

УДК 621.867.52

І.Й. Врублевський

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра нарисної геометрії і графіки

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ВІБРАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ ПРИ ЕЛІПТИЧНИХ КОЛИВАННЯХ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО РЕДАКТОРА MathCAD

© Врублевський І.Й., 2003

Складено програму обчислення коефіцієнта швидкості та оптимального кута зсуву фаз залежно від параметрів вібротранспортування при еліптичних коливаннях у безвідривному режимі за допомогою комп'ютерного редактора MathCAD. Програма дозволяє будувати просторові графіки вищевказаних залежностей у вигляді поверхонь.

The program which calculates the dependence of the velocity coefficient and the phase difference angle from the vibratory conveying parameters is created with the aid of computer system MathCAD. This program can construct the graphs of described dependences in the view of surfaces.

Інтенсивність процесу вібраційного транспортування визначається безрозмірним параметром – коефіцієнтом швидкості [1] $K_c = v / A_x \omega$, де v – середня швидкість транспортування, A_x – поздовжня амплітуда коливань транспортної площини, ω – кругова частота коливань. Суттєвому підвищенню K_c сприяють еліптичні коливання транспортної площини, коли нормальна складова коливань з амплітудою A_y зсунута по фазі на кут ε відносно поздовжньої складової. Залежність K_c від параметрів вібротранспортування детально розглянуто в [2]. Необхідність врахування впливу багатьох параметрів на K_c вимагає одночасного аналізу кількох графіків, що ускладнює вибір оптимальних значень параметрів. Сучасне програмне забезпечення персональних комп'ютерів дозволяє розв'язати цю задачу значно простіше.

За допомогою комп'ютерного редактора MathCAD 2000 складено програму, яка обчислює залежність K_c від параметрів кута нахилу, кута вібрації та перевантаження K_α, K_β, ξ : $K_\alpha = \operatorname{tg} \alpha / f$, $K_\beta = A_x / A_y f$, $\xi = A_y^2 \omega / g \cos \alpha$, де α – кут нахилу транспортної площини до горизонту, f – коефіцієнт тертя, g – прискорення вільного падіння. Програма також обчислює оптимальне значення кута зсуву фаз $\varepsilon = \varepsilon_0$, яке залежить від сполучення параметрів і лежить в межах від 0° до 90° , з точністю до 1° . У програмі розглядається тільки один режим безвідривного транспортування з двома етапами ковзання вперед і назад та двома миттєвими зупинками, що існує при достатньо інтенсивних коливаннях ($K_\beta > 5, \xi \leq 1$).

Для виконання програми необхідно ввести значення параметрів K_α, K_β, ξ . Результати обчислень представлені у вигляді матриць. Графік залежності K_c від двох параметрів вібротранспортування при постійному значенні третього у вигляді поверхні будується за допомогою функції $z_{i,n}$. Функція $u_{i,n}$ дозволяє побудувати графік залежності ε_0 від тих самих параметрів.

$$S(t1, t2) := \cos(t1) \cdot (t2 - t1) + \sin(t1) - \sin(t2)$$

$$x1 := \frac{\pi}{2} \quad x2 := 3 \cdot \frac{\pi}{2} \quad \text{Given}$$

$$\cos(x2 - \kappa) - \cos(x1) + s_p \cdot (x2 - x1 - \kappa) = 0$$

$$\cos(x1 + \kappa) - \cos(x2) + s_m \cdot (2 \cdot \pi + x1 - x2 + \kappa) = 0$$

$$\text{fun}(s_p, s_m, \kappa) := \text{Find}(x1, x2)$$

$$f(K_\alpha, K_\beta, \xi) :=$$

```

L ← -1
for j ∈ 0..100
  ε ← j ·  $\frac{\pi}{180}$ 
   $\lambda_p \leftarrow \frac{\sqrt{1 + K_\beta^2 + 2 \cdot K_\beta \cdot \cos(\varepsilon)}}{K_\beta}$ 
   $\lambda_m \leftarrow \frac{\sqrt{1 + K_\beta^2 - 2 \cdot K_\beta \cdot \cos(\varepsilon)}}{K_\beta}$ 
   $s_p \leftarrow \frac{K_\alpha + 1}{K_\beta \cdot \xi \cdot \lambda_p}$ 
   $s_m \leftarrow \frac{K_\alpha - 1}{K_\beta \cdot \xi \cdot \lambda_m}$ 
   $\kappa \leftarrow \text{atan}\left(2 \cdot K_\beta \cdot \frac{\sin(\varepsilon)}{K_\beta^2 - 1}\right)$ 
  V ← fun(s_p, s_m, κ)
  θ1 ← V_0
  θ2 ← V_1 - κ
  θ3 ← V_1
  θ4 ← V_0 + κ + 2 · π
  Sp ← S(θ1, θ2) - s_p ·  $\frac{(\theta2 - \theta1)^2}{2}$ 
  Sm ← S(θ3, θ4) - s_m ·  $\frac{(\theta4 - \theta3)^2}{2}$ 
  Kc ←  $\frac{\lambda_p \cdot Sp + \lambda_m \cdot Sm}{2 \cdot \pi}$ 
  L ← Kc if Kc > L
otherwise
  ε_0 ← j - 1
  F ← Kc
  break
F

```

$$p(K_\alpha, K_\beta, \xi) :=$$

```

L ← -1
for j ∈ 0..100
  ε ← j ·  $\frac{\pi}{180}$ 
   $\lambda_p \leftarrow \frac{\sqrt{1 + K_\beta^2 + 2 \cdot K_\beta \cdot \cos(\varepsilon)}}{K_\beta}$ 
   $\lambda_m \leftarrow \frac{\sqrt{1 + K_\beta^2 - 2 \cdot K_\beta \cdot \cos(\varepsilon)}}{K_\beta}$ 
   $s_p \leftarrow \frac{K_\alpha + 1}{K_\beta \cdot \xi \cdot \lambda_p}$ 
   $s_m \leftarrow \frac{K_\alpha - 1}{K_\beta \cdot \xi \cdot \lambda_m}$ 
   $\kappa \leftarrow \text{atan}\left(2 \cdot K_\beta \cdot \frac{\sin(\varepsilon)}{K_\beta^2 - 1}\right)$ 
  V ← fun(s_p, s_m, κ)
  θ1 ← V_0
  θ2 ← V_1 - κ
  θ3 ← V_1
  θ4 ← V_0 + κ + 2 · π
  Sp ← S(θ1, θ2) - s_p ·  $\frac{(\theta2 - \theta1)^2}{2}$ 
  Sm ← S(θ3, θ4) - s_m ·  $\frac{(\theta4 - \theta3)^2}{2}$ 
  Kc ←  $\frac{\lambda_p \cdot Sp + \lambda_m \cdot Sm}{2 \cdot \pi}$ 
  L ← Kc if Kc > L
otherwise
  ε_0 ← j - 1
  F ← ε_0
  break
F

```

$$i := 0..9 \quad n := 0..9 \quad \xi := w$$

$$x_{i,n} := \frac{i}{10} \quad y_{i,n} := 2.5 \cdot 2^n \quad z_{i,n} := f(x_{i,n}, y_{i,n}, w) \quad u_{i,n} := p(x_{i,n}, y_{i,n}, w)$$

Якщо безвідрильність транспортування не є необхідністю, підвищення величини параметра $\xi > 1$ можливе у певних межах. Наприклад, для найпоширенішого випадку переміщення сталевих виробів по сталевій поверхні при циклічній частоті $\nu = \omega/2\pi = 50$ Гц граничне значення $\xi = 1,6 - 1,7$ [1], перевищення якого призводить до зменшення швидкості руху та порушення його рівномірності. У віддривних режимах зі збільшенням ξ зменшується перевага еліптичних коливань порівняно з прямолінійними ($\varepsilon = 0$), крім того, збільшується кількість необхідних для розгляду параметрів (як мінімум, два параметри, що описують явище удару), числові значення яких визначити заздалегідь практично неможливо. Тому на практиці можна використати дану програму і для значень $1 < \xi < 1,5$, нехтуючи етапом польоту, але точність результатів буде меншою.

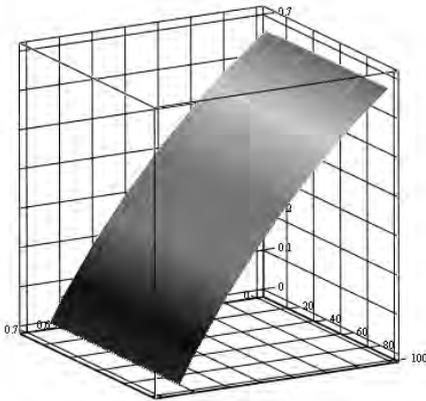


Рис. 1. Графік залежності K_c

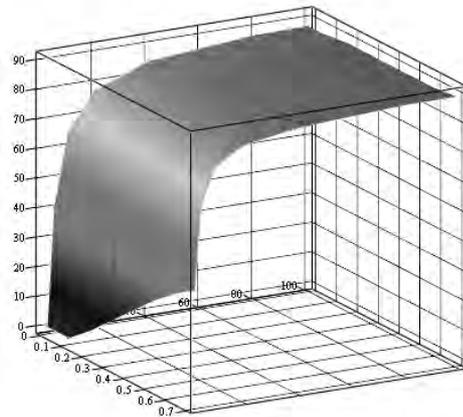


Рис. 2. Графік залежності ε_0

На рис. 1 показано виконаний за допомогою поданої програми графік залежності K_c від K_α , K_β при $\xi = 1$, на рис. 2 – графік залежності ε_0 від тих самих параметрів.

1. *Вибрации в технике. Справочник. – Т. 4. Вибрационные машины и процессы / Под ред. Э.Э. Лавендела. – М.: Машиностроение, 1981.* 2. *Врублевский И.И. Разработка и исследование вибрационных устройств, осуществляющих организацию рабочей среды роботосистем. – Автореф. дисс... канд. техн. наук – Каунас, 1986.* 3. *Дьяконов В. MathCAD 8/2000. Специальный справочник. – СПб: Питер, 2001.*