

УДК 631.312:514.18

ТРАНСПОРТУВАННЯ ЧАСТИНКИ ВЕРТИКАЛЬНИМ ШНЕКОМ ІЗ СПІВВІСНИМ ЦИЛІНДРОМ, ЩО ОБЕРТАЮТЬСЯ НАВКОЛО ВЛАСНОЇ ОСІ

Пилипака С.Ф., Воїна Т.М.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Переміщення технологічного матеріалу шнеком в середині нерухомого циліндричного кожуха широко використовується у різного роду механізмах. У зв'язку з цим виникає питання дослідження руху частинки в середині конструкції, яка представляє собою єдине ціле із циліндра та співвісної смуги гвинтового коноїда, яка обертається навколо спільної вертикальної осі. Найбільш близькими до теми дослідження є праці [1, 2]. У статті [3] показано, що при русі частинки під дією власної ваги по поверхні нерухомого вертикального гвинтового коноїда вона віддаляється від його осі.

У результаті проведених досліджень були складені диференціальні рівняння відносного переміщення частинки по периферії вертикального шнека, обмеженого рухомим співвісним циліндром, а також було розглянуто частковий випадок, коли поверхні є стаціонарними. Встановлено, що якщо кут підйому гвинтової лінії (кривої перетину циліндра з гвинтовим коноїдом) менше за кут тертя частинки по останньому, то транспортування частинки є неможливим як вгору, так і вниз. Це стосується як стаціонарних поверхонь, так і рухомих, які обертаються навколо спільної осі. Частинка при цьому обертається разом з поверхнями, тобто «залипає».

Якщо кут підйому гвинтової лінії дорівнює куту тертя, то транспортування також є неможливим, при чому частинка може або «залипати», або «зависати». Останній варіант означає, що частинка ковзає по гвинтовій лінії з такою кутовою швидкістю, з якою обертаються поверхні, при чому кутові швидкості мають протилежний знак. В абсолютному русі частинка залишається нерухомою. Слід відмітити, що режим «залипання» або «зависання» залежить від початкових умов.

Якщо кут підйому гвинтової лінії більше кута тертя, то транспортування частинки є можливим як вгору, так і вниз. При цьому важливе значення має кутова швидкість ω_0 частинки при її опусканні вниз по стаціонарним поверхням. Якщо кутова швидкість ω обертання поверхонь менше, ніж ω_0 , то частинка буде рухатись вниз. По мірі збільшення ω швидкість опускання частинки буде зменшуватися, при $\omega = \omega_0$ частинка «зависає», при $\omega > \omega_0$ – рухається вгору. Швидкість підйому частинки прямо пропорційна збільшенню кутової швидкості ω обертання поверхонь.

Таким чином, якісний аналіз отриманих під час проведення досліджень рівнянь дозволяє виявити закономірності руху частинки вздовж гвинтової лінії – кривої перетину шнека з циліндром. На рисунку побудовані відносні і абсолютні траєкторії руху частинки.

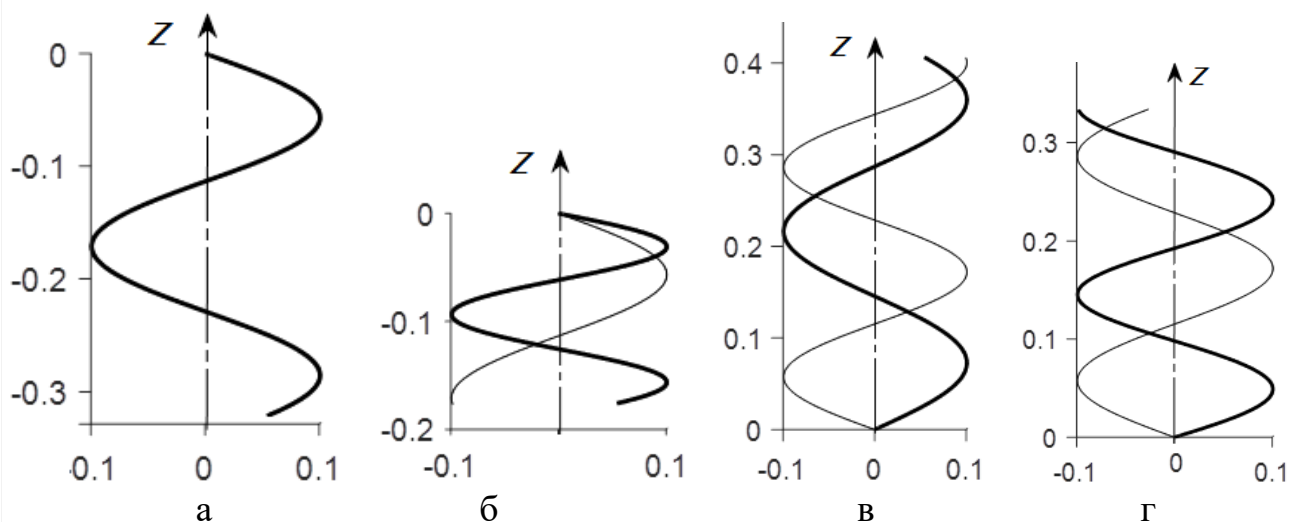


Рис. Абсолютна (потовщена лінія) та відносна траєкторії руху частинки протягом 2 с по поверхням з наступними параметрами: $R=0,1$ м, $\beta=20^\circ$, $f=0,3$: а) $f_R=0,3$, $\omega=0$; б) $f_R=0,3$, $\omega=2$ с $^{-1}$; в) $f_R=0,3$, $\omega=10$ с $^{-1}$; г) $f_R=0,2$, $\omega=10$ с $^{-1}$, де f і f_R – коефіцієнти тертя частинки по поверхні шнека та циліндричного кожуха відповідно; R – радіус обмежуючого циліндра; β – кут підйому гвинтової лінії.

Література

1. Pylypaka S., Nesvidomin V., Zaharova T., Pavlenko O., Klendiy M. The investigation of particle movement on a helical surface. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2020, pp. 671–681.
2. Пилипака С.Ф., Несвидомин В.Н., Клендий Н.Б., Роговский И.Л., Кресан Т.А., Троханяк В.И. Транспортировка частицы вертикальным шнеком, ограниченным соосным неподвижным цилиндром. Вестник Карагандинского университета. Серия «Математика», № 3 (95), 2019, С. 108–119. Режим доступа: <http://rmebrk.kz/journals/5271/82693.pdf>.
3. Pylypaka S.F., Klendii M.B., Klendii O.M. Particle motion over the surface of a rotary vertical axis helicoid. INMATEH – Agricultural Engineering, Vol. 51, no.1, 2017: National institute of research-development for machines and installations designed to agriculture and food industry – INMA Bucharest, pp. 15–28.