ЛИТЕРАТУРА

1. Хайлис Г.А., Цымбал А.А., Крепак Е.И. Анализ движения пальцев рабочих органов машин в кроне смородины. Техника в сель.хоз-ве. - 1990, № 6. с.47-49.

УДК 631.356.35

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДВЕДЕННЯ ГИЧКИ ПРИ РОБОТІ ГИЧКОВИДАЛЯЮЧОГО МЕХАНІЗМУ СТРІЧКОВОГО ТИПУ

С.В.Синій
аспірант,
Г.А.Хайліс
д.т.н., проф.,
Р.М.Рогатинський
к.т.н.,
В.Я.Мартиненко
к.т.н.,
Р.Б.Гевко
к.т.н.

Процес відведення, в даному випадку горизонтального транспортування, полягає у наданні вантажу (вороху гички) поступального руху разом з полотном стрічкового транспортера та наступним розкиданням складових частин вантажу (стебло-листової маси вороху гички). При цьому необхідно враховувати, що рух вантажу (його складових) відбувається під впливом сили тяжіння і сил, що діють на нього з боку поверхонь транспортування (щитка, полотна і активізаторів) та навколишнього середовища.

Ворох, що отримується при безкопірному зрізуванні гички, є досить різноманітна за своїми масовими і розмірними характеристиками стебло-листова маса, основну частину якої складає гичка (черешки, листки). Вміст у воросі зрізаних головок коренеплодів, що залежить від висоти зрізування, є незначним. Крім того, ворох може містити бур'яни, вміст яких залежить від засміченості ними поля, а в певних випадках - дрібні частинки грунту (грудки землі, камінці і т.п.).

Зважаючи на таку неоднорідність складових вороху описати їх рух аналітичними залежностями практично неможливо без використання відповідних припущень.

Вважатимемо твердим тілом одиничну масу вантажу (гичку, що видаляється активізатором з одного рядка за один робочий хід стрічки), частинки-інградієнти (складові вороху гички) якої розташовані відносно її центру мас незмінно і без кутових переміщень. Тобто, положення довільної частинки-інградієнта (рис. I) підпорядковується умові

$$\begin{aligned} \Delta_{cj} &= const; \\ \bar{\omega}_{cj} &= 0; \\ \bar{\omega}_{Mj} &= 0, \end{aligned} \qquad \text{(I)}$$

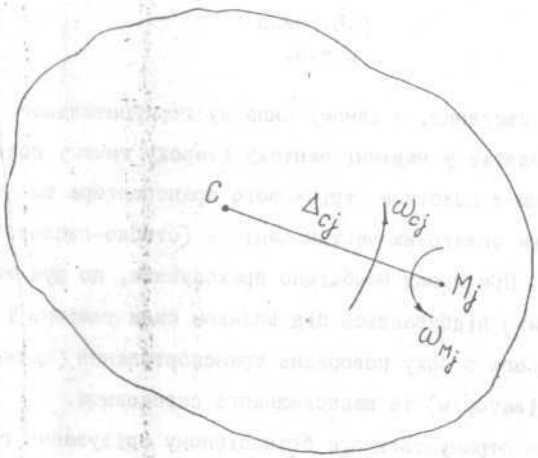

Рис. I. Схема до визначення розміщення частинки-інградієнта одиничної маси

де $\Delta_{cj} = CM_j$ – відстань від центра мас C одиничної маси вантажу до центру мас M_j частинки-інградієнта;

ω_{cj} – кутова швидкість обертання частинки-інградієнта відносно центра мас C ;

ω_{Mj} – кутова швидкість обертання частинки-інградієнта відносно її центра мас M_j ;

$j = 1, 2, \ldots, n$ – визначає обмежену множину частинок-інградієнтів одиничної маси вантажу.

Тоді, прийнявши, що ворох складається з твердих тіл обмежених розмірів, їх рух у першому наближенні можна розглядати як рух частинок, а рух останніх – як рух матеріальних точок [I, 3, 4]. Вивчивши характер руху однієї частинки по поверхнях транспортування виявлені закономірності можна перенести на рух усього вантажу (вороху), розглядаючи його як потік елементарних частинок-інградієнтів і враховуючи їх взаємодію між собою.

Для визначення закономірностей горизонтального транспортування вороху гички доцільно розглядати три послідовні етапи: перший – рух вороху по поверхнях транспортування; другий – кидання вороху (його відрив від поверхонь транспортування); третій – політ вороху після кидання (відриву від поверхонь транспортування).

Основна умова транспортування тіла (вантажу) на першому етапі – наявність сил, що примушують його утримуватись на поверхнях транспортування і переміщатись разом з полотном. В результаті силової взаємодії активізаторів із захоплюваними ними твердими тілами останні рухаються по різних траєкторіях.

Траєкторії складових частин вороху залежать від значення і напрямку діючих на них зовнішніх сил, тобто сил, прикладених з боку інших тіл і силових полей.

Фізичні основи процесу транспортування неможливо виявнити без вивчення характеру руху однієї частинки по поверхнях транспортування.

При розгляді ізольованого руху однієї частинки по поверхнях транспортування необхідно враховувати дві групи зовнішніх сил: масові та опору середовища. До масових сил, значення яких пропорційні масі частинки, слід віднести силу тяжіння, а також нормальні реакції поверхонь транспортування, сили тертя; до опору середовища - сили, пропорційні опору повітря.

При роботі гичкозбиральної машини стрічкового типу процес горизонтального транспортування гички, як і процес її зрізування, складається із послідовно повторюваних циклів, кожен з яких враховує роботу одного робочого органа (у даному випадку - активізатора). Тому обмежимось розглядом транспортування вороху гички по щитку одним активізатором.

Для цього застосуємо теорію руху матеріальної частинки по шорстких поверхнях, враховуючи принципи динаміки матеріальної точки, викладені зокрема в роботах [I - 5]. А виявлені таким чином загальні закономірності її руху використаємо для вивчення руху вороху гички при транспортуванні.

Для визначення параметрів транспортування вороху по поверхні щитка під дією активізаторів необхідно визначити силове поле, у якому проходить процес транспортування, з урахуванням основних зовнішніх сил та реакцій щитка і активізаторів. У зв'язку з цим дослідження будемо проводити шляхом складання і наступного аналізу диференціального рівняння руху частинки (матеріальної точки), яке виводиться з умови рівноваги усіх сил, прикладених до неї.

Розглядаючи рух гички припустимо, що частинка масою m переміщається по шорстких поверхнях щитка і активізатора, не відриваючись від них, при поступальному рівномірному русі гичкозбиральної машини зі швидкістю v_M вздовж рядків буряків і при рівномірному русі еластичного полотна вздовж нижнього краю щитка з постійною лінійною швидкістю $v_П$. Причому щиток нерухомо зв'язаний з машиною.

Для розгляду руху частинки по поверхнях транспортування виберемо декартову систему координат $Oxyz$, початок якої, точка O , лежить на горизонтальній лінії, що співпадає з нижнім краєм щитка. Для випадку плоского виконання поверхні щитка (рис. 2) осі Ox та Oy системи координат доцільно розмістити у площині щитка. Причому вісь Ox розміщується горизонтально і співпадає з напрямком руху еластичного полотна, до якого прикріплені активізатори, вздовж нижнього краю щитка. Вісь Oy направлена вгору, а вісь Oz - перпендикулярно до поверхні щитка. Приймаємо, що система $Oxyz$ нерухомо зв'язана із гичкозбиральною машиною.

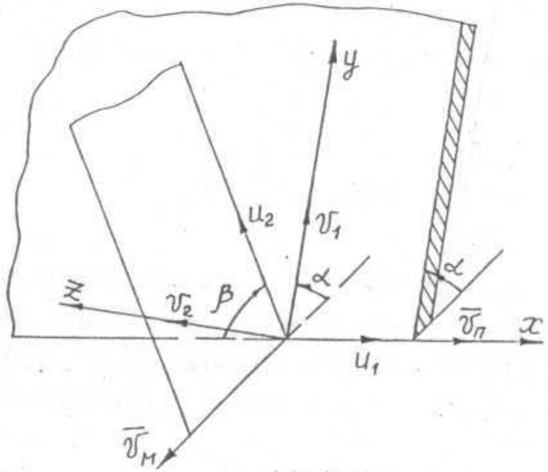

Рис. 2. Схема до виводу рівнянь транспортуючих поверхонь для випадку плоского виконання поверхні щитка

Матеріальна частинка, що переміщується по поверхнях транспортування як по направляючих зв'язках, володіє одним ступенем вільності. Тобто, положення частинки A при безвідривному русі підпорядковується двом накладеним на неї зв'язкам вигляду

$$f_i(x,y,z,t)=0 \tag{2}$$

із шорсткими поверхнями щитка (i = I) та активізатора (i = 2). При цьому, оскільки активізатор і щиток однозначно задають кутові параметри φ розміщення частинки в просторі, то

$$\varphi_x=\varphi_y=\varphi_z=const. \tag{3}$$

Тобто,

$$\dot\varphi_x=\dot\varphi_y=\dot\varphi_z=\ddot\varphi_x=\ddot\varphi_y=\ddot\varphi_z=0. \tag{4}$$

Тоді рівняння руху частинки включають лише складові по лінійних переміщеннях відносно осей Ox, Oy, Oz і тотожні відомим диференціальним рівнянням руху матеріальної частинки

$$\begin{aligned} m\ddot x &= P_x+\Sigma R_{ix};\\ m\ddot y &= P_y+\Sigma R_{iy};\\ m\ddot z &= P_z+\Sigma R_{iz}, \end{aligned} \tag{5}$$

де $\ddot x, \ddot y, \ddot z$ - складові абсолютного прискорення частинки; R_{ix}, R_{iy}, R_{iz} - проекції реакцій зв'язку (результуючих нормальних реакцій і сил тертя) на відповідні осі; P_x, P_y, P_z - проекції результуючої усіх інших зовнішніх сил на відповідні осі.

Для нерухомого відносно вибраної системи координат щитка (i = I), нахиленого під кутом α до горизонту, рівняння поверхні

$$\begin{aligned} x_1 &= u_1;\\ y_1 &= v_1;\\ z_1 &= 0, \end{aligned} \tag{6}$$

де u_1 і v_1 - незалежні лінійні параметри (рис. 2), а для

рухомого активізатора (i = 2), який переміщується із швидкістю v_n вздовж осі Ox рівняння поверхні

$$\begin{aligned} x_2 &= -u_2\cos\beta+v_n t;\\ y_2 &= u_2\sin\beta;\\ z_2 &= v_2, \end{aligned} \tag{7}$$

де u_2 і v_2 - лінійні параметри відповідно по довжині і ширині активізатора; t - час; β - кут нахилу активізатора до осі Ox в площині щитка.

Для матеріальної частинки, що рухається безвідривно по шорстких поверхнях, виберемо незалежний параметр ℓ (рис. 3), який зв'язаний з параметрами поверхонь транспортування u_i і v_i наступними залежностями

$$\begin{aligned} u_2 &= \ell;\\ u_1 &= v_n t-\ell\cos\beta;\\ v_1 &= \ell\sin\beta. \end{aligned} \tag{8}$$

Рівняння зв'язку координат частинки A із незалежним параметром ℓ, отримаємо підставивши (8) в (6):

$$\begin{aligned} x_A &= v_n t-\ell\cos\beta;\\ y_A &= \ell\sin\beta;\\ z_A &= 0. \end{aligned} \tag{9}$$

Рівняння руху частинки, з урахуванням усіх діючих на матеріальну частинку сил, в проекціях на осі системи $Oxyz$, матиме вигляд:

$$\begin{aligned} m\ddot x &= P_x+N_{x_1}+N_{x_2}+T_{x_1}+T_{x_2};\\ m\ddot y &= P_y+N_{y_1}+N_{y_2}+T_{y_1}+T_{y_2};\\ m\ddot z &= P_z+N_{z_1}+N_{z_2}+T_{z_1}+T_{z_2}, \end{aligned} \tag{10}$$

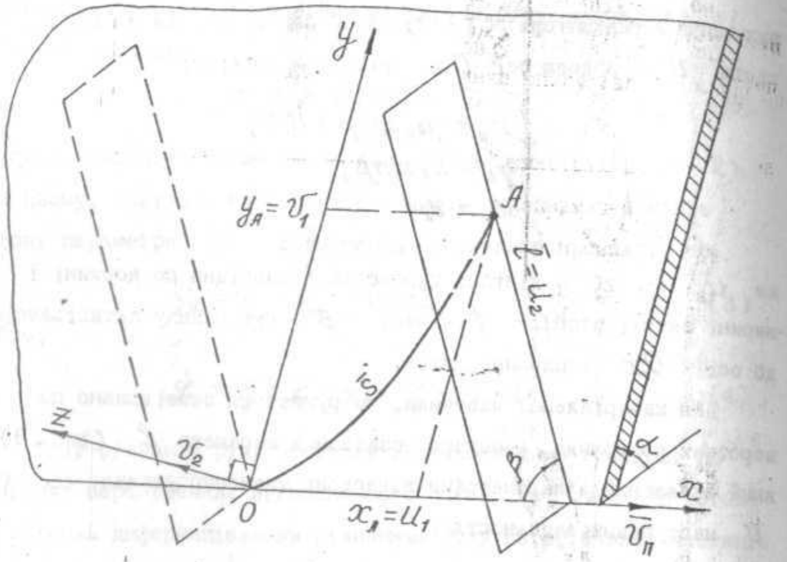

Рис. 3. Схема до виводу координат частинки при транспортуванні

де N_{xi}, N_{yi}, N_{zi} і T_{xi}, T_{yi}, T_{zi} - проекції нормальних реакцій і сил тертя від контактуючих з частинкою поверхонь щитка (i = I) та активізатора (i = 2); $\ddot{x}$, $\ddot{y}$, $\ddot{z}$ - складові прискорення частинки; m - маса частинки; P_x, P_y, P_z - проекції прикладених до частинки інших сил (тяжіння, опору середовища і т.п.).

Отже, в даному випадку, рух частинки описується рівняннями Лагранжа першого роду [I].

Нормальні складові реакцій від поверхонь щитка N_1 і активізатора N_2 направлені по векторах нормалей до цих поверхонь, тобто $\bar{N}_i = N_i \cdot \bar{n}_i$. В загальному випадку, для довільних форм поверхонь транспортування (щитка і активізатора),

при безвідривному русі точки рівняння нормалі до i-ої поверхні (рис. 4) буде

$$\bar{n}_i = \cos(n_i, x)\,\bar{i} + \cos(n_i, y)\,\bar{j} + \cos(n_i, z)\,\bar{k}, \qquad (II)$$

де

$$\cos(n_i, x) = \begin{vmatrix} \dfrac{\dot{y}_{ui}}{\dot{S}_{ui}} & \dfrac{\dot{y}_{vi}}{\dot{S}_{vi}} \\ \dfrac{\dot{z}_{ui}}{\dot{S}_{ui}} & \dfrac{\dot{z}_{vi}}{\dot{S}_{vi}} \end{vmatrix};$$

$$\cos(n_i, y) = \begin{vmatrix} \dfrac{\dot{z}_{ui}}{\dot{S}_{ui}} & \dfrac{\dot{z}_{vi}}{\dot{S}_{vi}} \\ \dfrac{\dot{x}_{ui}}{\dot{S}_{ui}} & \dfrac{\dot{x}_{vi}}{\dot{S}_{vi}} \end{vmatrix};$$

$$\cos(n_i, z) = \begin{vmatrix} \dfrac{\dot{x}_{ui}}{\dot{S}_{ui}} & \dfrac{\dot{x}_{vi}}{\dot{S}_{vi}} \\ \dfrac{\dot{y}_{ui}}{\dot{S}_{ui}} & \dfrac{\dot{y}_{vi}}{\dot{S}_{vi}} \end{vmatrix}.$$

Тут направляючі косинуси нормалі $\cos(n_i, x)$, $\cos(n_i, y)$, $\cos(n_i, z)$ є косинусами кутів між осями координат і напрямком нормалі n_i до i-ої поверхні, описаної незалежними параметрами u_i та v_i, що накладають зв'язки на переміщення частинки. Враховуючи це, рівняння (II) згідно [3] можна записати у такій формі:

$$\bar{n}_i = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ \dfrac{\dot{x}_{ui}}{\dot{S}_{ui}} & \dfrac{\dot{y}_{ui}}{\dot{S}_{ui}} & \dfrac{\dot{z}_{vi}}{\dot{S}_{ui}} \\ \dfrac{\dot{x}_{vi}}{\dot{S}_{vi}} & \dfrac{\dot{y}_{vi}}{\dot{S}_{vi}} & \dfrac{\dot{z}_{vi}}{\dot{S}_{vi}} \end{vmatrix} \qquad (12)$$

де

$$\dot{x}_{ui} = \frac{\partial x_i}{\partial u_i}; \; \dot{y}_{ui} = \frac{\partial y_i}{\partial u_i}; \; \dot{z}_{ui} = \frac{\partial z_i}{\partial u_i};$$

$$|\dot{S}_{ui}| = \sqrt{\dot{x}_{ui}^2 + \dot{y}_{ui}^2 + \dot{z}_{ui}^2};$$

$$\dot{x}_{vi} = \frac{\partial x_i}{\partial v_i}; \; \dot{y}_{vi} = \frac{\partial y_i}{\partial v_i}; \; \dot{z}_{vi} = \frac{\partial z_i}{\partial v_i};$$

$$|\dot{S}_{vi}| = \sqrt{\dot{x}_{vi}^2 + \dot{y}_{vi}^2 + \dot{z}_{vi}^2}.$$

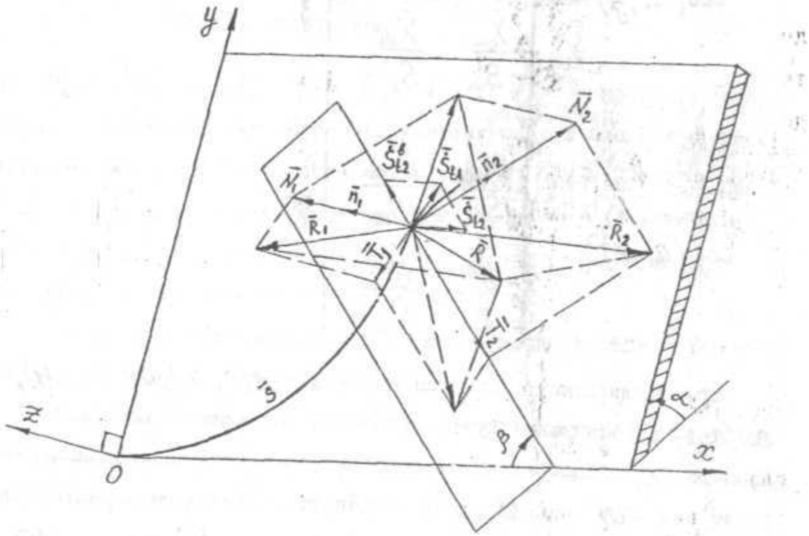

Рис. 4. Розрахункова схема до виводу рівняння руху частинки по поверхнях транспортування

Сили тертя $\bar{T}_i$ пропорційні нормальним реакціям $\bar{N}_i$ та направлені протилежно до векторів відносної швидкості частинки $\bar{\dot{S}}_{ti}^{в}$ відповідних поверхонь транспортування (щитка чи активізатора). В проекціях на осі $Oxyz$

$$T_{xi} = -\mu_i N_i \frac{\dot{x}_{ti}^{в}}{|\dot{S}_{ti}^{в}|};$$

$$T_{yi} = -\mu_i N_i \frac{\dot{y}_{ti}^{в}}{|\dot{S}_{ti}^{в}|}; \qquad (13)$$

$$T_{zi} = -\mu_i N_i \frac{\dot{z}_{ti}^{в}}{|\dot{S}_{ti}^{в}|},$$

де, для i-ої поверхні транспортування, μ_i - коефіцієнт тертя частинки по цій поверхні; $\dot{x}_{ti}^{в}, \dot{y}_{ti}^{в}, \dot{z}_{ti}^{в}$ - складові відносної швидкості $\dot{S}_{ti}^{в}$, модуль якої

$$|\dot{S}_{ti}^{в}| = \sqrt{(\dot{x}_{ti}^{в})^2 + (\dot{y}_{ti}^{в})^2 + (\dot{z}_{ti}^{в})^2}. \qquad (14)$$

Відносна швидкість частинки по відношенню до i-ої поверхні транспортування

$$\bar{\dot{S}}_{ti}^{в} = \bar{\dot{S}}_{tA} - \bar{\dot{S}}_{ti}, \qquad (15)$$

де $\bar{\dot{S}}_{tA}$ - вектор швидкості частинки вантажу (вороху гички); $\bar{\dot{S}}_{ti}$ - вектор швидкості відповідних точок щитка і активізатора, контактуючих з частинкою і маючих такий же лінійний параметр ℓ.

Для нерухомого відносно $Oxyz$ щитка $(i = 1)$

$$\dot{S}_{t1} = 0; \text{ тобто } \bar{\dot{S}}_{ti}^{\,b} = \bar{\dot{S}}_{tA}. \quad (16)$$

Таким чином, складові відносної швидкості частинки

$$\begin{aligned} \dot{x}_{ti}^{b} &= \frac{dx_A}{dt} - \frac{dx_i}{dt}; \\ \dot{y}_{ti}^{b} &= \frac{dy_A}{dt} - \frac{dy_i}{dt}; \\ \dot{z}_{ti}^{b} &= \frac{dz_A}{dt} - \frac{dz_i}{dt}. \end{aligned} \quad (17)$$

Тому, в рівняннях (13) вирази

$$\begin{aligned} \frac{\dot{x}_{ti}^{b}}{\dot{S}_{ti}^{b}} &= \cos(\dot{S}_{ti}^{b}, x); \\ \frac{\dot{y}_{ti}^{b}}{\dot{S}_{ti}^{b}} &= \cos(\dot{S}_{ti}^{b}, y); \\ \frac{\dot{z}_{ti}^{b}}{\dot{S}_{ti}^{b}} &= \cos(\dot{S}_{ti}^{b}, z) \text{ —} \end{aligned} \quad (18)$$

косинуси кутів між осями координат і дотичними до траєкторій руху частинки по i-тій поверхні транспортування.

Результуючі нормальних реакцій і сил тертя від контактуючих з частинкою поверхонь щитка і активізатора будуть

$$\bar{R}_i = \bar{N}_i + \bar{T}_i = N_i \left(\bar{n}_i + \mu_i \frac{\bar{\dot{S}}_{ti}^{b}}{|\dot{S}_{ti}^{b}|}\right). \quad (19)$$

Підставивши (19) в (10) отримаємо систему рівнянь з трьома невідомими - лінійним параметром ℓ і результуючими силами реакцій R_i :

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= P_x + a_{x_1} N_1 + a_{x_2} N_2; \\ m\ddot{y} &= P_y + a_{y_1} N_1 + a_{y_2} N_2; \\ m\ddot{z} &= P_z + a_{z_1} N_1 + a_{z_2} N_2, \end{aligned} \quad (20)$$

де коефіцієнти при N_i

$$\begin{aligned} a_{x_i} &= \cos(\bar{n}_i, x) - \mu_i \cos(\bar{\dot{S}}_{ti}^{b}, x); \\ a_{y_i} &= \cos(\bar{n}_i, y) - \mu_i \cos(\bar{\dot{S}}_{ti}^{b}, y); \\ a_{z_i} &= \cos(\bar{n}_i, z) - \mu_i \cos(\bar{\dot{S}}_{ti}^{b}, z), \end{aligned}$$

а враховуючи (12) і (13)

$$\begin{aligned} a_{xi} &= \frac{\dot{y}_{ui}\dot{z}_{vi} - \dot{y}_{vi}\dot{z}_{ui}}{\dot{S}_{ui}\dot{S}_{vi}} - \mu_i \frac{\dot{x}_{ti}^{b}}{\dot{S}_{ti}^{b}}; \\ a_{yi} &= \frac{\dot{z}_{ui}\dot{x}_{vi} - \dot{z}_{vi}\dot{x}_{ui}}{\dot{S}_{ui}\dot{S}_{vi}} - \mu_i \frac{\dot{y}_{ti}^{b}}{\dot{S}_{ti}^{b}}; \\ a_{zi} &= \frac{\dot{x}_{ui}\dot{y}_{vi} - \dot{x}_{vi}\dot{y}_{ui}}{\dot{S}_{ui}\dot{S}_{vi}} - \mu_i \frac{\dot{z}_{ti}^{b}}{\dot{S}_{ti}^{b}}. \end{aligned} \quad (21)$$

Звільнившись від N_1 і N_2 шляхом їх визначення з будь-яких двох рівнянь системи (20) і підстановкою в третє рівняння отримаємо рівняння руху частинки в загальному вигляді для довільних форм поверхонь транспортування, яке можна записати в такому вигляді [3]

$$(m\ddot{x}-P_x)\begin{vmatrix} a_{y_1} & a_{y_2} \\ a_{z_1} & a_{z_2} \end{vmatrix} + (m\ddot{y}-P_y)\begin{vmatrix} a_{z_1} & a_{z_2} \\ a_{x_1} & a_{x_2} \end{vmatrix} + (m\ddot{z}-P_z)\begin{vmatrix} a_{x_1} & a_{x_2} \\ a_{y_1} & a_{y_2} \end{vmatrix} = 0. \quad (22)$$

Враховуючи (8), (9) рівняння (22) в розгорнутій формі є диференціальним рівнянням другого порядку відносно ℓ :

$$F\left(\frac{d^2\ell}{dt^2}, \frac{d\ell}{dt}, \ell\right) = 0. \quad (23)$$

Враховуючи задані межові значення розв'язок рівняння (23) визначає закон безвідривного руху матеріальної частинки по поверхнях транспортування, аналіз якого дозволяє прослідкувати закономірності руху вороху гички.

Для випадку плоского виконання поверхонь щитка і активізатора швидкості та прискорення частинки знаходимо диференціюванням рівнянь (9)

$$\begin{aligned} \dot{x}_A &= v_n - \frac{d\ell}{dt}\cos\beta; & \ddot{x}_A &= -\frac{d^2\ell}{dt^2}\cos\beta; \\ \dot{y}_A &= \frac{d\ell}{dt}\sin\beta; & \ddot{y}_A &= \frac{d^2\ell}{dt^2}\sin\beta; \\ \dot{z}_A &= 0; & \ddot{z}_A &= 0. \end{aligned} \quad (24)$$

Коефіцієнти a_{xi}, a_{yi}, a_{zi} отримаємо продиференціювавши рівняння (6), (7) і визначивши з рівнянь (14), (17) з урахуванням (6), (7), (15), (24) відносну швидкість $\dot{S}_{ti}^{b}$ частинки та її складові, а знайдені значення підставивши у (21).

Матимемо

$$\begin{aligned} a_{x_1} &= -\mu_1 \frac{v_n - \dot{\ell}\cos\beta}{\sqrt{(v_n - \dot{\ell}\cos\beta)^2 + (\dot{\ell}\sin\beta)^2}}; \\ a_{y_1} &= -\mu_1 \frac{\dot{\ell}\sin\beta}{\sqrt{(v_n - \dot{\ell}\cos\beta)^2 + (\dot{\ell}\sin\beta)^2}}; \\ a_{z_1} &= 1; \\ a_{x_2} &= \sin\beta + \mu_2 \frac{\dot{\ell}\cos\beta}{|\dot{\ell}|} = \sin\beta + \tilde{\mu}_2\cos\beta; \\ a_{y_2} &= \cos\beta - \mu_2 \frac{\dot{\ell}\sin\beta}{|\dot{\ell}|} = \cos\beta - \tilde{\mu}_2\sin\beta; \\ a_{z_2} &= 0, \end{aligned} \quad (25)$$

де

$$\tilde{\mu}_2 = \mu_2 \frac{\dot{\ell}}{|\dot{\ell}|}. \quad (25)$$

Враховуючи (25) рівняння (22) запишеться

$$(m\ddot{\ell}\cos\beta + P_x)(\cos\beta - \tilde{\mu}_2\sin\beta) + (m\ddot{\ell}\sin\beta - P_y)(\sin\beta + \tilde{\mu}_2\cos\beta) -$$
$$- P_z\mu_1 \frac{(\dot{\ell}\cos\beta - v_n)(\cos\beta - \tilde{\mu}_2\sin\beta) + \dot{\ell}\sin\beta(\sin\beta + \tilde{\mu}_2\cos\beta)}{\sqrt{(v_n - \dot{\ell}\cos\beta)^2 + (\dot{\ell}\sin\beta)^2}} = 0. \quad (27)$$

До основних сил, прикладених до частинки, слід віднести сили тяжіння та опору середовища. Сили опору середовища, при постійних швидкостях гичкозбиральної машини v_M вздовж рядків і полотна v_n з активізаторами, відповідно будуть $P_M = P_M(v_M)$ і $P_a = P_a(v_n)$. Сила тяжіння рівна mg , де g – прискорення вільного падіння. Проекції прикладених до частинки сил на осі системи координат $Oxyz$ (рис. 2)

$$P_x = -P_a;$$
$$P_y = P_m \cos\alpha - mg\sin\alpha; \qquad (28)$$
$$P_z = -P_m \sin\alpha - mg\cos\alpha = -(P_m \sin\alpha + mg\cos\alpha).$$

З урахуванням (28) диференціальне рівняння (27) безвідривного руху частинки по плоских поверхнях транспортування (щитка і активізатора) після відповідних перетворень матиме вигляд:

$$m\ddot{\ell} - P_a(\cos\beta - \tilde{\mu}_2 \sin\beta) + (mg\sin\alpha - P_m\cos\alpha)(\sin\beta + \tilde{\mu}_2\cos\beta) +$$
$$+ \frac{\mu_1(P_m\sin\alpha + mg\cos\alpha)(\dot{\ell} - v_n\cos\beta + v_n\tilde{\mu}_2\sin\beta)}{\sqrt{v_n^2 + \dot{\ell}^2 - 2v_n\dot{\ell}\cos\beta}} = 0. \qquad (29)$$

Важливим моментом, який потребує подальших досліджень, є вплив на процес транспортування вороху гички сил опору середовища, що залежать від фізико-механічних властивостей гички та виду, та конструктивних параметрів гичковидаляючого механізму стрічкового типу.

Опір середовища характеризується параметрами середовища, тіла, потоку і транспортуючої системи взагалі.

До параметрів середовища відноситься його густина ρ_c. Вона пропорційна густині повітря і враховує врожайність гички та вплив усіх інших факторів на середовище, що чинить опір. Тобто,

$$\rho_c = q_c \rho_n, \qquad (30)$$

де ρ_n - густина повітря, ρ_n = 1,2 кг/м^3; q_c - безрозмірний коефіцієнт.

До параметрів тіла відносяться форма, розміри, положення в потоці, стан поверхні; до параметрів потоку - швидкість і напрямок у просторі, січення (поперечна площа) струменя, рівномірність. Транспортуюча система характеризується кутом і швидкістю введення гички, формою поверхонь транспортування, параметрами додаткових елементів транспортування.

При швидкостях транспортування до 3...4 м/с поведінка частинки визначається в основному масовими силами.

Із наступним зростанням швидкості транспортування помітним стає вплив на частинку (ворох гички) сил опору середовища, які притискають останню до поверхонь транспортування. При цьому сили опору середовища пропорційні квадратам відповідних швидкостей переміщення поверхонь щитка $v_н$ та активізатора v_n і направлені протилежно до їх векторів (рис. 5). Тобто,

$$P_m = k_m v_н^2 m;$$
$$P_a = k_a(v_n - \dot{\ell}\cos\beta)^2 m, \qquad (31)$$

де k_m і k_a - коефіцієнти опору середовища, що приймаються постійними в процесі транспортування, розмірність яких m^{-1}. За своєю суттю вони подібні до коефіцієнта парусності [1, 4], що використовується у розрахунках процесів повітряної сепарації і т.п. та знаходяться за формулами

$$k_m = k\frac{\rho_c F_m}{m};$$
$$k_a = k\frac{\rho_c F_a}{m}, \qquad (32)$$

де k - безрозмірний коефіцієнт, що відображає вплив усіх не врахованих явно факторів (форма поверхонь вантажу, шорсткість поверхонь складових вантажу і т.п.); F_m і F_a - площі проекцій об'єму одиничної маси вантажу на площини, перпендикулярні до векторів P_m і P_a.

Зважаючи, що F_m і F_a пропорційні об'єму вантажу $V = \frac{m}{\gamma}$, де m і γ - відповідно маса і об'ємна вага

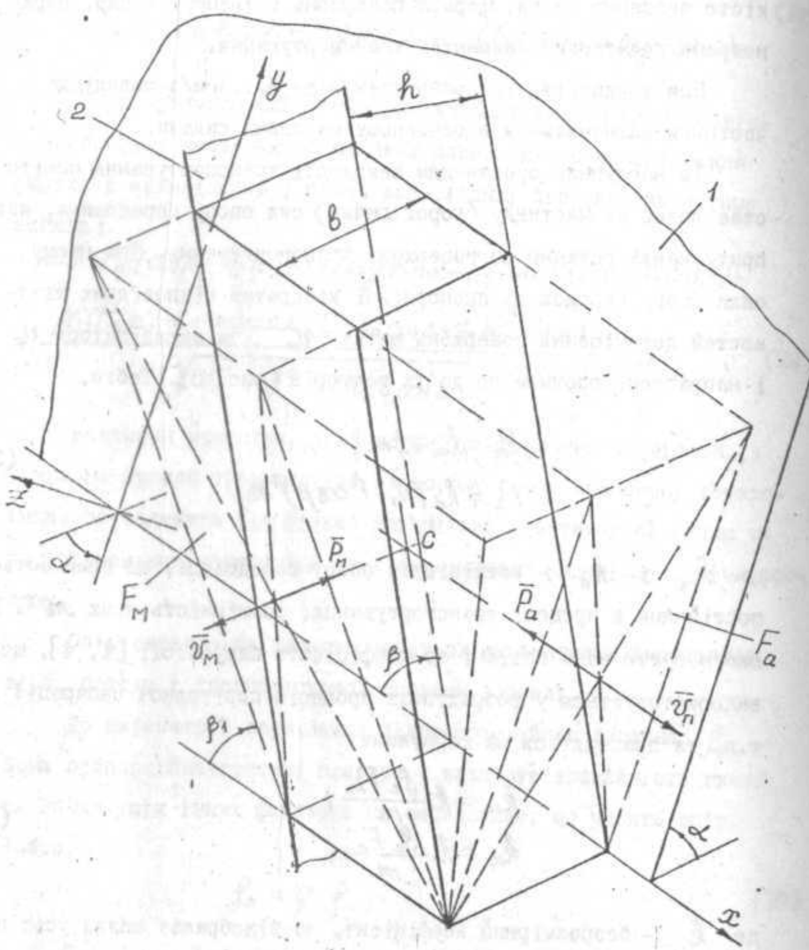

Рис. 5. Схема до визначення сил опору середовища

I - поверхня щитка;

2 - поверхня активізатора

одиничної маси вантажу, отримаємо

$$F_m = \frac{V}{b} \sin\alpha = \frac{m}{\gamma b} \sin\alpha; \qquad (33)$$

$$F_a = \frac{V}{h} \sin\beta_1 = \frac{m}{\gamma h} \sin\beta_1,$$

де b і h - відповідно середня ширина і середня товщина шару гички (рис. 5); β_1 - кут нахилу поверхні активізатора до горизонту, тобто

$$\beta_1 = arctg(tg\beta \sin\alpha), \text{ де } \beta \neq 90°. \qquad (34)$$

Підставивши (33) в (32) матимемо

$$k_m = k\frac{S_c}{m}\cdot\frac{m}{\gamma b}\sin\alpha = k\frac{S_c}{\gamma}\cdot\frac{\sin\alpha}{b}; \qquad (35)$$

$$k_a = k\frac{S_c}{m}\cdot\frac{m}{\gamma h}\sin\beta_1 = k\frac{S_c}{\gamma}\cdot\frac{\sin\beta_1}{h}.$$

Введемо безрозмірний коефіцієнт ущільнення гички

$$d = \frac{S_c}{\gamma} = q_c\frac{S_n}{\gamma}. \qquad (36)$$

Припустивши, що в процесі транспортування вороху гички активізатором по щитку значення коефіцієнта d є величина стала, об'єднаємо його з коефіцієнтом k. Для цього введено безрозмірний коефіцієнт

$$K = kd, \qquad (37)$$

що відображає вплив середовища на процес транспортування вороху гички по поверхнях транспортування з врахуванням прийнятих допущень і уточнюється по експериментальних даних з умови співпадання розрахункової і дійсної траєкторій руху вороху (рис. 7).

Тоді сили притискання гички до поверхонь транспортування з різностей (31) з урахуванням (35) і (37) будуть

$$P_m = K\frac{\sin\alpha}{b}\, v_м^2\, m;$$

$$P_a = K\frac{\sin\beta_1}{h}(v_п - \dot{l}\cos\beta)^2 m. \qquad (38)$$

Підставимо значення (38) в диференціальне рівняння руху частинки (29)

$$m\ddot{l} - K\frac{\sin\beta_1}{h}(v_п - \dot{l}\cos\beta)^2 m(\cos\beta - \tilde{\mu}_2\sin\beta) +$$
$$+ m\sin\alpha\left(g - K\frac{\cos\alpha}{b}v_м^2\right)(\sin\beta + \tilde{\mu}_2\cos\beta) +$$
$$+ \frac{\mu_1 m\left(K\frac{\sin^2\alpha}{b}v_м^2 + g\cos\alpha\right)(\dot{l} - v_п\cos\beta + v_п\tilde{\mu}_2\sin\beta)}{\sqrt{v_п^2 + \dot{l}^2 - 2v_п\dot{l}\cos\beta}} = 0. \qquad (39)$$

Після спрощення (39) отримаємо

$$\ddot{l} - K\frac{\sin\beta_1}{h}(v_п - \dot{l}\cos\beta)^2(\cos\beta - \tilde{\mu}_2\sin\beta) +$$
$$+ \sin\alpha\left(g - K\frac{\cos\alpha}{b}v_м^2\right)(\sin\beta + \tilde{\mu}_2\cos\beta) +$$
$$+ \frac{\mu_1\left(K\frac{\sin^2\alpha}{b}v_м^2 + g\cos\alpha\right)(\dot{l} - v_п\cos\beta + v_п\tilde{\mu}_2\sin\beta)}{\sqrt{v_п^2 + \dot{l}^2 - 2v_п\dot{l}\cos\beta)}}. \qquad (40)$$

Вважаючи, що $v_п = const$ зробимо заміну

$$p = (\dot{l} - v_п\cos\beta);$$
$$\frac{dp}{dt} = \frac{d\dot{l}}{dt}. \qquad (4I)$$

Враховуючи, що

$$v_п - \dot{l}\cos\beta = v_п\sin^2\beta - p\cos\beta,$$

рівняння (40) матиме вигляд .

$$\dot{p} - K\frac{\sin\beta_1}{h}(v_п\sin^2\beta - p\cos\beta)^2(\cos\beta - \tilde{\mu}_2\sin\beta) +$$
$$+ \sin\alpha\left(g - K\frac{\cos\alpha}{b}v_м^2\right)(\sin\beta + \tilde{\mu}_2\cos\beta) +$$
$$+ \frac{\mu_1\left(K\frac{\sin^2\alpha}{b}v_м^2 + g\cos\alpha\right)(p + v_п\tilde{\mu}_2\sin\beta)}{\sqrt{p^2 + v_п\sin^2\beta}} = 0. \qquad (42)$$

Рівняння (42) разом з рівнянням (4I) складають систему диференціальних рівнянь, які розв'язуються чисельним методом.

Початкове значення першої похідної параметру l знайдемо виходячи з наступних міркувань. Оскільки $v_м$ – швидкість руху машини вздовж рядків рослин, то швидкість введення гички рівна їй за модулем і протилежна за напрямком. Виходячи з цього та зважаючи на (24) отримаємо наступну залежність (рис. 6)

$$\dot{l} = \frac{v_м\cos\alpha}{\sin\beta}. \qquad (43)$$

З метою розв'язання чисельним методом системи диференціальних рівнянь (4I) і (42) із застосуванням ПЕОМ розроблено пакет програм. Це дозволило прослідкувати вплив кінематичних ($v_м$, $v_п$, t , l , S), конструктивних (α , β , β_1 , b , h), механічних (μ_1 , μ_2), аеродинамічних (K) параметрів на процес транспортування (рис. 7 - I3) для визначення найбільш раціонального поєднання конструктивних і технологічних параметрів.

Зважаючи на наведені вище міркування з передбачуваних значень коефіцієнта K = 0,0I...0,04 для $v_м$ = 2,5 м/с; $v_п$ = 7,I2 м/с, α = 35 град., β = 75 град., b = 0,08 м, h = 0,I5 м, $\mu_1 = \mu_2$ = 0,3 приймається K = 0,03 (рис. 7).

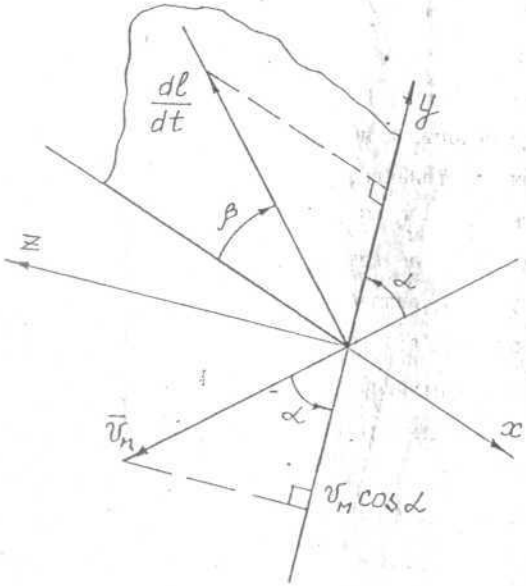

Рис. 6. Схема до визначення швидкості введення частинки

При виборі лінійної швидкості $v_п$ обертання еластичного полотна необхідно враховувати, що робочі органи гичковидаляючого механізму стрічкового типу повинні зрізувати і відводити гичку з усієї ширини захвату машини (при шестирядному виконанні - з 2,7 м) незалежно від значення поступальної швидкості $v_м$ машини вздовж рядків. Як видно із рис. 8, 9 з підвищенням швидкості полотна $v_п$ скорочується час транспортування частинки по поверхні щитка. При цьому зростає довжина ℓ підйому частинки по поверхні активізатора, що також відбувається із збільшенням швидкості машини $v_м$. Варто зазначити, що із збільшенням $v_п$ зменшується вплив $v_м$ на траєкторію руху вороху.

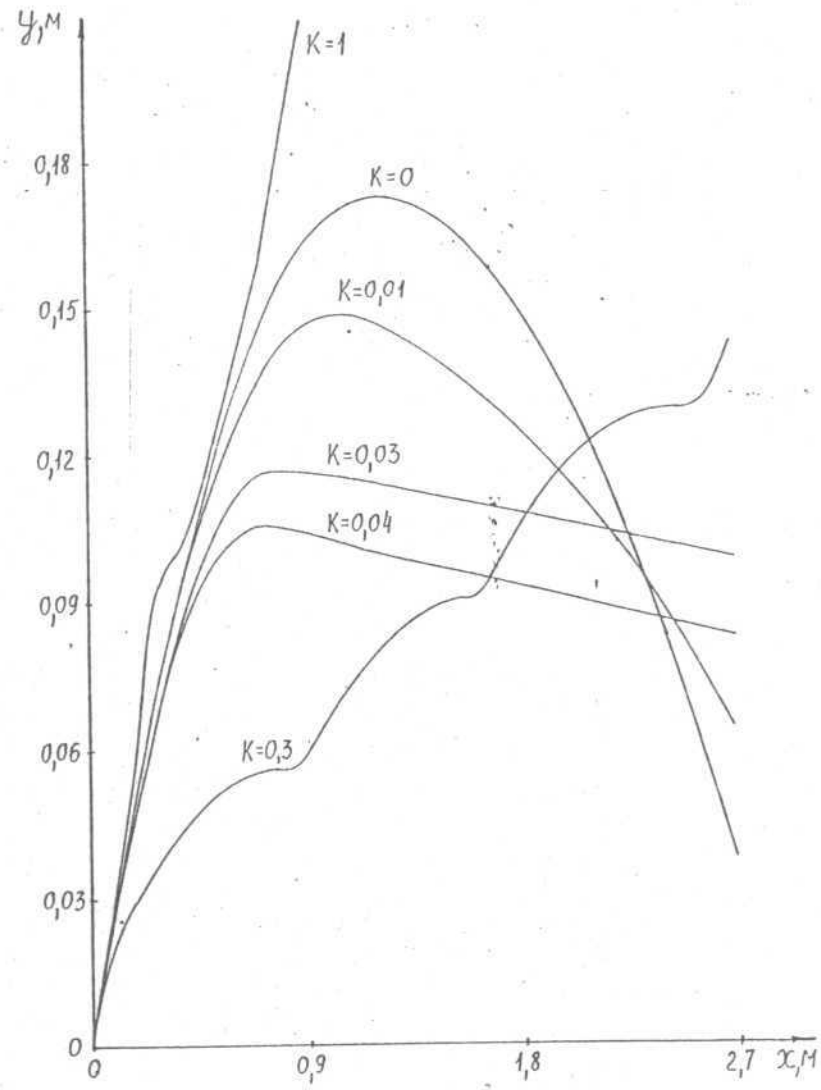

Рис. 7. Графіки розрахункової траєкторії руху частинки при зміні коефіцієнта K

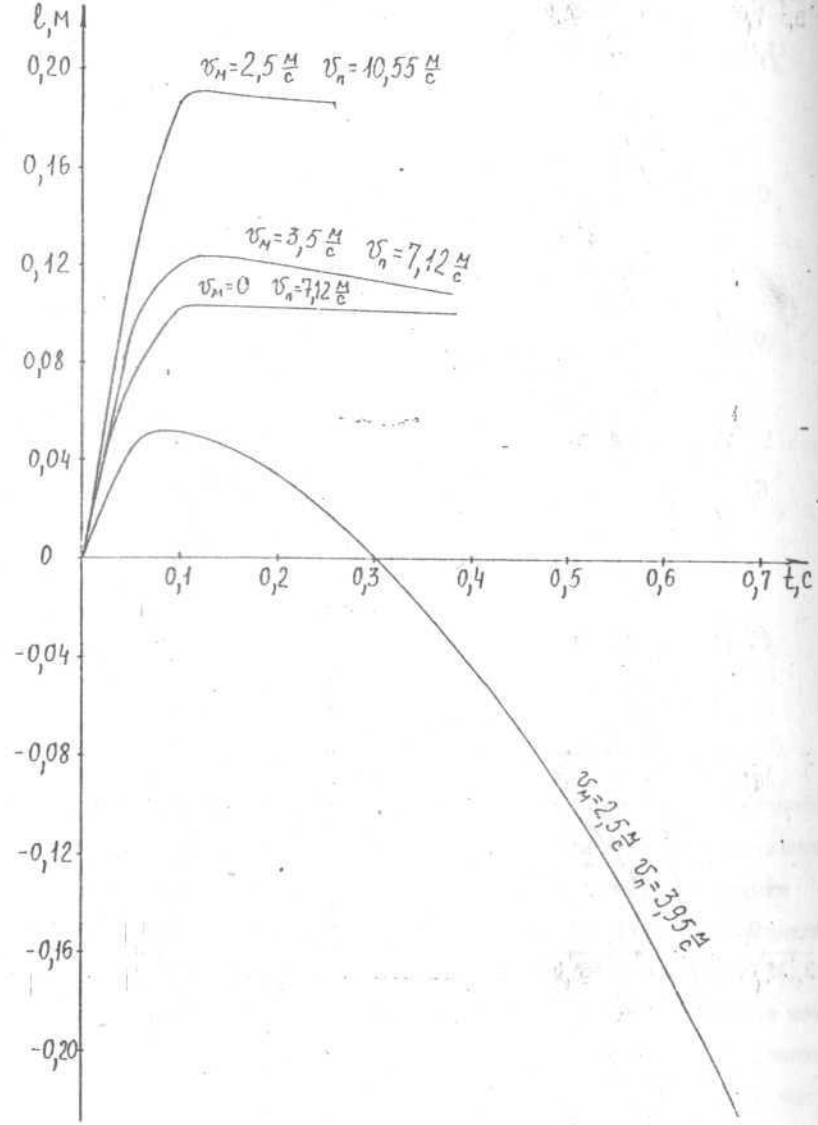

Рис. 8. Вплив швидкостей $v_п$ і $v_м$ на функцію $l(t)$

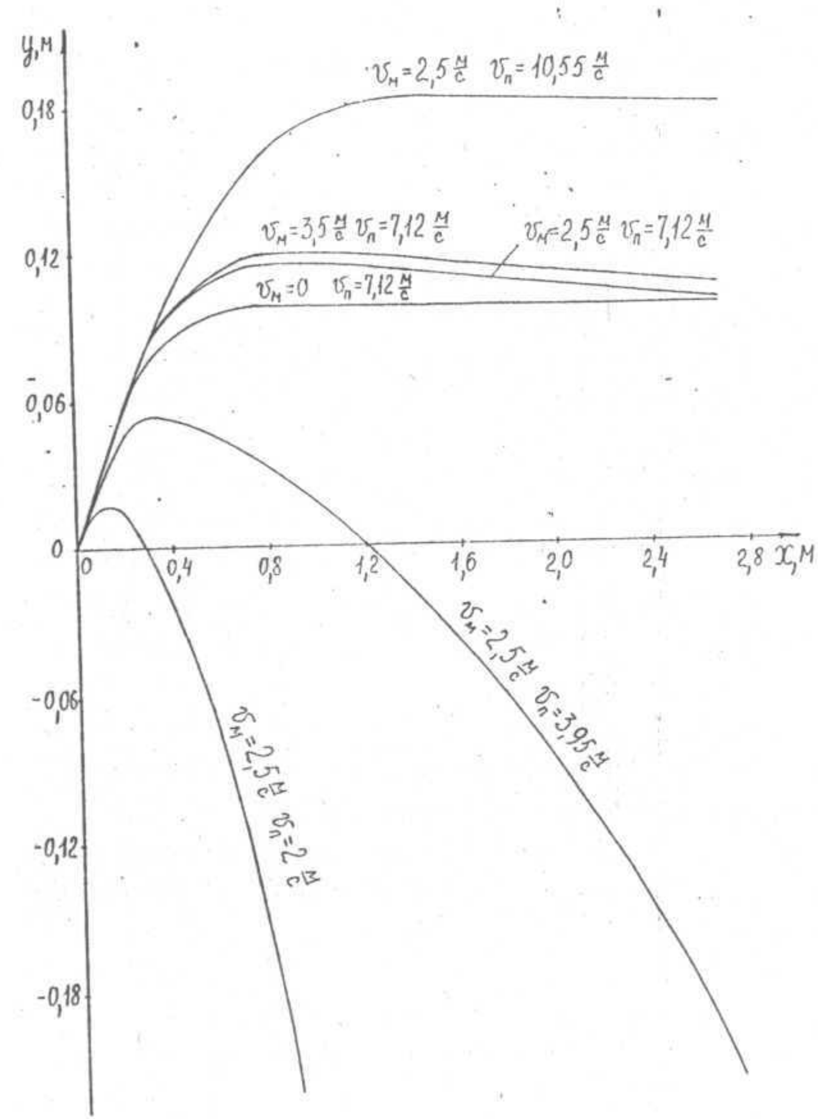

Рис. 9. Вплив $v_п$ і $v_м$ на траєкторію руху частинки

З огляду на це та конструктивні особливості механізму (шестирядне виконання, розміри робочих органів і т.п.) реальне значення $v_п$ = 7,I2 м/с вибиралося з інтервалу швидкостей 3,95...I0,55 м/с (рис. 8, 9).

Такі конструктивні параметри як кути нахилу α, β, β_1 можуть суттєво змінювати траєкторію руху вороху гички по поверхнях транспортування, що підтверджується зокрема графіками на рис. I0, II і I5, I6 ($v_м$ = 2,5 м/с, $v_п$ = 7,I2 м/с). Для відведення гичковидаляючим механізмом вороху гички одночасно з шести рядків кути нахилу, як показав аналіз їх конструктивно можливих комбінацій при плоских поверхнях транспортування, повинні відповідати α = 75...90 градусів і β = 70...85 градусів (рис. I0, II). Зменшення або збільшення цих значень кутів призводить відповідно до збільшення або зменшення висоти траєкторії руху вороху. При цьому слід відзначити, що вже невеликі значення гострих (близько 0...45 градусів) чи тупих (близько 9I...I30 градусів) кутів α, β, β_1 не забезпечують швидке відведення гички з усієї ширини захвату машини (рис. I0, I5), незважаючи на відносно стрімке, як за часом, так і за довжиною, зростання (для гострих кутів) чи спадання (для тупих кутів) величини ℓ (рис. II, I6).

Як видно з рис. I0, II та інших, технологічним вимогам відповідає комбінація з α = 85 градусів і β = 75 градусів (графіки для $\beta = 75^0$, α = 75...I25^0).

При значеннях середньої ширини b = 0,05...0,I м та середньої товщини h = 0,05...0,2 м шару гички ($v_м$ = 2,5 м/с, $v_п$ = 7,I2 м/с, $\alpha = 85^0$, $\beta = 75^0$, $\mu_1 = \mu_2$ = 0,8), значних змін траєкторії руху вороху не відбувається (рис. I2).

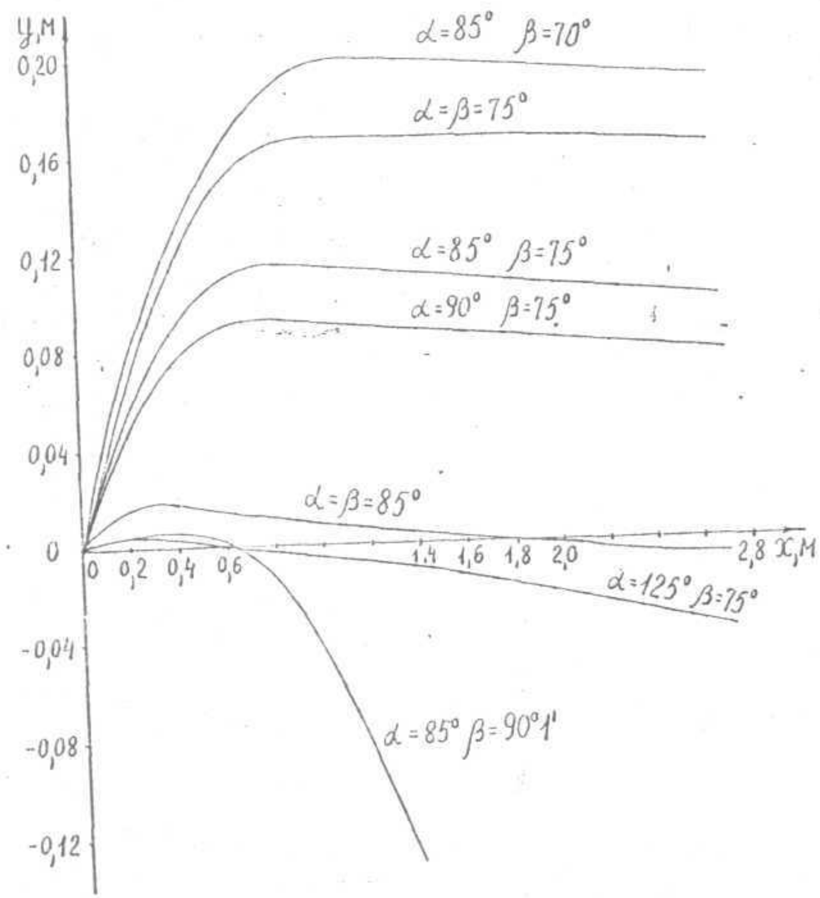

Рис. I0. Вплив кутів нахилу щитка α і активізатора β на траєкторію руху частинки по щитку

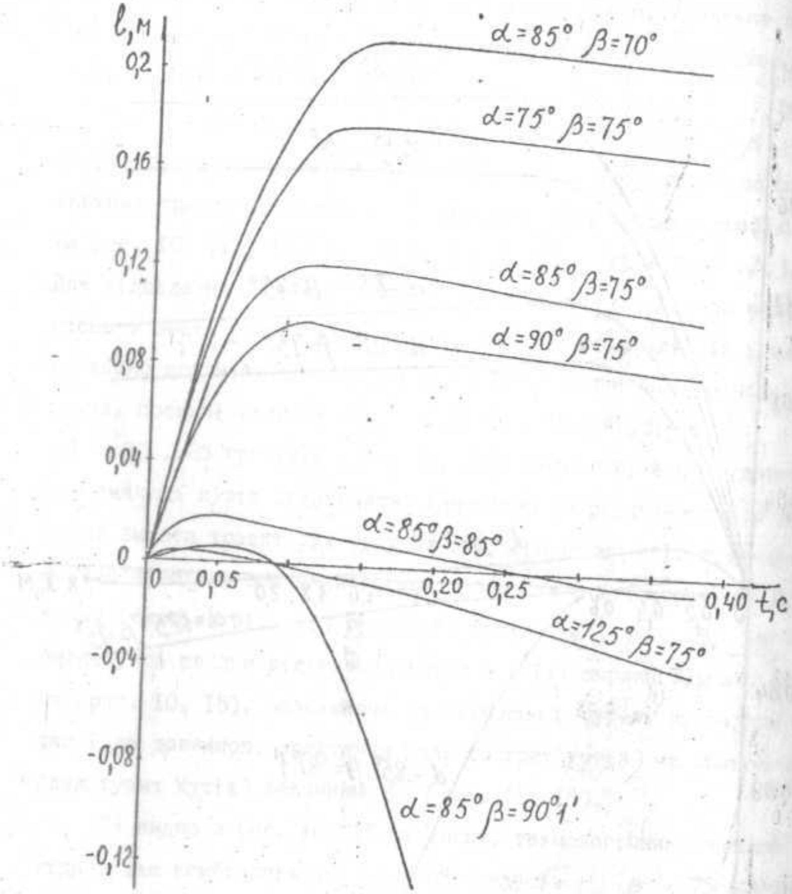

Рис. II. Вплив кутів α і β (при $v_м$ = 2,5 м/с, $v_п$ = 7,12 м/с) на залежність $\ell(t)$

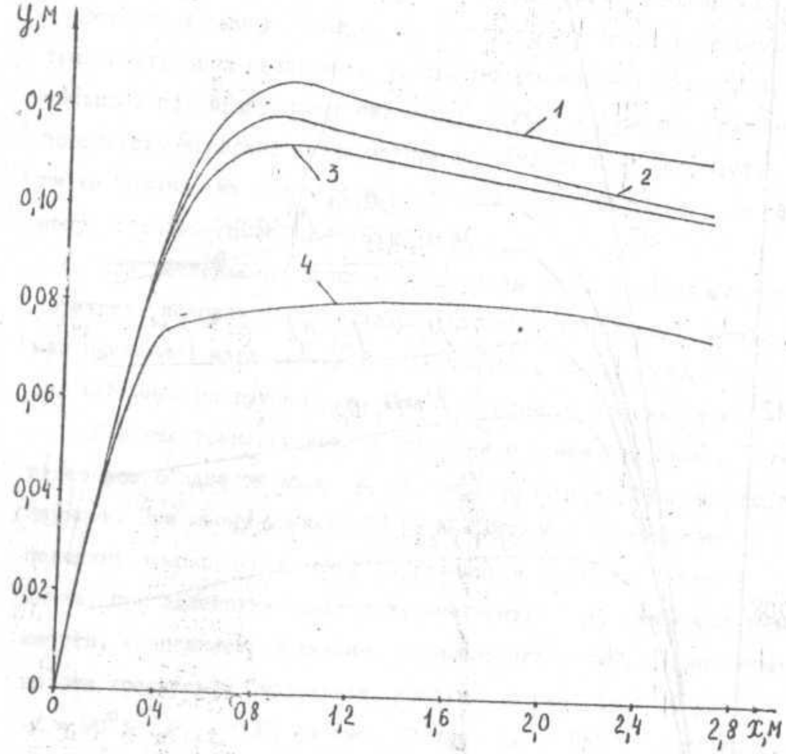

Рис. I2. Вплив b і h на траєкторію руху частинки (вороху)

I - при b = 0,08 м, h = 0,2 м;
2 - при b = 0,1 м, h = 0,15 м;
3 - при b = 0,05 м, h = 0,15 м;
4 - при b = 0,08 м, h = 0,05 м

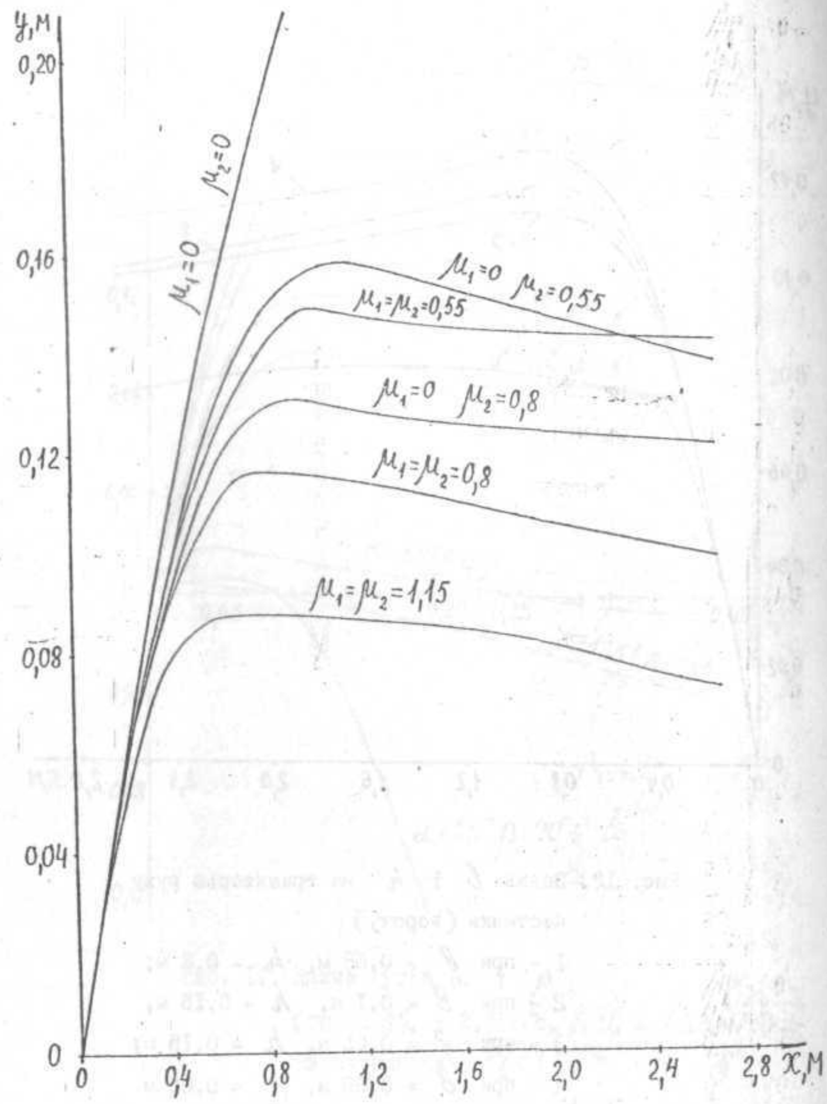

Рис. I3. Вплив механічних параметрів μ_1 і μ_2 на траєкторію руху частинки

Графічна інтерпретація (рис. I3) залежності траєкторії руху вороху від механічних параметрів μ_1 і μ_2 (при сталих значеннях інших розглядуваних вище параметрів, впливаючих на відведення гички) показує, що зменшення шорсткості поверхонь транспортування призводить до підвищення висоти траєкторії, найвищої при відсутності сил тертя ($\mu_1 = \mu_2 = 0$). Причому, шорсткість поверхні активізатора помітніше, ніж шорсткість щитка впливає на траєкторію руху вороху, що спричинено, в основному, технологічною умовою $\upsilon_п > \upsilon_м$.

При дослідженні процесу відведення гички приймалося, що початкове положення матеріальної частинки відповідало центру мас одиничної маси вороху і знаходилось в межах щитка. Тобто рух частинки по рухомому полотні як такий не розглядався.

Під час транспортування частинки рухомим полотном і активізатором обидва зв'язки f_1 і f_2 рівняння (2) є нестаціонарними. При цьому вважатимемо $\mu_1 = 0$. Рух частинки по поверхні рухомого полотна у порівнянні з рухом по поверхні щитка, при однакових початкових значеннях μ_2 та інших параметрів, відрізняється деяким, відносно незначним, підвищенням висоти траєкторії (наприклад, графіки на рис. I4 і I0 для $\alpha = 90^\circ$; $\mu_2 = 0{,}8$, на рис. I3 для $\alpha = 85^\circ$). Тому, враховуючи вплив зв'язків, накладених з боку полотна і активізаторів на рух вороху гички, ширина полотна вибирається з інтервалу 0,I...0,I5 м.

Як вище згадувалось, малі значення кута нахилу плоскої поверхні активізатора, зокрема $0 < \beta_1 \leq 15$ градусів (рис. I5), не відповідають умовам поставленої задачі через технологічні, конструктивні причини. З другого боку, це накладає обмеження на довжину верхньої грані ножа (нерухомо прикріпленого до полотна), по якій рухається гичка безпосередньо після зрізування, тобто

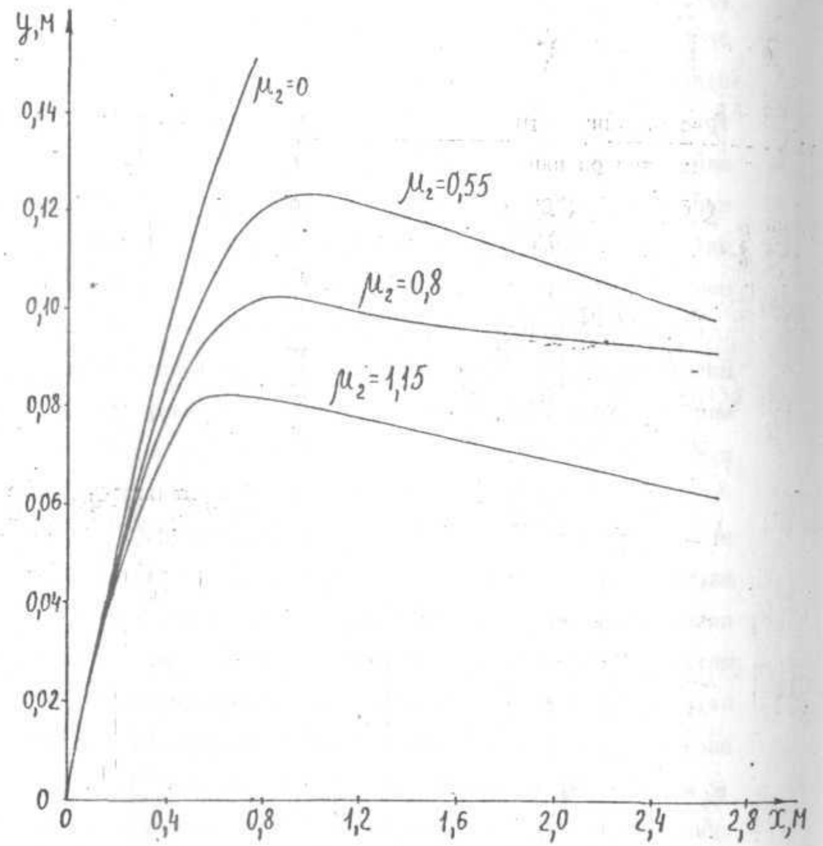

Рис. I4. Вплив шорсткості поверхні активізатора на траєкторію руху частинки по поверхні рухомого полотна ($\alpha = 90^0$; $\beta = 75^0$)

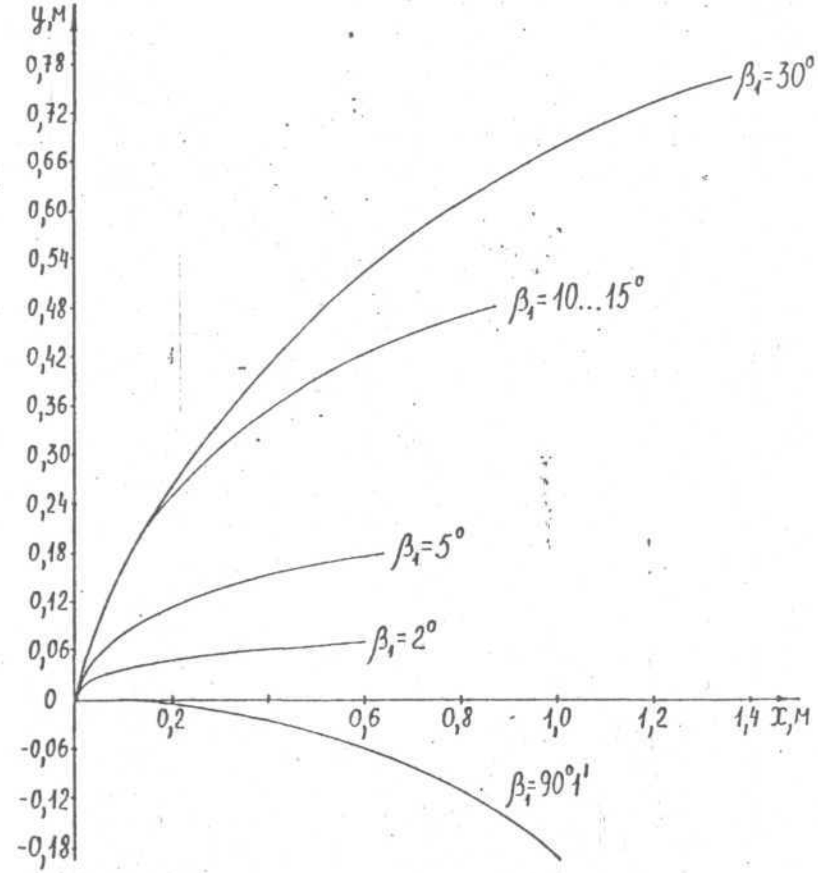

Рис. I5. Вплив параметра β_1 на траєкторію руху частинки по поверхні рухомого полотна при $\alpha = 90^0$

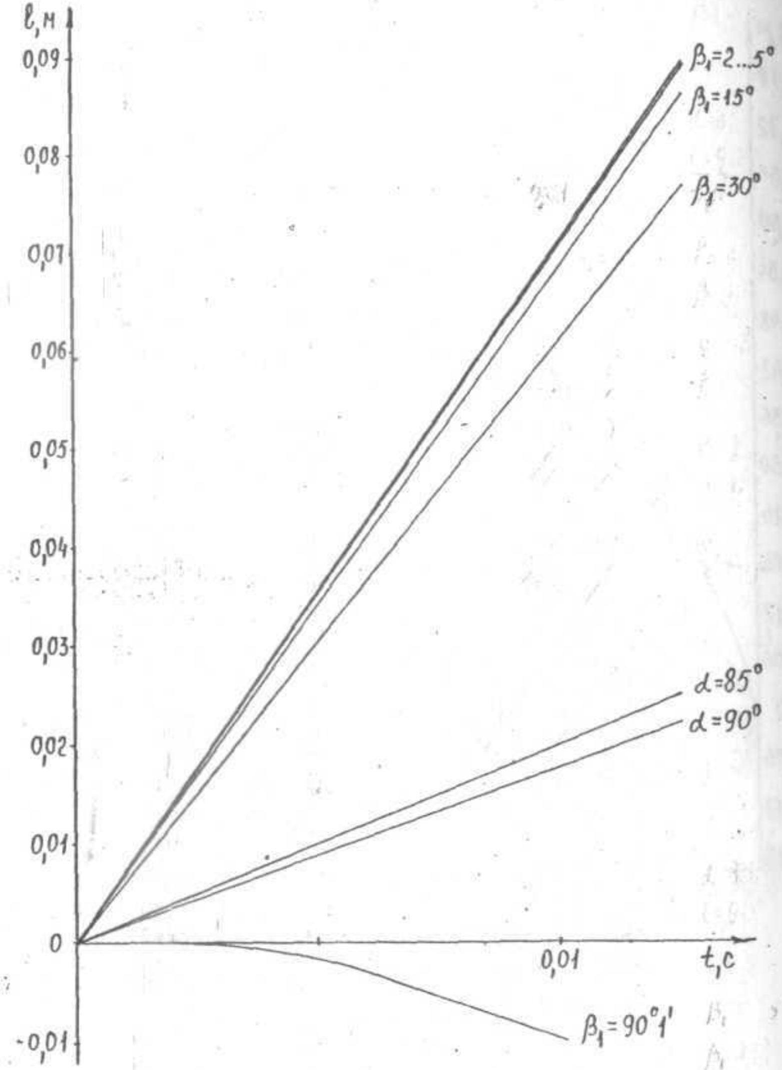

Рис. I6. Залежність ℓ від малих значень часу t при зміні β_1 ($\alpha = 90^\circ$, $\mu_1 = 0$) і α ($\beta = 75^\circ$, $\mu_1 = 0,8$)

параметра ℓ із залежностей (8). З графіків на рис. I6 для технологічно вигідних кутів нахилу плоскої грані ножа β_1 до I5° вибирається значення ℓ, близьке до 0,07 м, що проходить частинка за відносно малий проміжок часу t (близько 0,0I с).

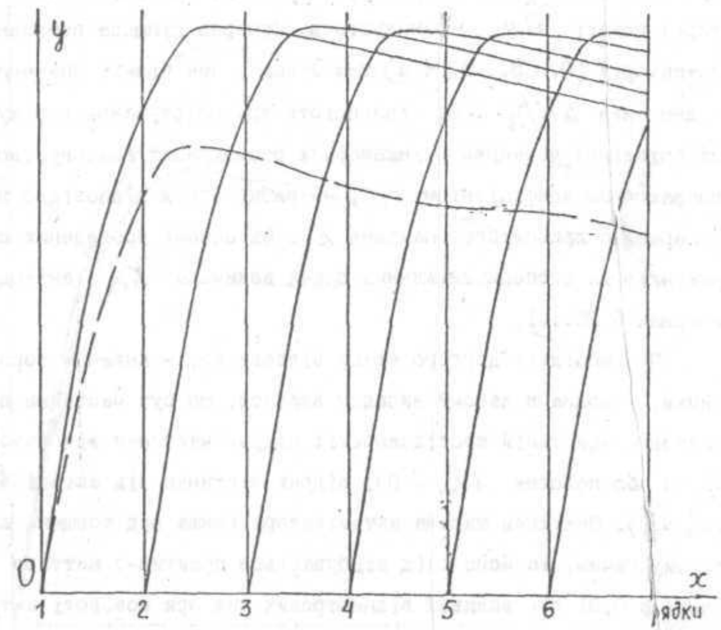

Рис. I7. Схема до визначення траєкторії руху вороху: через одиничні маси (суцільні лінії); з урахуванням по-рядкового приросту функції $h(\Delta h)$ при $\Delta h > 0$ (штрихова лінія)

Аналіз траєкторій руху частинок від різних рядків (рис.I7) показує, що вони перетинаються і розташовані геометрично близько одна від одної. Реально, при розгляді транспортування вороху гички, на кожному рядку одиничні маси накладаються і товщина h шару збільшується на певну величину Δh. В першому наближенні цю задачу можна розв'язати шляхом розбивання зони збирання (ширина якої відповідає ширині захвату машини, тобто 2,7 м) на шість ділянок (за кількістю рядків) і відповідно розглядати шість окремих задач транспортування, кінцеві параметри кожної з яких є вихідними даними для наступної.

Прослідкуємо вплив приросту Δh на траєкторію руху вороху (рис. 13). При такій умові, як показує аналіз, висота траєкторії по осі Ox понижується. Сумарне кінцеве пониження траєкторії (0,005...0,04 м) тим більше, чим більше значення відношення $\Delta h/h$. Ця відмінність транспортування вороху від матеріальної частинки в інженерних розрахунках враховується поправочним коефіцієнтом K_1, що вибирається відповідно до попередньо прийнятого значення h. На основі проведених розрахунків та експериментальних даних величина K_1 знаходиться в межах 0,85...1.

При розгляді другого етапу відведення, - кидання вороху гички, - можна в даному випадку вважати, що рух частинки підпорядковується такій послідовності: відрив частинки від поверхні щитка або полотна ($R_1 = 0$); відрив частинки від активізатора ($R_2 = 0$). Оскільки ширина активізатора менша від товщини шару вороху гички, то його схід відбувається практично миттєво (близько 0,01 с) і впливом відцентрових сил при повороті активізатора можна знехтувати. При цьому майже не змінюється напрямок руху частинки. В експериментальних умовах роботи гичковидаляючого механізму стрічкового типу також не спостерігалось значних відхилень траєкторії руху вороху гички, спричинених його киданням.

Розглянемо політ вороху гички після його відриву від поверхонь транспортування. Аналіз вільного польоту частинки достатньо повно проведений в відомих роботах, зокрема [2].

Вважатимемо, як і раніше (див. рівняння (31)), що сила опору середовища (в даному випадку повітря) пропорційна другій

степені швидкості

$$P = K_2 v^2, \tag{44}$$

де v - швидкість польоту вороху гички; K_2, кг/м - коефіцієнт пропорційності.

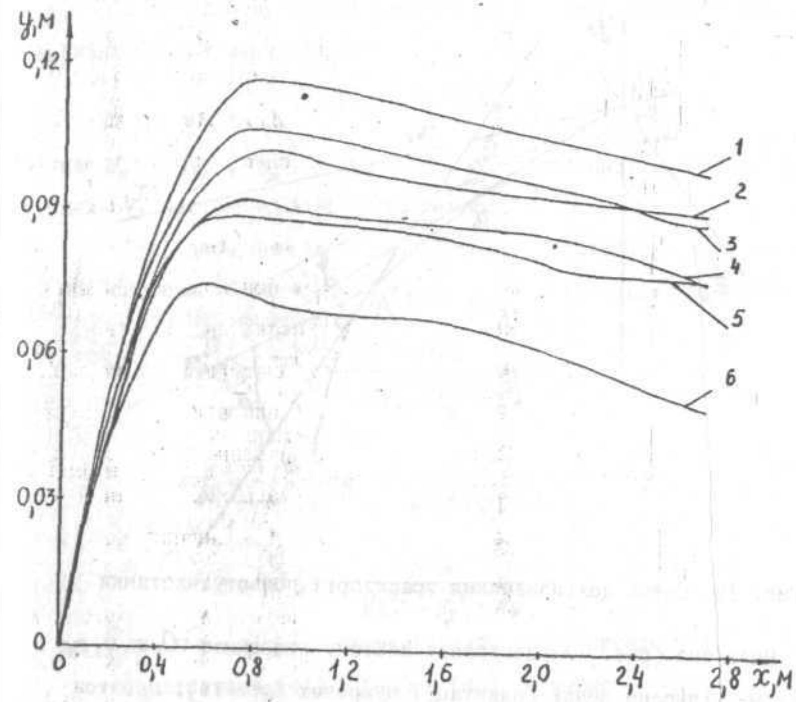

Рис. 18. Вплив приросту Δh на траєкторію руху частинки по щитку ($\alpha = 85^\circ$), - графіки 1 ($h = 0,15$; $\Delta h = 0$), 3 ($h = 0,1$; $\Delta h = 0,03$), 5 ($h = 0,06$; $\Delta h = 0,03$); по рухомому полотні ($\alpha = 90^\circ$), - графіки 2 ($h = 0,15$; $\Delta h = 0$), 4 ($h = 0,1$; $\Delta h = 0,03$), 6 ($h = 0,06$; $\Delta h = 0,03$)

Визначимо траєкторію вільного руху матеріальної частинки (точки) з початковою швидкістю v_0 у нерухомому середовищі. Якщо маса частинки $m = const$, то діюча на частинку сила тяжіння mg є також постійною величиною на всій траєкторії руху частинки.

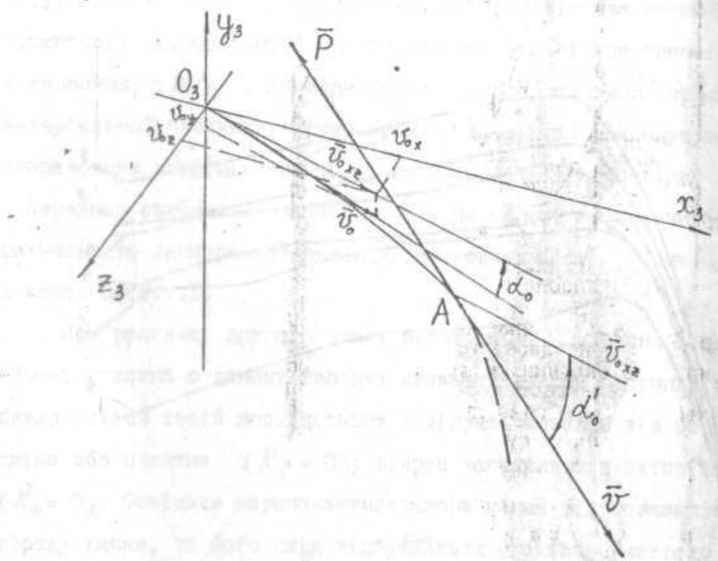

Рис. 19. Схема до визначення траєкторії польоту частинки

Виберемо (рис. 19) декартову систему координат $O_3x_3y_3z_3$, нерухому відносно землі (плантації цукрових буряків), початок якої, точка O_3, співпадає з положенням частинки A безпосередньо перед відривом від поверхонь транспортування. Напрямок осі O_3z_3 співпадає з напрямком руху гичкозбиральної машини вздовж рядків, осі O_3y_3 - вертикально вгору, а осі O_3x_3 - вліво від машини, на зібране поле. Тобто площина $x_3O_3z_3$ розміщена горизонтально, а площини $x_3O_3y_3$ і $y_3O_3z_3$ - вертикально до землі.

Одним із основних геометричних параметрів, що впливають на дальність польоту вороху гички, є кут нахилу α_0 вектора початкової швидкості v_0 до горизонтальної площини $x_3O_3z_3$ (рис. 19).

В загальному випадку швидкість польоту частинки (вороху гички) можна записати як

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}, \tag{45}$$

де v_x, v_y, v_z - проекції v, дотичної до траєкторії польоту частинки, на відповідні осі.

Тоді диференціальні рівняння руху частинки в проекціях на осі системи координат $O_3x_3y_3z_3$ відповідно до [2] будуть

$$m\ddot{x} = -P_x = \frac{-Pv_x}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}};$$

$$m\ddot{y} = -P_y - mg = \frac{-Pv_y}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}} - mg; \tag{46}$$

$$m\ddot{z} = -P_z = \frac{-Pv_z}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}},$$

де P_x, P_y, P_z - проекції сили опору середовища.

Підставивши (44) і (45) в (46) матимемо

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= -K_2 \cdot v \cdot v_x; \\ m\ddot{y} &= -K_2 \cdot v \cdot v_y - mg; \\ m\ddot{z} &= -K_2 \cdot v \cdot v_z, \end{aligned} \tag{47}$$

де

$$v_y = -v \sin \alpha_0. \tag{48}$$

Проаналізувавши початкові умови падіння гички, які відрізняються незначною тривалістю (в межах 0,3 с) та близьким до нуля кутом нахилу α_0, з метою спрощення кінцевих розрахунких залежностей вважатимемо

$$v \approx const = \sqrt{v_м^2 + v_п^2}, \tag{49}$$

де $v_м = v_z$ і $v_п = v_x$.

При таких умовах задача зводиться до припущення, що сила опору середовища пропорційна першій степені швидкості. Тобто, рівняння (47) запишуться

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= -K_2 v \dot{x}; \\ m\ddot{y} &= -K_2 v \dot{y} - mg; \\ m\ddot{z} &= -K_2 v \dot{z}, \end{aligned} \tag{50}$$

або

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= -K_0 \dot{x}; \\ \ddot{y} &= -K_0 \dot{y} - g; \\ \ddot{z} &= -K_0 \dot{z}, \end{aligned} \tag{51}$$

де

$$K_0 = \frac{K_2 v}{m} \approx const. \tag{52}$$

Відповідно до [2] розв'язками даної задачі будуть такі рівняння координат траєкторії польоту частинки:

$$x = \frac{v_x}{K_0}(1 - e^{-K_0 t}), \tag{53}$$

де $v_x = v_п$;

$$y = (1 - e^{-K_0 t})\left(\frac{g}{K_0^2} + \frac{v_y}{K_0}\right) - \frac{gt}{K_0}, \tag{54}$$

де, враховуючи (48) і (49)

$$v_y = -v_0 \sin \alpha_0 \approx 0,$$

тобто

$$y = (1 - e^{-K_0 t})\frac{g}{K_0^2} - \frac{gt}{K_0}; \tag{55}$$

і

$$z = \frac{v_z}{K_0}(1 - e^{-K_0 t}), \tag{56}$$

де $v_z = v_м$.

Шляхом аналізу теоретичних (залежності (37)) та експериментальних даних знаходимо $K_0 = 0{,}042\ с^{-1}$. Підставляючи значення K_0 і часу t в залежності (53 - 56) отримано графіки траєкторій руху матеріальної частинки, зображені на рис. 20, 21.

Відмінність розрахунків по залежностях (53 - 56) від даних, отриманих числовими методами без врахування допущення (49), складає від 0% на початку польоту частинки до не більше 5,4% ($\approx 0{,}12$ м по осі O_3x_3 рис. 20) для максимальної дальності польоту. Це значно менше можливих похибок від неврахованих факторів (вітер, зміна робочих швидкостей і т.п.).

Визначимо можливі траєкторії польоту вороху гички, позначивши через L_3 проекцію на вісь O_3x_3 дальності польоту частинки і побудувавши відрізок O_3O_3' (рис. 20, 21), що відповідає початковим положенням частинок на поверхні активізатора безпосередньо перед відривом від нього.

Значення L_3, як видно з графіків траєкторій (рис. 20), зростає із збільшенням початкової висоти H частинки над рівнем грунту і при зменшенні α_0. Варто зазначити, що висота H обмежується сумою висот: активізатора $|y_{O_3'}|$ та безкопірного зрізування гички. Значення α_0 близьке до нуля і не повинно перевищувати 10°. Його можна визначити аналізуючи траєкторію руху частинки по поверхнях транспортування (рис. 8 - 16, 18).

Межовими значеннями L_3 (рис. 20), враховуючи розмірно-масові характеристики складових вороху та особливості їх руху при відведенні з рядків, можна вважати $L_{3min} = 0{,}15$ м і $L_{3max} = 2{,}15$ м, що також спостерігалось в реальних умовах.

Завдяки малому часу кидання, конструктивним особливостям поверхонь транспортування (їх взаєморозташуванню, геометричним

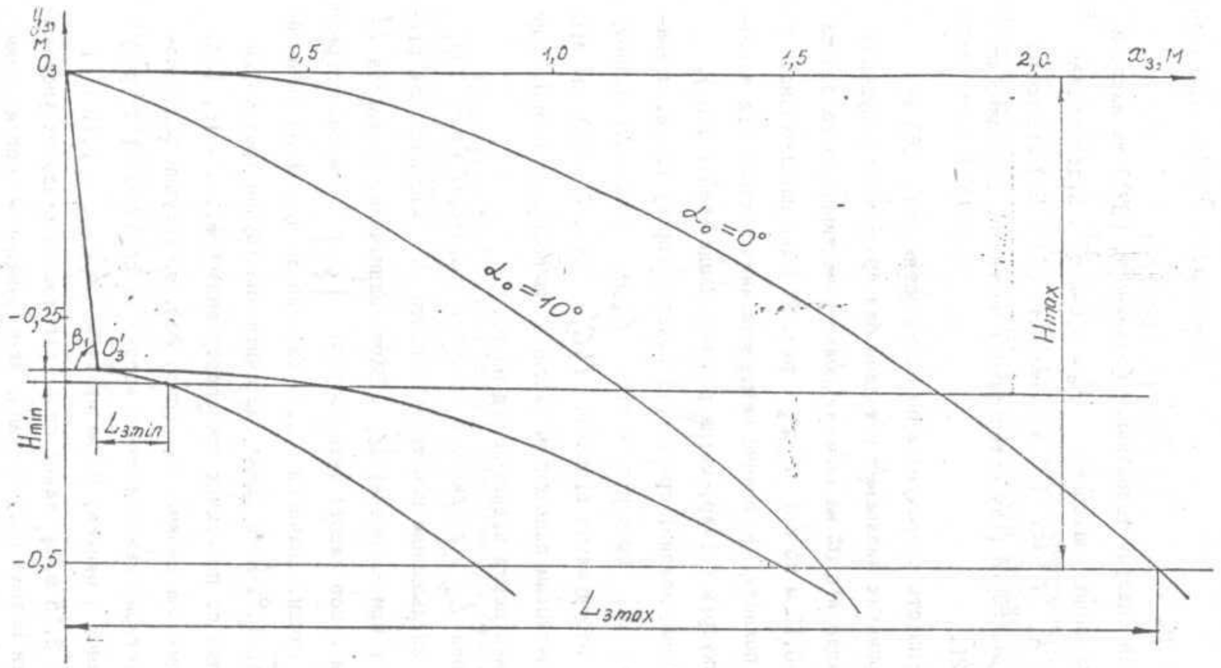

Рис. 20. Траєкторії польоту частинки до її падіння H_{max} і H_{min} - відповідно максимальна і мінімальна початкова висота частинки над рівнем грунту

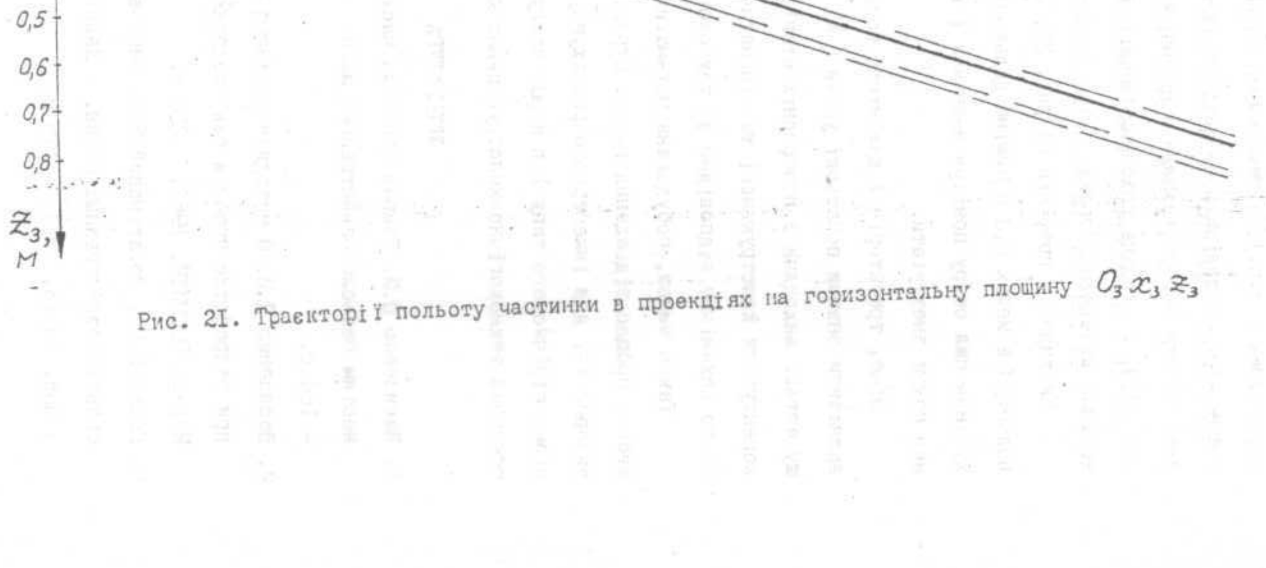

Рис. 21. Траєкторії польоту частинки в проекціях на горизонтальну площину $O_3 x_3 z_3$

параметрам і т.п.), кінематичним параметрам робочих органів (в першу чергу активізаторів) відбувається незначне розширення потоку вороху в горизонтальній проекції (штрихові лінії на рис. 21), пов'язане головним чином з фізико-механічними властивостями складових вороху.

Як видно з графіків на рис. 20, 21 за розрахунковий час польоту (в межах 0,3 с) зміна дальності польоту вороху від врахування сил опору повітря незначна і в інженерних розрахунках нею можна знехтувати.

Отже, траєкторію і дальність польоту вороху гички можна визначити знаючи початкові умови (v_0 , α_0 , H , K_0), що шукаються виходячи з попередніх етапів руху вороху. Це дозволяє коректувати конструктивні та кінематичні параметри гичковидаляючого механізму відповідно до технології збирання гички.

Таким чином, побудована математична модель адекватно відтворює процес відведення гички. Отримані залежності можуть бути використані для інженерного розрахунку гичковидаляючого механізму стрічкового типу і в першу чергу для визначення його основних технологічно-конструктивних параметрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. - К.: Изд-во УАСХН, 1960. - 184 с.
2. Василенко П.М. О методике механико-математических изысканий при разработке проблем сельскохозяйственной техники. - М.: Изд-во ГОСНИТИ, 1962. - 230 с.
3. Гевко Б.М., Рогатынский Р.М. Винтовые падающие механизмы сельскохозяйственных машин. - Львов: Выща шк. Изд-во при Львов. ун-те, 1989. - 176 с.

4. Хайлис Г.А. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин. - К.: Изд-во УСХА, 1992. - 240 с.
5. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин. - К.: НМК ВО, 1992. - 320 с.