

Ключевые слова: *дождевальная машина, энергоресурсы, удельный расход электроэнергии, удельный расход топлива, удельная стоимость, экологическая безопасность, агротехнические параметры.*

TECHNICAL-ECONOMIC AND AGRONOMIC PARAMETERS OF MODERN SPRINKLING MACHINES

It is given the technical-economic and agronomic parameters of the modifications of multitower sprinkling machines of domestic and foreign manufactures, which use different energy resources. It is suggested the ways of improvement of drive and rain distribution systems of the machines, which effect on energy efficiency and environmental safety of irrigation when using the sprinkling machines of this type.

Key words: *sprinkling machine, power-supplyers, specific energy consumption, specific fuel consumption, cost factor, environmental safety, agronomic parameters*

УДК 631.356.02

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧОГО ЕЛЕМЕНТА КОПРНО-РОТОРНОГО ВІДОКРЕМЛЮВАЧА ГИЧКИ З ГОЛОВКОЮ КОРЕНЕПЛОДУ

А.М. Борис, канд. техн. наук
ННЦ "ІМЕСГ"

На підставі побудованої математичної моделі руху очисного елемента нового відокремлювача гички по головці коренеплоду цукрових буряків та розв'язку отриманих виразів на ПЕОМ одержані аналітичні залежності зусиль у вказаній точці контакту. Побудовані графічні залежності зміни складових нормальної реакції в точці контакту робочого елемента з головкою коренеплоду. Значення складових нормальної реакції були використані у подальшому для силового аналізу вказаної взаємодії.

Ключові слова: *математична модель, гичка, коренеплід, головка коренеплоду, робочий елемент, точка контакту, силова взаємодія.*

Проблема. Цукрові буряки у світі є стратегічною культурою, оскільки цукор, жом та зелена маса гички є корисними продуктами для людей та тварин. Ключовим питанням під час вирощування цу-

крових буряків є їх збирання. Особливої уваги заслуговує операція відокремлення гички з головок на корені. Незначна кількість залишків гички на головках коренеплодів перед їх збиранням значно погіршує якісні показники, що в цілому може знизити якість продукції на 10-15%. Отже, відокремлення гички з головок коренеплодів є актуальним науково-технічним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питаннями теоретичних та експериментальних досліджень відокремлення гички з головок коренеплодів присвячені чисельні праці П. М. Василенка, В. М. Булгакова, Л. В. Погорілого, П. В. Савича, М. В. Татьяна [1, 2, 3, 4].

Мета роботи. Аналітичне визначення зусиль, які виникають у точці контакту робочого елемента відокремлювача гички з головою коренеплоду.

Методи дослідження. Використані методи теоретичної механіки та комп'ютерного моделювання.

Результати дослідження. Для визначення зусиль, що виникають при взаємодії робочого елемента з головою коренеплоду нами насамперед побудована еквівалентна схема (рис. 1), на якій робочий елемент при обертальному русі, а також поступальному переміщенні контактує з головою коренеплоду.

В точці K контакту робочого елемента з головою коренеплоду будуть діяти наступні сили: \vec{Q} – сила зчісування гички, яка напрямлена по дотичній до поверхні головки коренеплоду, \vec{v} – бік вектора абсолютної швидкості точки M робочого елемента; \vec{N} – нормальна реакція з боку головки коренеплоду, напрямлена вздовж нормалі \vec{n} до головки коренеплоду, проведеної крізь дане положення точки контакту; $\vec{F}_{тр.}$ – сила тертя, що виникає при русі робочого елемента по головці коренеплоду, напрямлена в бік, протилежний напрямку вектора абсолютної швидкості точки M робочого елемента, яка співпадає з точкою контакту K , яка представлена у вигляді складових на осі x та y ; \vec{G} – сила ваги робочого елемента.

Диференціальне рівняння руху точки контакту K по головці коренеплоду у векторній формі матиме такий вигляд:

$$m\vec{a} = \vec{Q} + \vec{N} + \vec{F}_{тр.} + \vec{G}, \quad (1)$$

де \vec{a} – абсолютне прискорення руху точки контакту K по головці коренеплоду; m – маса робочого елемента, зведена до точки контакту.

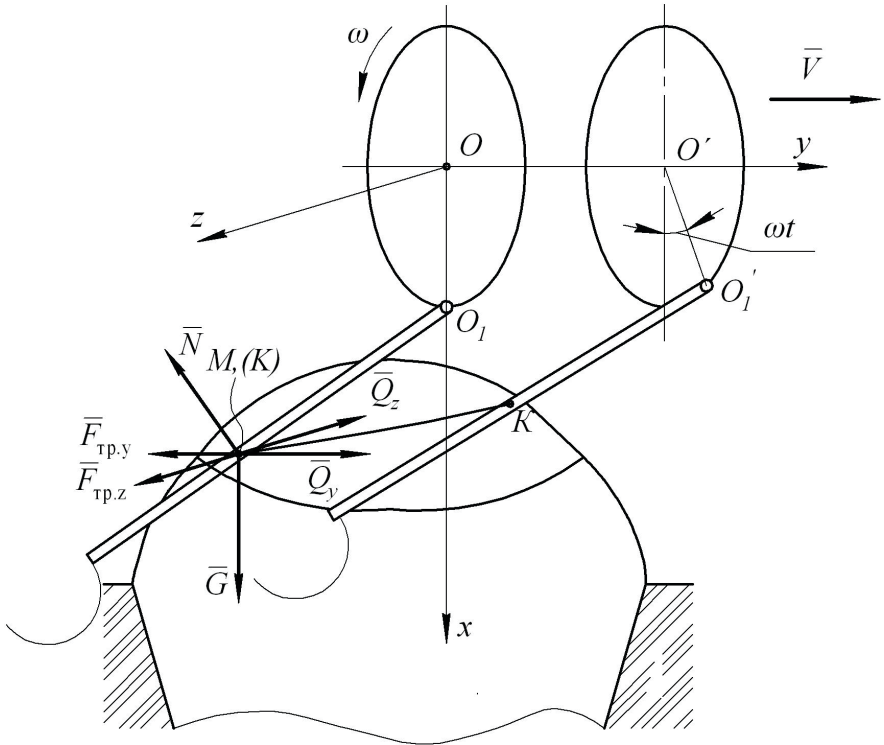


Рис. 1. Еквівалентна схема взаємодії робочого елемента з головкою коренеплоду

Після підстановки в (1) необхідних величин і проведених перетворень отримано систему нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку відносно невідомих функцій $x(t)$, $y(t)$ і $z(t)$ та невідомої нормальної реакції N :

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= Q \frac{\dot{x}}{V} + N \frac{x}{R} - f \frac{\dot{x}}{V} N + mg, \\ m\ddot{y} &= Q \frac{\dot{y}}{V} + N \frac{y}{R} - f \frac{\dot{y}}{V} N, \\ m\ddot{z} &= Q \frac{\dot{z}}{V} + N \frac{z}{R} - f \frac{\dot{z}}{V} N, \\ x^2 + y^2 + z^2 - R^2 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Таким чином, отримана система нелінійних диференційних рівнянь другого порядку відносно невідомих функцій $x(t)$, $y(t)$ і $z(t)$ та невідомої нормальної реакції N . Систему диференційних рівнянь (2) можна розв'язати лише чисельними методами з використанням комп'ютерних програм при заданих початкових умовах. Оскільки, в систему диференційних рівнянь (2) входить невідомий силовий фактор, нормальна реакція N , то для її визначення було проведено дослідження кінематики взаємодії робочого елемента з головкою коренеплоду. В результаті цього дослідження отримана залежність кута відхилення робочого елемента φ та його кутового прискорення $\ddot{\varphi}$ від часу.

З врахуванням припущень про те, що головка коренеплоду є абсолютно тверде тіло, а робочий елемент безвідривно контактує з коренеплодом було складене диференціальне рівняння обертального руху робочого елемента навколо власної осі підвісу, при його взаємодії з головкою коренеплоду [6]:

$$J\ddot{\varphi} + \sum M = 0, \quad (3)$$

З рівняння (3), та провівши алгебраїчні перетворення, визначено його нормальну реакцію на коренеплід цукрових буряків при дії на нього системи з двох робочих елементів:

$$N = \frac{J\ddot{\varphi}_2 + M_{R2} \sqrt{\sin^2 \varphi_2 \cos^2 \alpha + \cos^2 \varphi_2} m_{21}}{\sqrt{\left[(r_0 + l_{mn} \cos \varphi_2) \cos \alpha - \frac{b}{2} \sin \alpha \right]^2 + \left[(r_0 + l_{mn} \cos \varphi_2) \sin \alpha - \frac{b}{2} \cos \alpha \right]^2}}, \quad (4)$$

$$\sqrt{\left[\rho \sin(\alpha_0 + \omega t) \right]^2 + \left[-tg\varphi_0 \left(\sqrt{\delta^2 + (d-h)^2} - \left(\frac{b}{2} \right) - r_0 \right) - Vt \right]^2}}$$

де δ – відхилення осі ротора від умовної осьової лінії рядка; b – конструктивна ширина робочого елемента; M_R та M_{R2} – моменти відцентрових сил інерції попереднього та наступного робочих елементів відносно їх осей підвісу; m_{21} – плече нормальної реакції дії наступного робочого елемента на попередній відносно його осі підвісу; φ_2 – кут відхилення наступного робочого елемента від площини обертання; α – кут повороту вала ротора; ρ – відстань від осі ротора до вершини головки коренеплоду; d – відстань від осі ротора до основи ґрунту; r_0 – радіус осі підвісу робочого елемента; l_{mn} – довжина копірної частини робочого елемента.

Рухаючись по головці коренеплоду, робочий елемент може діяти на неї у поздовжньому напрямі рядка та в поперечному, а також він стискає головку коренеплоду у вертикальному напрямі. Це зумовлено наявністю силових факторів, які являють собою проекції загальної нормальної реакції на вказані напрямки. Зокрема, складова нормальної реакції N_z спричинює вибивання коренеплодів у поперечному напрямі, а N_y у поздовжньому напрямі відносно рядка. Вертикальна ж складова нормальної реакції N_x , яка забезпечує необхідне зусилля в контактній головці коренеплоду-робочий елемент. Ці сили впливають на такі показники якості процесу відокремлення гички, як пошкодження та вибивання головок коренеплодів. Вони мають наступні значення:

$$N_x = \left[\frac{\gamma sl \omega^2 \left(\frac{1}{2} r_0 \sin \varphi + \frac{l^2}{6} \sin 2\varphi \right)}{OK} + \frac{\ddot{\varphi}}{OK} \right] \cos \omega t \times \sin \left[\varphi_0 + \operatorname{arccctg} \left(\frac{-\operatorname{tg} \varphi_0 \left(\sqrt{\delta^2 + (d-h)^2} - \left(\frac{b}{2} \right)^2 - r_0 \right) - Vt}{\sqrt{\delta^2 + (d-h)^2} \sin \left[\omega t - \arccos \left(\frac{b}{2\sqrt{\delta^2 + (d-h)^2}} \right) \right] - r_0} \right) \right], \quad (5)$$

$$N_y = \left[\frac{\gamma sl \omega^2 \left(\frac{1}{2} r_0 \sin \varphi + \frac{l^2}{6} \sin 2\varphi \right)}{OK} + \frac{\ddot{\varphi}}{OK} \right] \times \cos \left[\varphi_0 + \operatorname{arccctg} \left(\frac{-\operatorname{tg} \varphi_0 \left(\sqrt{\delta^2 + (d-h)^2} - \left(\frac{b}{2} \right)^2 - r_0 \right) - Vt}{\sqrt{\delta^2 + (d-h)^2} \sin \left[\omega t - \arccos \left(\frac{b}{2\sqrt{\delta^2 + (d-h)^2}} \right) \right] - r_0} \right) \right], \quad (6)$$

$$N_z = \left[\frac{\gamma s l \omega^2 \left(\frac{1}{2} r_0 \sin \varphi + \frac{l^2}{6} \sin 2\varphi \right)}{OK} + \frac{\ddot{\varphi}}{OK} \right] \times \sin \left[\varphi_0 + \operatorname{arccctg} \frac{-\operatorname{tg} \varphi_0 \left(\sqrt{\delta^2 + (d-h)^2} - \left(\frac{b}{2} \right)^2 - r_0 \right) - Vt}{\sqrt{\delta^2 + (d-h)^2} \sin \left[\omega t - \arccos \left(\frac{b}{2\sqrt{\delta^2 + (d-h)^2}} \right) \right] - r_0} \right], \quad (7)$$

де N_x – вертикальна складова нормальної реакції, яка буде деформувати головку і притискати коренеплід у глиб ґрунту; N_y – горизонтальна складова нормальної реакції, що буде вивалювати коренеплід у напрямку руху машини; N_z – горизонтальна складова нормальної реакції, яка буде вибивати коренеплід у напрямку, перпендикулярному осі ротора.

За результатами чисельного моделювання на ПЕОМ були побудовані графічні залежності (рис. 2) вказаних складових сил від часу.

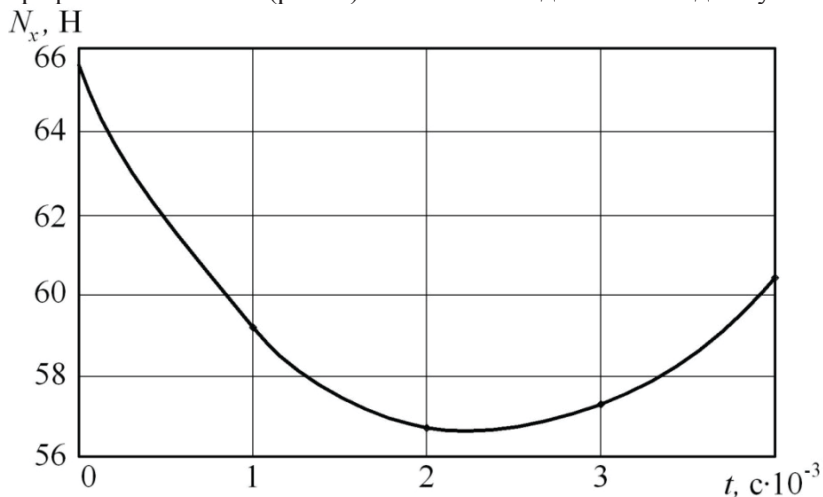


Рис. 2. Залежність вертикальної N_x складової нормальної реакції від часу

Як бачимо з графіків (рис. 2), максимальні значення вказаних складових нормальної реакції складають $N_{x\max} = 65 \text{ Н}$, $N_{y\max} = 55 \text{ Н}$, $N_{z\max} = 15 \text{ Н}$. Ці значення були у подальшому використанні при моделюванні силової взаємодії очисного елемента з головкою коренеплоду цукрового буряку.

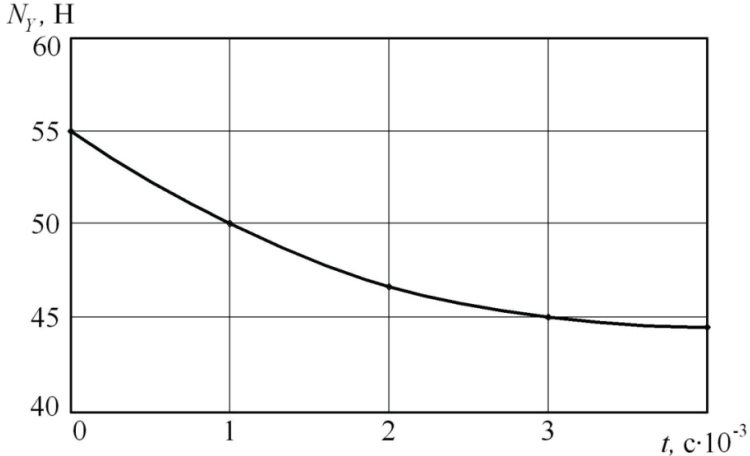


Рис. 3. Залежність поздовжньо-горизонтальної N_y складової нормальної реакції від часу

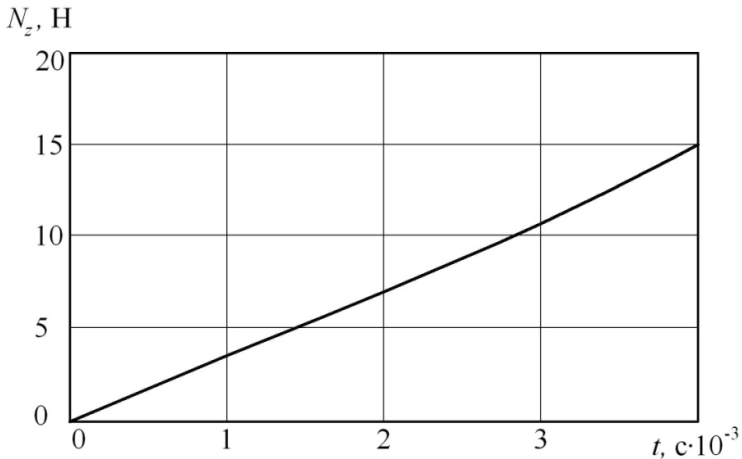


Рис. 4. Залежність поперечно-горизонтальної N_z складової нормальної реакції від часу

Висновки. 1. Складена система диференційних рівнянь другого порядку, яка описує рух точки контакту робочого елемента по голові нерухомо закріпленого у ґрунті коренеплоду цукрових буряків.

2. В результаті розв'язку отриманої системи рівнянь знайдено аналітичний вираз для визначення площі зчесаної поверхні з головки коренеплоду одним робочим елементом.

3. В результаті розв'язку диференціального рівняння обертового руху робочого елемента знайдено аналітичний вираз нормальної реакції головки коренеплоду на робочий елемент.

4. Таким чином, на підставі математичного моделювання одержані значення нормальних реакцій, що діють у точці контакту робочого елемента з головкою коренеплоду. А саме, $N_{x\max} = 65 \text{ Н}$, $N_{y\max} = 55 \text{ Н}$, $N_{z\max} = 15 \text{ Н}$.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин. Монографія. – К.: Видавничий центр НАУ, 2005. – 245 с.
2. Василенко П. М., Погорельий Л.В. Основы научных исследований Механизация сельскохозяйственного производства. – К.: Вища школа, 1984. – 266 с.
3. Комплексная механизация производства сахарной свеклы / [А. А. Василенко, П. Т. Бабий, П. В. Савич и др.]. – К., 1962. – 243 с.
4. Погорельий Л. В., Татьяна Н.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. – К.: Фенікс, 2004. – 232 с.
5. Фильчаков П.Ф. Справочник по высшей математике / П. Ф. Фильчаков – К.: Наукова думка, 1974 – 743 с.
6. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учебн. [для высш. технич. заведений] / С. М. Тарг – М.: Высш. шк., 1986. – 416 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ НА ПЭВМ УСИЛИЙ, КОТОРЫЕ ДЕЙСТВУЮТ В ТОЧКЕ КОНТАКТА НОВОГО ОТДЕЛИТЕЛЯ БОТВЫ С ГОЛОВКОЙ КОРНЕПЛОДА

На основании построенной математической модели движения элемента нового отделителя ботвы по головке коренеплода сахарной свеклы и решения полученных выражений ПЭВМ получены аналитические зависимости усилий в указанной точке контакта. Были также построены графические зависимости изменения составляющих нормальной реакции в точке кон-

такта рабочего элемента с головкой корнеплода. Значения составляющих нормальной реакции были использованы в дальнейшем для силового анализа указанного взаимодействия.

Ключевые слова: математическая модель, ботва, корнеплод, головка корнеплода, рабочий элемент, точка контакта, силовое взаимодействие.

MATHEMATICAL MODELLING AND ANALYSIS OF EFFORTS TO PC THAT APPLY AT THE CONTACT POINTS NEW HEAD SEPARATOR PLANT WITH ROOTS

Based on the mathematical model of motion cleaning element of the new separator tops on the head sugar beet roots and the solution obtained expressions for PC obtained analytical dependences of effort in that point of contact. Were also constructed image depending on changes in components of the normal reaction at the point of contact of the working element of bolt root. The value of the normal components of the reaction were used in the future for power analysis indicated interaction.

Key words: mathematical model, tops, root, root head, working element, a point of contact, interaction strength.

УДК 631.356.2

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ЧАСТИНКИ ГИЧКИ БУРЯКУ ПО ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОМУ МЕХАНІЗМУ

М.Г Березовий, канд.техн.наук

Національний університет біоресурсів і природокористування
України

Аналитично розглянутий рух частинки гички цукрового буряку по лопатці шпурлялки завантажувального механізму гичкозбиральної машини, яка дає можливість при подальшому розв'язанні на ПЕОМ обґрунтувати раціональні параметри робочих органів.

Ключові слова: цукрові буряки, гичкозбиральна машина, гичка, матеріальна частинка, шпурлялка, диференційні рівняння.

Вступ. Застосування нових робочих органів сільськогосподарських машин потребує попереднього ґрунтового їх теоретичного та експериментального дослідження, метою якого є встановлення оптималь-

© М.Г Березовий.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013.