

## КІНЕМАТИКА І ДИНАМІКА ВЗАЄМОДІЇ ВАНТАЖІВ ІЗ РУХОМИМИ ОПОРНИМИ ПЛОЩИНАМИ І БІЧНИМИ НАПРЯМНИМИ

Визначено особливості взаємодії вантажів з опорними рухомими площинами і рухомими бічними напрямними стосовно вузлів формування масивів упаковок в обладнанні транспортно-технологічних систем харчових виробництв. Одержано математичні моделі щодо визначення кінематичних і динамічних параметрів взаємодії в умовах перехідних процесів.

**Ключові слова:** динаміка, тертя, вантаж, упори, взаємодія.

Определены особенности взаимодействия грузов с опорными подвижными плоскостями и подвижными боковыми направляющими относительно узлов формирования массивов упаковок в оборудовании транспортно- технологических систем пищевых производств. Получены математические модели для определения кинематических и динамических параметров взаимодействия в условиях переходных процессов.

**Ключевые слова:** динамика, трение, груз, упоры, взаимодействие.

Підвищення пропускної спроможності транспортно-технологічних систем у цілому і технологічних машин зокрема шукають на шляху підвищення кінематичних параметрів і раціональної взаємодії робочих органів [1—4]. Важливою екадовою пристроїв для формування збільшених вантажних одиниць є вузол формування масивів виробів, пропускна спроможність якого власне визначає продуктивність технологічної машини в цілому. Оскільки збільшення названого показника залежить від можливості інтенсифікації як перехідних процесів, так і усталених режимів переміщення вантажів, то одним з можливих напрямів у цьому пошуку є використання рухомих бічних напрямних.

У загальному випадку складовими такого процесу є рухома опорна площина, вантаж і рухома бічна напрямна. При розгляді схеми, наведеної на рис. 1, видно, що за умови, коли швидкість руху бічної напрямної  $X_6$  більша за швидкість руху вантажу  $x$ , то сила тертя між вантажем і напрямною виконує роль рушійної. До параметрів, що впливають на процес, належать коефіцієнт тертя  $f$  між опорною площиною і вантажем, коефіцієнт тертя  $f_6$  між вантажем і бічною напрямною, швидкість опорної рухомої поверхні  $V_k$ , кут  $\rho$  встановлення напрямної, сила тертя  $F_i$  між вантажем і опорною площиною. Проекція сили тертя на вісь  $Ox$  виступає в ролі рушійної сили  $F_{т.р}$ .

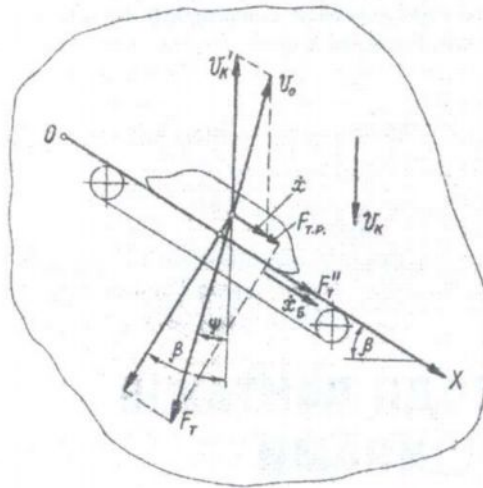


Рис.1. Розрахункова схема до випадку з рухомою бічною напрямною

Рівняння руху вантажу вподовж напрямної для цього випадку записуємо у вигляді

$$m\ddot{x} = F_T \sin\left(\beta - \operatorname{arctg} \frac{V_K - \dot{x} \sin\beta}{\dot{x} \cos\beta}\right) + f_6 F_T \cos\left(\beta - \operatorname{arctg} \frac{V_K - \dot{x} \sin\beta}{\dot{x} \cos\beta}\right). \quad (1)$$

Підстановкою значень  $F_T = fmg$  (де  $m$  — маса вантажу;  $g$  — прискорення вільного падіння) одержуємо:

$$\dot{x} = fg \sin\left(\beta - \operatorname{arctg} \frac{V_K - \dot{x} \sin\beta}{\dot{x} \cos\beta}\right) + f_6 fg \cos\left(\beta - \operatorname{arctg} \frac{V_K - \dot{x} \sin\beta}{\dot{x} \cos\beta}\right). \quad (2)$$

Якщо початковими умовами маємо

$$t_{(n)} = 0; x_{(n)} = 0; \dot{x}_{(n)} = 0, \quad (3)$$

то перехідний процес продовжуватиметься до досягнення рівності  $X < X_6$ .

Оскільки в правій частині рівняння (2) маємо такий змінний параметр, як  $x$ , то прискорення буде також змінною величиною.

Характер зміни  $x = x(t)$  для різних значень параметрів, які входять у праву частину, показаний на рис. 2. Ця графічна залежність дає можливість визначити усталену швидкість руху, що відповідає умові  $X = 0$ .

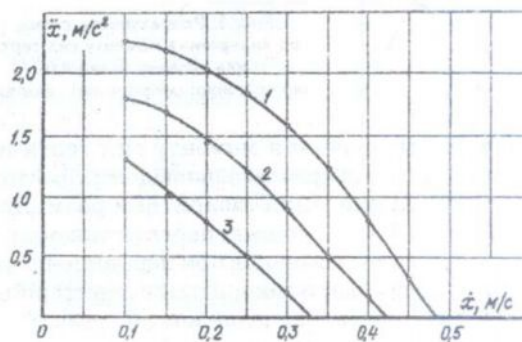


Рис. 2. Залежності між прискоренням і швидкістю руху вантажу для випадку горизонтальної опорної площини і рухомої бічної напрямної:  
 $f = 0,25$ ;  $f_6 = 0,2$ ;  $V_K = 0,5$  м/с; 1 —  $\beta = 60^\circ$ ;  
 2 —  $\beta = 45^\circ$ ; 3 —  $\beta = 30^\circ$

для визначення прискорення, швидкості і переміщення тіла як функції часу одержано розв'язанням рівняння (2).

Результати розрахунків при їх визначенні представлені нарис. 3.

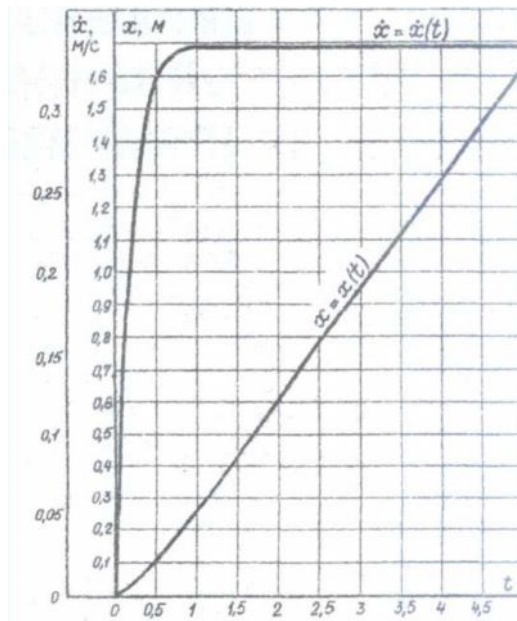


Рис. 3. Графіки для визначення залежностей переміщення і швидкості вантажу при значеннях параметрів:  $f = 0,25$ ;  $f_6 = 0,2$ ;  $V_x = 0,5$  м/с;  $\beta = 30^\circ$

Підкреслимо, що для цього випадку рух тіла вдовж бічної напрямної можливий і тоді, коли  $\text{tg}P < f_6$ .

Розглянемо випадок, коли  $P = 0$  (рис. 4). Як бачимо з рис. 4, результуюча сил тертя з опорною площиною в цьому разі перетворилась на силу опору. Цей перехід з сили рушійної на силу опору пов'язаний з тим, що лінія дії векторів  $F_m$  і  $V_0$  при  $x=0$ , вже лежала на нормалі до бічної опори, а відома різниця кутів  $\rho - \gamma < 0$  стала від'ємною, оскільки  $P = 0$ .

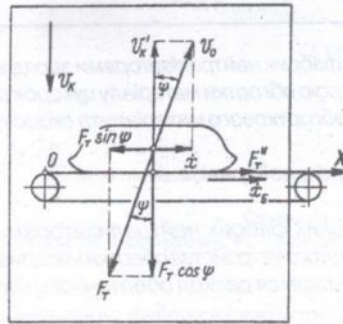


Рис. 4. Розрахункова схема до випадку, коли  $\beta = 0$

Тут маємо

$$\psi = \text{arcctg} \frac{V_k}{\dot{x}}. \quad (4)$$

Рівняння руху записується у вигляді

$$m \cdot \ddot{x} = f_0 F_1 \cos \psi - F_1 \sin \psi. \quad (5)$$

Підстановки величин дають змогу записати

$$\ddot{x} = f f_0 g \cos \left( \text{arcctg} \frac{V_k}{\dot{x}} \right) - f g \sin \left( \text{arcctg} \frac{V_k}{\dot{x}} \right). \quad (6)$$

Рух зі сталою швидкістю передбачає виконання умови

$$f_0 \cos \left( \text{arcctg} \frac{V_k}{\dot{x}} \right) = \sin \left( \text{arcctg} \frac{V_k}{\dot{x}} \right). \quad (7)$$

Звідси

$$\text{tg} \left( \text{arcctg} \frac{V_k}{\dot{x}} \right) = f_0;$$

$$\frac{1}{\text{ctg} \left( \text{arcctg} \frac{V_k}{\dot{x}} \right)} = f_0;$$

$$\frac{\dot{x}}{V_k} = f_0; \quad \dot{x} = V_k f_0. \quad (8)$$

Наведене дає змогу дійти висновку, що за умови  $X_6 = x$  числове значення  $x$  залежить від коефіцієнта тертя і швидкості руху опорної площини, а збільшення величин  $x_6$  практичного значення не має.

Розв'язання рівняння руху розшукуємо при початкових умовах:

$$t_{(n)} = 0; \quad x_{(n)} = 0; \quad \dot{x}_{(n)} = 0.$$

Кінцевим умовам прискореного руху відповідає

$$*_{W-V.f.e.} \quad (9)$$

Значення  $x_{(к)}$  і  $t_{(к)}$  розшукуємо відповідно до знайденого  $x_{(к)}$ . Розв'язання рівняння (6) подано на рис. 5.

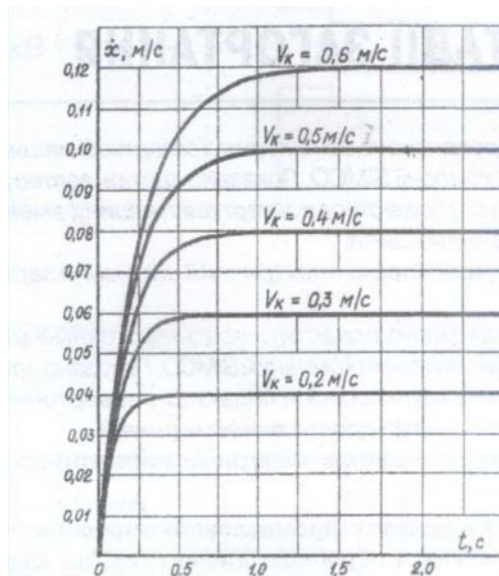


Рис. 5. Графік залежності швидкості вантажу для рухомої опорної площини і рухомої бічної напрямної при  $\beta = 0$ ;  $f = 0,25$ ;  $t_0 = 0,2$ ;  $V_k = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$  м/с

Висновки. Встановлено співвідношення між кінематичними і динамічними параметрами переміщення вантажів у пристроях з рухомими бічними напрямними.

Рухома бічна напрямна створює додаткову рушійну силу замість сили опору у випадку нерухомої напрямної. Відповідним вибором параметра  $X_6$  досягається можливість суттєвого підвищення пропускної спроможності системи.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кривопляс А.П. Разработка теоретических основ по ремещения штучных грузов в поточных линиях укрупнения грузовых единиц пищевых производств и их практическое приложение: Дис. ...д-ра техн. наук. — К., 1988. — 500 с.
2. Моделювання процесів пакування /А.І. Соколенко, В.Л. Яровий, В.А. Піддубний та ін. - Вінниця: Nova knuga, 2004. — С. 272.
3. Пакетоформирующие машины /А.П. Кривопляс, А.А. Кукибный, А.П. Беспалько и др. - М.: Машиностроение, 1982. — 236 с.
4. Піддубний В.А., Варфоломеев А.И., Соколенко А.И. Тертя між вантажами і рухомими опорними площинами // Харч, пром-сть. — 2004. — № 3. — С. 157—160.

Одержана редколегією 16.01.2007 р.