

КІНЕМАТИЧНИЙ РЕЖИМ РОБОТИ ГВИНТОВО-ЕЛІПСНОГО СЕПАРАТОРА

Паньків М.Р., асистент, Гевко І.Б., к.т.н., доцент
(Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя)

Виведені аналітичні залежності для визначення раціональних параметрів руху коренеплоду або інших об'єктів його переміщення вздовж гвинтових елементів транспортно-технологічної очисної системи. Досліджено характер руху коренеплоду з жорсткими елементами очисника. Приведені практичні рекомендації щодо проектування гвинтових транспортно-технологічних для рослинних матеріалів, штучних деталей і заготовок.

Для визначення параметрів руху коренеплодів із завантажувального транспортера на очисну гірку та гвинтово-еліпсний [1] очисник вибираємо загальну систему координат спільну для гірки та шнекового очисника таким чином, щоб вісь O_1Y була направлена по осі першого валка, вісь O_1X — горизонтально, в напрямку від гірки до шнекового очисника, а O_1Z — вертикально. Початок системи координат доцільно розмістити в початку зони руху коренеплодів вздовж гвинтово-еліпсного очисника (рис.1.).

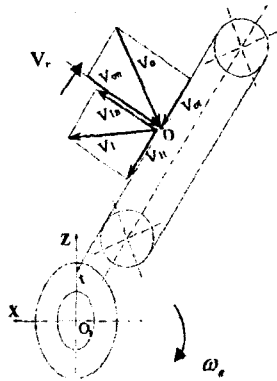


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення кінематичних параметрів сепаратора

Початкова швидкість коренеплоду при контакті з гіркою визначається умовою його передачі із подаючого транспортера. Згідно із дослідженнями [2] існує зона раціональних значень швидкостей, напрямку руху коренеплоду та віддалі його падіння на гірку.

Нехай при падінні на гірку середнє значення проєкцій швидкостей становлять

$$\begin{aligned} V_{ox} &= -V_o \cos \alpha_T; \\ V_{oy} &= 0; \\ V_{oz} &= -V_o \sin \alpha_T. \end{aligned} \quad (2.1)$$

де V_o - проекція початкової швидкості коренеплоду в момент його дотику до полотна гірки, м/с; α_T - кут нахилу траєкторії польоту коренеплоду.

При цьому коренеплід матиме обертання з кутовою швидкістю ω , відносно власної осі обертання, що розміщена відносно осі коренеплоду із кутовим зміщенням γ_o . Як показали експериментальні дослідження, при подачі коренеплодів на гірку із скребкового транспортера створюються умови за яких кут γ_o не перевищує кута конусності коренеплоду, а середина поля розсіювання осі обертання коренеплоду в загальній системі координат відповідає горизонтальному її розміщенню [2].

Контактуючи із пальчиками очисної гірки, коренеплід відскакує набувши нових значень складових лінійних і кутових швидкостей. При цьому нормальна складова швидкості зменшується згідно із значенням коефіцієнта відновлення k_v , а тангенціальна складова набуде певного приросту, який зумовлюється зміною кутової швидкості обертання коренеплоду в момент контакту та лінійною швидкістю V , полотна гірки.

Для розгляду зміни кінематичних параметрів коренеплоду після контакту із гіркою розглянемо власну систему координат гірки (рис.1.), нерухому відносно системи O_1XYZ , вісь O_1 , напрямком якої протилежний напрямку швидкості руху полотна гірки, вісь O_1n , яка розміщена по нормалі до полотна, а вісь O_1b - паралельно осі O_1U загальної системи координат.

Оскільки напрямки ортів системи O_1XYZ та O_1nbt співпадуть при повороті системи O_1nbt на кут β відносно осі O_1U (O_1b), то складові початкової швидкості коренеплоду V_o в системі O_1nbt можна отримати використовуючи матричні перетворення відповідних систем координат

$$\begin{pmatrix} V_{on} \\ V_{ob} \\ V_{ot} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(+\beta); 0; \sin(+\beta); 0 \\ 0; 1; 0; 0 \\ -\sin(+\beta); 0; \cos(+\beta); 0 \\ 0; 0; 0; 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{ox} \\ V_{oy} \\ V_{oz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{ox} \cos \beta + V_{oz} \sin \beta \\ V_{oy} \\ -V_{ox} \sin \beta + V_{oz} \cos \beta \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

Враховуючи початковий напрям руху [3] коренеплоду, середні значення проекції швидкості до зіткнення будуть:

$$\begin{aligned} V_{on} &= -V_o (\cos \alpha_T \cos \beta + \sin \alpha_T \sin \beta) = -V_o \cos(\beta - \alpha_T); \\ V_{ob} &= 0; \\ V_{ot} &= V_o (\cos \alpha_T \sin \beta - \sin \alpha_T \cos \beta) = V_o \sin(\beta - \alpha_T). \end{aligned} \quad (2.3)$$

Після контактної взаємодії швидкість коренеплоду буде

$$V_{in} = k_v V_{on},$$

де k_v - коефіцієнт відновлення швидкості; V_{on} - нормальна складова швидкості коренеплоду, м/с.

Тангенціальні складові швидкостей по осях O_1t та O_1b будуть становити

$$V_{it} = V_{ot} - \Delta \omega_{ob} R_k + V_z; \quad V_{ib} = \Delta \omega_{ot} R_k.$$

де $\Delta \omega_{ob}$ та $\Delta \omega_{ot}$ - втрати значень кутових швидкостей за контактної взаємодії; ω_{ob} та ω_{ot} - проекції вектора кутової швидкості ω_o на відповідні осі; R_k - радіус коренеплоду.

Для визначення проекцій швидкості V_i (після контактної взаємодії) зробимо зворотні перетворення шляхом зворотнього повороту системи координат O_1nbt в початковий стан

$$\begin{pmatrix} V_{ix} \\ V_{iy} \\ V_{iz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(-\beta); 0; \sin(-\beta); 0 \\ 0; 1; 0; 0 \\ -\sin(-\beta); 0; \cos(-\beta); 0 \\ 0; 0; 0; 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{in} \\ V_{ib} \\ V_{it} \end{pmatrix} \quad (2.4)$$

Відповідно,

$$\begin{aligned} V_{ix} &= k_v V_o \cos(\alpha_T - \beta) \sin \beta - V_o \sin(\alpha_T - \beta) \cos \beta - (\Delta \omega_{ob} R_k - V_z) \cos \beta; \\ V_{iy} &= \Delta \omega_{ot} R_k; \\ V_{iz} &= k_v V_o \cos(\alpha_T - \beta) \cos \beta + V_o \sin(\beta - \alpha_T) \sin \beta - (\Delta \omega_{ob} R_k - V_z) \sin \beta. \end{aligned} \quad (2.5)$$

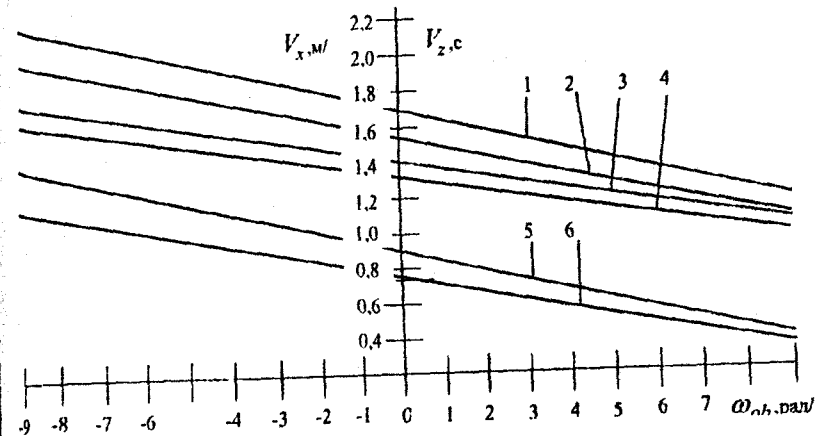


Рис.2 Зміна середніх значень швидкостей буряка після зіткнення з гіркою, в залежності від втрати значень кутових швидкостей буряка

- 1 - V_x при $\alpha=30^\circ$, $\beta=55^\circ$; 2 - V_x при $\alpha=30^\circ$, $\beta=55^\circ$;
3 - V_z при $\alpha=45^\circ$, $\beta=55^\circ$; 4 - V_z при $\alpha=45^\circ$, $\beta=55^\circ$;
5 - V_x при $\alpha=75^\circ$, $\beta=55^\circ$; 6 - V_x при $\alpha=75^\circ$, $\beta=55^\circ$;

Оскільки гірка служить одночасно пристроєм, що переміщує коренеплоди на гвинтово-еліпсний очисник, то визначення характеру руху коренеплоду після контактної взаємодії є важливим ще з точки зору подальшої взаємодії коренеплоду з жорстким очисником. Проте, визначення складових $\Delta \omega_{on}$ та $\Delta \omega_{ot}$ можливе тільки із визначення умов контактної взаємодії коренеплоду з полотном.

Таким чином, знаючи значення вектора сил F в системі координат O_1XYZ , можемо також знати розміщення його у системі координат коренеплоду.

Аналогічним чином визначатимуться координати точки контакту x_{ek}, y_{ek}, z_{ek} .

В загальній системі координат точка контакту при центральному ударі буде лежати на нормалі, опущеній із центра коренеплоду до поверхні гірки.

Відповідно

$$x_e = x_c - R_k \sin \beta; \quad y_e = y_c; \quad z_e = z_c - R_k \cos \beta. \quad (2.6)$$

Відповідний вектор-радіус точки контакту відносно центра коренеплоду матиме координати: $r_e = -\sin \beta i - \cos \beta k$.

Перехід від власної до загальної системи координат можемо здійснювати також матричним чином з використанням властивостей однорідних систем координат

$$\begin{pmatrix} x_e \\ y_e \\ z_e \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} & 0 \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} & 0 \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{ek} \\ y_{ek} \\ z_{ek} \\ 1 \end{pmatrix}, \quad (2.7)$$

де α_{ik} - компоненти матриці переходу $\Pi(\alpha)$.

Після відскоку від гірки коренеплід знаходиться у вільному польоті. Його початкова швидкість згідно (2.5) має складові V_{1x}, V_{1z} .

В довільний момент часу t складова швидкості по осі O_1X не змінюється, а по O_1Z змінюється під впливом сили тяжіння g згідно відомих залежностей: $V_t = V_{1x}$; $V_z = V_{1z} - gt$.

Відповідно, біжучі координати:

$$\begin{cases} x = x_1 + V_{1x}t \\ z = z_1 + V_{1z}t - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad (2.8)$$

Враховуючи, що: $t = \frac{x_2 - x_1}{V_{1x}}$, траєкторія коренеплоду опишеться залежністю:

$$z = z_1 + \frac{V_{1z}}{V_{1x}}(x_2 - x_1) - \frac{g}{2V_{1x}^2}(x_2 - x_1)^2 \quad (2.9)$$

Значення складових швидкості V_2 в момент зіткнення коренеплоду залежить від заданих параметрів регулювання по висоті Δz та довжині Δx зони зміщення, яка регулюється взаємним розміщенням транспортера та першого еліпсного вальця.

Якщо конструктивно задається зміщення $\Delta x = x_2 - x_1$, то складові швидкості V_2 рівні:

$$V_{2x} = V_{1x}; \quad (2.10)$$

$$V_{2z} = V_{1z} - \frac{gx}{V_{1x}}. \quad (2.11)$$

Якщо загальний перепад по висоті Δh , то час польоту:

$$t = \frac{V_{1z}}{g} + \sqrt{\frac{V_{1z}^2}{g^2} + \frac{2\Delta z}{g}}. \quad (2.12)$$

Відповідно:

$$V_{2x} = V_{1x}; \quad (2.13)$$

$$V_{2z} = V_{1z} - g\left(\frac{V_{1z}}{g} + \sqrt{\frac{V_{1z}^2}{g^2} + \frac{2\Delta z}{g}}\right). \quad (2.14)$$

Отже, приведені залежності дозволяють оцінити значення швидкості коренеплоду в момент зустрічі із ребром очисника при відомій швидкості V_1 , та конструктивному параметрі Δh (чи Δx). Запропонована методика може бути використана при проектуванні гвинтових транспортно-технологічних систем машин різного службового призначення у вугільній, металургійній, будівельній і інших галузях промисловості для транспортування кускових матеріалів, штучних деталей і заготовок.

Список літератури

1. Паньків М.Р. Теоретичні передумови переміщення коренеплодів транспортерами // Вісник Тернопільського державного технічного університету. Том 6, № 3. - Тернопіль, 2001. с.79-83.
2. Петрикович Ю.Я. Експериментальне визначення раціональних параметрів завантажувального транспортера та очисної гірки // 36. наук. праць Національного аграрного університету „Механізація сільськогосподарського виробництва” Том VI. „Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин” - Київ: НАУ, 1999.- с. 280-286.
3. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. - 706 с.

Аннотация

Кинематический режим очищения кореньплодов

В статье приведены рациональные параметры движения кореньплода на этапах его перемещения вдоль элементов очистительной системы. Поскольку горка является одновременно приспособлением, которое перемещает кореньплоды на винтовой-эллипсой то определение характеру движения кореньплода после контактного взаимодействия является важным с точки зрения дальнейшего взаимодействия кореньплода с жестким очистителем. Приведенные зависимости позволяют оценить значения скорости кореньплода в момент столкновения с ребром очистителя.

Abstract

Kinematic conditions of rootcrops cleaning

Rational parameters of rootcrops movement during the different stages of their going along the cleaning system were defined in the article. The hump serves as a moving device along the screw-ellipsoid cleaner at the same time; that's why defining of rootcrops movement parameters after the contact with the cleaner is important from the point of its further contacts with hard cleaner.

Defined functional dependences give the possibility to estimate the value of rootcrops speed at the contact moment with the cleaner lip.