

ISSN 0554-2081

ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

**МІЖВІДОМЧИЙ
ТЕМАТИЧНИЙ
НАУКОВИЙ
ЗБІРНИК**

45

І.Й. КОВАЛЬ

М.І. ЮХНО, К.В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ, кандидати техн. наук
Український державний університет харчових технологій

ДИНАМІКА ОБТЯГУВАННЯ ПЛІВКОЮ ПАКЕТ-ПІДДОНІВ

Досліджено динаміку пристрою для обтягування пакет-піддонів плівкою, що розтягується. Виведено нелінійні диференціальні рівняння руху мас. Визначено параметри системи, що зменшують динамічні складові пружних навантажень.

Пакет-піддонні технології перевезення склотари та готової продукції набули значного поширення, і сучасні прогнози їх подальшого розвитку одноставно оптимістичні. Звичайно пакет-піддони мають форму паралелепіпеда, і машинне обтягування їх плівкою здійснюється внаслідок їх обертання та “змотування” плівки з барабана, якому надається зворотно-поступальний рух по вертикальній напрямній для утворення гвинтової намотки. Плівка при цьому “ведеться” вертикальним ребром пакета. Незважаючи на те що значення радіуса ребра є величиною сталою, швидкість змотування плівки весь час змінюється. У зв’язку з цим внаслідок інерційних явищ порушується рівномірний натяг плівки, що певним чином відображається на міцності майбутнього пакета. Усувають цей недолік двома шляхами. Перший з них – це підгальмовування барабана з плівкою та регулювання моменту опору його обертання, а другий – регулювання швидкості обертання пакета. Кожен з цих шляхів має свої недоліки та переваги, проте успішне їх втілення можливе лише за умов наявності теоретичних положень, які відображають фізичну суть явищ.

Зміна швидкості змотування плівки є не єдиною причиною вказаного недоліку. Довжина ділянки плівки між ведучим ребром та барабаном також змінна, і це визначає змінний характер жорсткості, яка є важливим динамічним параметром.

У зв’язку з викладеним виникає потреба у розробленні теоретичних положень, що описують цей процес.

Розв’язання задачі почнемо з пошуку геометричних зв’язків. Звичайно в плані пакет-піддон має форму прямокутника. Позначимо його

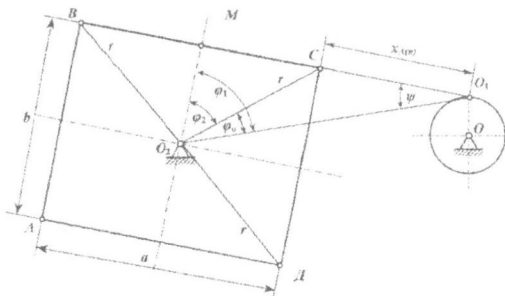


Рис. 1. Схема до визначення геометричних зв'язків

сторони через a та b (рис. 1). Кінематика та динаміка процесу описується певними залежностями на етапах повороту пакет-піддона на кути $\varphi_{(к)}^I$ та $\varphi_{(к)}^{II}$. Позначивши відстань O_2C як r , визначимо ці кути.

З рисунка видно, що

$$\psi_{(к)}^I = \arcsin \frac{b}{2l_{O_1O_2}}; \quad (1)$$

$$\psi = \arctg \frac{r \sin(\varphi + \varphi_o)}{l_{O_1O_2} - r \cos(\varphi + \varphi_o)}. \quad (2)$$

Показане на рис. 1 положення пакета та барабана відповідає завершенню I етапу (ведуче ребро B). Початок наступного етапу має місце від моменту контакту плівки з ребром C . Тут справедливі такі геометричні співвідношення:

$$\varphi_{(к)}^I = \frac{\pi}{2} - \psi_{(к)}^I + \psi_o = \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{b}{2l_{O_1O_2}} + \arcsin \frac{a}{2l_{O_1O_2}}; \quad (3)$$

$$\varphi_{(к)}^{II} = \pi - \varphi_{(к)}^I = \frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{b}{2l_{O_1O_2}} - \arcsin \frac{a}{2l_{O_1O_2}}. \quad (4)$$

Нехай відстань $l_{O_1O_2}$ та кутова швидкість обертання пакета відомі (рис. 2). Визначимо величину x_A , яка відповідає довжині плівки:

$$x_A = l_{O_1O_2} \cos \psi - r \cos(\varphi + \varphi_o + \psi). \quad (5)$$

Після підстановки (2) в (5) дістанемо

$$x_A = l_{O_1O_2} \cos \arctg \frac{r \sin(\omega t + \varphi_o)}{l_{O_1O_2} - r \cos(\omega t + \varphi_o)} - r \cos \left(\varphi_o + \arctg \frac{r \sin(\omega t + \varphi_o)}{l_{O_1O_2} - r \cos(\omega t + \varphi_o)} + \omega t \right). \quad (6)$$

На момент завершення I етапу в контакт з плівкою ввійде ребро С (див. рис.1).

Якщо кутова швидкість обертання пакет-піддона відома, то маємо можливість визначити час завершення першого етапу

$$t_{(k)}^I = \frac{\varphi_{(k)}^I}{\omega} = \frac{\frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{b}{2l_{O_1O_2}} - \arcsin \frac{a}{2l_{O_1O_2}}}{\omega} \quad (7)$$

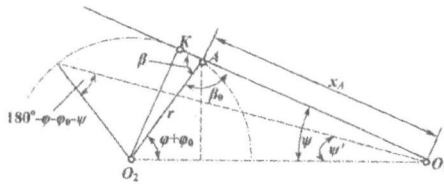
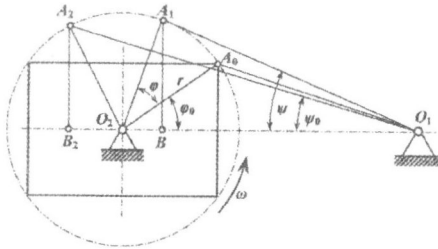


Рис. 2. Схеми загального положення

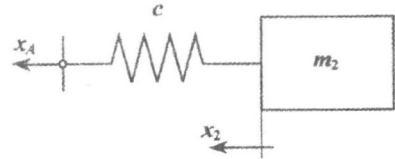


Рис. 3. Розрахункова модель до випадку усталеного руху

Щоб визначити кінематичні параметри процесу обтягування плівкою, треба двічі продиференціювати вираз (6), діставши при цьому швидкості та прискорення.

Для дослідження динаміки усталеного руху складемо динамічну модель, яка описує процес (рис. 3).

Рівняння руху веденої маси в цьому випадку записується у вигляді

$$m_2 \ddot{x}_2 = c(x_A - x_2) - P_{on}, \quad (8)$$

де x_2 – координата переміщення веденої маси; c – жорсткість пружного елемента

$$c = EF/x_A; \quad (9)$$

E – модуль пружності, Па; F – площа поперечного перерізу плівки, m^2 .

Підставивши c та x_A у (8), дістанемо

$$m_2 \ddot{x}_2 = \frac{EF}{l_{O_1O_2} \cos \arctg \frac{r \sin(\varphi + \varphi_0)}{l_{O_1O_2} - r \cos(\varphi + \varphi_0)} - r \cos(\varphi + \varphi_0) + \arctg \frac{r \sin(\varphi + \varphi_0)}{l_{O_1O_2} - r \cos(\varphi + \varphi_0)} \times \left(l_{O_1O_2} \cos \arctg \frac{r \sin(\varphi + \varphi_0)}{l_{O_1O_2} - r \cos(\varphi + \varphi_0)} - r \cos \left(\varphi + \varphi_0 + \arctg \frac{r \sin(\varphi + \varphi_0)}{l_{O_1O_2} - r \cos(\varphi + \varphi_0)} \right) - x_2 \right) - P_{on}. \quad (10)$$

Початкові умови для розв'язання рівняння (10)

$$t_{(n)} = 0; \quad x_{2(n)} = x_{A(n)}; \quad \dot{x}_{2(n)} = \frac{\dot{x}_{A\max} + \dot{x}_{A\min}}{2}. \quad (11)$$

Навантаження плівки

$$P_{np} = c(x_A - x_2). \quad (12)$$

Розрахунки виконуємо для двох етапів, оскільки протягом цих етапів значення φ_0 будуть різними.

Очевидно, що значення $x_2 = x_2(t)$ і $P_{np} = P_{np}(t)$ залежать від величин a , b та $l_{O_1O_2}$ у своєму безпосередньому впливі. Разом з тим, має вплив жорсткість, яка за інших рівних умов залежить від вибраного $l_{O_1O_2}$.

Отже, до зовнішніх параметрів впливу належать кутова швидкість ω і відстань $l_{O_1O_2}$. Проте кутова швидкість обертання пакета певним чином регламентується пропускною здатністю системи, але якийсь діапазон вибору все-таки існує.

Хоча маса бобіни протягом роботи суттєво змінюється, проте це визначає лише різні рівні навантаження та різну динаміку у міру витрачання плівки. Однак цей вплив на динаміку обтягування окремо взятого пакет-піддона залежить від маси бобіни, хоча всі залежності зберігаються.

На рис. 4 показано результати розрахунків для визначення пружних зусиль, які здійснювалися з використанням програми "Mathcad 7 Pro" за таких значень параметрів:

$$m_2 = 20 \text{ кг}; \quad EF = 5000; 20000 \text{ Н}; \quad l_{O_1O_2} = 1,2r;$$

$$r = 0,72 \text{ м}; \quad \omega = 1,57 \text{ с}^{-1}; \quad P_{on} = 150 \text{ Н}.$$

З рисунка видно, що вказаний набір параметрів системи запобігає від'ємним натягам плівки і дає задовільний результат.

Висновки. Основні результати виконаних досліджень формулюються так:

одержано взаємозв'язки між геометричними та кінематичними параметрами пристрою для обтягування плівкою пакет-піддонів і виведено залежність для визначення довжини плівки;

створено математичну модель динаміки перехідного процесу розгону системи "пакет-піддон-плівка-бобіна", виведено нелінійні диференціальні рівняння руху мас і визначено початкові умови;

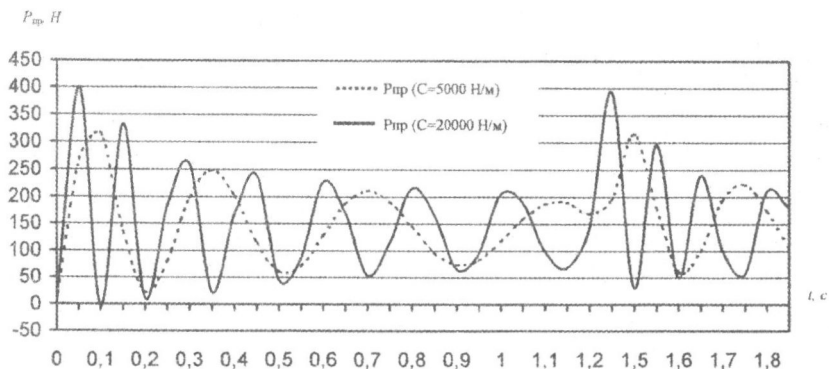


Рис. 4. Графіки пружних навантажень плівки для I і II етапів усталеного руху

виконано чисельне розв'язання рівняння руху та проаналізовано одержані розв'язки за певних значень параметрів системи. Встановлено, що наявність коливальних процесів, пов'язаних зі змінною швидкістю ведучої маси, може супроводжуватись від'ємними розрахунковими значеннями пружних сил. Уникнути таких показників вдається за рахунок підвищення сили опору переміщенню веденої маси;

збільшення довжини плівки протягом кожного з етапів зумовлює зменшення жорсткості, що відображається зменшенням динамічних складових пружних навантажень за інших рівних умов.

Надійшла до редколегії 16.11.99 р.

Исследована динамика приспособления для обтягивания пакет поддонов растягивающейся пленкой. Выведены нелинейные дифференциальные уравнения движения масс. Определены параметры системы, которые уменьшают динамические составляющие упругих нагрузок.