

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЛІСОВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 674.05

*Проф. М.П. Мартинців, д-р техн. наук;
доц. О.М. Удовиський, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів*

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ СХЕМ І ПАРАМЕТРІВ РАМ ТРАНСПОРТЕРІВ У ЛІСОВІЙ ТА ДЕРЕВО- ОБРОБНІЙ ГАЛУЗЯХ

На основі формування множин альтернативно-паритетних варіантів рам розроблено метод вибору кращого з варіантів за критеріями якості на основі розв'язання задачі векторної оптимізації з обмеженнями в умовах визначеності ситуації. Для обґрунтування параметрів вибраної схеми рами отримано і розв'язано систему диференціальних рівнянь, що описують її вертикальні коливання.

Prof. M.P. Martynsiv; assoc. prof. O.M. Udovyskyj – NUFWT of Ukraine, L'viv

Development of methods for the choice of optimum charts and parameters of conveyers frames in forest and woodworking industries

On the basis of forming of alternatively-parities plurals variants of frames is developed the method of choice of the best from variants after the criteria of quality on the basis of solution of task of vectorial optimization with limitations in the conditions of definiteness of situation. For the ground of parameters of the chosen chart frames are got and solved system of differential equalizations which describe its vertical vibrations.

У лісовій та деревообробній промисловості широко використовуються транспортери з ланцюговим або канатним тяговим органом, що мають металеву раму. Схему такого конвеєра показано на рис. 1. Надійність роботи і вартість конвеєрів значною мірою визначається міцністю та жорсткістю його рами. Конструкцію рами та її геометричні параметри потрібно вибрати так, щоб при заданому зовнішньому навантаженні T (натяг тягового органу) і F (вага вантажу) вона мала мінімальну масу, габарити, вартість і задовольняла обмеженням на напруження та деформації в елементах металоконструкцій. За часткові критерії якості металоконструкцій можна вибрати їх масу і габарити, а за змінні потні параметри – геометричні розміри, а саме площу поперечного перерізу, довжину та кількість несучих елементів, віддалі між опорами. Максимальні значення зовнішніх навантажень і габаритні розміри транспортера вважаються заданими. Тоді задачу структурно-параметричного синтезу металоконструкцій згідно з рекомендаціями [1] можна розділити на дві стадії:

- 1) формування множини альтернативних паритетно-оптимальних варіантів металоконструкцій рам транспортерів за критеріями маси і габаритів;
- 2) обрання кращого з них за цими та додатковими критеріями якості – вартістю та складністю конструкцій, мінімізавши їх [1].

Тобто конструкцію характеризують чотири критерії і необхідно розв'язати задачу векторної оптимізації з обмеженнями в умовах визначеності ситуації:

$$\min_{x \in R^H} f(x) \quad (1)$$

$$g_i(x) = 0; \quad i = 1, 2, \dots, m_e; \quad (2)$$

$$g_i(x) \leq 0; \quad i = m_e + 1, \dots, m; \quad (3)$$

$$x_{\min} \leq x \leq x_{\max}, \quad (4)$$

де: $f(x) = \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)\}$ – векторна функція мети; x – вектор проектних параметрів; $g_i(x)$ – функції обмеження; m_e, m – кількість обмежень у вигляді рівностей та нерівностей; $x_{\min}, x_{\max}$ – відповідно, нижня і верхня межі зміни параметрів; k – кількість критеріїв якості.

На першій стадії функцію мети можна представити у вигляді суми двох часткових критеріїв якості:

$$\psi_0 = f_\gamma(x) = \xi_1 \frac{m_i(x)}{m_1} + \xi_2 \frac{V_i(x)}{V_1}; \quad \gamma = \overline{1, m}; \quad i = \overline{1, k}, \quad (5)$$

де: ξ_1, ξ_2 – вагові коефіцієнти часткових критеріїв якості; $m_i(x)$ маса метало-конструкції i -го модуля; $V_i(x)$ – об'єм простору, який займає i -та метало-конструкція; m_1, V_1 – маса і об'єм горизонтальних несучих елементів транспортера, геометричні параметри яких задовольняють обмеженням на деформації та напруження для заданих зовнішніх навантажень.

Горизонтальні елементи працюють на згин, тому їх жорсткість можна визначити за відомими формулами [2]. З умови міцності можна визначити основні розміри елементів метало-конструкцій залежно від схеми рами транспортера.

Функціональні обмеження запишемо в такому вигляді:

$$\psi_i = \sigma_{ei} - [\sigma] \leq 0, \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} \psi_{\gamma 1} &= x - [x] \leq 0; \\ \psi_{\gamma 2} &= y - [y] \leq 0; \\ \psi_{\gamma 3} &= \varphi - [\varphi] \leq 0; \\ \psi_{\gamma 4} &= \theta - [\theta] \leq 0, \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

де: σ_{ei} – еквівалентні напруження від деформації згину та кручення; $[\sigma]$ – допустимі напруження розтягу для матеріалу; $[x], [y], [\varphi], [\theta]$ – відповідно, допустимі лінійні та кутові деформації небезпечного перерізу метало-конструкції.

Для формування множини альтернативних варіантів рам транспортерів необхідно розв'язати оптимізаційну задачу (1) з обмеженнями, мінімізуювши функцію мети (5) за допомогою метода Куна-Такера [3], звівши вихідну оптимізаційну задачу (1) з обмеженнями (2...4) до безумовної оптимізації.

Таку задачу можна представити в такому вигляді:

$$\nabla f(x^*) + \sum \lambda_i \nabla g_i(x^*) = 0; \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \nabla g_i(x^*) &= 0, \quad i = 1, 2, \dots, m; \\ \lambda_i &= 0, \quad i = m_e + 1, 2, \dots, m, \end{aligned} \quad (9)$$

де λ_i – множник Лагранжа.

Функцію Лагранжа (9) необхідно апроксимувати відповідно до методу послідовного квадратичного програмування (SQP) так, щоб вона враховувала обмеження

$$L(x, \lambda) = f(x) + \sum_{i=1}^m \lambda_i \nabla g_i(x). \quad (10)$$

Тоді на кожній ітерації розв'язується оптимізаційна задача:

$$\begin{aligned} \min_{d \in R_H} & \frac{1}{2} d^T H_k \cdot d + \nabla f^T(x_k) d; \\ \nabla g_i^T(x_k) d + g_i(x_k) &= 0, \quad i = 1, 2, \dots, m_e; \\ \nabla g_i^T(x_k) d + g_i(x_k) &= 0, \quad i = m_e + 1, 2, \dots, m, \end{aligned} \quad (11)$$

де: R_H – множина альтернативних варіантів металоконструкцій; d – розміри поперечного перерізу; H – лінійні розміри конструкцій.

Для розв'язання оптимізаційної задачі необхідно використати спеціальні програми. Однією з них є програма для пошуку екстремуму функції мети Tolbox Matlab-5.3.1, побудована на комбінованому методі пошуку екстремуму функції мети, який об'єднує у собі алгоритм DFGS і метод проекцій. Найпростішим способом числового моделювання є проведення його для двох значень вагових коефіцієнтів: маси та габаритів рами. Для вибраної схеми розміри елементів рами можна визначити з умови міцності та стійкості.

На основі розв'язку оптимізаційної задачі вибираємо схему рами транспортера. Для вибраної схеми основні параметри рами можна визначити, дослідивши її роботу як складної системи.

Приклад розрахункової схеми рами наведено на рис. 1.

В основу математичної моделі рами можна покласти рівняння Лагранжа 2-го роду:

$$\frac{d}{dt} \cdot \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} = \frac{\partial L}{\partial q_j} - \frac{\partial R}{\partial q_j}, \quad (12)$$

де: $L = T - U$ – функція Лагранжа; T , U , R – відповідно кінетична, потенціальна та дисипативна функція; q_j – узагальнена координата.

Кінетичну енергію можна представити таким рівнянням:

$$T = \frac{1}{2} M_{01} \cdot \dot{\xi}_{11}^2 + \frac{1}{2} I_1 \cdot \dot{\beta}_1^2 + \frac{1}{2} M_{02} \cdot \dot{\xi}_{21}^2 + \frac{1}{2} I_2 \cdot \dot{\beta}_2^2 + \frac{1}{2} \left(\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m m_{ji} \cdot \dot{y}_{ji}^2 \right), \quad (13)$$

де: M_{01} , M_{02} – маси горизонтальних несучих конструкцій рами; I_1 , I_2 – моменти інерції мас; ξ , β – відповідно вертикальні та кутові переміщення мас; m_j – маси вантажів, що транспортуються; y_j – вертикальні переміщення мас вантажів; j – кількість транспортованих мас; i – кількість точок опор транспортованої маси.

Потенціальна енергія системи матиме такий вигляд:

$$U = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m C_{pji} (\xi_j - y_{ji})^2 + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n C_{kj} \left(y_j \pm \frac{l_j (z_{j1} - z_{j2})}{l_1 + l_2} \right)^2, \quad (14)$$

де: C_{pji} , C_{kj} – жорсткості відповідно елементів, що утримують маси вантажів та масу рами транспортера; z – горизонтальні координати опорних точок.

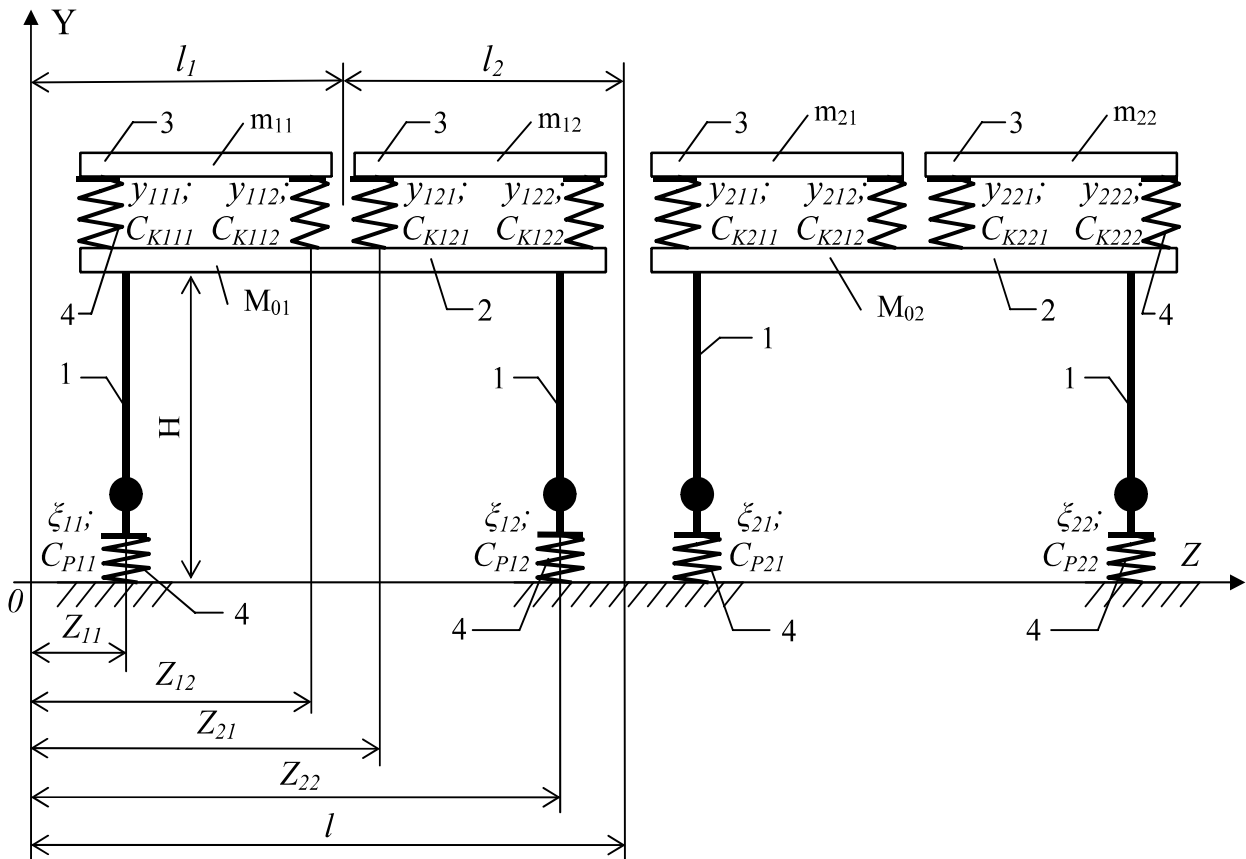


Рис. 1. Розрахункова схема рами транспортера: 1 – стійки рами; 2 – горизонтальні несучі конструкції; 3 – вантажі; 4 – пружні елементи

Дисипативну функцію можна записати в такому вигляді:

$$R = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m k_{pji} (\xi_j - y_{ji})^2 + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n k_{kj} \left(y_j \pm \frac{l_j(z_{j1} - z_{j2})}{l_1 + l_2} \right)^2, \quad (15)$$

де k_{pji} , k_{kj} – коефіцієнти в'язкого тертя відповідно елементів, що утримують вантажі та масу рами.

Отже, для прийнятої розрахункової схеми з використанням рівняння Лагранжа другого роду отримаємо систему диференціальних рівнянь, що описують вертикальні коливання дволанкової рами:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\xi}_{11} + \mu_{12} \cdot \ddot{\xi}_{12} + C_{p1} (\xi_{11} - y_{11}) + k_{p1} (\xi_{11} - \ddot{y}_{11}) &= 0; \\ \mu_{21} \cdot \ddot{\xi}_{21} + \mu_{22} \cdot \ddot{\xi}_{22} + C_{p2} (\xi_{21} - y_{21}) + k_{p2} (\xi_{21} - \ddot{y}_{21}) &= 0; \\ \mu_{11} \cdot m_{1j} \cdot \ddot{y}_m + C_{pj} (y_m - \xi_m) + C_{kj} (y_m - \xi_m) + k_{pj} (\ddot{y}_m - \ddot{\xi}_m) + k_{kj} (\ddot{y}_m - \ddot{\xi}_m) &= 0; \\ m_j \cdot \ddot{y}_j + C_k \left(y_j \pm \frac{l_j(z_{j1} - z_{j2})}{l_1 + l_2} \right) + k_k \left(\ddot{y}_j \pm \frac{l_j(\ddot{z}_{j1} - \ddot{z}_{j2})}{l_1 + l_2} \right) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Тут узагальнюючі маси μ з відповідними індексами приведені до опорних стійок рами. Їх можна визначити з таких залежностей:

$$\left. \begin{aligned} & \frac{M_{01} \cdot l_2^2 + I_1 + M_{02}(l_2 - z_{12})^2}{(l_1 + l_2)^2}; \\ \mu_{11} = \mu_{12} = \mu_{21} &= \frac{M_{01} \cdot l_1 \cdot l_2 - I_1 + M_{02}(l_2 - z_{12})(l_1 - z_{11})}{(l_1 + l_2)^2}; \\ \mu_{22} &= \frac{M_{01} \cdot l_1^2 + I_1 + M_{02}(l_1 - z_{11})^2}{(l_1 + l_2)^2}. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Рівняння, що входять у систему (16), не є незалежними у зв'язку з тим, що в них входять маси зв'язків, які у загальному випадку відмінні від нуля. За допомогою комп'ютерного моделювання можна отримати графіки коливань даної системи. Для прикладу розрахунок виконано для випадку: прольот згинальних елементів конструкції становить $l = 3$ м; висота елементів, що працюють на стиск $H = 1,0$ м; маси елементів рівні – $M_0 = 100$ кг; $m_1 = 50$ кг. профілі елементів прийняті у вигляді рівнобоких кутників. Схему опорної стійки наведено на рис. 2.

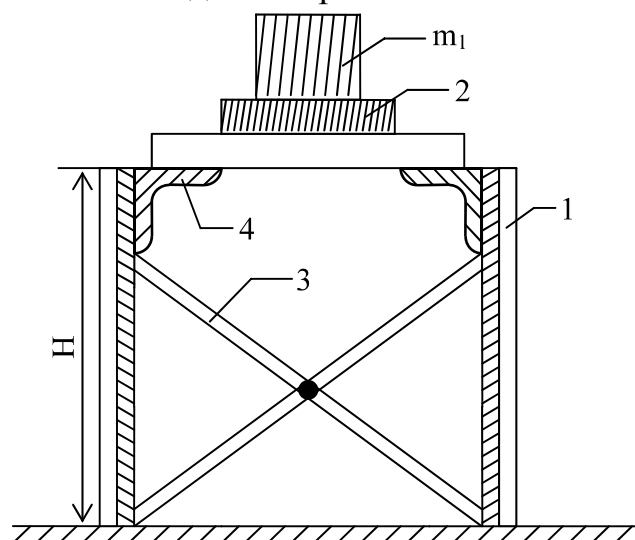


Рис. 2.
Схема опорної стійки рами транспортера:
1 – стійки рами;
2 – основа рухомого елемента;
3 – поперечини жорсткості;
4 – направляючі кутники;
 m_1 – маса вантажу;
 M_0 – маса рами транспортера

Приклад графіків вертикальних коливань елементів рами наведено на рис. 3.

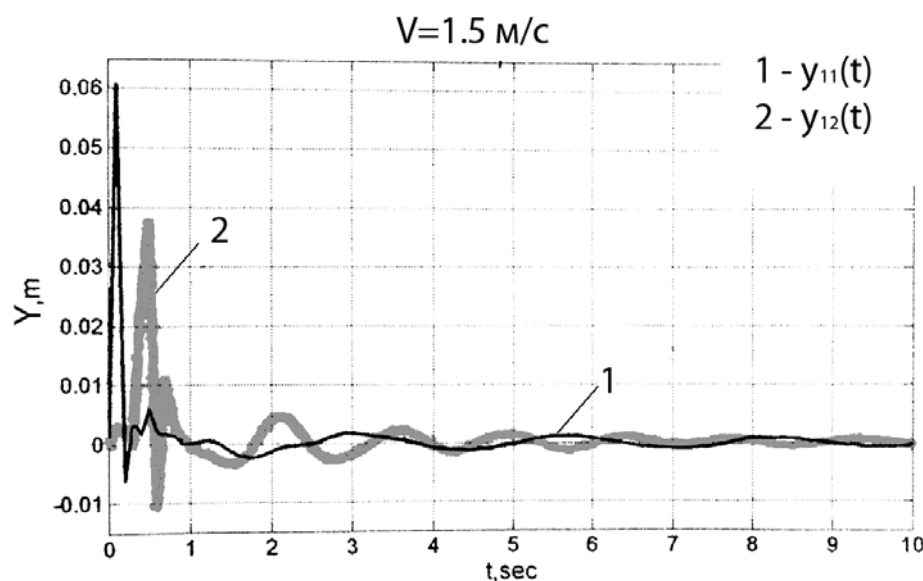


Рис. 3а.
Коливання мас транспортера (вантаж)

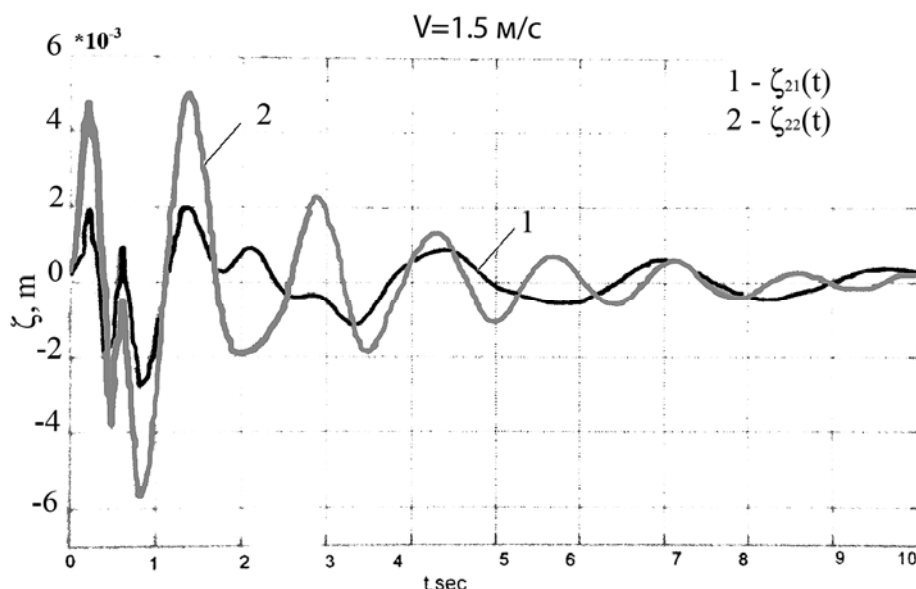


Рис. 3б.
Коливання мас
транспортера
(елементів
конструкції
рами)

З наведених графіків можна зробити висновок, що врахування пружних властивостей вантажу призводить до зменшення частоти та амплітуди коливань всіх елементів системи. Тобто амплітуда коливань зменшується, а частота збільшується, коливання відповідно затухають.

Представлена модель може бути використана при дослідженні параметричної оптимізації конформувальних параметрів транспортера як дволанкової системи.

Література

1. Кіндрацький Б., Сулим Г. Структурно-параметричний синтез металоконструкцій модуля лінійного переміщення// Математичні методи і фізико-механічні поля. – 2003, № 4. – С. 162-169.
2. Писаренко Г.С., Яковлєв А.П., Матвєєв В.В. Справочник по сопроотивленію матеріалов. – К.: Наук. думка, 1988. – 734 с.
3. Баничук Н.В. Введение в оптимизацию конструкций. – М.: Наука, 1986. – 302 с.

УДК 66.047

*Проф. Я.М. Ханик, д-р техн. наук;
ст. викл. І.О. Гузьова, канд. техн. наук;
аспір. Г.О. Мазяр – НУ "Львівська політехніка"*

ВПЛИВ НЕРІВНОМІРНОСТІ ТОВЩИНИ ШАРУ СУХОГО ДИСПЕРСНОГО МАТЕРІАЛУ НА ХАРАКТЕР ЗАЛЕЖНОСТІ ЙОГО ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ ВІД ШВИДКОСТІ ТЕПЛОНОСІЯ

На основі результатів проведених експериментальних досліджень наведено графічні залежності гідравлічного опору сухого шару піску для рівно сформованої поверхні та для поверхні, сформованої під різними кутами від швидкості теплоносія; зроблено порівняння отриманих результатів та відповідні висновки.

*Prof. Y.M. Khanyk; senior teacher I.O. Huzova; post-graduate H.O. Mazyar –
NU "Lviv polytechnica"*

The influence of inequality of the layer's thickness of the dry dispersive material on the kind of dependence of its hydraulic resistance on the heatcarrier velocity

On the basis of the experimental data the article offers graphic heatcarrier velocity dependences of the hydraulic resistance of the dry sand layer for the even-formed surface and for the surface formed at different angles. The article contains the analysis of the obtained results and corresponding conclusions.