

**І.В. Бельмас**, д-р техн. наук (ДДТУ, Дніпродзержинськ)

**І.Т. Бобильова**, асист. (ДДТУ, Дніпродзержинськ)

## **НАПРУЖЕНИЙ СТАН СТРІЧКИ ПІДВІСНОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ СИПКИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**

*Побудовано та розв'язано математичну модель напружено-деформованого стану стрічки підвісного конвеєра. Визначено коефіцієнт концентрації напружень у стрічці.*

*Построена математическая модель напряженно-деформированного состояния ленты подвешенного конвейера и найдено ее решение. Определен коэффициент концентрации напряжений в ленте.*

*Built and the decision of mathematical model of ribbon of the suspended conveyer is found. The coefficient of concentration of tension in a ribbon certainly.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Транспортування окремих харчових продуктів, що можуть розпорошуватися, зокрема при збільшених кутах нахилу, може бути здійснено спеціальним підвісним конвеєром. На такому конвеєрі плоскій стрічці на перехідній ділянці надається замкнена краплеподібна форма. На цій же ділянці відбувається завантаження матеріалу, що підлягає транспортуванню. Упровадження такого конвеєра стримується відсутністю методики вибору конструкції ділянки надання плоскій стрічці замкненого перерізу.

У роботі [1] обґрунтовано вибір параметрів ділянки конвеєра на якій стрічці боковими роликками надаються збільшені кути нахилу її країв.

**Мета та завдання статті.** Мета статті полягає в обґрунтуванні параметрів ділянки надання стрічці краплеподібної форми.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Конвеєрні стрічки здебільшого мають ортотропну композитну побудову. Вони мають поздовжні елементи, що сприймають силу розтягування стрічки. На конвеєрі (рис. 1) стрічка 1 за допомогою замка 2 створює замкнену конструкцію. Ця конструкція виступами 3 на стрічці спирається на ролики 4 з осями, що обертаються в підшипниках 5. Віднесемо стрічку (рис. 2) до ортогональної системи координат.

Значна зміна форми стрічки в процесі її деформування зводить задачу визначення її напружено-деформованого стану до геометрично нелінійної. Для спрощення задачі будемо вважати, що крок роз-

ташування тягових елементів ( $t$ ) на перехідній ділянці не змінюється. У гумі між тяговими елементами виникають лише напруження, зумовлені відносним зсувом суміжних тягових елементів. Кількість тягових елементів парна та становить  $M$ . Знехтуємо товщиною тягових елементів та стрічки. Таке спрощення дозволяє вважати, що поздовжні тягові елементи в процесі деформування залишаються прямолінійними. Сумістимо стрічку з площиною та отримаємо її розгортку (рис. 3).

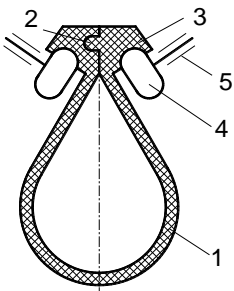


Рисунок 1 – Схема перерізу стрічки підвісного конвеєра

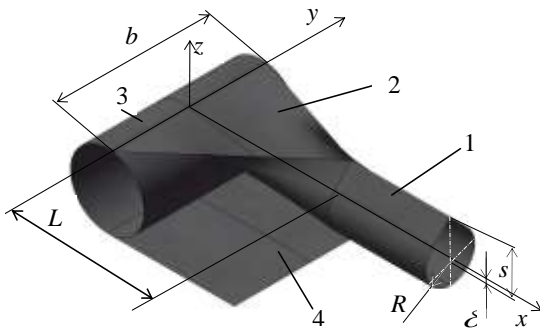


Рисунок 2 – Перехідна ділянка

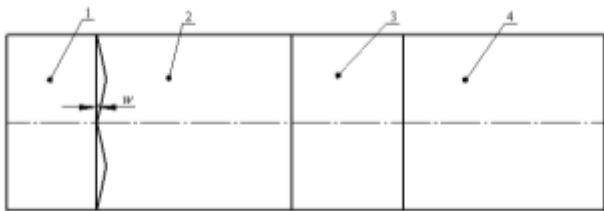


Рисунок 3 – Розгортка поверхні перехідної ділянки

Краплеподібну форму поперечного перерізу стрічки на першій ділянці задамо двома прямими лініями та дугою кола, дотичною до них. Визначимо величину умовного зазору, що утворюється між поздовжніми тяговими елементами першої та другої ділянок після розгорткування стрічки. При цьому врахуємо наступне. Значення координат точок, що належать  $i$ -тим тяговим елементам у перерізі  $x=0$  (на межі поміж другою та третьою ділянками), складають:

$$0 \leq y_i(x=0) \leq b/2, \quad z_i(x=0) = 0. \quad (1)$$

У перерізі забезпечення повного профілю стрічки  $x=L$ .

$$y_i(x=L) = \begin{cases} \sin\left(\pi i \frac{t}{b}\right)R & i \leq \alpha \frac{b}{2 \pi t}, \\ \sin(\alpha - \pi/2) \left(\frac{M}{2} - i\right), & i > \alpha \frac{b}{2 \pi t}, \end{cases} \quad (2)$$

$$z_i(x=L) = \begin{cases} -\cos\left(\pi i \frac{t}{b}\right)R + \delta, & i \leq \alpha \frac{b}{2 \pi t}, \\ \cos(\alpha - \pi/2) \left(\frac{M}{2} - i\right)t - \cos(\alpha)R + \delta, & i > \alpha \frac{b}{2 \pi t}. \end{cases} \quad (3)$$

де  $2\alpha$  – кут дуги кола краплеподібного перерізу;  
 $R$  – радіус дуги кола краплеподібного перерізу.

З урахуванням конструкції перехідної ділянки та ширини стрічки мають виконуватися такі умови:

$$\begin{aligned} (\pi - \alpha)R + \sin(\pi - \alpha)R &= \frac{b}{2}, \quad \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right) \frac{M}{2} \frac{t}{R} < \sin(\pi - \alpha), \\ R &< \frac{b}{2\pi}, \quad \alpha > \frac{\pi}{2}. \end{aligned}$$

Отримані значення координат дозволяють визначити функцію, що описує величину умовного розриву тягових елементів  $w_i$ . Розкладемо її в ряд

$$w_i = \sum_{m=1}^{M/2} \delta_m \cos\left(\frac{2 \pi m}{M}(i - 0,5)\right). \quad (4)$$

Сили взаємодії стрічки та циліндричного барабана рівномірно розподілені по ширині стрічки. Для визначення впливу ділянки зміни форми стрічки на перерозподіл сил по її ширині, знехтуємо силами взаємодії барабана та стрічки. Четверта ділянка також не навантажена зовнішніми силами. У розрахунковій схемі третю та четверту ділянки

об'єднаємо в одну, а стрічку розглянемо як складену з трьох відрізків: перший відрізок; другий відрізок  $0 = x = L$ ; третій відрізок  $L \leq x \leq \infty$ .

Переміщення тягових елементів та внутрішні зусилля в них мають такий вигляд [1]:

$$u_{k,i} = \sum_{i=1}^{M/2} \left( A_{k,m} e^{\beta_m x} + B_{k,m} e^{-\beta_m x} \right) \cos \left( \frac{2 \pi m}{M} (i - 0,5) \right) + \quad (5)$$

$$+ \frac{N x}{E F M} + c_k,$$

$$p_{k,i} = EF \sum_{i=1}^{M/2} \left( A_{k,m} e^{\beta_m x} - B_{k,m} e^{-\beta_m x} \right) \times \frac{N}{M}, \quad (6)$$

$$\times \beta_m \cos \left( \frac{2 \pi m}{M} (i - 0,5) \right)$$

$$\text{де } \beta_m = \sqrt{2 \frac{G \cdot h}{(t-d) \cdot E \cdot F} \left( 1 - \cos \frac{2 \pi m}{M} \right)}, \quad 1 \leq m \leq \frac{M}{2};$$

$A_{k,m}, B_{2,m}, c_k$  – невідомі сталі інтегрування;

$G$  – модуль зсуву гуми;

$h, d$  – товщина стрічки та діаметр тягових елементів;

$E, F$  – приведений модуль пружності матеріалу тягового елемента та площа його перерізу;

$k$  – номер ділянки;

$N$  – зусилля розтягу стрічки на ділянці надання їй краплеподібної форми.

Відзначимо, що обмеженість деформацій та зусиль у тросах стрічки при зростанні абсолютних значень координати  $x$  зумовлює прийняття значень наступних сталих  $B_{1,m} = A_{3,m} = 0$ . Величини  $c_k$  визначають переміщення ділянок стрічки як жорстких тіл. Умови сумісності деформування ділянок:

$$\text{якщо } x=0 \quad u_{1i} = u_{2i}, \quad p_{1i} = p_{2i};$$

$$\text{якщо } x = L \quad u_{2i} - u_{3i} = w_i, \quad p_{3i} = p_{2i}.$$

Підставивши (5) та (6) в умови сумісності деформування ділянок, ураховавши (1), маємо значення сталих  $c_2 = 0, \quad c_1 = c_3 = \delta_0$ . та систе-

му алгебраїчних рівнянь для визначення інших незалежних сталих:

$$\begin{cases} A_{1,m} - A_{2,m} - B_{2,m} = 0, \\ A_{2,m}e^{\beta_m L} + B_{2,m}e^{-\beta_m L} - B_{3,m}e^{-\beta_m L} = \delta_m, \\ A_{1,m} - A_{2,m} + B_{2,m} = 0, \\ A_{2,m}e^{\beta_m L} - B_{2,m}e^{-\beta_m L} + B_{3,m}e^{-\beta_m L} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Залежності (5), (6) дозволяють визначати напружено-деформований стан гумотросової стрічки. Найбільші значення сил реалізуються в крайніх тягових елементах стрічки. Їх значення, віднесені до навантаження на тяговий елемент, складає коефіцієнт концентрації напружень

$$K = \frac{E F M}{N} \left[ \sum_{i=1}^{M/2} (A_{2,m}e^{\beta_m L} - B_{2,m}e^{-\beta_m L}) \beta_m \cos\left(\frac{\pi m}{M}\right) + 1 \right]. \quad (8)$$

Максимальні зусилля можна зменшити підняттям барабана на величину

$$\delta = 0,4(s - R).$$

**Висновки.** Визначена величина коефіцієнта концентрації напружень у стрічці підвісного конвеєра дозволяє підбирати стрічку за відомими методиками, урахувавши знайдений коефіцієнт. У конструкції конвеєра треба передбачати встановлення барабана вище на визначену величину  $\delta$ .

#### *Список літератури*

1. Бельмас, И. В. Влияние геометрии участка лоткообразования на напряженное состояние ленты конвейера [Текст] / И. В. Бельмас, И. Т. Сабурова // Сборник научных трудов Днепропетровского государственного технического университета. Сер. Технические науки (юбилейный выпуск). – 2000. – Т. 2. – С. 306–309.

Отримано 30.03.2011. ХДУХТ, Харків.

© І.В. Бельмас, І.Т. Бобильова, 2011.