Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Азадський університет
Каракалпакський державний університет
Київський національний університет технологій та дизайну
Луцький національний технічний університет
Національна металургійна академіяУкраїни
Національний університет «Львівська політехніка»
Одеський національний політехнічний університет
Сумський національний аграрний університет
Східно-Казахстанський державний технічний
університет ім. Д. Серікбаєва
ТОВ «НВО «ПРОМІТ»
Українська асоціація якості
Українська інженерно-педагогічна академія
Університет Барода
Університет ім. Й. Гуттенберга
Університет «Politechnika Świętokrzyska»
Харківський національний університет
міського господарства ім. О. М. Бекетова
Херсонський національний технічний університет

СИСТЕМИ РОЗРОБЛЕННЯ ТА ПОСТАВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЦТВО

Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції

(м. Суми, 17–20 травня 2016 року)

Сайт конференції: http://srpv.sumdu.edu.ua.

Суми
Сумський державний університет
2016

ТИСК ЧАСТИНКИ ПРИ ЇЇ РУСІ ВЗДОВЖ ЛОПАТКИ НА ПЛОСКОМУ ДИСКУ, ЩО ОБЕРТАЄТЬСЯ НАВКОЛО ВЕРТИКАЛЬНОЇ ОСІ

Чепіжний А. В., ст. викладач
Науковий керівник Пилипака С. Ф. д.т.н., професор

При взаємодії частинки мінерального добрива з лопаткою виникає певний тиск на лопатку, який є нерівномірним по її довжині, в результаті чого виникає нерівномірний знос. Виходячи з цього пропонується знайти рівняння за яким можна буде знайти таку форму лопатки при якій тиск буде сталим по всій довжині лопатки. При обертанні диска з криволінійною лопаткою частинка здійснює складний рух: переносний за рахунок обертання диска і відносний вздовж лопатки. Для складання диференціальних рівнянь руху частинки необхідно знайти вектор абсолютного прискорення, який включає в себе три складові: прискорення у переносному і відносному русі і прискорення Коріоліса. В праці [1] показано, що цей вектор зручно шукати в проекціях на орти супровідного тригранника кривої переносного руху, якою для обертального руху диска буде коло, отже абсолютне прискорення записується:

$$\overline{W} = \bar{\tau} v_B^2\left(\rho_n'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau\right) + \bar{n} v_B^2\left(\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k\right) \quad (1)$$

де $k = 1/r$ - кривина траєкторії переносного руху; v_B - швидкість переносного руху початку координат тригранника по колі радіуса r.

Оскільки рух частинки відбувається в напрямі дотичної, то і диференціальне рівняння руху потрібно складати в проекції на неї. Складові вектора абсолютного прискорення запишемо:

$$W_\tau = v_B^2\left(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau\right);\ W_n = v_B^2\left(\rho_n'' - 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k\right) \quad (2)$$

Спроекціювавши (2) на осі O_x і O_y отримаємо за відомими формулами повороту осей:

$$W_x = W_\tau \cos\alpha + W_n \sin\alpha;\ W_y = -W_\tau \sin\alpha + W_n \cos\alpha \quad (3)$$

Оскільки α - кут, що утворює дотична до лопатки з ортом $\bar{\tau}$, то відомо що $tg\alpha = \rho_n' / \rho_\tau'$, звідки:

$$\cos\alpha = \rho_\tau' \Big/ \sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2};\ \sin\alpha = \rho_n' \Big/ \sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2} \quad (4)$$

Підставивши (2) і (4) в (3), маємо проекції вектора абсолютного прискорення на осі системи O_{xy}:

$$W_x = v_e^2 \Big/ \sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2} \cdot \left[\left(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau\right)\rho_\tau'' + \left(\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k\right)\rho_n'\right];$$
$$W_y = v_e^2 \Big/ \sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2} \cdot \left[-\left(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau\right)\rho_n'' + \left(\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k\right)\rho_\tau'\right] \quad (5)$$

Частинка в напрямі осі O_y не рухається, тому сила F = m·W$_y$ врівноважується силою тиску частинки на лопатку. Вважатимемо, що коефіцієнт тертя f частинки по поверхні диска і по поверхні лопатки однаковий, тому сумарна сила тертя запишеться:

$$F_{тер.} = fmg + fm \cdot v_в^2 \Big/ \sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2} \cdot \left[-\left(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau\right)\rho_n'' + \left(\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k\right)\rho_\tau'\right] \quad (6)$$

де m - маса частинки; $g = 9{,}81$ *м/с*^{2}.

Єдиною прикладеною силою буде сила тертя, спрямована в сторону, протилежну руху частинки. Таким чином, диференціальне рівняння руху частинки в проекції на дотичну (вісь O_x) запишеться:

$$mv_e^2 \Big/ \sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2} \cdot \left[\left(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau\right)\rho_\tau' + \left(\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k\right)\rho_n'\right] =$$
$$= -fmg - f\, mv_e^2 \Big/ \sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2} \cdot \left[-\left(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau\right)\rho_n' + \left(\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k\right)\rho_\tau'\right]. \quad (7)$$

Врахувавши, що $v_в = \omega r = \omega / k$, де ω - кутова швидкість обертання диска, а також скоротивши на масу m, рівняння (7) можна записати:

$$\omega^2 \Big/ k^2\sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2} \cdot \left[\left(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau\right)\rho_\tau' + \left(\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k\right)\rho_n'\right] =$$
$$= -fg - f\, \omega^2 \Big/ k^2\sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2} \left[-\left(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau\right)\rho_n' + \left(\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k\right)\rho_\tau'\right] \quad (8)$$

Рівняння (8) має дві невідомі і не може бути розв’язане без накладання додаткових умов. Цими умовами можуть бути обмеження на величину тиску частинки на лопатку або форму. Можна шукати таку форму лопатки, щоб тиск на неї дорівнював нулю. Щоб описати цей випадок, необхідно вираз в останніх квадратних дужках рівняння (8) прирівняти до нуля. Одержана система рівнянь після нескладних перетворень може бути приведена до вигляду, одержаному в праці [1] при розв’язуванні задачі на знаходження відносної траєкторії руху частинки по поверхні шорсткого диска без лопаток.

Список літератури

1. Лінник М. К., Войтюк Д. Г., Пилипака С. Ф. Тригранник і формули Френе в задачах кінематики і динаміки матеріальної частинки у складному русі // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К.: НАУ, 2005. – Вип.80. – Частина I. – с. 271-287.