

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ЧАСТИНКИ ПО ЛОПАТІ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Hristo Beloev¹, д.т.н.,
Ігнат'єв Євген², к.т.н.,
Фокіна Я.Є.²

¹Русенський університет імені Ангела Канчева, м. Русе, Болгарія.

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

Постановка проблеми. Розроблена конструкція гичкозбиральної машини з удосконаленим завантажувальним механізмом, який виконаний у вигляді відцентрової кидача, що приймає весь обсяг зрізаної гички цукрового буряка, а також вивантажувального патрубку кінець якого перебуває на рівні транспортного засобу, що рухається поруч із гичкозбиральною машиною. Для обґрунтування раціональних параметрів даного завантажувального пристрою розроблена математична модель руху частки гички по лопаті кидачка і її сходу з лопаті з метою подальшого моделювання руху по внутрішній поверхні циліндричної частини кожуха і його прямолінійній частини до надходження в транспортний засіб. Отримане при цьому диференціальне рівняння руху частинки гички по лопаті кидачка враховує вплив повітряного потоку, створюваного обертанням кидачка, лопаті якої захоплюють і розганяють повітря, що перебуває в замкненому просторі циліндричного кожуха.

Фундаментальна теорія руху частки матеріалу по робочих поверхнях сільськогосподарських машин представлена в роботах Василенко П.М., Булгакова В.М. і ін., але в цих роботах не розглянуто вплив повітряного потоку на рух частинки.

Мета досліджень. Метою даної роботи є дослідження впливу конструктивних і кінематичних параметрів завантажувального механізму гичкозбиральної машини на кінематичні параметри частинки гички шляхом з урахуванням впливу повітряного потоку.

Основні матеріали досліджень. Нами розроблена нова гичкозбиральна машина, обладнана завантажувальним механізмом для навантаження гички після її безкопінного зрізу ріжучим апаратом у транспортний засіб, що їде поруч гичкозбиральною машиною. Головним конструктивним елементом зазначеного завантажувального механізму є лопатева кидачка з передбаченою можливістю використання лопаток різної геометричної форми.

Важливим елементів 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.

Для обґрунтування раціональних параметрів завантажувального механізму розроблено уточнену математичну модель переміщення частки гички уздовж лопатки, з урахуванням впливу повітряного потоку на процес переміщення частки гички вздовж лопатки. В результаті отримано вираз для визначення відносної швидкості частки гички для розглянутої частки випадку:

$$\begin{aligned} \dot{x} = & \left\{ \lambda_2 \left[\frac{2gf^2\omega + \frac{kfg}{m} - 2g\omega}{4\omega^3 + \omega \left(2f\omega + \frac{k}{m} \right)^2} - \frac{(\cos\gamma + f\sin\gamma)kV_n}{m\omega^2} \right] - \frac{4gf\omega + \frac{kg}{m}}{4\omega^2 + \left(2f\omega + \frac{k}{m} \right)^2} \right\} \times \\ & \times (\lambda_1 - \lambda_2)^{-1} \lambda_1 e^{\lambda_1 t} - \\ & - \left\{ \lambda_2 \left[\frac{2gf^2\omega + \frac{kfg}{m} - 2g\omega}{4\omega^3 + \omega \left(2f\omega + \frac{k}{m} \right)^2} - \frac{(\cos\gamma + f\sin\gamma)kV_n}{m\omega^2} \right] + \frac{4gf\omega + \frac{kg}{m}}{4\omega^2 + \left(2f\omega + \frac{k}{m} \right)^2} \right\} \times \\ & \times (\lambda_1 - \lambda_2)^{-1} \lambda_2 e^{\lambda_2 t} + \frac{4gf\omega + \frac{kg}{m}}{4\omega^2 + \left(2f\omega + \frac{k}{m} \right)^2} \cos \omega t - \frac{2gf^2\omega + \frac{kfg}{m} - 2g\omega}{4\omega^2 + \left(2f\omega + \frac{k}{m} \right)^2} \sin \omega t. \end{aligned} \quad (1)$$

де ω – кутова швидкість обертання лопатей кидали;

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.

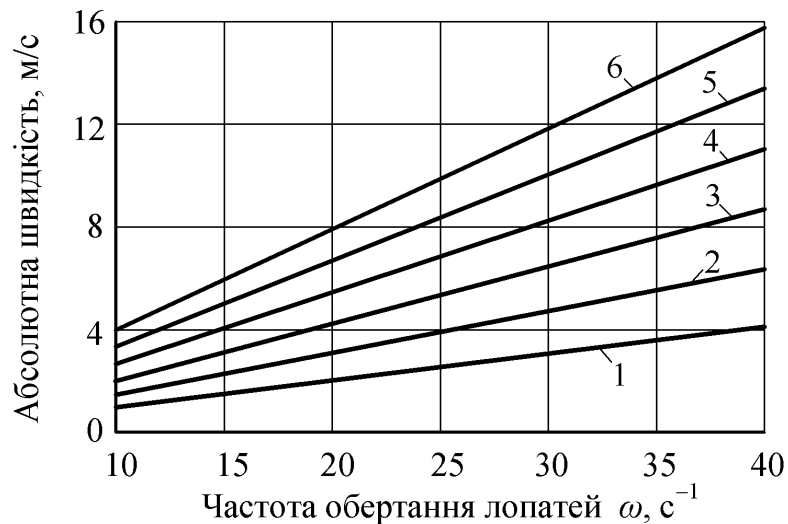
Для визначення абсолютної швидкості сходу частки гички з кінця лопаті кидалки. Оскільки переносна швидкість частки гички M спрямована по дотичній до диска в точці сходу з лопаті й по величині рівна ωR , де R – радіус диска, а кут між вектором відносної й переносної швидкості рівний $(90^\circ - \psi_1)$, то по теоремі косинусів визначаємо величину абсолютної швидкості V_a руху частки гички M під час її сходу з диска, яка буде рівна:

$$V_a = \sqrt{\dot{x}_1^2 + \omega^2 R^2 - 2\dot{x}_1 \omega R \sin \psi_1} \quad (2)$$

Для чисельного моделювання отриманих математичних моделей на ПК нами була складена програма числових розрахунків у програмі Matlab. За результатами проведених числових розрахунків на ПК побудовані графіки залежностей абсолютної швидкості V_a сходу

частки M гички з кінця лопаті від довгі l лопаті, а також від кутової швидкості ω обертання лопатей й сили тиску F_n повітряного потоку.

На рис. 1 представлена отримана в результаті чисельного моделювання отриманої математичної моделі залежність абсолютної швидкості V_a сходу частки M гички з кінця лопаті залежно від кутової швидкості ω обертання кидалки й довжини l лопаті.



1 – $l=0,1$ м; 2 – $l=0,15$ м; 3 – $l=0,2$ м; 4 – $l=0,25$ м; 5 – $l=0,3$ м; 6 – $l=0,35$ м

Рис.1. Залежність абсолютної швидкості V_a сходу частки M гички з кінця лопаті від кутової швидкості ω обертання кидалки й довжини l лопаті

Аналіз залежностей представлених на рис. 1 дозволяє зробити висновок, що збільшення кутової швидкості ω обертання кидалки й довжини l її лопаті приводить до збільшення абсолютної швидкості V_a сходу частки M гички з кінця лопаті. Представлену на рис. 1 інформацію можна використовувати для вибору швидкості обертання й довжини лопаті кидалки при яких досягається необхідна абсолютна швидкість сходу часточки гички.

Далі представлена залежність (рис. 2) відносної швидкості \dot{x} частки M гички від кутової швидкості ω обертання кидалки.

Залежність на рис. 2 показує, що у випадку застосування кидалки з малою довжиною лопаті до 0,15 м і не дивлячись на високу швидкість V_n повітряного потоку спостерігається падіння відносної, а внаслідок цього й абсолютної V_a швидкості частки M гички при її сході з лопатки кидалки гичкозбиральної машини при певній кутовій швидкості ω , що при прийнятих конструктивно-кінематичних параметрах відповідає $\omega=11..15$ с⁻¹. Відповідно, для остаточного вибору конструктивно-кінематичних параметрів кидалки необхідно проводити аналіз вихідних параметрів за допомогою розробленої



Рис.2. Залежність відносної швидкості \dot{x} частки M гички від кутової швидкості ω обертання (при $l=0,1 \text{ m}$ and $V_n = 35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

математичної моделі для одержання найбільшої ефективності й необхідної абсолютної швидкості часточки гички на виході робочих органів завантажувального механізму гичкозбиральної машини з урахуванням впливу повітряного потоку.

Висновки. Отримано аналітичний вираз для визначення абсолютної швидкості сходу частки гички з лопаті кидалки. За допомогою числових розрахунків на ПК отримані залежності абсолютної швидкості V_a сходу частки M гички з кінця лопаті від кутової швидкості ω обертання кидалки й довжини l лопаті які дозволяють для одержання необхідної швидкості часточки підібрати кінематичні й конструктивні параметри 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. 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.

3. 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.

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.