

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РУХУ ЧАСТИНКИ ПО ЛОПАТІ КИДАЛКИ ПІД ДІЄЮ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Olt Juri¹, проф.,
Ігнат'єв Євген², к.т.н.,
Фокіна Я.Є.²

¹Естонський університет природничих наук, м. Тарту, Естонія.

²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.

Постановка проблеми. Одним з основних джерел виробництва цукру є цукровий буряк [1-3]. Важливою проблемою технологічного процесу збирання цукрового буряка є видалення й збирання гички з головок коренеплодів на корені. Слід зазначити, що одним з основних елементів теорії руху зрізаної гички цукрового буряка при її навантаженні в транспортний засіб після скошування гичкозбиральною машиною є теорія руху часточки гички по лопаті відцентрової кидалки, на яку вона надходить після зрізу ріжучим апаратом. Незважаючи на те, що теорія руху матеріальної частки по робочих поверхнях сільськогосподарських машин створена з достатньою повнотою, у першу чергу, завдяки фундаментальним роботам П.М. Василенка [7], у зв'язку з розробкою нових типів робочих органів сільськогосподарських машин останнім часом, ця теорія потребує змін і уточнень, які пов'язані не тільки з конструктивними особливостями цих робочих органів, але й із приведенням досить громіздкого виду складених рівнянь до замкненого вигляду, яким буде зручно користуватися надалі при моделюванні й проведенні практичних розрахунків на ПК.

Мета досліджень. Метою даної роботи є визначення впливу конструктивних і кінематичних параметрів завантажувального механізму гичкозбиральної машини на кінематичні параметри частинки гички шляхом розробки математичної моделі переміщення частки гички з урахуванням впливу повітряного потоку.

Основні матеріали досліджень. Важливим елементом технологічного процесу навантаження гички є те, що лопаті при обертанні створюють напір повітря, який також сприяє більш ефективному переміщенню гички в транспортний засіб. Інакше кажучи, кидалка додатково працює як вентилятор.

Побудуємо спочатку розрахункову математичну модель переміщення частки гички уздовж лопаті кидалки від моменту її потрапляння на лопать й до моменту сходу з лопаті (рис. 1). Слід відразу зазначити, що така модель уже була побудована без обліку сили повітряного потоку створюваного лопатями при обертанні

кидалки, що й впливає на відносну швидкість. Тому в даній роботі ми побудуємо уточнену математичну модель переміщення частки гички уздовж лопатки, а саме, з урахуванням впливу повітряного потоку на процес переміщення частки гички уздовж лопатки.

Розглянемо поперечний переріз завантажувального механізму для навантаження гички, який у зоні установки кидалки являє собою кожух циліндричної форми радіуса R , у якому на приводному валу радіуса r_0 установлена лопатева кидала, яка має чотири закріплені на приводному валу лопаті, які розташовані під деяким кутом до радіального напрямку.

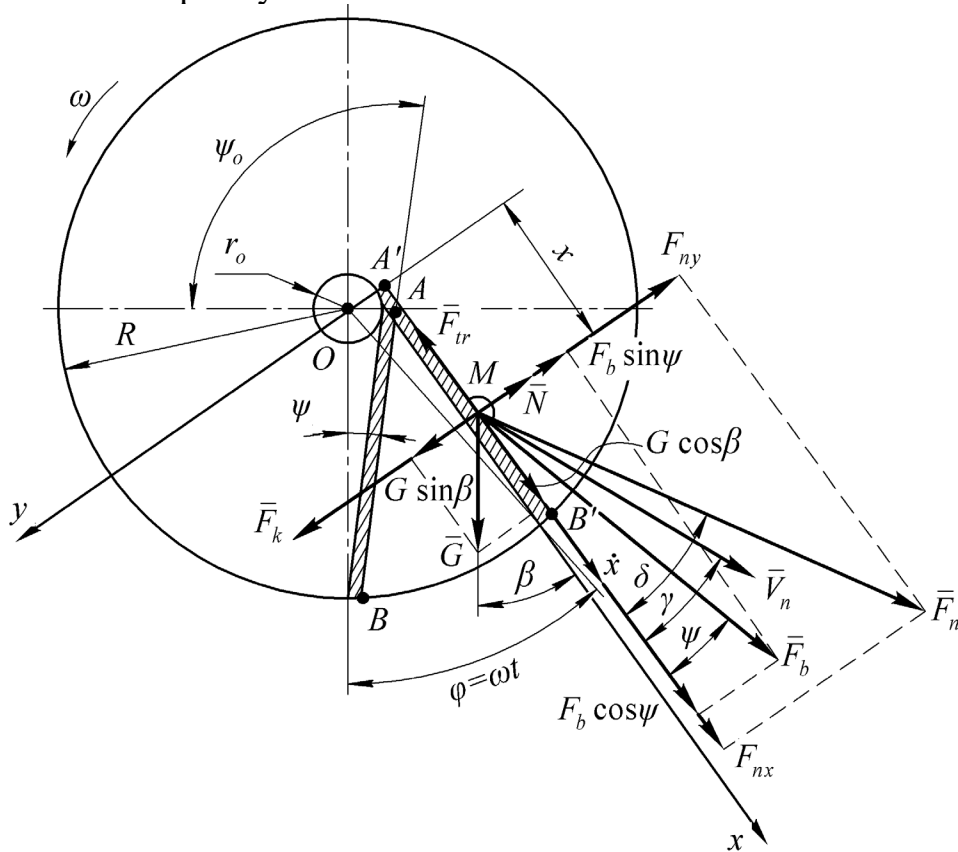


Рис. 1. Еквівалентна схема процесу руху частинки гички по лопаті навантажувального механізму

Розглянемо рух частки гички уздовж лопаті кидалки. Виберемо за початкове положення лопаті момент коли її зовнішній кінець перебуває в самій нижній точці траєкторії (точка B). Нехай за деякий проміжок часу t лопать разом з гичкою, що переміщається по ній, повернеться на деякий кут $\varphi = \omega t$, де ω – кутова швидкість обертання кидалки. При цьому точка B переміститься в точку B' . Покажемо на еквівалентній схемі необхідні кутові параметри розглянутої механічної системи. Нехай ψ – кут між лопаттю й радіусом проведеним через вісь обертання (точка O) і точку M лопатки, що переміщається уздовж, гички в довільний момент часу t . Відзначимо два крайні значення кута ψ . Початкове положення ψ_0 – значення кута

ψ в початковому положенні коли точка M збігається із точкою A (або точкою A' при довільному положенні лопаті). Кінцеве положення ψ_1 – значення кута ψ в положенні коли точка M збігається із точкою B (або точкою B' при довільному положенні лопаті). Очевидно, що кути ψ_0 й ψ_1 при обертанні лопаті залишаються постійними. Вони залежать тільки від розташування лопаті щодо радіального напрямку в площині кидалки. У такий спосіб для кута ψ має місце нерівність: $\psi_1 \leq \psi \leq \psi_0$. Позначимо β – кут між площиною лопаті й вертикаллю в будь-який момент часу t . Усі кути ψ_0, ψ, ψ_1 і β показані на еквівалентній схемі (рис. 1). Як видно з еквівалентної схеми, має місце співвідношення: $\beta = \omega t - \psi_1$. Для опису відносного руху частки гички уздовж лопатки AB уведемо плоску декартову систему координат xAy , жорстко пов'язану з лопаттю. Вісь Ax спрямована уздовж лопаті, а вісь Ay – перпендикулярна площині, причому вісь Ay проходить через центр обертання кидалки (точка O).

В результаті роботи отримано закон зміни відносної швидкості частки гички M при її русі уздовж лопаті кидалки залежно від часу t :

$$\dot{x} = \frac{\lambda_1 \lambda_2 (T + Q) - S \lambda_1 \omega}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{\lambda_1 t} - \frac{\lambda_2 \lambda_1 (T + Q) - S \lambda_2 \omega}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{\lambda_2 t} +$$

$$+ S \omega \cos \omega t - T \omega \sin \omega t$$

Коефіцієнти S, T, Q, λ_1 та λ_2 визначаються з наступних виразів:

$$Q = - \frac{(\cos \gamma + f \sin \gamma) k V_n}{m \omega^2}, \quad (2)$$

$$S = \frac{4 g f \omega + \frac{k g}{m}}{4 \omega^3 + \omega \left(2 f \omega + \frac{k}{m} \right)^2}, \quad (3)$$

$$T = \frac{2 g f^2 \omega + \frac{k f g}{m} - 2 g \omega}{4 \omega^3 + \omega \left(2 f \omega + \frac{k}{m} \right)^2}. \quad (4)$$

$$\lambda_1 = - \left(f \omega + \frac{k}{2m} \right) + \sqrt{\left(f \omega + \frac{k}{2m} \right)^2 + \omega^2}, \quad (5)$$

$$\lambda_2 = - \left(f \omega + \frac{k}{2m} \right) - \sqrt{\left(f \omega + \frac{k}{2m} \right)^2 + \omega^2}. \quad (6)$$

де m – маса частки;

g – прискорення сили ваги;

f – коефіцієнт тертя;

V_n – швидкість повітряного потоку;

γ – кут між вектором швидкості \vec{V}_n й поверхнею лопатки;
 k – коефіцієнт, який залежить від фізико-механічних властивостей гички:

$$k = \frac{adF}{g}, \quad (7)$$

де a – константа, що залежить від форми часточки й міделевого перетину;

F – міделевий перетин;

d – щільність повітря.

У такий спосіб побудована математична модель руху частинки зрізаної гички цукрового буряка по лопаті кидалки завантажувального механізму з урахуванням впливу повітряного потоку, створюваного обертанням кидалки, на рух частки гички. У результаті чого знайдений закон руху частки уздовж лопаті й закон зміни відносної швидкості її руху як функції від часу, а також від конструктивних, кінематичних і динамічних параметрів лопатей кидалки.

Висновки. Складене диференціальне рівняння відносного руху частки зрізаного гички цукрового буряка по лопаті кидалки завантажувального механізму гичкозбиральної машини з урахуванням впливу тиску повітряного потоку, створюваного обертанням кидалки, на процес переміщення частки уздовж лопаті. У результаті аналітичного розв'язання отриманого диференціального рівняння руху визначено закон руху частки гички й закон зміни відносної швидкості як функції від часу, а також конструктивних, кінематичних і динамічних параметрів кидалки.

Список використаних джерел

1. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Ігнат'єв Є.І. Теоретичне дослідження параметрів комбінованого гичкозбирального агрегату. Вісник аграрної науки 95 (3), С. 47–53.

2. Adamchuk V., Bulgakov V., Korenko M., Boris A., Boris M., Ihnatiev Y. Laboratory and field equipment workingout and the results of experimental studies of pre-harvesting sugar beet field conditions. Mechanization in agriculture. Sofia, Bulgaria, 2016. Issue 1. Pp. 3–5.

3. Olt J., Bulgakov V., Beloev H., Nadykto V., Ihnatiev, Ye., Dubrovina O., Arak M., Bondar M., Kutsenko A. A mathematical model of the rear-trailed top harvester and an evaluation of its motion stability. Agronomy Research 20(2), 2022, pp. 371–388.

4. Ihnatiev Y. Theoretical substantiation of topping parameters without sugar beet head copying. IV International scientific Congress “Agricultural machinery”. Varna. Issue 18 (181). Vol. 1, 22-25 June 2016. P. 55–58.