

УДК 677.055.621.3.015

**ДО РОЗРАХУНКУ ДОВГОВІЧНОСТІ В'ЯЗАЛЬНИХ ГОЛОК ПАНЧІШНО-ШКАРПЕТОЧНИХ АВТОМАТІВ ПО КРИТЕРІЮ ВТОМЛЕНІСНОЇ МІЦНОСТІ**

Л.М. БЕРЕЗІН

Київський національний університет технологій та дизайну

*Розглянуто питання взаємодії голок, які мають вертикальну складову швидкості відносно циліндра як наслідок інерційного вибігу, з горизонтальними обмежувальними клинами. Отримано за теорією контактних деформацій функціональну залежність, яка дозволяє визначати навантаження п'ятки голки, враховуючи характер прямого удару її по обмежувальному клину, від швидкісних, інерційних та пружно-дисипативних характеристик елементів в'язальної системи панчішно-шкарпеточних автоматів*

В роботі [1] запропоновано основні положення визначення довговічності за критерієм втомленісної міцності голок, селекторів, штовхачів тощо, тобто стержньових елементів голкового циліндра панчішно-шкарпеточних автоматів (ПША). Складовою запропонованої методології є питання навантаженості стержньових елементів при їх взаємодії з клинами різного призначення з урахуванням швидкісних режимів ПША. В статті [2] на прикладі в'язальних голок представлено результати аналітичного дослідження та експериментальної перевірки умов відскоку їх п'яток від клинів з нахиленою робочою поверхнею та динаміку їх взаємодії з урахуванням швидкісних, інерційних та пружно-дисипативних характеристик елементів в'язальної системи. Аналогічні питання стосовно взаємодії голок з горизонтальними обмежувальними клинами розглядались вибірково, в об'ємі не достатньому для подальшого їх використання при обчисленні довговічності голок та вимагають узагальнення.

***Об'єкт та методи дослідження***

Об'єктом досліджень обрано голки в'язального механізму ПША та умови навантаження їх при взаємодії з горизонтальними обмежувальними клинами для подальшого застосування при визначенні довговічності за критерієм втомленісної міцності голок. Використовували положення динамічного дослідження з урахуванням пружно-інерційних характеристик тіл взаємодії та дисипації їх енергії при коливаннях.

***Постановка завдання***

Стаття спрямована на підвищення точності ймовірнісних розрахунків довговічності за критерієм втомленісної міцності в'язальних голок ПША. Експериментально встановлено, що ударна взаємодія п'яток голок при їх вертикальному русі відносно циліндру з горизонтальними обмежувальними клинами діючих автоматів відсутня, а з інтенсифікацією швидкісних характеристик автоматів її вплив на довговічність голок стає домінуючий. Дослідженню підлягають умови, які забезпечують можливість удару п'ятки голки з обмежувальним клином та параметри в'язального механізму, що впливають на величину цього ударного навантаження голки

***Результати та їх обговорення***

Панчішно-шкарпеточні вироби з жакардовим переплетенням виготовляють на ПША середніх класів. При жакардовому переплетенні особливістю переміщень голок є їх розподіл за двома траєкторіями, які обумовлені технологією та задаються клинами в'язальної системи. Відібрані голки після опускання з рівня заключення клином з нахиленою робочою поверхнею в усталеному русі сходять

з клина з швидкістю  $V_{ycm} = \dot{x}_2 \cdot tg\alpha = const$ , де  $\dot{x}_2$  – переносна швидкість п'ятки голки, яка дорівнює коловій швидкості циліндру  $V_x$ ;  $\alpha$  – кут нахилу клина для опускання голки. Невідібрані голки ударяються по нижній частині клина та мають вертикальну складову швидкості відскоку  $V_{відс}$ . За результатами стендових випробуваннях встановлено [2], що відскок голки від клина з нахиленою поверхнею при параметрах діючих ПША середнього класу з діаметром голкового циліндру  $D = 3 \frac{3}{4}$  дюйми можливий при  $V_x \geq 1,64$  м/с (або  $n \geq 328,5$  об/хв.), тобто при швидкостях, які реальні для перспективних моделей ПША, при чому  $V_{відс} \geq V_{ycm} = V_x tg\alpha$ . При значних швидкостях циліндру невідібрані голки при сході з нижньої кромки нахиленого клина внаслідок їх інерційного вибігу додатково взаємодіють з горизонтальними обмежувальними клинами, що призводить до збільшення навантаженості та скорочення строку служби невідібраних голок в порівнянні з відібраними. Функціями обмежувальних клинів є запобігання руйнуванню п'яток голок через їх виліт на рівень кромки подальших клинів замкової системи та забезпечення заданого фіксованого переміщення гальмування для усунення поперечної строкатості на панчішно-шкарпеточних виробках. Величина зазору  $\Delta$  між нижнім торцем п'ятки голки і робочою площиною обмежувального горизонтального клина визначається допустимою величиною відхилення довжин петель та не перевищує  $[\Delta] = 0,2 \dots 0,3$  мм.

В роботі вивчали умови взаємодії п'ятки голки з обмежувальним клином як наслідок інерційного вибігу голки при сході її з нахиленого клину та визначали динамічні навантаження такої взаємодії з метою уточнення розрахунків довговічності голок за методикою [1].

Дослідження динаміки виконували з урахуванням пружно-інерційних характеристик тіл взаємодії та специфічної для голок ПША сили корисного опору  $P_C$ , яку створюють штучно незначним згином стержня голки для унеможливлення самовільного її опускання в пазу циліндра. Рівняння руху голки на переміщенні  $\Delta$  між торцем голки та обмежувальним клином при відсутності кінематичного замикання з

$$\text{нахиленим клином прийме вид: } m_{np} \ddot{y}_2 = -P_C \text{ або } \ddot{y}_2 = -\frac{P_C}{m_{np}}, \quad (1)$$

де  $y_2$  - відносне переміщення п'ятки голки вздовж голкового циліндру;  $m_{np}$  - приведена маса голки (в розрахункових залежностях  $m_{np}$  доцільно прирівнювати до маси голки, яка зосереджується в центрі її ваги).

Двічі інтегруємо рівняння (1) та задаємо початкові умови: при  $t = 0$ ,  $y_{20} = 0$  та  $\dot{y}_{20} = V_x \cdot tg\alpha$  – при відсутності відскоку п'ятки голки від нахиленого клина або  $\dot{y}_{20} = V_{відс}$  – при наявності відскоку. Отримаємо наступні рівняння швидкості та переміщення п'ятки голки:

$$\dot{y}_2 = -\frac{P_C}{m_{np}} t + \dot{y}_{20}, \quad (2)$$

$$y_2 = -\frac{P_C}{m_{np}} \frac{t^2}{2} + \dot{y}_{20} \cdot t, \quad (3)$$

В момент взаємодії п'ятки голки з обмежувальним клином при  $t = \tau$  та  $y_2 = \Delta$  рівняння (3) прийме вид

$$\Delta = -\frac{P_C}{m_{np}} \frac{\tau^2}{2} + V_{відс} \cdot \tau, \text{ розв'язками якого є } \tau_{1,2} = \frac{V_{відс} \pm \sqrt{(V_{відс})^2 - 2\Delta \cdot P_C / m_{np}}}{P_C / m_{np}}.$$

При підстановці в (2)  $t = \tau_{1,2}$  та певних перетворень вертикальна складова швидкості в момент удару п'ятки голки з обмежувальним клином прийме вид:

$$\dot{y}_{2\tau} = \sqrt{(V_{\text{відс}})^2 - 2\Delta \cdot P_C / m_{np}}. \quad (4)$$

Аналізуючи рівняння (4), маємо, що при  $m_{np}(V_{\text{відс}})^2 - 2\Delta \cdot P_C \leq 0$  удар п'ятки голки по обмежувальному клину неможливий через її гальмування силою  $P_C$ , а величина зазору, яка забезпечує відсутність удару

$$\Delta = m_{np}(V_{\text{відс}})^2 / 2P_C \leq [\Delta] \cdot 10^{-3}. \quad (5)$$

Звідки  $V_{\text{відс}} \leq \sqrt{2P_C [\Delta] \cdot 10^{-3} / m_{np}}$ .

При вихідних даних в'язальної системи ПША середнього класу [2]  $P_C = 4,8$  Н,  $[\Delta] = 0,25$  мм та масі голки  $m_{np} = 0,6 \cdot 10^{-3}$  кг ударна взаємодія п'ятки голки з горизонтальним обмежувальним клином відсутня, якщо  $V_{\text{відс}} \leq 2,0$  м/с, що з урахуванням рівняння  $V_{\text{відс}} = f(V_x)$  [2] та при куті нахиленої поверхні клина  $\alpha = 47^\circ 30'$ , коефіцієнті, що враховує вплив згину стержня голки на її деформацію в момент удару  $K_C = 0,352$ , приведеній жорсткості голки при боковій взаємодії її п'ятки з нахиленою поверхнею клина  $C_{np} = 5,31 \cdot 10^3$  Н/м та коефіцієнті демпфірування  $h = 565,1$  с<sup>-1</sup> відповідає коловим швидкостям циліндра  $V_x \leq 1,71$  м/с або частотам обертання при його діаметрі 3 3/4 дюйми  $n_q \leq 343$  об/хв.

При усталеному русі п'ятки голки по клину без відскоку, коли  $\dot{y}_{20} = V_x \cdot \text{tg} \alpha$ , враховуючи нерівність (5), удар п'ятки голки з обмежувальним клином відсутній при колових швидкостях голкового циліндру

$$V_{x_{max}} \leq \sqrt{2[\Delta] \cdot P_C / m_{np} \text{ctg} \alpha}. \quad (6)$$

Для випадку  $m_{np}(V_{\text{відс}})^2 - 2\Delta \cdot P_C > 0$ , тобто при наявності удару п'ятки голки з обмежувальним клином, складаємо розрахункову динамічну модель, де голку з розподіленою масою представляємо парою з зосередженою масою  $m_{np}$  та пружною ланкою з жорсткістю  $c_{np}'$ . Відповідно з урахуванням затухання коливаний рівняння руху голки має вид:

$$m_{np} \ddot{y}_2 + b \dot{y}_2 + c_{np}' (y_2 - y_1) = -P_C, \quad (7)$$

де  $y_1$  – координата ведучої ланки (обмежувального клина); так як обмежувальний клин нерухомий, то  $y_1 = 0$ ;  $\dot{y}_2$ ,  $\ddot{y}_2$  – вертикальні складові швидкості та прискорення голки відповідно;  $b$  – коефіцієнт затухання;  $c_{np}'$  – приведена жорсткість голки при прямому ударі її п'ятки з горизонтальною поверхнею обмежувального клина. Ввівши позначення  $2h' = b / m_{np}$ ,  $\omega^2 = c_{np}' / m_{np}$ ,  $B = -P_C / m_{np}$  та врахувавши, що  $c_{np}' \cdot y_1 / m_{np} = 0$ , рівняння (7) приводимо до нормального виду:

$$\ddot{y}_2 + 2h' \cdot \dot{y}_2 + \omega^2 y_2 = B, \quad (8)$$

де  $h'$  – коефіцієнт демпфірування при прямому ударі п'ятки голки по обмежувальному клину;  $\omega$  – частота власних коливаний системи.

Повний розв'язок неоднорідного рівняння (8) при заданих початкових умовах  $t = 0$ ,  $y_{20} - y_{10} = 0$  та  $\dot{y}_{20} - \dot{y}_{10} = \dot{y}_{20}$  має вид:

$$y_2 = e^{-h \cdot t} \frac{\dot{y}_{20}}{\omega_d} \sin \omega_d t - P_C / c_{np}' ,$$

(9)

де  $\dot{y}_{20} = V_x \cdot \operatorname{tg} \alpha$  або  $\dot{y}_{20} = V_{\text{вiдс}}$  – відповідно при відсутності або наявності відскоку п'ятки голки від нахиленого клина;  $\omega_d$  – частота затухаючих коливань ( $\omega_d = \sqrt{\omega^2 - h'^2}$ );  $h' = \delta / T$  – при логарифмічному декременті коливань  $\delta = \ln(p_{m_i} / p_{m_{i+1}})$ , де  $p_{m_i}$ ,  $p_{m_{i+1}}$  – суміжні амплітуди на віброграмі затухаючих коливань ударного процесу;  $T = 2\pi / \omega$  – період власних коливань голки. Після підстановки  $h' = \delta / T = \omega \cdot \delta / 2\pi$  відповідно маємо

$$\omega_d = \sqrt{(1 - \delta^2 / 4\pi^2) c_{np}' / m_{np}} .$$
 (10)

Тоді ударне навантаження на п'ятку голки з урахуванням (9) при  $y_1 = 0$  (обмежувальний клин – нерухомий) визначається залежністю

$$P = c_{np}' (y_2 - y_1) = c_{np}' \cdot y_2 = e^{-h \cdot t} \frac{\dot{y}_{20}}{\omega_d} c_{np}' \sin \omega_d t - P_C .$$
 (11)

Після підстановки (10) в (11) при  $\sin \omega_d t_{\max} = 1$  остаточно маємо залежність для визначення максимального значення ударного навантаження:

$$P_{\max} = e^{-h \cdot t_{\max}} \cdot \dot{y}_{20} \sqrt{m_{np} \cdot c_{np}' / (1 - \delta^2 / 4\pi^2)} - P_C ,$$
 (12)

де  $t_{\max} = \pi / 2 \sqrt{(c_{np}' / m_{np}) - (b / 2m_{np})^2}$ .

При прямому вертикальному ударі голки з обмежувальним клином визначальними за впливом на величину  $c_{np}'$  є приведена повздовжня  $c_1$  та згинальна  $c_2$  жорсткості стержня голки. Жорсткостями стінок пазів голкового циліндру, згину і скручування п'ятки голки та зминання обмежувального клина в зоні прямого удару можна нехтувати без втрати точності розрахунку  $c_{np}'$ . Для голок позицій 0-1305, 0-1306 та 0-1308 з величинами  $c_1 = 2,04 \cdot 10^6$  Н/м та  $c_2 = 5,74 \cdot 10^4$  Н/м маємо  $c_{np}' = 5,6 \cdot 10^4$  Н.м, що знаходиться в межах похибки значення, яке обчислювали за осцилограмою вільних затухаючих коливань при умові відповідного відтворення частотних характеристик ударного процесу.

### Висновки

Досліджено умови можливого удару п'ятки голки з горизонтальною поверхнею обмежувального клина та встановлено параметри, що впливають на процес гальмування голки в пазу гольниці. Ударна взаємодія п'ятки голки з горизонтальним обмежувальним клином відсутня при колових швидкостях циліндра  $V_x \leq 1,71$  м/с або частотах обертання  $n_y \leq 343$  об/хв при його діаметрі  $3 \frac{3}{4}$  дюйми.

Отримано залежності для кінематичного аналізу руху голки в період сходу її з нахиленої поверхні клина до удару з горизонтальним обмежувальним клином та силового аналізу в момент їх ударної взаємодії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Березін Л.М., Барилко С.В. До розрахунку довговічності селекторів панчішно-шкарпеточних автоматів по критерію втомленісної міцності// Вісник КНУТД, – 2007. – №5(37), – с.32–35.
2. Березін Л.М. До розрахунку циклів навантаження голок панчішно-шкарпеточних автоматів при визначенні їх надійності за критерієм втомленісної міцності// Вісник КНУТД, – 2010. – №5. – с.281-284.

Надійшла 22.02.2011