

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ЧАСТИНКИ ПО ЛОПАТІ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Beloev Hristo¹, д.т.н.,

Ігнат'єв Євген², к.т.н.,

Іванов С.В.²

¹"Angel Kanchev" University of Ruse

²Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного

Постановка проблеми. У цій роботі розглянуто теоретичні аспекти взаємодії очисної лопати з голівкою коренеплоду моркви. Лопата встановлена на приводному валу з горизонтальною віссю обертання. Оскільки очисник має два вали, очищення голівки коренеплоду здійснюється з двох сторін завдяки зустрічному обертанню лопатей, які шарнірно закріплені на цих валах.

На еквівалентній схемі зображено швидкості точки контакту лопаті з голівкою коренеплоду до та після удару. Оскільки взаємодія лопатей з обох боків коренеплоду є однаковою, для спрощення на схемі показано лише одну лопату.

Взаємодія гнучкої лопаті з голівкою коренеплоду складається з двох фаз:

1. Фаза удару лопаті по голівці коренеплоду.
2. Фаза післяударного переміщення лопаті.

Ці дві фази забезпечують умови, за яких спочатку відбувається збивання залишків гички, а потім їх зчісування. Лопати шарнірно закріплені на приводних валах з осями обертання O_1 та O_2 , причому площини їх обертання перпендикулярні до осей валів. Вали обертаються назустріч один одному з кутовою швидкістю ω , як показано на еквівалентній схемі (рис. 1).

Під час руху очисника вали розташовані вздовж рядків моркви, а площини обертання лопатей – перпендикулярні до рядків, тобто до напрямку руху очисника. Для аналізу взаємодії розглянемо лише одну лопату, припускаючи, що всі інші взаємодіють аналогічно. Нехай шарнір підвісу лопаті знаходиться на відстані r від осі обертання, а точка контакту лопаті з голівкою коренеплоду – на відстані l від осі підвісу.

Спочатку розглянемо першу фазу взаємодії – удар лопаті по голівці коренеплоду. Через те, що колова швидкість точки контакту \bar{V}_M є досить великою, до неї додається поступальна швидкість \bar{V}_n агрегата. У результаті удар лопаті по голівці коренеплоду неминучий. На еквівалентній схемі показано швидкості точки контакту M під час удару. Це необхідно для подальшого аналізу післяударного

переміщення лопаті в процесі зчісування гички з голівки коренеплоду.

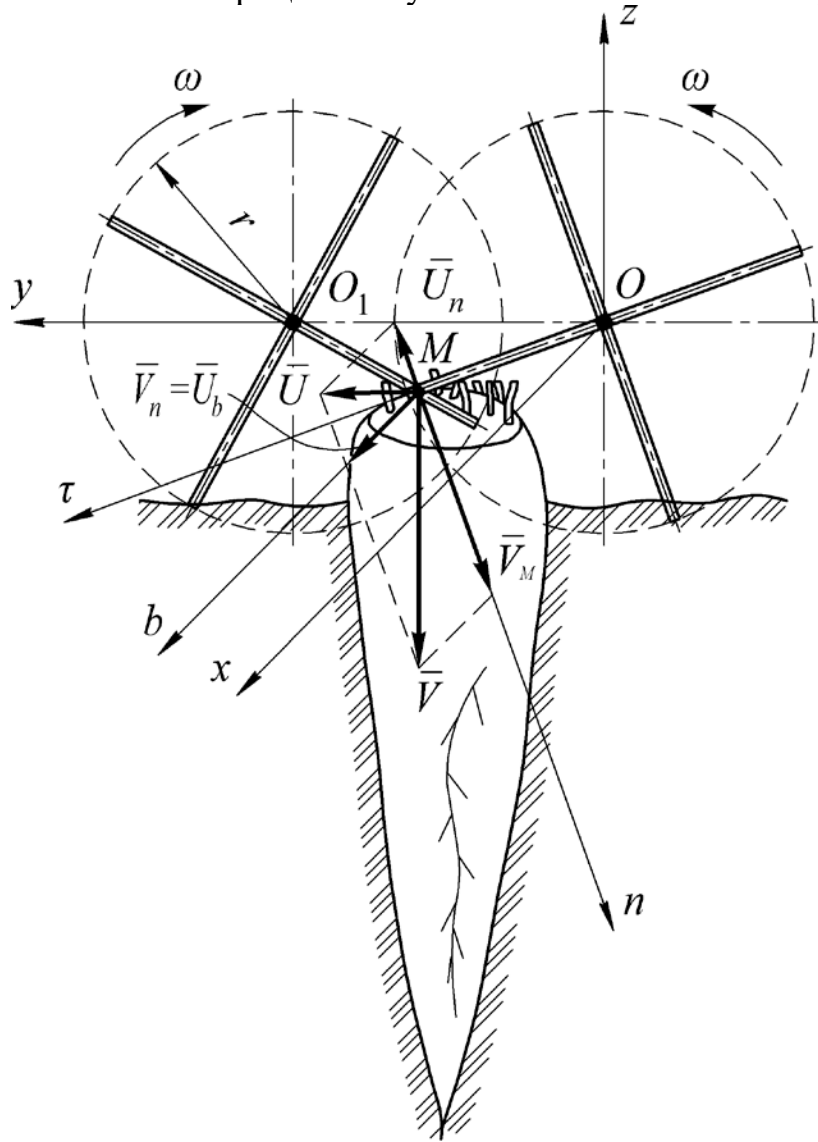


Рис. 1. Еквівалентна схема взаємодії гнучкої очисної лопаті з голівкою коренеплоду моркви

Виберемо і покажемо на еквівалентній схемі нерухому декартову систему координат $xOyz$, центр якої знаходиться на осі обертання лопаті (точка O), вісь Ox напрямлена вздовж рядка моркви в напрямку поступального руху очисника, вісь Oy напрямлена праворуч по ходу очисника, вісь Oz – вертикально вгору.

Очевидно, що при зустрічі лопаті з голівкою коренеплоду моркви відбувається удар лопаті по деякій частині голівки але для спрощення будемо вважати, що удар відбувається в точці K , що належить голівці і в точці M , що належить лопаті. В момент удару ці точки співпадають. При цьому ударний імпульс \bar{S} буде напрямлений по нормалі n до ударної поверхні лопаті у точці M .

Основні матеріали досліджень. Абсолютна швидкість \bar{V} точки M лопаті до удару буде дорівнювати:

$$\bar{V} = \bar{V}_n + \bar{V}_M, \quad (1)$$

де \bar{V}_n – швидкість поступального руху очисника вздовж рядка моркви (по осі Ox) – переносна швидкість лопаті;
 \bar{V}_M – колова швидкість точки M лопаті при обертанні навколо осі Ox – відносна швидкість точки M .

Слід зазначити, що ударний процес істотно залежить від коефіцієнта відновлення ε при ударі. Оскільки при дії ударного імпульсу залишки гички на голівці коренеплоду моркви будуть плющитись, то удар буде ближчим швидше до пластичного, ніж до пружного. Тому коефіцієнт ε буде досить невисоким (приблизно в межах 0.1...0.3). А тому швидкість \bar{U} точки M лопаті після удару також буде досить невеликою, оскільки:

$$U_n = \varepsilon \mathcal{V}_n = (0.1...0.3) \omega \times \rho, \quad (2)$$

а отже згідно виразу (2):

$$U = \sqrt{V_n^2 + (0.01...0.09) \omega^2 \times \rho^2} \gg V_n. \quad (3)$$

В той же час швидкість U_n буде досить малою, тому лопать після удару практично не буде відстрибувати від голівки коренеплоду моркви, а тому початкові умови стану процесу подальшого зчісування гички будуть досить сприятливими, оскільки початкова швидкість точки M контакту лопаті після удару буде приблизно дорівнювати \bar{V}_n , тобто швидкості поступального руху очисника.

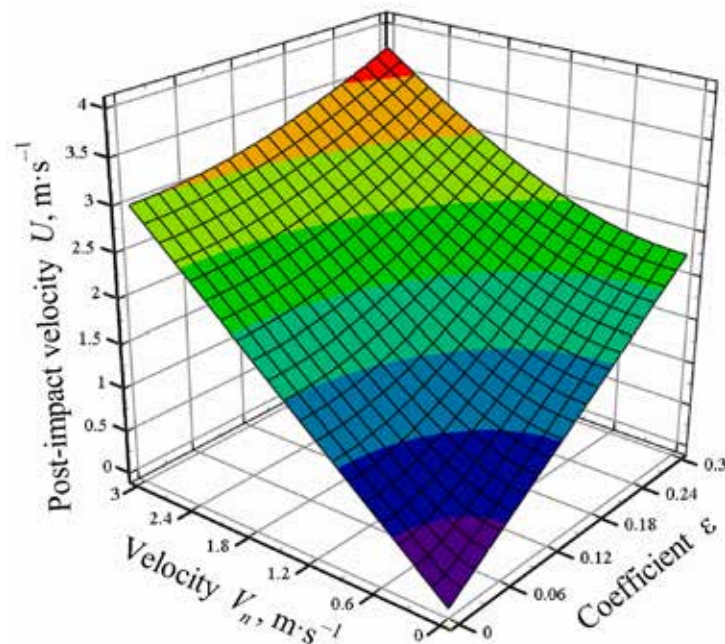


Рис.2. Поверхня відгуку швидкості U лопаті після удару в залежності від поступальної швидкості очисника V_n та коефіцієнта відновлення ε

Аналіз отриманої залежності показує, що при низькій швидкості руху агрегата V_n плив коефіцієнта відновлення ε здійснює більш істотний вплив на значення після ударної швидкості U лопаті. Так

при швидкості $V_n=0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ після ударна швидкість U зростає на 60...360% в діапазоні зміни коефіцієнта відновлення $e=0.1...0.3$. А при швидкості руху очисника $V_n=3.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ після ударна швидкість U зростає всього на 5...25% при зміні коефіцієнта відновлення e .

Висновки. В роботі розроблено теорію взаємодії очисної лопаті, яка встановлена на приводному валу з горизонтальною віссю обертання, з голівкою коренеплоду моркви на корені.

В результаті розрахунків встановлено, що при низькій швидкості руху агрегата V_n вплив кутової швидкості лопаті w здійснює значний вплив на значення після ударної швидкості U лопаті. Так при швидкості $V_n=0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ після ударна швидкість U дорівнює $0.71 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ при $w=10 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ та $2.55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ при $w=50 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$. А при швидкості руху очисника $V_n=3.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ після ударна швидкість U зростає всього на 1.3...30.2% при зміні кутової швидкості лопаті w в діапазоні від 10 до $50 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$.

Проведені дослідження в подальшому можуть бути використані для розробки теоретичного апарату, що описує післяударне переміщення лопаті по голівці коренеплоду моркви процес та зчісування гички.

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. Bulgakov, V., Pascuzzi, S., Arak, M., Santoro, F., Anifantis, A.S., Ihnatiev, Y., Olt, J. (2019). An experimental investigation of performance levels in a new root crown cleaner. *Agronomy Research* 17 (2), Pp. 358–370. DOI: 10.15159/AR.19.132

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. Ivanovs S., Smolinskyi S., Bulgakov V., Nadykto V., Ihnatiev Y., Kiernicki Z. Experimental study of the movement controllability of a machine-and-tractor aggregate of the modular type. *INMATEH-Agricultural Engineering* 61 (2), 9–16.