження

жорсткості сприяє зниженню величини напруження в стержні голки.

Як відомо, голка має складну геометричну форму. Тому при ударі голки об клин в її тілі виникає складне поле напружень, яке залежить від геометричної форми голки. Отримані рівняння (17), (18) є лише деяким наближенням опису процесу зміни напружень в тілі голки при ударі її об клин. Проте отримані результати дозволяють зробити висновок, що зниження жорсткості пари голка-клин сприятливо впливає на підвищення довговічності в'язальних голок.

### Література

1. Волощенко В.П. Эксплуатационная надежность машин трикотажного производства / Волощенко В.П., Пипа Б.Ф., Шипуков С.Т. - К.: Техника, 1977. - 136 с.
2. Пипа Б.Ф. Повышение надежности трикотажного оборудования/ Пипа Б.Ф., Волощенко В.П., Шипуков С.Т., Орлов В.А. - К.: Техника, 1983. - 112 с.
3. Хомяк О.Н. Повышение эффективности работы вязальных машин / Хомяк О.Н., Пипа Б.Ф. - М.: Легпромбытиздат, 1990. - 209 с.
4. Петров Е.И. Об условиях работы вязальных игл. - Текстильная промышленность, 1959, № 3, с. 25-28.
5. Петров Ю.И. Волны напряжений в стержневых деталях машин при продольном ударе \ Петров Ю.И. Петров Е.И. - Известия вузов. Машиностроение, 1959, № 5. с. 11-24.

### References

1. Voloshchenko V.P. Eksploatatsyonnaia nadezhnost mashyn trykotazhnogo proyzvodstva / Voloshchenko V.P., Pyra B.F., Shypukov S.T. - K.: Tekhnyka, 1977. - 136 s.
- 1.1 2. Pyra B.F. Povyshenye nadezhnosti trykotazhnogo oborudovaniya/ Pyra B.F., Voloshchenko V.P., Shypukov S.T., Orlov V.A. - K.: Tekhnyka, 1983. - 112 s.
2. Khomiak O.N. Povyshenye effektivnosti raboty viazalnykh mashyn / Khomiak O.N., Pyra B.F. - M.: Lehprombytyzdat, 1990. - 209 s.
3. Petrov E.Y. Ob usloviyakh raboty viazalnykh yhl. - Tekstylnaia promyshlennost, 1959, # 3, s. 25-28.
4. Petrov Y.Y. Volny napriazheniy v sterzhnevyykh detaliakh mashyn pry prodolnom udare \ Petrov Y.Y. Petrov E.Y. - Yzvestiya vuzov. Mashynostroeniye, 1959, # 5. s. 11-24.

Рецензія/Peer review : 24.3.2015 р.

Надрукована/Printed :5.4.2015 р.

Рецензент: д.т.н. Параска Г.Б.