УДК 631.356

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАЛЬНО-ОЧИСНОГО ПРИСТРОЮ

Гевко Р.Б., доцент, к.т.н. (ТАНГ),
Ткаченко І.Г., к.т.н. (ТДТУ),
Тунік І.Г., аспірант (ЛДТУ),
Осуховський В.М., інженер (ВАТ "ТеКЗ")

У статті проведено обгрунтування параметрів технологічного процесу переміщення та сепарації вороху корене- та бульбоплодів транспортувально-очисним пристроєм на основі стрічкового транспортера, який має змінну траєкторію. Встановлено вплив конструктивних і кінематичних параметрів пристрою на процес перекочування коренеплодів по робочій поверхні полотна.

Транспортувально-очисні пристрої є невід'ємною частиною практично всіх сільськогосподарських машин, які використовуються для збирання буряків та картоплі. Вони служать для переміщення і сепарації корене- та бульбоплодів. В конструкції таких пристроїв досить широко застосовуються стрічкові транспортери, тому теоретичне обгрунтування конструктивно-технологічних параметрів даних механізмів є актуальною задачею.

Розглянемо взаємодію елементів очисного транспортера із ворохом коренеплодів. Оскільки основна маса грунту відсіялась на очисних елементах викопувального пристрою, то ворох буде складатися з буряків, грудок грунту та рослинних залишків (гичка, бур'яни).

Приймемо, що машина, на якій встановлено транспортер, знаходиться в горизонтальному положенні і рух коренеплода відбувається у вертикальній площині Oxy зв'язаної з машиною нерухомої системи координат, ценр O якої співпадає з віссю одного з валів транспортера, а координатна вісь Ox направлена горизонтально (рис.1).

Нехай траєкторія транспортера опишеться в параметричному вигляді

$$\begin{cases} x^T = x(u); \\ y^T = y(u), \end{cases} \tag{1}$$

де u - незалежний параметр, що відповідає біжучій довжині траси, відлік якої ведеться із заданої точки, наприклад із т.A.

При нерухомому транспортері, якщо початок відліку довжини $u=0$ сумістити із точкою A, то координати довільної точки транспортера одночасно опишуться параметром u, який означає на якій віддалі по довжині транспортера знаходиться ця точка. Якщо віддаль між прутками рівна a, то координата

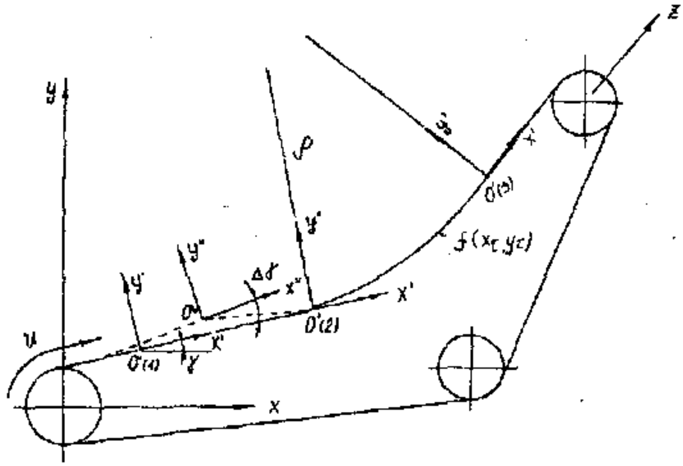

Рис.1. Схема до визначення параметрів траєкторії транспортера

i-го прутка рівна u-ia, $(i \le l/a)$. На кожному дев'ятому прутку розміщ скребок і, відповідно, координата його розміщення буде $u=9ka$, де k - пор ковий номер скребка.

При русі транспортера його полотно переміщається із швидкістю координати довільної точки полотна транспортера у параметричному виг приймуть вигляд:

$$\begin{cases} x = x(u+vt); \\ y = y(u+vt), \end{cases}$$

Якщо на траєкторії траси вибрати довільну точку O' і розмістити в систему координат $O'x'y'$ таким чином, щоб вісь $O'x'$ розміщалась по на мку траси, то матричне рівняння перетворення від системи $O'x'y'$ до Oxy бу

$$\bar{r} = M'\bar{r}',$$

чи в розгорнутому вигляді в однорідних координатах

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\gamma & -\sin\gamma & x_{O'} \\ \sin\gamma & \cos\gamma & y_{O'} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix}$$

де γ - кут нахилу траси до горизонту в т. O'; $x_{O'}$, $y_{O'}$ - координати центр системи $O'x'y'$ в системі Oxy.

Розглянемо також рухому систему координат $O''x''y''$, що жорстко зв'язана із скребком, причому вісь $O''y''$ співпадає із площиною розміщення скребка. Нехай в певний момент часу $t=0$ системи координат співпадають. В загальному випадку система координат $O''x''y''$ переміщається відносно системи $O'x'y'$ із швидкістю v_m по осі Ox, а також разом із полотном транспортера здійснює коливання по осі $O'y'$ і кутові коливання ($\Delta\gamma$) із зміною кута γ.

Перетворення систем $O''x''y''$ і $O'x'y'$ прийме вигляд

$$r = M'' r'' , \tag{4}$$

чи в розгорнутому вигляді:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} cos(\Delta\gamma) & -sin(\Delta\gamma) & x'_{O''} \\ sin(\Delta\gamma) & cos(\Delta\gamma) & y'_{O''} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x'' \\ y'' \\ 1 \end{pmatrix}, \tag{4a}$$

де $x'_{0''}$, $y'_{0''}$ - біжучі координати центру системи $O''x''y''$ в системі $O'x'y'$; $x'_{0''}=v_m t$; $y'_{0''}=A_0 sin(\omega_A t)$; A_0 та ω_A - амплітуда та кутова швидкість коливального процесу поперечних коливань полотна транспортера.

Дослідимо можливе розміщення коренеплода на полотні транспортера. Позначимо радіус прутка полотна r, віддаль між прутками - a; висоту скребка - H. Ширину скребка приймемо конструктивно $S=2r$, а радіус заокруглення скребка рівним радіусу прутка. З метою спрощення розрахунків введемо також параметр $h=H-r$ -висоту скребка до центра заокруглення.

В залежності від розміру коренеплода можливі такі варіанти його розміщення на полотні транспортера в системі координат $O''x''y''$ (рис.2).

1. Коренеплід радіусом R торкається площини скребка і ближнього прутка. Таке розміщення реалізується, коли координата центра ваги y_c коренеплода менше h: $y_c \le h$. В цьому випадку реакція із сторони скребка рівна

$$N_1'' = N_1''\left(cos\,\alpha_1'' \bar{i} + sin\,\alpha_1'' \bar{j}\right) = \bar{N}_i'' \bar{i} \tag{5}$$

де α_1'' - направляючий кут вектора реакції скребка, $\alpha_1''=0$.

Реакція зі сторони прутка

$$N_2'' = N_2''\left(cos\,\alpha_2'' \bar{i} + sin\,\alpha_2'' \bar{j}\right). \tag{6}$$

Тут вектор $\bar{N}_2$ направлений від центра прутка до центра коренеплоду і відповідно

$$cos\alpha_2'' = -\frac{a-(R+r)}{R+r} = -\frac{a}{R+r} + 1, \tag{7}$$

$$sin\alpha_2{}''=\frac{\sqrt{(R+r)^2-(a-R-r)^2}}{(R+r)}=\sqrt{1-\left(\frac{a}{R+r}-1\right)^2}\ , \qquad (8)$$

тобто

$$N_2{}''=N_2\left[\left(-\frac{a}{R+r}+1\right)\bar{i}+\sqrt{1-\left(\frac{a}{R+r}-1\right)^2}\ \bar{j}\right]. \qquad (9)$$

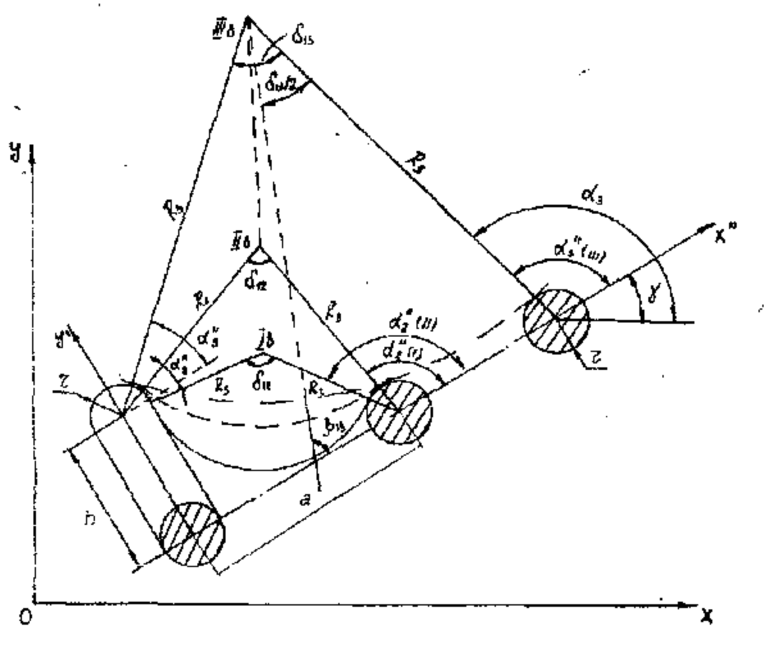

Рис.2. Варіанти розміщення коренеплоду на полотні транспортера

2. Коренеплід торкається краю скребка і прутка *($y_c>h$)*.

Тоді центр коренеплоду визначається із спільного розв'язку системи рівнянь, що визначає точку перетину двох кіл радіусами $R+r$ в центрі заокруглення скребка і центрі прутка

$$\begin{cases}(x'')^2+(y''-h)^2=(R+r)^2;\\(x''-a)^2+(y'')^2=(R+r)^2.\end{cases} \qquad (10)$$

Звідки $y'' = \frac{h}{2} + \frac{a}{h}\left(x'' - \frac{a}{2}\right)$ - рівняння бісектриси трикутника, що проходить через $A(x_A''; y_A'')$. Направляючі кути α_1'' і α_2'' векторів $\bar{N}_1$ і $\bar{N}_2$ відповідно будуть рівні

$$\alpha_1'' = \beta_{12} - \frac{\delta_{12}}{2}; \tag{11}$$

$$\alpha_2'' = \beta_{12} + \frac{\delta_{12}}{2}, \tag{12}$$

де β_{12} - кут нахилу бісектриси, $\beta_{12} = arctg\frac{a}{h}$; δ_{12} - кут між векторами $\bar{N}_1$ і $\bar{N}_2$; $\frac{\delta_{12}}{2} = arcsin\frac{\sqrt{a^2+h^2}}{2(R+r)}$;

3. Коренеплід торкається одночасно скребка і двох сусідніх прутків.

В цьому випадку реакції робочих елементів транспортера будуть $\bar{N}_1$, $\bar{N}_2$, $\bar{N}_3$, а координати центру коренеплода:

$$\begin{cases} x_A'' = \frac{3a}{2}; \\ y_A'' = \frac{2a^2+h^2}{2h}. \end{cases} \tag{13}$$

Цей варіант можливий тільки для тих коренеплодів, радіус яких

$$R_3 = \sqrt{\frac{4a^4+h^4+5a^2h^2}{4h^2}} = \sqrt{\frac{\left(2a^2+h^2\right)^2+a^2h^2}{4h^2}}. \tag{14}$$

Відповідно направляючі векторів $\bar{N}_i$ будуть

$$N_i'' = N_i\left(cos\alpha_i''\bar{i} - sin\alpha_i''\bar{j}\right), \tag{15}$$

де $cos\alpha_i'' = \frac{x_A''-x_i}{R+r}$; $sin\alpha_i'' = \frac{y_A''-y_i}{R+r}$, де x_i, y_i - координати центрів заокруглень скребка та прутків.

4. Коренеплід торкається краю скребка і другого прутка, що реалізується для великих коренеплодів ($R>R_3$). Аналогічно другому випадку

$$\alpha_1''=\beta_{13}-\frac{\delta_{13}}{2};\quad \alpha_3''=\beta_{13}+\frac{\delta_{13}}{2}, \qquad (16)$$

де $\beta_{13}=arctg\frac{2a}{h};\ \frac{\delta_{13}}{2}=arcsin\frac{\sqrt{4a^2+h^2}}{2(R+r)}$.

В загальній нерухомій системі координат вектори реакцій N_i будуть мати відповідно значення

$$\bar{N}_i=\bar{N}_i\left(\cos\alpha_i\bar{i}+\sin\alpha_i\bar{j}\right), \qquad (17)$$

де направляючі кути α_i із кутами α_i'' зв'язані матричними перетвореннями

$$\begin{pmatrix}\cos\alpha_i\\ \sin\alpha_i\\ 1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\cos\gamma & -\sin\gamma & 0\\ \sin\gamma & \cos\gamma & 0\\ 0 & 0 & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\cos\Delta\gamma & -\sin\Delta\gamma & 0\\ \sin\Delta\gamma & \cos\Delta\gamma & 0\\ 0 & 0 & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\cos\alpha_i''\\ \sin\alpha_i''\\ 1\end{pmatrix} \qquad (18)$$

Згідно (18)

$$\alpha_i=\alpha_i''+\gamma+\Delta\gamma, \qquad (19)$$

а у випадку незначних кутових коливань скребків ($\Delta\gamma=0$),

$$\alpha_i=\alpha_i''+\gamma. \qquad (19a)$$

Відповідно вектор центру ваги коренеплоду в загальній системі координат прийме вигляд:

$$\begin{pmatrix}x_c\\ y_c\\ 1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\cos\gamma & -\sin\gamma & x_O\\ \sin\gamma & \cos\gamma & y_O\\ 0 & 0 & 0\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\cos\Delta\gamma & -\sin\Delta\gamma & x'_{O''}\\ \sin\Delta\gamma & \cos\Delta\gamma & y'_{O''}\\ 0 & 0 & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x_A''\\ y_A''\\ 1\end{pmatrix} \qquad (20)$$

Звідки

$$\begin{cases}x_c=x_A''\cos(\gamma+\Delta\gamma)-y_A''\sin(\gamma+\Delta\gamma)+x_O+v_t t\cos\gamma-A\sin(\omega_A t)\sin\gamma;\\ y_c=y_A''\sin(\gamma+\Delta\gamma)-x_A''\cos(\gamma+\Delta\gamma)+y_O+v_t t\sin\gamma-A\sin(\omega_A t)\cos\gamma.\end{cases} \qquad (21)$$

Розміщення системи координат $O'x'y'$ в часі не змінюється відносно загальної системи координат. Система $O''x''y''$ переміщується як по траєкторії полотна, так має і коливальний вертикальний рух. Приймемо що кут γ змінюється тільки від зміни траєкторії:

$$\gamma-\gamma_O=arctg\frac{\dot{y}(t)}{\dot{x}(t)}-arctg\frac{\dot{y}(o)}{\dot{x}(o)}, \qquad (22)$$

де $arctg\frac{\dot{y}(o)}{\dot{x}(o)}=\gamma_O;\ arctg\frac{\dot{y}(t)}{\dot{x}(t)}=\gamma_t(t)$ - відповідно кути нахилу траєкторії в т. O' при $t=0$, і біжучій точці O'' на час t. При постійних значеннях A, ω_A, γ_0, x_0, y_0 їхні похідні по часу рівні нулю.

Швидкість коренеплода опишеться залежністю

$$\begin{cases}\dot{x}_c=\frac{dx_A''}{dt}\cos\gamma-x_A''\sin\gamma_t\frac{d\gamma_t}{dt}-\frac{dy_A''}{dt}\sin\gamma_t-\\ -y''_A\cos\gamma_t\frac{d\gamma}{dt}+\frac{dx'_{O''}}{dt}\cos\gamma-A\omega_A\cos(\omega_A t)\sin\gamma;\\ \dot{y}_c=\frac{dy_A''}{dt}\sin\gamma+y_A''\cos\gamma_t\frac{d\gamma_t}{dt}+\frac{dx_A''}{dt}\cos\gamma_t-\\ -x''_A\sin\gamma_t\frac{d\gamma_t}{dt}+\frac{dy'_{O''}}{dt}\sin\gamma-A\omega_A\cos(\omega_A t)\sin\gamma.\end{cases} \qquad (23)$$

Для випадку, коли від точки O_1 траса проходить із постійним кутом піднімання $\gamma_t=\gamma_0=const$, швидкість коренеплоду в загальній системі координат прийме вигляд:

$$\begin{cases}\dot{x}_c=\dot{x}_A''\cos\gamma-\dot{y}_A''\sin\gamma+v_t\cos\gamma-A\omega_A\cos(\omega_A t)\sin\gamma;\\ \dot{y}_c=\dot{y}_A''\sin\gamma+\dot{x}_A''\cos\gamma+v_t\sin\gamma-A\omega_A\cos(\omega_A t)\sin\gamma.\end{cases} \qquad (24)$$

Якщо переріз коренеплоду круглий і при перекочуванні по лопаті його радіус не змінюється, то для випадку, коли він перекочується через край скребка його параметри змінюються за залежністю

$$\begin{cases}x_A''=(R+r)\cos(\alpha_i''+\Delta\alpha_t);\\ y_A''=(R+r)\sin(\alpha_i''+\Delta\alpha_t).\end{cases} \qquad (25)$$

Відповідношвидкість у системі координат $O''x''y''$

$$\begin{cases} \dot{x}_A''=-(R+r)\sin(\alpha_i''+\Delta\alpha_i)\dfrac{d(\Delta\alpha_i)}{dt}=y_A''\omega_\alpha; \\ \dot{y}_A''=(R+r)\cos(\alpha_i''+\Delta\alpha_i)\dfrac{d(\Delta\alpha_i)}{dt}=x_A''\omega_\alpha, \end{cases} \tag{26}$$

де ω_α - кутова швидкість переміщення центра коренеплоду т. A.

Кутова швидкість обертання коренеплоду

$$\omega_K''=\frac{\sqrt{\dot{x}_A^2+\dot{y}_A^2}}{R}=\frac{R+r}{R}\omega_\alpha. \tag{27}$$

Прискорення коренеплоду для цього випадку

$$\begin{cases} \ddot{x}_c=\ddot{x}_A''\cos\gamma-\ddot{y}_A''\sin\gamma+A\omega_A^2\sin(\omega_A t)\sin\gamma; \\ \ddot{y}_c=\ddot{y}_A''\sin\gamma+\ddot{x}_A''\cos\gamma+A\omega_A^2\sin(\omega_A t)\cos\gamma. \end{cases} \tag{28}$$

При перекочуванні коренеплоду через край скребка, прискорення коренеплоду у рухомій системі координат $O''x''y''$ будуть

$$\begin{cases} \ddot{x}_A=-(R+r)\sin(\alpha_i+\Delta\alpha_i)\dfrac{d\omega_\alpha}{dt}+(R+r)\cos(\alpha_i+\Delta\alpha_i)(\omega_\alpha'')^2; \\ \ddot{y}_A=(R+r)\cos(\alpha_i+\Delta\alpha_i)\dfrac{d\omega_\alpha}{dt}+(R+r)\sin(\alpha_i+\Delta\alpha_i)(\omega_\alpha'')^2. \end{cases} \tag{29}$$

Для коренеплодів, початкове розміщення яких $y_{AO}''<h$ (перший випадок), крім перекочування через край скребка існує ще період руху вздовж поверхні скребка із швидкостями

$$\dot{x}_A''=0;\ \dot{y}=v_A'', \tag{30}$$

та прискореннями

$$\ddot{x}_A''=0;\ \ddot{y}=\frac{dv_A''}{dt}. \tag{31}$$

В загальному випадку із врахуванням зусиль, що діють на коренеплід (рис.3), його рівняння руху в загальній системі координат приймуть вигляд

$$\begin{cases} \Sigma x=-m_k\ddot{x}_c+\sum\limits_{i=1}^{3}N_{ix}+\sum\limits_{i=1}^{3}F_{ix}=0; \\ \Sigma y=-m_k\ddot{y}_c+\sum\limits_{i=1}^{3}N_{iy}+\sum\limits_{i=1}^{3}F_{iy}-m_K g=0; \\ \Sigma M_M=-J\dfrac{d\omega_K}{dt}+\sum\limits_{i=1}^{3}F_iR=0, \end{cases} \tag{32}$$

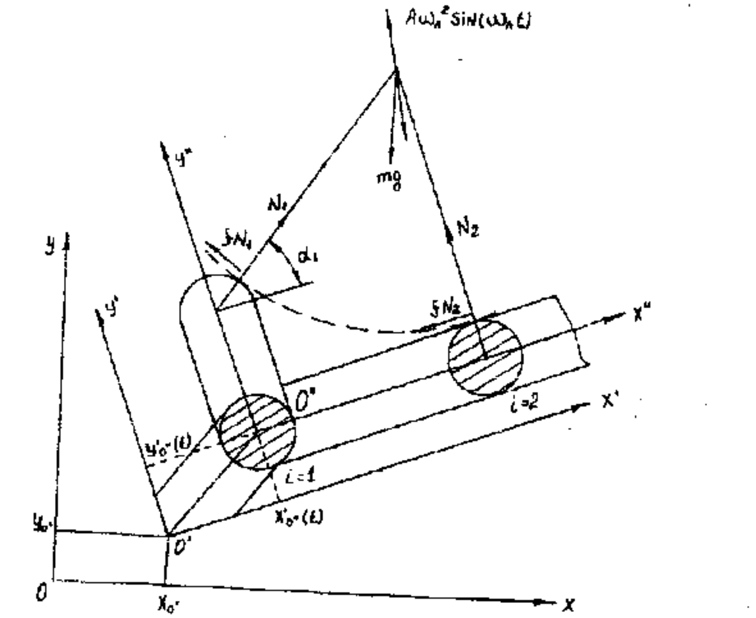

Рис.3. Схема до визначення рівняння руху коренеплоду при його транспортуванні

де m_k та J - маса і момент інерції коренеплоду; $F_i=\mu N_i$ - сили тертя; ω_K - кутова швидкість обертання коренеплоду в загальній системі координат:

$$\omega_k=\omega_k''+\frac{d\gamma_t}{dt}. \tag{33}$$

Розглянемо детально взаємодії коренеплодів із очисним транспортером.

В приймальній зоні кут нахилу $\gamma_\alpha=\alpha_T=const$ незначний, транспортер рухається по траєкторії, яка на цьому відрізку описується прямою $x^T=x_O'+(u-u_O)\cos\gamma_\alpha$; $y^T=y_O'+(u-u_O)\sin\gamma_\alpha$, а переміщення т. O'' при відсутності коливання транспортера *(A=0)*

$$\begin{cases} x_{O''}=v_t t\cos\gamma_\alpha; \\ y_{O''}=v_t t\sin\gamma_\alpha. \end{cases} \tag{34}$$

В зоні забирання коренеплодів вивантажувальним транспортером траєкторія має значну кривизну і змінний кут γ. Приймемо, що кривизна траси постійна, тобто траєкторія описується колом радіусу ρ і її рівняння на цьому відрізку

$$\begin{cases} x^T = x_O' + \rho\left[\sin\left(\gamma_{OI} + \frac{u-u_O}{\rho}\right) - \sin\gamma_{OI}\right]; \\ y^T = y_O' + \rho\left[\cos\left(\gamma_{OI} + \frac{u-u_O}{\rho}\right) - \cos\gamma_{OI}\right]. \end{cases} \quad (35)$$

Відповідно координати початку O'' рухомої системи координат у системі $O'x'y'$ для цього відрізку буде:

$$\begin{cases} x_{O''}' = \rho\left[\sin\left(\gamma_{OI} + \frac{v_t t}{\rho}\right) - \sin\gamma_{OI}\right]; \\ y_{O''}' = \rho\left[\cos\left(\gamma_{OI} + \frac{v_t t}{\rho}\right) - \cos\gamma_{OI}\right]. \end{cases} \quad (36)$$

Біжучий кут нахилу транспортера та розміщення системи координат $O''x''y''$ буде рівним $\gamma_t = \gamma_{OI} + \frac{v_t t}{\rho}$.

Відповідно лінійні і кутові швидкості системи $O''x''y''$ будуть

$$\begin{cases} \dot{x}_{O''} = v_t \cos\left(\gamma_{OI} + \frac{v_t t}{\rho}\right); \\ \dot{y}_{O''} = v_t \sin\left(\gamma_{OI} + \frac{v_t t}{\rho}\right); \\ \gamma_t = \frac{v_t}{\rho}. \end{cases} \quad (37)$$

Прискорення системи координат $O''x''y''$ відносно нерухомої системи Oxy

$$\begin{cases} x_{O''}' = -\frac{v_t^2}{\rho}\sin\left(\gamma_O + \frac{v_t t}{\rho}\right); \\ y_{O''}' = -\frac{v_t^2}{\rho}\cos\left(\gamma_O + \frac{v_t t}{\rho}\right); \\ \gamma_t = 0. \end{cases} \quad (38)$$

У випадку поперечних коливань полотна транспортера величини $y_{O''}$, $\dot{y}_{O''}$ та $\ddot{y}_{O''}$ будуть мати ще і складові від коливань.

В зоні відриву коренеплодів від полотна транспортера його кут нахилу значний $\gamma_\beta = \beta$ і визначається із умови захоплення грудок і незахоплювання коренеплодів. Траєкторія траси на цій ділянці описується залежністю аналогічно зоні приймання

$$\begin{cases} x^T = x_O' + (u-u_O)\cos\gamma_\beta; \\ y^T = y_O' + (u-u_O)\sin\gamma_\beta. \end{cases} \quad (39)$$

Відповідно переміщення т. O'' в системі координат $O'x'y'$ приймуть вид

$$\begin{cases} x_{O''}' = v_t \cos\gamma_\beta t; \\ y_{O''}' = v_t \sin\gamma_\beta t. \end{cases} \quad (40)$$

Швидкості та прискорення коренеплоду у цій системі будуть визначатись залежностями (24), (28).

Для випадку, коли відсутні поперечні коливання транспортера, прискорення у системі є постійними на коловій ділянці і відсутні на прямолінійних ділянках.

На приймальній ділянці необхідна умова працездатності нахиленого коренеплоду полягає в тому, щоб всі і в т.ч. найбільші коренеплоди не відривались від своїх опор (скребка і прутка).

Ця умова виконується тоді, коли $N_1>0$ і $N_3>0$. Враховуючи що $\gamma>0$ це реалізується при $N_3>0$. Рівняння руху (32) перетвориться в рівняння рівноваги

$$\begin{cases} N_1 \cos\alpha_1 + N_3 \cos\alpha_3 = 0; \\ N_1 \sin\alpha_1 + N_3 \sin\alpha_3 = mg. \end{cases} \quad (41)$$

Враховуючи те, що $\alpha_i = \alpha_i'' + \gamma$ і $N_3 > 0$ умова невипадання корен-
плодів прийме вигляд:

$$\gamma < \frac{\pi}{2} - \alpha_1'', \qquad (4$$

де α_1'' визначається згідно (11) чи (16) в залежності від варіанту його розміщення на полотні. Зміна кута α_1'' від величини радіуса коренеплоду показана на рис.4.

Із врахуванням зусиль від прискорень полотна транспортера під час його коливання рівняння рівноваги прийме вигляд

$$\begin{cases} N_1 \cos\alpha_1 + N_3 \cos\alpha_3 + mA\omega_A^2 \sin(\omega_A t)\sin\gamma = 0; \\ N_1 \sin\alpha_1 + N_3 \sin\alpha_3 + mA\omega_A^2 \sin(\omega_A t)\cos\gamma = mg. \end{cases} \qquad (43)$$

Для випадку $N_3 = 0$ із розв'язку (43)

$$mA\omega_A^2 \sin\omega_A t(\sin\gamma \sin\alpha_1 - \cos\gamma \cos\alpha_1) - mg\cos\alpha_1 = 0, \qquad (44)$$

звідки

$$-\frac{A\omega_A^2 \sin(\omega_A t)}{g}\cos(\alpha_1 + \gamma) = \cos\alpha_1.$$

Оскільки $\alpha_i = \alpha_i'' + \gamma$, то умова незміщення коренеплоду

$$\cos(\alpha_1'' + \gamma) = \frac{A\omega_A^2 \sin(\omega_A t)}{g}\cos(\alpha_1'' + 2\gamma). \qquad (45)$$

Звідси умова надійного утримання коренеплоду, яка визначає кут нахилу транспортера в приймальній частині, визначається із розв'язку рівняння (45) для випадку коли $\sin(\omega_A t) = -1$.

Аналіз рівняння (45) показує, що у довільному випадку граничне значення кута γ незалежно від амплітуди та частоти коливань не може бути меншим $\gamma_{гран} = 0{,}5(0{,}5\pi - \alpha_1'')$.

В першому наближенні граничне значення γ, при якому втрачається зв'язок коренеплоду із прутками, визначається за наближеною залежністю

$$\gamma = \frac{1+k}{1+2k}\left(0{,}5\pi - \alpha_1''\right), \qquad (46)$$

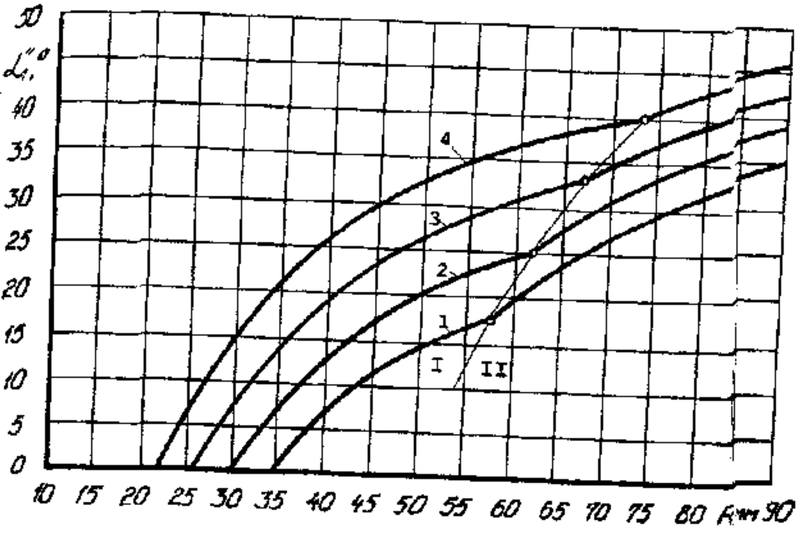

Рис.4. Залежність направляючого кута α_1'' реакції N_1 скребка транспортера від радіусу коренеплода (при радіусі прутка r=5 мм) і висоті лопаті: 1-H=45 мм, 2-H=40 мм, 3-H=35 мм, 4-H=30 мм; I-зона взаємодії коренеплода із скребком і першим прутком, II-із скребком і другим прутком

де $k = \frac{A\omega_A^2}{g}$ - коефіцієнт динамічності поперечних коливань полотна транспортера.

Залежність допустимого кута нахилу γ для приймальної зони транспортера від радіуса коренеплоду для різних значень коефіцієнта динамічності представлена на рис.5.

Залежність (46) для експлуатаційних режимів роботи очисного пристрою дає похибку порівняно із розв'язком рівняння (45) не більше 0,5° і може використовуватись для практичних розрахунків. Згідно експериментальних досліджень коефіцієнт динамічності поперечних коливань змінюється в широкому діапазоні в залежності від режимів експлуатації та місця вимірювання коливань і становить k=0,2...0,9.

Згідно результатів обчислень за формулою (46) діапазон зміни кута нахилу приймального транспортера γ є стабільним для утримання коренеплодів будь-яких розмірів на полотні транспортера і знаходиться в межах

$0...30^0$. Враховуючи можливе пружне кутове зміщення скребка, яке даними експериментів під еквівалентним навантаженням перевищ $\Delta\gamma=5^0$, рекомендовані кути нахилу приймальної зони становлять $\gamma< 2$

Для вивантажувальної гілки умовою експлуатаційної придатнс транспортера є сходження всіх кондиційних коренеплодів. Врахову те, що сходження коренеплодів діаметром 40...60 мм для кутів нах $\gamma=60...75^0$, при яких ефективно виносяться домішки, можливе лише динамічної дії транспортера в процесі його коливання, то аналітичне значення граничного кута $\gamma_{max}=\beta$ ускладнене.

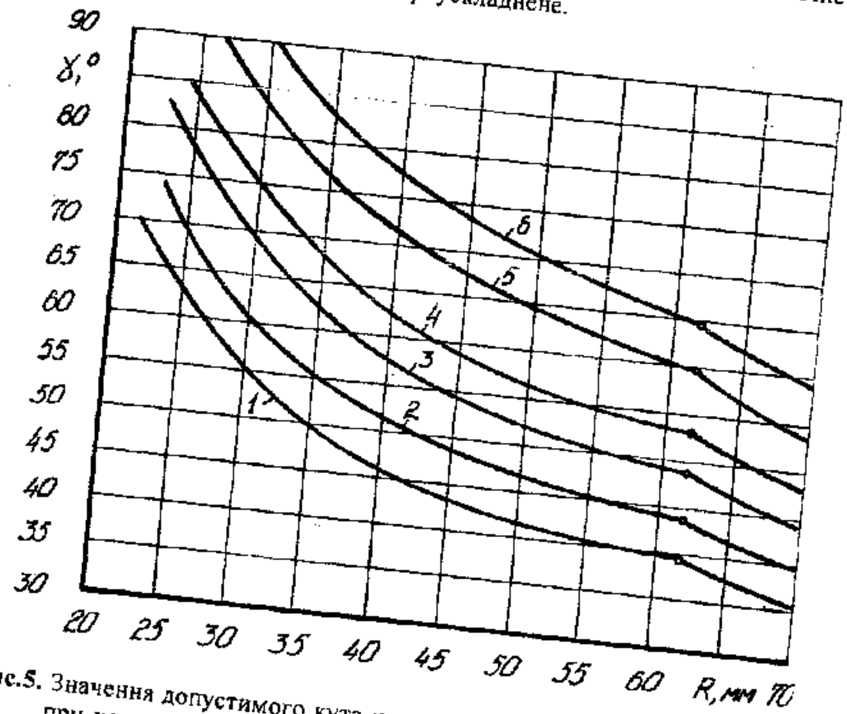

Рис.5. Значення допустимого кута нахилу приймальної зони транспорте при коливаннях полотна з коефіцієнтом значимості відповідно: k=2; 2 - k=1; 3 - k=0,5; 4 - k=0,3; 5 - k=0,1; 6 - k=0

Експериментальні дослідження показали, що найбільш повно за вольняються поставлені вимоги по втратах, пошкодженню і рівню оч щення машини при куті нахилу вивантажувальної вітки транспорте

$=65...70^0$. Рекомендовані параметри, що забезпечують стабільну роботу исника в різних її зонах становлять $a=40$ мм; $H=40$ мм; $r=10$ мм.

Розроблена математична модель роботи очисного транспортера до- олила комплексно оцінити взаємодію коренеплоду із робочими органа- і транспортно-очисного пристрою в різних режимах його роботи та ви- ачити його основні конструктивні параметри. При відомому спектрі ливань полотна транспортера вона дозволяє отримати повну картину боти очисника і може бути використана для автоматизованого проекту- ння подібних систем.