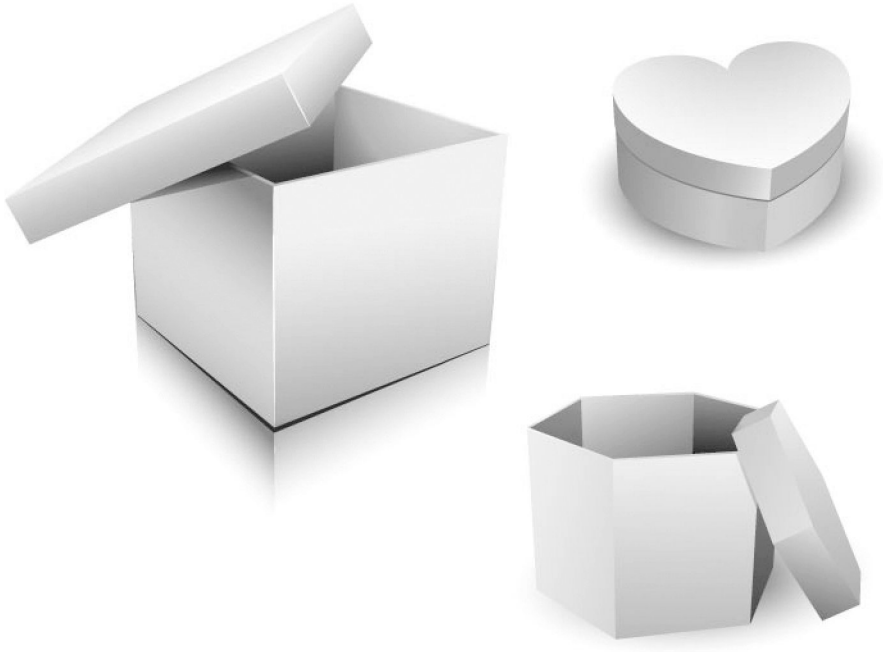
Міністерство освіти і науки України
Клуб пакувальників України
Національний університет харчових технологій
АТ «Київський міжнародний контрактовий ярмарок»

Матеріали доповідей X Науково-практичної конференції молодих вчених «Новітні технології пакування»

Додаток до журналу «Упаковка®»



Київ — 2014

Особливості кінематики гравітаційних пристроїв у лініях пакування харчової продукції

О.В. Коваль, В.А. Піддубний, д.т.н., НУХТ, м. Київ

Перехід від енергетичних співвідношень у поєднанні з принципами Д'Аламбера, можливих переміщень і суперпозиції дають можливість використовувати різні форми в описі динаміки та кінематики переміщення тіл. Наслідками таких різних підходів є аналіз систем на основі запису рівнянь руху, розрахунок транспортних систем з використанням методу обходу по контуру, методи кінетостатики тощо.

З аналізу фізичної основи переміщення вантажів у гравітаційних пристроях витікає, що можливості впливати на їхню кінематику можуть мати геометрія спуску і коефіцієнти тертя. Так запропоновано конструктивне впровадження, яке дозволяє реалізувати змінні значення сил тертя на основі поняття приведеного коефіцієнта тертя [1].

У зв'язку із цим гравітаційний спуск у перерізі виконується двогранним із кутами сходження граней 2γ, які по довжині можуть змінюватися (рис. 1).

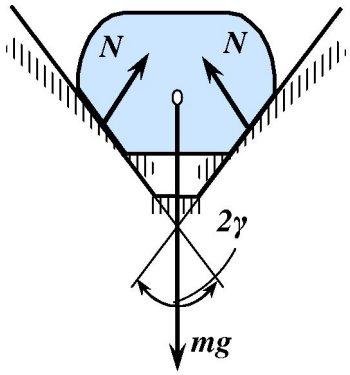


Рис. 1. *Схема перерізу гравітаційного спуску для реалізації приведеного коефіцієнта тертя*

При цьому приведений коефіцієнт тертя:

$$f_{пр} = \frac{f}{\sin\gamma},$$

а змінне по довжині спуску значення 2γ дає можливість змінювати реакції N на гранях, а рівно і сили тертя. Це означає можливість регулювання кінематичних параметрів вантажів.

Проте пошуки впливів на вказану кінематику заслуговують на застереження. Останнє пов'язано з тим, що за умови встановлення спуску до лінії горизонту під кутом більшим за кут тертя визначається прискорений характер руху вантажу. Це означає, що інтервал розташування вантажів на спуску з їхнім опусканням буде зростати, однак часовий інтервал в їхньому проходженні не змінюється за різних значень $\alpha > \varphi$, де φ — кут тертя в парі «вантаж — опорна площина» (рис. 2).

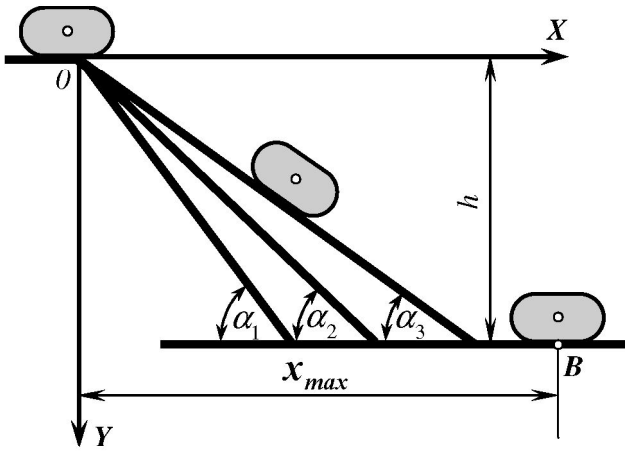


Рис. 2. *Схеми прямолінійних спусків*

При цьому для системи з $h = \text{const}$ і значеннями $\alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3$ або $\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3 > \varphi$ величина x_{max}, яка відповідає максимальному вибігу, буде однаковою для всіх вказаних випадків. Збільшення або зменшення величини x_{max} пов'язано зі збільшенням або зменшенням різниці рівнів h. Очевидно, що для випадків використання пристроїв із приведеним коефіцієнтом тертя воно трансформується до виду $x_{max} = h/f_{np}$.

Закономірності, представлені для випадків опускання вантажів у певний спосіб можуть бути застосовані і до випадків їхнього піднімання, але з певними застереженнями. Останні стосуються лінії дії рушійної сили, яка повинна бути паралельною опорній площині (рис. 3).

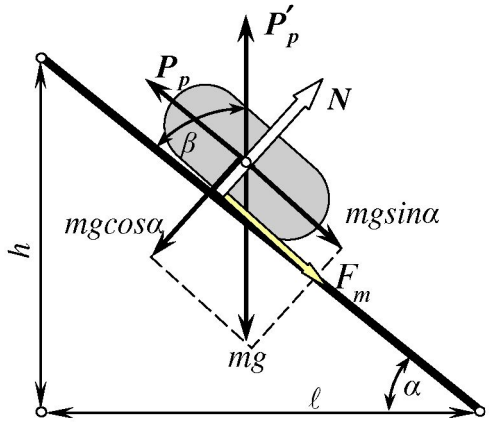


Рис. 3. *Схема сил, що відповідає підніманню вантажу*

Умовою рівномірного руху при цьому є рівняння виду:

$$P_p = mg\sin\alpha + fmg\cos\alpha. \qquad (1)$$

При цьому робота рушійної сили буде визначена як:

$$A_p = P_p \frac{\ell}{\cos\alpha},$$

а робота сил тертя та тяжіння відповідно як:

$$A_т = \frac{\ell}{\cos\alpha} fmg\cos\alpha = \ell fmg;\ A_{тяж} = \frac{\ell}{\cos\alpha} mg\sin\alpha = mgh.$$

Отже, робота сил тертя, як і раніше, визначається комплексом ℓfmg, а виконана робота проти сил тяжіння створює потенціал *mgh*. Очевидно, що зміна напрямку рушійної сили приведе до змін у розрахункових формулах.

Якщо рушійна сила P_p' (рис. 3) прикладається під кутом β, що відраховується від опорної площини, то маємо:

$$P_p = P_p' \cos\beta;\ N = mg\cos\alpha - P_p' \sin\beta;$$

$$P_p' \cos\beta = mh\sin\alpha + f\left(mg\cos\alpha - P_p' \sin\beta\right).$$

Звідси знайдемо:

$$P_p'(\cos\beta + f\sin\beta) = mg\sin\alpha + fmg\cos\alpha;$$

$$P_p' = \frac{mg\sin\alpha + fmg\cos\alpha}{\cos\beta + f\sin\beta}. \qquad (2)$$

За умови, що β = 0, вираз (2) приводиться до виду (1).

Мінімальному значенню P_p' за інших рівних умов відповідає максимальний результат знаменника в останньому виразі. Для знаходження цього екстремуму знайдемо похідну *Ф* і прирівняємо її до нуля:

$$\Phi = \cos\beta + f\sin\beta;\ \Phi' = -\sin\beta + f\cos\beta.$$

Тоді: $\beta = \text{arctg}f$.

Саме за такого значення отримаємо мінімізовану рушійну силу:

$$P_{p\min}' = \frac{mg\sin\alpha + fmg\cos\alpha}{\cos\text{arctg}f + f\sin\text{arctg}f}.$$

Результати розрахунків по визначенню функції *Ф* наведено в таблиці.

Таблиця.

Значення функції Ф = cos β+fsin β

β, °	10	20	30	45	arctg 0,2 = 11°20'
Ф	1,019	1,008	0,966	0,848	1,0198

Розвиток математичної теорії тертя призвів до створення так званих активованих гравітаційних спусків, які дають можливість переміщення по них вантажів навіть тоді, коли вони встановлені в межах кута тертя у підрахунку від лінії горизонту. Такий підхід виявився плідним стосовно перевантажувальних пристроїв у лініях транспортування скляної тари та інших вантажів, в оформленні перехідних містків, пристроїв для формування масивів виробів різної форми і розмірів.

Активування опорних площин при цьому досягається за рахунок їхнього усталеного відносного переміщення по відношенню до виробів або зворотно-поступального руху [1].

Література

1. *Соколенко А.І.* Моделювання процесів пакування / Соколенко А.І., Яровий В.Л., Піддубний В.А. та ін. — Вінниця: Nova knyha, 2004. — 272 с.