

УДК 677.053.2

ЗАВЕРТАННИЙ Б. С., МАНОЙЛЕНКО О. П., АКИМОВ О. О.

Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІЩЕННЯ ПАКУВАННЯ ВЗДОВЖ ОСІ БОБІНОТРИМАЧА НА КРИТИЧНІ ШВИДКОСТІ

Мета. Створення математичної моделі механізму намотування перемотувальних машин, дослідження впливу величини зміщення пакування на критичні швидкості та розробка рекомендацій для вирішення поставленого завдання.

Методика. При напрацюванні нитки на пакування до швидкісних намотувальних механізмів ставляться високі вимоги, при цьому, як до якості отриманого пакування так і до швидкодії бобінотримача. Під час встановлення бобіни на бобінотримач можливе її зміщення в осьовому напрямку від розрахункового положення, що призводить до зміни положення центра маси пакування з бобіною, і відповідно до зміни динамічних навантажень на бобінотримач. Тому існує потреба визначення величини впливу зміщення пакування вздовж осі бобінотримача на робочі швидкості обладнання та на якість отримуваних пакувань. У процесі намотування важливу роль відіграє розміщення пакування на бобінотримачі механізму намотування перемотувальної машини. Зміщення центра мас пакування впливає, як на робочі швидкості обладнання, так і на саму якість пакування. В перемотувальних машинах встановлено механізм контролю товщини пакування, який контролює швидкісні процеси при намотуванні. При зміщенні бобіни в сторону вершини конуса напрацьовується неповновісне пакування (меншої ваги). При зміщенні в сторону протилежну вершині конуса пакування, навпаки, збільшується вага пакування. Окрім цього величина зміщення пакування впливає на динамічні навантаження намотувального механізму.

Результати. Визначено вплив величини зміщення пакування вздовж осі бобінотримача на критичні швидкості механізму намотування та якість пакування.

Наукова новизна. В роботі проведено дослідження та аналіз впливу величини зміщення бобіни з пакуванням на критичні швидкості намотувального механізму. Визначено величину впливу положення мас центра бобіни з пакуванням відносно бобінотримача на значення критичних швидкостей намотувального механізму. Отримані результати дозволяють контролювати діапазон робочих швидкостей намотувального механізму в залежності від параметрів положення бобіни на бобінотримачі, що може бути застосоване для корегування швидкісних режимів процесу намотування при напрацюванні бобіни та вносити правки при проектуванні перемотувального обладнання. Запропонована методика визначення максимально можливих швидкостей в процесі перемотування текстильного матеріалу на перемотувальних машинах з прямим приводом бобіни з врахуванням положення бобіни на бобінотримачі, що може бути застосовано при проектуванні нових механізмів, або модернізації існуючих.

Практична значимість. Розроблена динамічна модель намотувального механізму. Показано величину впливу зміщення пакування на критичні швидкості. Запропоновані методи та конструкції для підвищення якості пакування та стабільної роботи обладнання.

Ключові слова: нитка; намотування нитки; перемотування ниток; динаміка; кутова швидкість головного валу; бобіна; перемотування; критичні швидкості намотування; бобінотримач.

Вступ. При напрацюванні нитки на пакування до швидкісних намотувальних механізмів ставляться високі вимоги, як до якості отриманого пакування так і до швидкості намотування. Під час встановлення бобіни можливе зміщення вздовж осі останнього від розрахункового положення вздовж вісі механізму намотування. Тому існує потреба аналізу величини зміщення пакування на швидкість процесу перемотування та на якість отримуваних пакувань. У роботах [1, 2] авторами не розглянуто вплив параметрів

встановлення бобіни на бобінотримачі, що призводить до зміни критичних швидкостей механізму намотування, що впливає на динамічні характеристики машини і, відповідно, на її роботу та якість пакування.

Постановка завдання. У процесі перемотування важливу роль відіграє розміщення пакування на механізмі намотування перемотувальних машин. Зміщення центра мас пакування впливає як на робочі швидкості намотування, так і на його якість. Для формування якісного пакування в перемотувальних машинах встановлено механізм контролю товщини пакування, який контролює процес намотування. Однак, при зміщенні бобіни, під час встановлення, в сторону вершини конуса напрацьовується неповновісне (з меншою вагою) пакування. При зміщенні в сторону протилежну напрямку вершини конуса пакування, навпаки, вага пакування збільшується. Також величина зміщення пакування впливає на динаміку намотувального механізму.

Таким чином, виходячи із вищевказаного, можна стверджувати, що важливим фактором є вплив величини зміщення пакування від розрахункового (проектного) його положення на максимальні швидкості в процесі перемотування. Також не досліджено вплив величини зміщення на якість і вагу пакування та роботу механізму намотування в цілому. Це, в свою чергу, утруднює проектування нових раціональних конструкцій механізмів намотування вільних від вказаних недоліків та експлуатацію діючого обладнання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [3] розглянуто вплив нерівномірності лінійної щільності на технологічні параметри та швидкості намотування. Показано величину вплив динамічної поведінки пряжі при намотуванні, але без врахування положення бобіни з пакуванням на бобінотримачі. У роботі [4] описано конструкції механізмів намотування та наведена методика їх розрахунку

Також конструкції та методи розрахунку описано у [5], та додатково описано базову конструкцію механізму намотування. В даній роботі описано метод напівжорсткого шпинделя для визначення критичних кутових швидкостей двохопорних роторів. При цьому не розглянуто впливу зміщення пакування на значення критичних швидкостей механізму намотування та якість отриманого пакування.

Виділення недосліджених раніше частин загальної проблеми. Процес на перемотувальних машинах вимагає заміни бобін з установкою їх на конічну поверхню бобінотримача, яка відбувається органолептично на різну глибину конуса, так звану посадку. При цьому посадка конічних поверхонь може бути виконана, як з зазором так і з натягом [2], після чого фіксація бобіни на бобінотримачі здійснюється розширенням його конічної поверхні. Перехідній посадці відповідає розрахункове значення конічних поверхонь бобіни та бобінотримача і забезпечує середнє їх взаємне положення. Вплив величини посадки на динамічні характеристики бобінотримача не знайшов відображення в літературних джерелах [1-6]. Тому визначення зміни критичних швидкостей в залежності від посадки бобіни на бобінотримач носить актуальний характер.

Постановка завдання. Метою роботи є визначення впливу зміщення пакування на динамічні характеристики бобінотримача намотувального механізму перемотувальної машини на прикладі моделі БП-340. Об'єкт дослідження - критичні швидкості бобінотримача. Предметом дослідження є закономірність зміни критичної швидкості

намотувального механізму при зміщенні пакування вздовж осі бобінотримача. Також важливим фактором є вплив зміщення бобіни на якість пакування.

Результати дослідження. Вміння розраховувати і керувати критичними швидкостями бобінотримачів дозволяє створювати сучасні високошвидкісні конструкції з високими частотами обертання роторів. Процес перемотування ниток на машинах з прямим приводом супроводжується зміною кутової швидкості бобіни з пакуванням, в результаті чого відбувається зміна масо-інерційних параметрів та жорсткість шпинделя бобінотримача. Через повільну зміну масо-інерційних параметрів бобінотримача дозволяє розглядати дискретні стани бобінотримача в будь-який момент процесу перемотування пакування.

З метою визначення критичних швидкостей на практиці застосовується метод «напівжорсткого шпинделя» [5], що дає результати з високою точністю (похибка не перевищує 10%). Точність методу обмежена похибкою розрахункового визначення пружних характеристик бобінотримача, що викликана ідеалізацією розрахункової схеми [7].

Бобінотримач представлений у вигляді одномасової насадки (що включає оправку бобінотримача, бобіну та пакування), що закріплена на пружному валу. Математична модель вільних коливань бобінотримача з опорами, що мають анізотропну пружину характеристику має наступний вигляд [7]:

$$\begin{cases} M_0 \ddot{\eta} + m_{1\eta} \dot{\eta} - m_{2\eta} \alpha = 0, \\ M_0 \ddot{\zeta} + m_{1\zeta} \dot{\zeta} - m_{2\zeta} \beta = 0, \\ A_0 \ddot{\alpha} + C_0 \dot{\beta} \cdot \omega - m_{2\eta} \eta + m_{3\eta} \alpha = 0, \\ A_0 \ddot{\beta} - C_0 \omega \cdot \dot{\alpha} - m_{2\zeta} \zeta + m_{3\zeta} \beta = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

де M_0 – маса насадка (під насадком розуміється оправка бобінотримача, нитконосій та пакування);

C_0 – полярний момент інерції насадка;

A_0 – екваторіальний момент інерції насадка;

$\varphi, \eta, \zeta, \alpha, \beta$ – узагальнені координати, що характеризують положення центра мас динамічної моделі;

$m_{1\eta}, m_{2\eta}, m_{3\eta}, m_{1\zeta}, m_{2\zeta}, m_{3\zeta}$ – відповідно, коефіцієнти жорсткості механічної системи в горизонтальному та вертикальному напрямках (вздовж осей).

Критичні швидкості ротора на основі [7], визначаються з задачі на власні частоти з ермітовою матрицею:

$$(M - iC)\bar{x} = \lambda K\bar{x}, \quad (2)$$

де $\lambda = 1 / \omega^2$;

M – матриця інерційних коефіцієнтів;

C – матриця гіроскопічних коефіцієнтів;

K – матриця жорсткості.

Знайдення значень власних коливань приводиться до розв'язання стандартної задачі

$$A\bar{y} = \lambda\bar{y}, \quad (3)$$

з дійсною симетричною матрицею A подвійного порядку в порівнянні з M, C і K .

Матриця інерційних коефіцієнтів має вигляд:

$$M = \text{diag}(M_0, M_0, A_0, A_0) \cdot \quad (4)$$

Матриці коефіцієнтів жорсткості та гіроскопічних коефіцієнтів мають вигляд:

$$K = \begin{pmatrix} m_{1\eta} & 0 & -m_{2\eta} & 0 \\ 0 & m_{1\zeta} & 0 & -m_{2\zeta} \\ -m_{2\eta} & 0 & m_{3\eta} & 0 \\ 0 & -m_{2\zeta} & 0 & m_{3\zeta} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

$$C = \begin{pmatrix} 0000 \\ 0000 \\ 000C_0 \\ 00C_00 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

До інерційних параметрів бобінотримача відносяться маса насадка (конічна бобіна, бобінотримач з пристроєм затиску, поточна маса пакування), полярний і екваторіальний моменти інерції. Бобіни та пакування доцільно віднести до оправки, як типові елементи.

Для розрахунку інерційних параметрів оправки необхідно її розбити на ряд простих елементів M_i . Простими елементами бобінотримача будуть циліндричні та конічні елементи. Бобінотримач має два конічні елементи в пристрої затиску, конічна бобіна також віднесена до оправки в якості одного з елементів.

Для одноманітного позначення геометричних параметрів в алгоритмі всі елементи будемо вважати конічними. Вид конічного елемента та позначення основних його розмірів приведено на рисунку 1. Положення елемента на площині буде визначатися відстанями початку та кінця елемента від переднього підшипника бобінотримача.

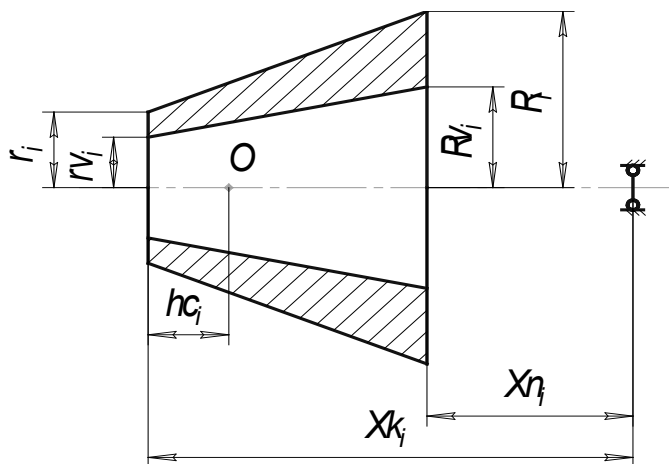


Рис. 1. Позначення геометричних розмірів конічного елемента:

h_{ci} – координата положення центра мас і-того елемента; X_{ci} – координата положення центра мас і-того елемента відносно опори; h_{ct} – координата положення центра мас; r_i, r_{vi}, R_i, R_{vi} – радіуси конічного елемента; X_{ki}, X_{ni} – координати кінця і початку і-того елемента відносно опори

Пакування перемотувальної машини має трьохконусну форму (рис. 2), тому його доцільно розбити на три окремі конічні елементи (верхній, середній та нижній елементи). В зв'язку з необхідністю визначення залежності критичних швидкостей від маси пакування

доцільно знайти залежність інерційних параметрів від маси пакування. В алгоритмі в якості аргументу використано товщину пакування.

Схема розбивки пакування на елементи наведена на рисунку 2.

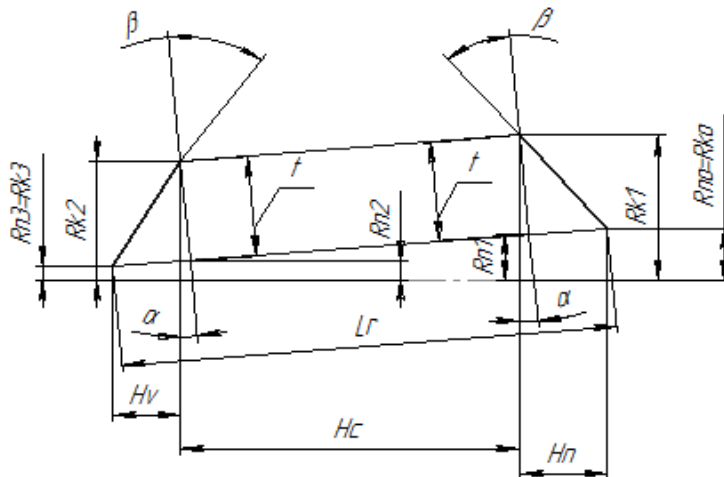


Рис. 2. Схема розбивки пакування на елементи:

$R_{n0}, R_{n1}, R_{n2}, R_{n3}$ – внутрішні радіуси конусів; $R_{k0}, R_{k1}, R_{k2}, R_{k3}$ – зовнішні радіуси конусів; α – кут конусу пакування; β – кут намотування; t – товщина тіла намотування; L_r – довжина розкладки; H_v, H_c, H_n – довжини відповідно верхньої, середньої, нижньої ділянок тіла намотування

Зв'язок між геометричними розмірами пакування та товщиною намотування визначається з наступних співвідношень.

Довжини ділянок тіла намотування:

$$H_n = t \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta) \cdot \cos \alpha, \quad H_v = t \cdot (\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \alpha) \cdot \cos \alpha, \quad H_c = L_r \cdot \cos \alpha - H_v - H_n. \quad (7)$$

Радіуси конусів:

$$R_{n1} = R_{n0} - H_n \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad R_{k1} = R_{n1} + \frac{t}{\cos \alpha}, \quad R_{n3} = R_{n0} - L_r \cdot \sin \alpha, \quad R_{k3} = R_{n3},$$

$$R_{k2} = R_{n3} + \frac{H_v}{\operatorname{tg}(\beta - \alpha)}, \quad R_{n2} = R_{k2} - \frac{t}{\cos \alpha}. \quad (8)$$

Відстані від опори до елементів пакування:

$$H_1 = H_0 + H_n, \quad H_2 = H_1 + H_c, \quad H_3 = H_2 + H_v. \quad (9)$$

З врахування параметрів елементів та залежностей (7, 8) інерційні параметри насадка визначаються по [5].

Об'єм і-того елемента насадка V_i , м³:

$$V_i = \frac{\pi}{3} \cdot (X_{ki} - X_{ni}) \cdot \left[(R_i)^2 - (R_{vi})^2 \right] + (R_i \cdot r_i - R_{vi} \cdot r_{vi}) + \left[(r_i)^2 - (r_{vi})^2 \right]. \quad (10)$$

Маса насадка M_o , кг:

$$M_o = \sum_i V_i \cdot \rho_i, \quad (11)$$

де ρ_i – щільність матеріалу елемента.

Координата положення центра мас і-того елемента насадка h_{ci} , м:

$$h_{ci} = \frac{\pi}{12} \cdot \frac{(X_{ki} - X_{ni})^2}{V_i} \cdot \left[3[(R_i)^2 - (R_{vi})^2] + 2(R_i \cdot r_i - R_{vi} \cdot r_{vi}) + [(r_i)^2 - (r_{vi})^2] \right]. \quad (12)$$

Координата положення центра мас і-того елемента насадка відносно опори X_{ci} , м:

$$X_{ci} = X_{ki} - h_{ci}. \quad (13)$$

Полярний момент інерції насадка C_o , кг·м²:

$$C_o = \sum_i \frac{\pi}{10} \cdot M_i \cdot \frac{(X_{ki} - X_{ni})}{V_i} \cdot \left[R_i \cdot (R_i + r_i) \cdot [(R_i)^2 + (r_i)^2] + [(r_i)^4 - (r_{vi})^4] - R_{vi} \cdot (R_{vi} + r_{vi}) \cdot [(R_{vi})^2 + (r_{vi})^2] \right], \quad (14)$$

де M_i – маса і-того елемента насадка.

Момент інерції елемента насадка A_c , кг·м²:

$$A_c = \frac{1}{2} \cdot C_o + \sum_i M_i \cdot \left[\frac{\pi}{30} \cdot \frac{(X_{ki} - X_{ni})^3}{V_i} \cdot \left[6[(R_i)^2 - (R_{vi})^2] + 3(R_i \cdot r_i - R_{vi} \cdot r_{vi}) + [(r_i)^2 - (r_{vi})^2] \right] - (h_{ci})^2 \right]. \quad (15)$$

Координата положення центра мас насадка H_{cm} , м:

$$H_{cm} = \frac{\sum_i M_i \cdot X_{ci}}{M_o}. \quad (16)$$

Екваторіальний момент інерції насадка A_o , кг·м²:

$$A_o = A_c + \sum_i M_i \cdot (H_{cm} - h_{ci})^2. \quad (17)$$

Схема намотувального механізму наведена на рисунку 3.

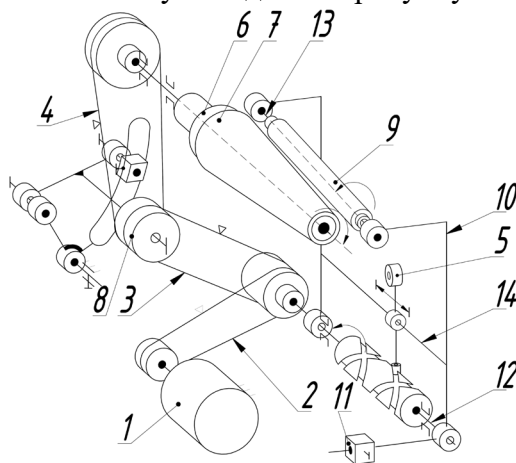


Рис. 3. Розрахункова схема для визначення інерційних параметрів бобінотримача
 1 – електричний привод; 2–4 – пасові передачі; 5 – механізм розкладника; 6 – механізм бобінотримача; 7 – бобіна; 8 – натяжний шків; 9 – уковуючий ролик; 10 – коромисло; 11 – противага; 12 – вал; 13 – вісь; 14 – напрямна

Визначення коефіцієнтів впливу здійснюється згідно схеми намотувального механізму (рисунок 3).

Моменти інерції перерізу валу визначають з виразів:

$$I_1 = \frac{\pi \cdot (D_{v1}^4 - d_{v1}^4)}{64}, \quad I_2 = \frac{\pi \cdot (D_{v2}^4 - d_{v2}^4)}{64}, \quad (18)$$

де D_{v1} , d_{v1} , D_{v2} , d_{v2} – зовнішній та внутрішній діаметри вала на першій та другій ділянках вала відповідно.

Жорсткість пружної системи визначається пружністю вала [7] та пружними властивостями тіла намотування:

$$m_{1\eta} = \frac{\delta_{22}}{\Delta^2}; \quad m_{2\eta} = \frac{\delta_{12}}{\Delta^2}; \quad m_{3\eta} = \frac{\delta_{11}}{\Delta^2}, \quad \Delta^2 = \delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2, \quad (19)$$

$$m_{1\zeta} = m_{1\eta} + C_n; \quad m_{2\zeta} = m_{2\eta} + h \cdot C_n; \quad m_{3\zeta} = m_{3\eta} + h^2 \cdot C_n. \quad (20)$$

Для визначення коефіцієнтів жорсткості механічної системи в центрі мас насадка використовуємо вирази для коефіцієнтів впливу [7].

де δ_{11} – переміщення центра мас насадка від дії одиничної сили, прикладеної в площині, що проходить через центр мас;

δ_{12} – кут повороту площини від одиничної сили, прикладеної в центрі мас;

δ_{21} – переміщення центра мас насадка від дії одиничного моменту, прикладеного там же;

δ_{22} – кут повороту площини від одиничного моменту, прикладеного там же;

C_n – жорсткість системи “тіло намотування – пружні елементи кріплення ролика”;

h – відстань від центра мас бобінотримача до площини, що симетрична твірній тіла намотування.

Коефіцієнти впливу визначаються аналогічно [7]:

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= \frac{l_1 \cdot H_{cm}^2}{3E \cdot I_1} + \frac{a^2 \cdot (l_5 + 3l_3) + l_3^2 \cdot (l_3 + 3a)}{3E \cdot I_2}, \\ \delta_{12} &= \frac{l_1 \cdot H_{cm}}{3E \cdot I_1} + \frac{2a \cdot (l_5 + 3l_3) + 3l_3^2}{6E \cdot I_2}, \\ \delta_{22} &= \frac{l_1}{3E \cdot I_1} + \frac{l_5 + 3l_3}{3E \cdot I_2}, \end{aligned} \quad (21)$$

де l_1 – довжина між опорами;

H_{cm} – довжина від передньої опори до центра мас;

l_3 – відстань від передньої опори до заднього конуса;

l_5 – відстань між переднім та заднім конусами;

E – модуль пружності (для Сталі 45 $E=2 \cdot 10^{11}$ Н/м²).

Жорсткість пружної системи визначається пружністю вала та пружними властивостями тіла намотування аналогічно [2].

Дослідження проводилися при наступних умовах:

-при зміщенні центра мас пакування на $\Delta=0,005$ м від початкового положення в напрямку конуса і зміщенні центра мас бобінотримача в тому ж напрямку;

-при зміщенні центра мас пакування на $\Delta=0,005$ м від початкового положення в протилежному напрямку конуса і зміщенні центра мас бобінотримача в тому ж напрямку.

Вхідні дані для розрахунку приймалися згідно з [8, 9, 10].

Результати розрахунку зміщення бобіни та пакування на критичні швидкості представлено у таблиці 1.

Таблиця 1

Вплив зміщення пакування на характеристики механізму

Товщина пакування, мм	Технологічний параметр	Зміщення пакування повздовж осі бобінотримача, Δ (мм)		
		$\Delta = - 0.005$	$\Delta = 0$	$\Delta = + 0.005$
t=0 мм	Маса пакування, кг	0	0	0
	Перша критична швидкість, рад/с	692	681	661
t=20 мм	Маса пакування, кг	0,713	0,734	0,754
	Перша критична швидкість, рад/с	560	542	526
t=50 мм	Маса пакування, кг	2,099	2,133	2,168
	Перша критична швидкість, рад/с	431	418	405
t=70 мм	Маса пакування, кг	3,035	3,075	3,117
	Перша критична швидкість, рад/с	384	372	361

Аналізуючи отримані результати встановлено, що зі зміщенням бобіни змінюється і критична швидкість системи і вага напрацьованого пакування. При зміщенні центра мас від розрахункового положення в напрямку конуса критична швидкість зростає, тобто збільшується робочий діапазон швидкостей намотувального механізму, і навпаки при зміщенні від розрахункового положення в протилежному напрямку від конуса робочий діапазон швидкостей зменшується.

Для отримання рівноважних пакувань пропонується замінити механізм контролю розміру пакування, який використовується на машинах типу БП. Пропонується встановити контроль з розрахунковому часу напрацювання пакування. Аналогічним рішенням являється встановлення датчика контролю довжини намотаної нитки. В залежності від лінійної товщини нитки обирається довжина нитки на пакуванні.

Для запобігання неточного встановлення бобіни на бобінотримач актуальним буде встановити упори. При встановленні бобіни на механізм намотування бобіна встановлюється до її контакту з упором. Тим самим ми забезпечуємо однакове положення пакування на бобіно тримачі.

Висновки. Дані дослідження допомогли встановити вплив посадки бобіни на критичні швидкості бобінотримача. Встановлено, що при зміщенні бобіни на $\Delta=5 \cdot 10^{-3}$ м від розрахункового положення в напрямку конуса зміщується центр мас як бобіни, так і бобінотримача за рахунок стискування останнього, а критична швидкість наприкінці процесу намотування збільшується в середньому на 3,2%. В цей же час зміщення центра мас пакування на $\Delta=5 \cdot 10^{-3}$ м в протилежному напрямку призводить до зменшення критичних швидкостей наприкінці процесу намотування на 2.9%. Запропонована методика контролю напрацювання пакування в залежності від встановлення бобіни на бобінотримачі дозволяє підвищити якість та продуктивність перемотувального обладнання, що може бути

реалізовано встановленням додаткових упорів для однакового положення пакувань на бобінотримачі при його встановленні.

Література

1. Панин А.И. Экспериментально-теоретическое исследование формирования мотальных паковок для создания и внедрения перспективных текстильных материалов / Дис. д.т.н., Москва., 2014.
2. Прошков А.Ф. Расчет и проектирование машин для производства химических волокон: Учебник для студентов вузов. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 408 с., ил.
3. Goswami B.C. (2002). Non linear dynamics of high-speed transport for staple yarns. Annual Report, National Textile Centre.
4. Koranne, Milind. (2013). Fundamentals of yarn winding.
5. Машиностроение. Энциклопедия /Ред. Совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Машины и агрегаты текстильной и легкой промышленности. Т. IV–13 /И.А. Мартынов, А.Ф. Прошков, А.П. Яскин и др.: Под общ. Ред. И.А. Мартынова. 1997. – 608 с.
6. Процессы и оборудование производства волокнистых и пленочных материалов / Жмыхов И.Н., Гальбрайх Л.С., Акулич А.В. – Мн.:Вышэйшая школа, 2013. – 587 с.
7. Коритыцкий Я.И. Динамика упругих систем текстильных машин. М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982, – 272 с.
8. Завертанний Б.С. Дослідження впливу посадки бобіни на динамічні характеристики бобінотримача / Б.С. Завертанний; О.П.Манойленко, О.О.Акимов// Наукові розробки молоді на сучасному етапі : тези доповідей XVI Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених та студентів (27-28 квітня 2017 р., Київ). - К. : КНУТД, 2017. - Т. 2 : Мехатронні системи і комп'ютерні технології. Ресурсозбереження та охорона навколишнього середовища. - С. 364-365.
9. Иванова, Т.П. Технология и оборудование для подготовки нитей к ткачеству: учебно-методический комплекс / Т.П.Иванова / УО «ВГТУ». – Витебск, 2008. – 306 с.

References

1. Panin A.I. (2014) Eksperimental'no-teoreticheskoe issledovanie formirovaniya motal'nyh pakovok dlya sozdaniya i vnedreniya perspektivnyh tekstil'nyh materialov [Experimental theoretical study forming winding packages for creation and implementation promising textile materials] Dis. d.t.n., Moskva [in Russian].
2. Proshkov A.F. (1982) Raschet i proektirovanie mashin dlya proizvodstva himicheskikh volokon [Calculation and design of machines for the production of chemical fibers] Uchebnik dlya studentov vuzov. M.: Legkaya i pishchevaya prom-st' [in Russian].
3. Goswami B.C. (2002). Non linear dynamics of high-speed transport for staple yarns. Annual Report, National Textile Centre.
4. Koranne, Milind. (2013). Fundamentals of yarn winding. Published by Woodhead Publishing India Pvt. Ltd.
5. Mashinostroenie. Enciklopediya /Red. Sovet: K.V. Frolov (pred.) i dr. M.: Mashinostroenie (1997). Mashiny i agregaty tekstil'noj i legkoj promyshlennosti. T. IV–13 [Machines and units of textile and light industry. T. IV–13] /I.A. Martynov, A.F. Proshkov, A.P. YAskin i dr.: Pod obshch. Red. I.A. Martynova [in Russian].
6. ZHmyhov I.N., Gal'brajh L.S., Akulich A.V. (2013) Processy i oborudovanie proizvodstva voloknistykh i plenochnykh materialov [Processes and equipment for the production of fibrous and film materials] / ZHmyhov I.N., Gal'brajh L.S., Akulich A.V. – Mн.:Vyshejschaya shkola [in Russian].
7. Koritysskij YA.I. (1982) Dinamika uprugih sistem tekstil'nyh mashin [The dynamics of elastic systems of textile machines] . M.: Legkaya i pishhevaya prom-st' [in Russian].
8. Zavertannyi B.S. Doslidzhennia vplyvu posadky bobiny na dynamichni kharakterystyky bobinotrymacha / B.S. Zavertannyi; O.P.Manoilenko, O.O.Akymov// Naukovi rozrobky molodi na suchasnomu etapi : tezy dopovidei XVI Vseukrainskoi naukovoї konferentsii molodykh vchenykh ta studentiv “Mekhatronni systemy i kompiuterni tekhnolohii. Resursozberezhennia ta okhorona navkolyshnoho seredovyshcha“ -27-28 kvitnia 2017 r., KNUTD ,Kyiv. [in Ukraine].
9. Ivanova, T.P. (2008) Tekhnologiya i oborudovanie dlya podgotovki nitej k tkachestvu: uchebno-metodicheskij kompleks [Technology and equipment for the preparation of threads for weaving: educational-methodical complex] / T.P.Ivanova / UO «VGTU». – Vitebsk [in Russian].

10. Регельман Е. З., Рокотов Н.В. Приемные механизмы машин для производства химических волокон / под ред. Е.З. Регельмана. – Л. : Издательство Ленинградского университета. 1988. – 248 с.

10. Regel'man E. Z., Rokotov N.V.(1988) Priemnye mekhanizmy mashin dlya proizvodstva himicheskikh volokon [Reception mechanisms of machines for the production of chemical fibers] / pod red. E.Z. Regel'mana. – L. : Izdatel'stvo Leningradskogo universiteta. [in Russian].

ZAVERTANNYI BOGDAN

Postgraduate student
Department of Applied Mechanics and Machines
Kyiv National University of Technology and Design
Nemirovich-Danchenko str., 2, Kyiv, Ukraine, 01011
E-mail: botanuga@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1809-0430>
https://www.researchgate.net/profile/Bogdan_Zavertannyi

OLEKSANDR MANOILENKO

PhD, Associate Professor, Head of Department
Department of Applied Mechanics and Machines
Kyiv National University of Technologies and Design
Nemirovich-Danchenko str., 2, Kyiv, Ukraine, 01011
E-mail: manojlenko.op@knutd.com.ua
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5670-4977>

OLEKSANDR AKYMOV

PhD, Associate Professor
Research and testing department
State Research Institute for Armament Testing and Certification
Streletska str., 1, Chernihiv, Ukraine, 14033
E-mail: akimov.al.al@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4443-8755>

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СМЕЩЕНИЯ ПАКОВКИ ВДОЛЬ ОСИ
БОБИНОДЕРЖАТЕЛЯ НА КРИТИЧЕСКИЕ СКОРОСТИ
ЗАВЕРТАННЫЙ Б. С., МАНОЙЛЕНКО А. П., АКИМОВ А. А.**

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Создание математической модели механизма намотки перематочных машин, исследование влияния величины смещения паковки на критические скорости и разработка рекомендаций для решения поставленной задачи.

Методика. При наработке нити на паковку к скоростным намоточным механизмам ставятся высокие требования, при этом, как к качеству получаемой паковки, так и к быстродействию бобинодержателя. Во время установления бобины на бобинодержатель возможно ее смещение в осевом направлении от расчетного положения, которое приводит к изменению положения центра массы паковки с бобиной, и в соответствии к изменению динамических нагрузок на бобинодержатель. Поэтому существует потребность определения величины влияния смещения паковки вдоль оси бобинодержателя на рабочие скорости оборудования и на качество получаемых паковок. В процессе наматывания важную роль играет размещение упаковки на бобинодержателе механизма наматывания перематывающей машины. Смещение центра масс упаковки влияет, как на рабочие скорости оборудования, так и на само качество паковки. В перематывающих машинах установлен механизм контроля толщины паковки, который контролирует скоростные процессы при наматывании. При смещении бобины в сторону вершины конуса нарабатывается непорновесная паковка (меньшего веса). При смещении в сторону противоположную вершине конуса паковки, напротив, увеличивается вес паковки. Кроме этого величина смещения паковки влияет на динамические нагрузки намоточного механизма.

Результаты. Определено влияние величины смещения паковки вдоль оси бобинодержателя на критические скорости механизма наматывания и качество паковки.

Научная новизна. В работе проведено исследование и анализ влияния величины смещения бобины с паковкой на критические скорости намоточного механизма. Определена величина влияния положения центра масс бобины с паковкой относительно бобинодержателя на значение критических скоростей намоточного механизма. Полученные результаты позволяют контролировать диапазон рабочих скоростей намоточного механизма в зависимости от параметров положения бобины на бобинодержателе, что может быть применено для корректировки скоростных режимов процесса наматывания при наработке бобины и вносить

правки при проектуванні перематывающего оборудования. Предложенная методика определения максимально возможных скоростей в процессе перематывания текстильного материала на перематывающих машинах с прямым поводом бобины с учетом положения бобины на бобинодержателе, которая может быть применена при проектировании новых механизмов, или модернизации существующих.

Практическая значимость. Разработана динамическая модель намоточного механизма. Показана величина влияния смещения паковки на критические скорости. Предложенные методы и конструкции для повышения качества паковки и стабильной работы оборудования.

Ключевые слова: нить; наматывание нити; перематывание нитей; динамика; угловая скорость главного вала; бобина; перематывание; критические скорости наматывания; бобинодержатель.

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF PACKING DISPLACEMENT ALONG THE BOBBIN HOLDER AXIS ON CRITICAL SPEEDS

ZAVERTANNYI B., MANOILENKO O., AKYMOV O.

Kyiv National University of Technologies and Design

Aim. Creation of a mathematical model of the mechanism of winding of rewinding machines, research of influence of size of shift of packing on critical speeds and development of recommendations for the decision of the set task.

Method. When working out the thread for packaging, high-speed winding mechanisms are subject to high requirements, both for the quality of the resulting packaging and for the speed of the bobbin holder. When installing the spool on the spool holder, it is possible to shift it in the axial direction from the design position, which leads to a change in the position of the center of mass of the package with the spool, and in accordance with changes in dynamic loads on the spool holder. Therefore, there is a need to determine the magnitude of the impact of the displacement of the package along the axis of the bobbin holder on the operating speeds of the equipment and the quality of the resulting packages. In the winding process, the placement of the package on the bobbin holder of the winding mechanism of the rewinding machine plays an important role. The displacement of the center of mass of the package affects both the operating speed of the equipment and the quality of the package. In rewinding machines, a mechanism for controlling the thickness of the package is installed, which controls the speed processes during winding. When the coil is shifted towards the top of the cone, incomplete packing (less weight) is developed. When shifted to the side opposite the top of the packing cone, on the contrary, the weight of the packing increases. In addition, the magnitude of the displacement of the package affects the dynamic loads of the winding mechanism.

Results. The influence of the magnitude of the packing displacement along the axis of the bobbin holder on the critical speeds of the winding mechanism and the quality of packing is determined.

Scientific novelty. The study and analysis of the influence of the magnitude of the displacement of the bobbin with packaging on the critical speeds of the winding mechanism are conducted. The magnitude of the influence of the position of the masses of the center of the coil with packing relative to the bobbin holder on the value of the critical speeds of the winding mechanism is determined. The obtained results allow to control the range of working speeds of the winding mechanism depending on the parameters of the position of the spool on the spool holder, which can be used to adjust the speed of the winding process when packing the spool and make changes when designing the rewinding equipment. The method of determining the maximum possible speeds in the process of rewinding textile material on rewinding machines with direct drive of the bobbin, taking into account the position of the bobbin on the bobbin holder, which can be used in the design of new mechanisms or modernization of existing ones.

Practical significance. A dynamic model of the winding mechanism has been developed. The magnitude of the influence of packing displacement on critical speeds is shown. Methods and designs for improving the quality of packaging and stable operation of equipment are proposed.

Keywords: thread; winding of a thread; rewinding of threads; dynamics; angular velocity of the main shaft; bobbin; rewinding; critical winding speeds; bobbin holder.