

УДК 621.92

М.Паньків

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПЕРЕМІЩЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ТРАНСПОРТЕРАМИ

З метою дослідження процесу завантаження проведений аналіз переміщення коренеплоду на транспортері шляхом створення механіко-математичної моделі її руху по скребку. Проведені теоретичні дослідження дають можливість вибрати раціональні конструктивні параметри даного вузла.

Умовні позначення

F - сумарна сила;
 F_b - відцентрова сила інерції;
 $F_{тр}$ - сила тертя;
 F_k - Кореолісова сила;
 m – маса коренеплоду;
 l – віддаль від осі привідних зірочок до коренеплоду;
 n - число обертів привідної зірочки;
 g - гравітаційне прискорення;
 f - коефіцієнт тертя коренеплоду до матеріалу скребка;
 α - кут нахилу завантажувального транспортера;
 ε - кут між напрямками дії сумарної сили і сили ваги;
 φ - кут повороту скребка;
 V_r - радіальна проекція швидкості.

При роботі бурякозбиральних машин важливим моментом є надійна робота поздовжнього транспортера, який суттєво впливає на продуктивність машин. Тому дослідження роботи цього транспортера викликає науково-виробничий інтерес, як з точки зору продуктивності машин так і з процесу подачі коренеплодів для вторинної доочистки.

Для дослідження процесу завантаження ворохом цукрових буряків вторинної очисної системи проведено аналіз перебування елементів вороху на транспортері шляхом створення механіко-математичної моделі її руху по скребку (рис.1).

Із рисунка видно, що рух коренеплодів по скребку починається із положення, коли він входить в область сектора OAA_1 . Сумарна сила F (рис.2) яка діє на коренеплід, одержується в результаті геометричного додавання сили ваги коренеплоду mg , відцентрової сили інерції F_b , сили тертя $F_{тр}$ і коріолісової сили:

$$F_k = 2\omega V_r \cdot m . \quad (1)$$

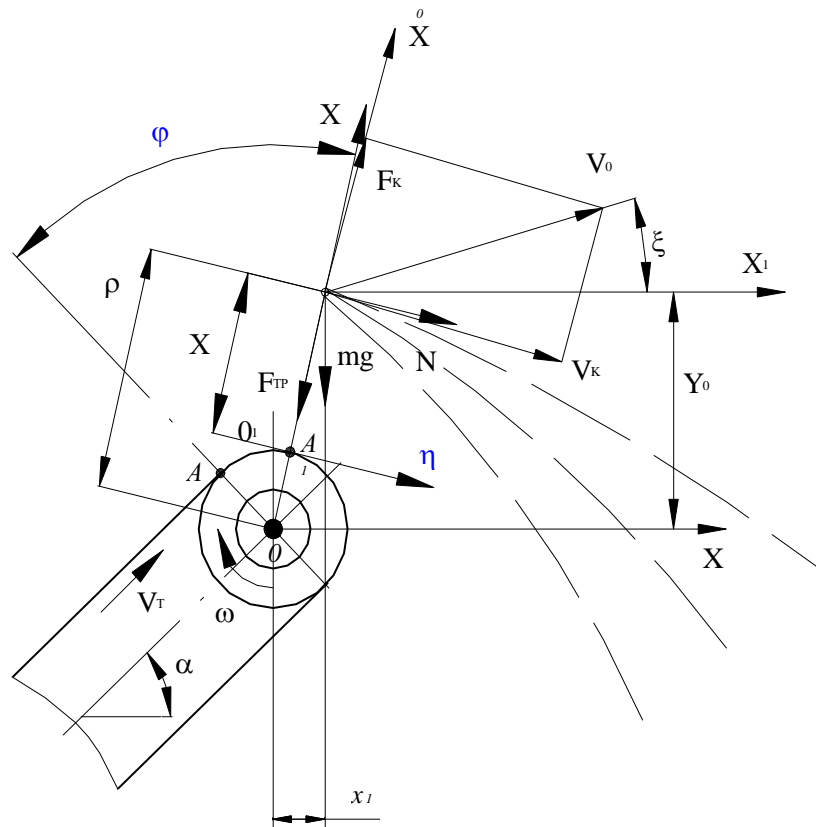


Рис 1. Схема руху коренеплідів на транспортері

Позначимо кут між сумарною силою F і силою ваги mg через ε . Очевидно, що коренеплід гарантовано відривається від скребка тоді коли переміщення за координатою x буде більше або рівне довжині скребка.

Сила інерції буде рівна

$$F_b = m \cdot l \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 = m \omega^2 \cdot l, \quad (2)$$

Силу тертя коренеплоду по скребку визначимо через нормальну силу реакції.

$$F_{mp} = Nf. \quad (3)$$

Для знаходження нормальної сили реакції розглянемо коренеплід в умові статичної рівноваги, приклавши сили інерції Коріолісову силу, [1].

При цьому вибираємо систему відносних координат $(\eta, 0_1, \chi)$ так, щоби одна із осей $(0_1, X)$ системи була направлена за напрямом руху скребка. Спроекуємо сили на вісь η .

$$N - F_k + mg \cos(90 - \varphi) = 0. \quad (4)$$

Звідси

$$N = F_k - mg \cos(90 - \varphi). \quad (5)$$

Спроекуємо силу F на дві взаємно перпендикулярні осі X і Y , які зв'язані із бурякозбиральним агрегатом.

Припустимо, що зрівноважена сила F направлена під кутом ε до напрямку дії сили ваги $m\bar{g}$.

Одержимо систему рівнянь.

$$\begin{cases} mg \cdot \cos(90 - \varphi) - F_k - F \cdot \cos(\varepsilon - 90 + \varphi) = 0 \\ -F_{mp} + F_b - mg \cdot \sin(90 - \varphi) + F \sin(\varepsilon - 90 + \varphi) = 0 \end{cases} \quad (6)$$

З рівняння (4) одержимо

$$\frac{mg \sin \varphi - 2\omega \cdot V_r \cdot m}{\cos(\varepsilon - 90 + \varphi)} = F, \quad (7)$$

$$\frac{-2\omega \cdot V_r \cdot m \cdot f + mgf \sin \varphi + m \cdot l\omega^2 - mg \cos \varphi}{\sin(\varepsilon - 90 + \varphi)} = F. \quad (8)$$

Прирівняємо ліві частини рівнянь (7) і (8) і одержимо вираз для визначення кута ε нахилу вектора сили F

$$\frac{mg \sin \varphi - 2\omega V_r m}{\sin(\varepsilon + \varphi)} = \frac{-2\omega_r m f + mgf \sin \varphi + m \cdot l(\omega)^2 - mg \cos \varphi}{\cos(\varepsilon + \varphi)}. \quad (9)$$

Спростимо рівняння (9)

$$\frac{g \sin \varphi - 2\omega \cdot V_r}{\sin(\varepsilon + \varphi)} = \frac{gf \sin \varphi - 2\omega \cdot V_r \cdot f + l\omega^2 - g \cos \varphi}{\cos(\varepsilon + \varphi)}. \quad (10)$$

Помножимо праву і ліву частину рівняння (8) на $\sin(\varepsilon + \varphi)$ і проведемо відповідні спрощення.

$$g \sin \varphi - 2\omega \cdot V_r = [gf \sin \varphi + 2\omega_r f + l\omega^2 - g \cos \varphi] \times tg(\varepsilon + \varphi). \quad (11)$$

Звідси

$$tg(\varepsilon + \varphi) = \frac{g \sin \varphi - 2\omega \cdot V_r}{g \cdot f \cdot \sin \varphi + 2\omega V_r f + l\omega^2 - g \cos \varphi}. \quad (12)$$

Як видно із рівняння (12), напрямок сумарної сили F , яка діє на коренеплід, не залежить від сили ваги коренеплоду, а залежить від кутової швидкості привідних зірочок, положення коренеплода на скребку, який визначається віддаллю від центра обертання зірочок до центра коренеплоду і кута φ .

Основним фактором, від якого залежить величина і напрямок сумарної сили F , є число обертів n . Для оптимізації числа обертів привідних зірочок необхідно розв'язати нерівність.

$$\varepsilon \leq \frac{\pi}{2}, \quad (13)$$

Підставимо рівняння (12) в нерівність (13) одержимо.

$$\arctg \frac{g \sin \varphi - 2\omega \cdot V_r}{gf \sin \varphi + 2\omega V_r f + l\omega^2 - g \cos \varphi} \leq \frac{\pi}{2}, \quad (14)$$

Однак при його розв'язку права частина нерівності губить зміст, так як тангес цього кута не існує. Тому будемо рахувати, що

$$\varphi - \alpha \leq \frac{\pi}{2}, \quad (15)$$

У виразі (14) необхідно накласти обмеження на кут φ

$$\alpha < \varphi < \frac{\pi}{2} + \alpha, \quad (16)$$

Або

$$0 < \varphi - \alpha < \frac{\pi}{2}.$$

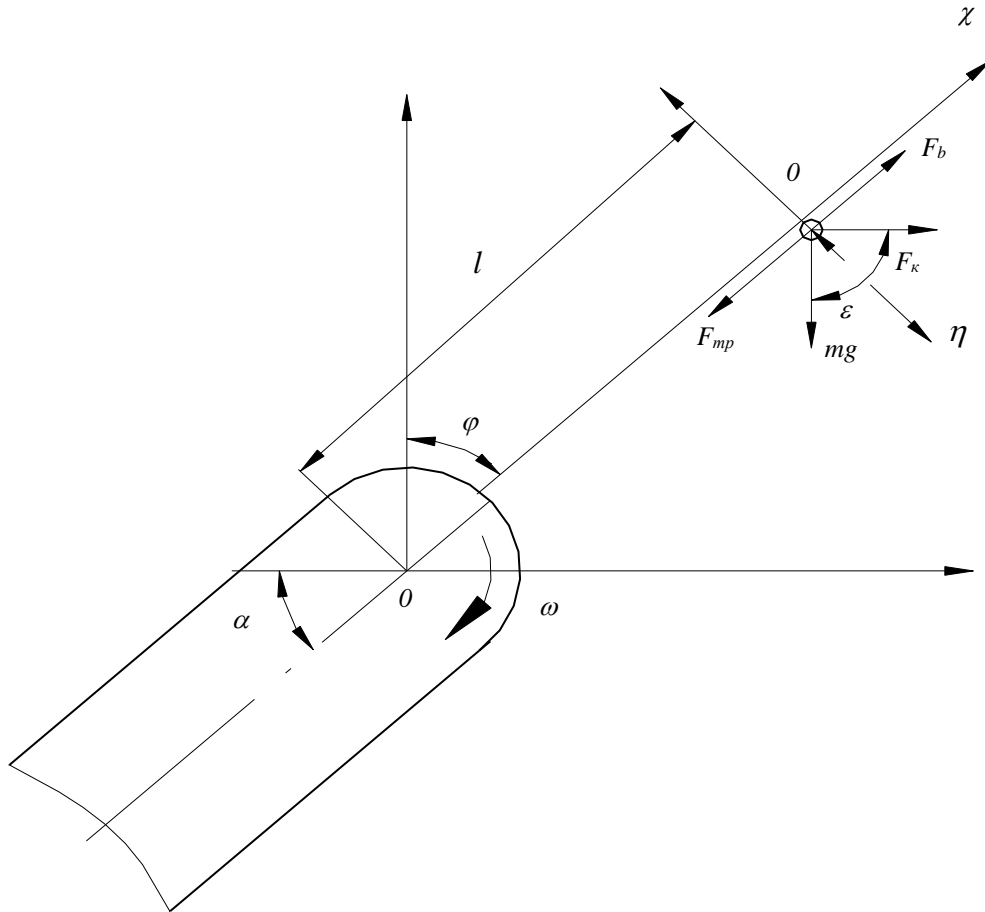


Рис. 2. Розрахункова схема для визначення нормальної сили

Тоді нерівність (14) запишемо

$$\frac{g \sin \varphi - 2\omega \cdot V_r}{gf \sin \varphi + 2\omega V_r f + l\omega^2 - g \cos \varphi} \leq \operatorname{tg}(\varphi - \alpha). \quad (17)$$

Розв'язок даного рівняння необхідно здійснити методом ітерацій.

Згрупуємо доданки з ω і одержимо вираз для визначення мінімальної кутової швидкості.

$$l \operatorname{tg}(\varphi - \alpha) \omega^2 + 2V_r \omega [1 + f \cdot \operatorname{tg}(\varphi - \alpha)] \geq g [\sin \varphi - f \sin \varphi + \cos \varphi]. \quad (18)$$

Із виразу видно, що нерівність представляє собою квадратичну і рішення її буде

$$\omega_{\min} \geq \frac{2V_r + f \cdot \operatorname{tg}(\varphi - \alpha) + \sqrt{4V_r^2 [1 + f \operatorname{tg}(\varphi - \alpha)] + 4l \operatorname{tg}(\varphi - \alpha) \cdot g (\sin \varphi - f \sin \varphi + \cos \varphi)}}{2l \operatorname{tg}(\varphi - \alpha)} > 0 \quad (19)$$

Кут повороту скребка φ , при якому буде проходити розвантаження самого скребка є функція від часу t .

$$\varphi = \omega \cdot t.$$

Для визначення часу перебування коренеплоду на поверхні скребка складемо диференціальне рівняння руху коренеплода по скребку, тобто по осі χ .

$$m \frac{d^2\chi}{dt^2} = F_b - F_{mp} - mg \sin \varepsilon, \quad (20)$$

Або

$$\frac{md^2\chi}{dt^2} = m\omega^2 l - 2\omega V_r \cdot m \cdot f + mgf \sin \varphi - mg \sin \varepsilon. \quad (21)$$

Після відповідних математичних перетворень

$$\frac{d^2\chi}{dt^2} = \omega^2 l - 2\omega V_r \cdot f + gf \sin \omega t - g \sin \varepsilon. \quad (22)$$

Формула (22) дозволяє отримати значення відносного переміщення частинок вороху по скребку завантажувального транспортера в момент її відриву і тим самим визначити граничні конструктивні параметри очисного пристрою коренеплодів.

На підставі проведених досліджень запропонована конструкція пристроїв для очищення і сепарації коренеплодів і методика розрахунку кінематичних і технологічних параметрів транспортно-очисних систем коренезбиральних машин, яка дозволяє значно скоротити і спростити порядок розрахунку конструкторсько-компонувальних схем машин для забезпечення якості технологічного процесу з мінімальними витратами інтелектуальних і матеріальних ресурсів.

Analysis of the process of root loading on the carrier by means of mechanical-mathematical model formation of root movement on the scraper is given.

Література.

1. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. – К.: Изд-во УАСХН, 1960.-283 с.

Одержано 21.02.01 р.