



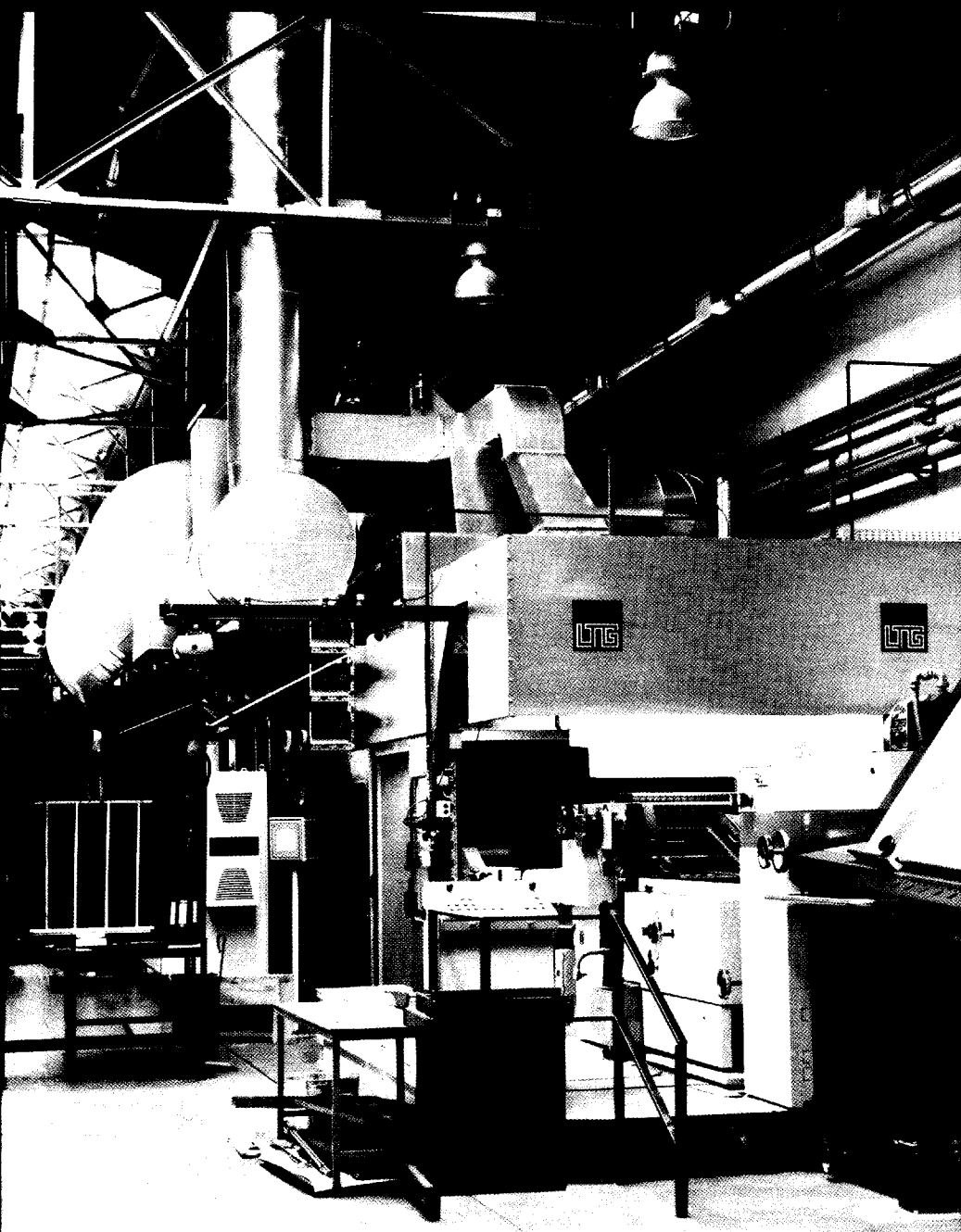
ISSN № 2225-2975

# упаковка®

Журнал для виробників та споживачів тари і упаковки

**6'2013**  
[www.upakjour.com.ua](http://www.upakjour.com.ua)

**mp**  
metall print



**Литографія на жести  
для упаковки**

**>> Стр. 8**

# Компенсатори систем подачі рулонних пакувальних матеріалів

М.А. Масло, к.т.н., Національний університет харчових технологій, м. Київ

Однією з основних тенденцій сучасного етапу розвитку і удосконалення пакувальних технологій є стрімке збільшення продуктивності пакувальних машин і подальша уніфікація пакувального обладнання на основі модульного принципу його компонування [1]. Для машинного забезпечення технологічних процесів пакування на підприємствах харчової промисловості широко застосовуються машини автоматичної дії з реалізацією безперервних процесів пакування харчових продуктів у пакувальні матеріали, які подаються з рулонів у вигляді безперервного полотна. Застосування таких матеріалів дає можливість створювати сучасні технічні комплекси з окремих функціональних модулів і сприяє інтенсифікації процесів виготовлення споживчих упаковок. Це передбачає поряд із виконанням операцій виготовлення упаковок одночасно здійснювати операції пакування продукції. Загальна ефективність експлуатації сучасного пакувального обладнання залежить від надійного функціонування всіх окремих функціональних модулів, які входять до складу пакувальних машин, але, як показує досвід виготовлення та налагодження обладнання такого типу, найбільш чутливими до зміни параметрів руху полотна і незначних коливань фізико-механічних характеристик пакувальних матеріалів є механізми їхньої подачі, формування конструктивних елементів упаковки, утворення з'єднувальних швів і відокремлення одиничних упаковок. Досвідом експлуатації, а також аналітичними та експериментальними дослідженнями встановлено, що найбільш стабільна робота вказаних механізмів забезпечується за умови мінімальних зусиль у полотні пакувального матеріалу, коли деформації полотна матеріалу під дією прикладених зусиль також є мінімальними.

Необхідна мінімізація зусиль у полотні рулонного пакувального матеріалу ускладнюється тим, що робочі органи окремих механізмів працюють циклічно в дискретних режимах із розгоном, гальмуванням і зупинками на необхідний вистій полотна матеріалу. Отже, полотно пакувального матеріалу рухається зі значними прискореннями у фазах розгону і гальмування, що викликає чималі динамічні навантаження в полотні матеріалу. Так як основна частина маси пакувального матеріалу знаходиться в рулоні, який приводиться до руху механізмами подачі полотна, саме інерційна маса рулону є основним джерелом виникнення динамічних навантажень у полотні матеріалу.

На рис. 1 подано схеми силового навантаження полотна пакувального матеріалу (рис. 1а) і силового навантаження опорного вузла рулоноотримача (рис. 1б) у процесі обертального руху рулону.

Диференціальне рівняння обертального руху рулону може бути записане у вигляді:

$$J\ddot{\varphi} = M_F - M_W, \quad (1)$$

де  $J$  — момент інерції рулону,  $J = \frac{mR^2}{2}$ ;

$m$  — маса рулону;

$R$  — радіус рулону;

$\varphi$  — кутове прискорення обертального руху рулону,  $\ddot{\varphi} = \frac{d\dot{\varphi}}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$ ;

$\varphi$  — кут повороту рулону;

$M_F$  — рушійний крутний момент, що приводить до обертального руху рулону,  $M_F = F \cdot R$ ;

$F$  — сила, що прикладена до рулону з боку полотна пакувального матеріалу, тобто сила, якою навантажене полотно;  $M_W$  — момент сил опору в роликах опорного вузла рулоноотримача,  $M_W = W \cdot d$ ;

$W$  — сила опору кочення штанги рулоноотримача по роликах опорного вузла,  $W = w \cdot N$ ;

$w$  — коефіцієнт опору обертальному руху рулону в опорному вузлі,  $w = \frac{2k}{d_p}$ ;

$k$  — коефіцієнт тертя кочення штанги рулоноотримача по роликах опорного вузла;

$d_p$  — діаметр опорних роликів;

$N$  — нормальні реакції опорних роликів на штангу рулоноотримача,  $N = \frac{mg}{2 \cos \alpha}$ ;

$\alpha$  — кут установки опорних роликів. Тоді з урахуванням значень параметрів, що входять до диференціального рівняння обертального руху рулону, рівняння (1) набуває вигляду:

$$\frac{mR^2\ddot{\varphi}}{2} = F \cdot R - \frac{wmgd}{2 \cos \alpha} \quad (2)$$

або

$$F \cdot D_p = mR^2\ddot{\varphi} + \frac{wmgd}{\cos \alpha}, \quad (3)$$

де  $D_p$  — діаметр рулону пакувального матеріалу.





З рівняння (3) визначаємо зусилля  $F$ , яке необхідно прикласти до рулону з боку полотна пакувального матеріалу для забезпечення реалізації певного закону обертального руху рулону  $\varphi = \varphi(t)$ , тобто руху рулону з кутовим прискоренням  $\ddot{\varphi}$ :

$$F = \frac{mR^2 \ddot{\varphi}}{D_p} + \frac{wmgd}{D_p \cos \alpha} \quad (4)$$

або

$$F = F_{\text{дин}} + F_{\text{см}}, \quad (5)$$

де  $F_{\text{дин}}$  — динамічна складова навантаження полотна пакувального матеріалу:

$$F_{\text{дин}} = \frac{mR^2 \ddot{\varphi}}{D_p}; \quad (6)$$

$F_{\text{см}}$  — статична складова навантаження полотна пакувального матеріалу:

$$F_{\text{см}} = \frac{wmgd}{D_p \cos \alpha}. \quad (7)$$

При усталеному обертальному русі рулону, коли кутова швидкість  $\omega = \text{const}$ , тобто  $\ddot{\varphi} = \frac{d\omega}{dt} = 0$ , динамічна складова навантаження полотна дорівнює нулю. Зусилля у полотні матеріалу у цьому випадку буде мінімальним і становитиме тільки статичну складову навантаження, тобто  $F = F_{\text{см}} = \frac{wmgd}{D_p \cos \alpha}$ .

Для забезпечення оптимальних режимів роботи систем подачі рулонних

пакувальних матеріалів зі стабільними мінімальними навантаженнями полотна в пакувальному обладнанні застосовуються компенсатори натягу полотна пасивної та активної дії.

На рис. 2 наведена схема компенсатора пасивної дії, що складається із системи рухомих і нерухомих роликів, які по черговою огинають полотно пакувального матеріалу, що розмотується з рулону [2]. Пакувальний матеріал, що накопичений у компенсаторі, під час робочого ходу механізму протягування полотна з мінімальним зусиллям подається до виконавчих механізмів пакувальної машини, тобто компенсатор розвантажується від накопиченого матеріалу. При цьому коромисло з рухомими роликами піднімається і запас його потенціальної енергії збільшується.

Під час зупинки механізму протягування полотна внаслідок інерційності рулону, який продовжує обертатися, у компенсаторі відбувається накопичення пакувального матеріалу, коромисло компенсатора опускається і потенціальна енергія компенсатора трансформується в кінетичну енергію руху полотна, яка підтримує усталений обертальний рух рулону. Для ефективної компенсації натягу полотна компенсатори повинні мати достатньо високу частоту власних ко-

ливань і високу чутливість до зміни натягу полотна.

Отже, компенсатори пасивної дії реалізують два завдання:

- перше — накопичення компенсатором необхідної кількості пакувального матеріалу для забезпечення одного циклу роботи пакувальної машини під час мінімального силового впливу на полотно матеріалу;
- друге — накопичення необхідної кількості потенціальної енергії в компенсаторі для забезпечення сталої кутової швидкості обертального руху рулону в процесі реалізації одного циклу роботи пакувальної машини.

Мінімальне зусилля у полотні матеріалу забезпечується накопиченням певної кількості матеріалу у компенсаторі під час зупинки полотна, коли полотно ненавантажене рушійною силою з боку робочих органів механізму протягування полотна, тобто  $F = 0$ . Тоді стан рівноваги коромисла компенсатора визначиться залежністю:

$$m_k g l_c = c x a, \quad (8)$$

де  $m_k$  — маса коромисла компенсатора;  $c$  — жорсткість пружини компенсатора;  $x$  — деформація пружини компенсатора;

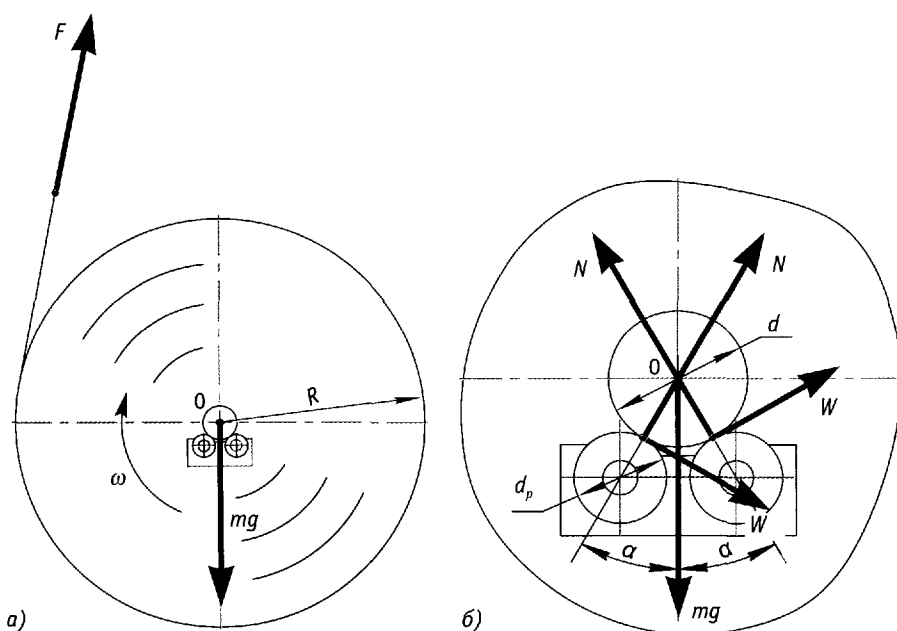


Рис. 1. Схеми силового навантаження в рулонодержачі: силове навантаження полотна пакувального матеріалу (а); силове навантаження штанги рулонодержача (б)

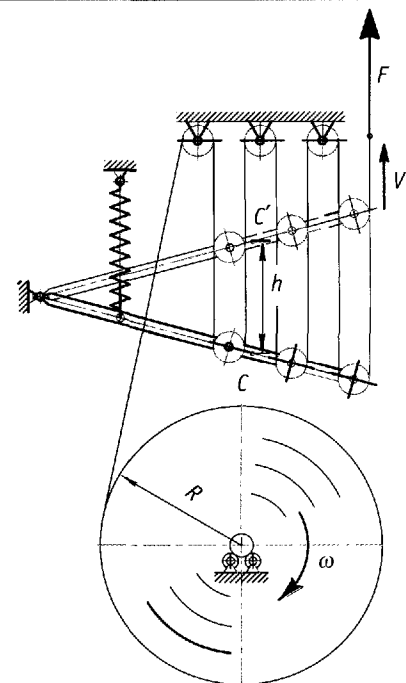


Рис. 2. Схема компенсатора натягу полотна пасивної дії

$l_c, a$  — геометричні параметри компенсатора.

Під час прикладання рушійного зусилля з боку робочих органів механізму протягування полотна, тобто коли  $F > 0$ , порушується умова рівноваги і коромисло компенсатора піднімається. Якщо знехтувати опором переміщення полотна на відхиляючих роликках компенсатора, то рух коромисла компенсатора вгору буде тривати доти, доки знову не настане умова рівноваги. Тоді рівняння рівноваги коромисла компенсатора набуде вигляду:

$$m_k g l_c = c \Delta x + 2F n k, \quad (9)$$

де  $\Delta x$  — зменшення деформації пружини;

$n$  — число рухомих роликків компенсатора;

$k$  — геометричний параметр компенсатора.

У цьому випадку величина зусилля у полотні пакувального матеріалу визначиться залежністю:

$$F = \frac{m_k g l_c - c \Delta x a}{2 n k}. \quad (10)$$

При цьому величина потенціальної енергії, накопиченої у компенсаторі буде визначатись виразом:

$$E_{II} = m_k g h - c \Delta x^2, \quad (11)$$

де  $h$  — висота підйому (хід) центру мас коромисла компенсатора.

Під час зупинки руху полотна матеріалу з боку робочих органів механізму протягування накопичена в компенсаторі потенціальна енергія буде виконувати роботу з розмотування полотна матеріалу з рулону, тобто підтримувати обертальний рух рулону.

Робота сил переміщення полотна матеріалу за один цикл роботи машини буде становити:

$$A_p = \frac{m_p w g d l}{2 R \cos \alpha}, \quad (12)$$

де  $l$  — переміщення полотна матеріалу за один цикл роботи машини.

Кількість потенціальної енергії, накопиченої в компенсаторі, повинна бути достатньою для виконання роботи з переміщення полотна матеріалу за один цикл роботи машини, тобто  $E_{II} = A_p$ . Тоді необхідна висота підйому (хід) центру мас коромисла компенсатора повинна становити:

$$h = \frac{\frac{m_p w g d l}{2 R \cos \alpha} + c \Delta x^2}{m_k g}. \quad (13)$$

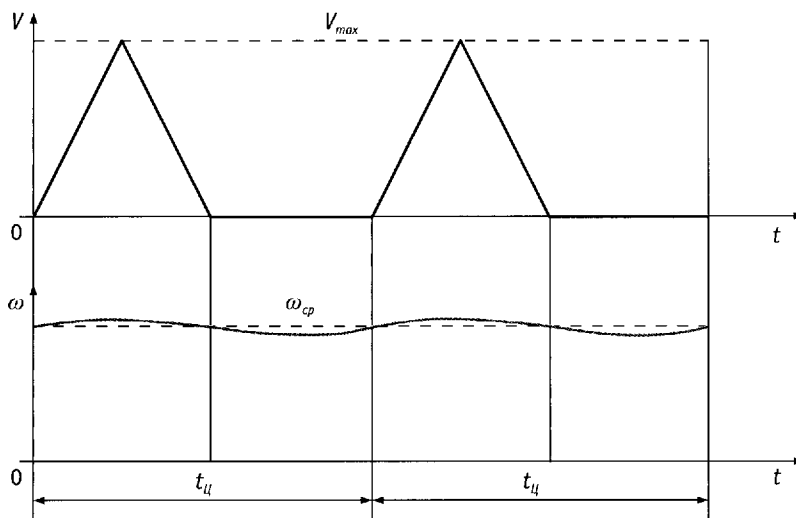


Рис. 3. Зміна швидкості переміщення полотна пакувального матеріалу  $V$  і кутової швидкості обертального руху рулону  $\omega$

За умови правильного визначення геометричних, кінематичних і динамічних параметрів використання компенсаторів натягу полотна пасивної дії забезпечує майже рівномірне обертання рулонів під час циклічних і дискретних режимів роботи механізмів протягування полотна пакувального матеріалу (рис. 3).

Проведені теоретичні дослідження систем подачі рулонних пакувальних матеріалів показують, що динамічна складова сили інерції рулону на один-два порядки більша, ніж статична складова сил опору обертального руху рулону опорних вузлів рулонотримачів різних конструкцій.

Отже, застосування компенсаторів пасивної дії забезпечує зменшення зусиль у системах подачі полотна рулонного пакувального матеріалу у десятки і навіть сотні разів, що підтверджується попередньо проведеними експериментальними дослідженнями цих механізмів.

### Література

1. Гавва О.М. Пакувальне обладнання: підруч. / Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І., Кохан О.О. — К.: ІАЦ «Упаковка», 2010. — 744 с.
2. Машини-автомати для упаковки пищевых продуктов: Справ. / В.А. Благодарский, Н.С. Колесник, М.С. Зиновьев. — К.: Техника, 1985. — 227 с. ✓

### Компенсаторы систем подачи рулонных упаковочных материалов

Н.А. Масло, к.т.н.

Механизмы подачи рулонных упаковочных материалов, формирования конструктивных элементов упаковки, образования соединительных швов и отделения упаковочных единиц в упаковочных машинах наиболее чувствительны к изменению параметров движения полотна и незначительных колебаний физико-механических характеристик упаковочных материалов.

В статье автор представляет результаты теоретических исследований работы систем подачи рулонных упаковочных материалов и обеспечения стабильных минимальных нагрузок на полотно упаковочного материала.

Также автор установил, что при правильном использовании конструктивного решения компенсаторы пассивного действия обеспечат уменьшение усилий в системах подачи полотна в десятки и даже сотни раз.

**Ключевые слова:** рулонный упаковочный материал; упаковочная машина; компенсатор пассивного действия; рулонодержатель.

### Compensators of systems supply of roll packing materials

N.A. Maslo, Ph.D.

Feeders of roll packing materials, the formation of structural components of the package, the formation of connective joints and separation of packing units in packaging machines, the most sensitive to changes in the parameters of movement of film and minor fluctuations of physical and mechanical properties of packaging materials.

The article presents the results of theoretical investigations systems of supply of roll packing materials and ensure a stable minimum loads on the packaging material.

The author also found that when used properly, constructive solutions passive joints would ensure reduction efforts in the system of supply film in the tens and even hundreds of times.

**Key words:** roll packaging material; packaging machine; compensator passive action; roll holder.