

УДК 631.356.2

Кравченко І.Є.**Крамар А.В.****Крамар П.В.****Юрченко І.І.***(Вінницький національний аграрний університет)*

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОЛЬОТУ ГИЧКИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ПРИ РОБОТІ ГИЧКОВИДАЛЯЧОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ З ВЕРТИКАЛЬНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ

Получены математические модели характеризующие траекторию движения точковой массы m ботвы после ее схода с лопаты ботвоудаляющего рабочего органа с вертикальной осью вращения с учетом влияния силы сопротивления и направления движения воздушного потока и конструктивно-кинематических параметров турбины.

Получены зависимости для определения времени полета срезанной ботвы и ширины полосы ее разбрасывания на поверхность уборного поля.

Mathematical models are got motions of tochkovoy mass of m botvy characterizing a trajectory after its tails with lopaty botvoudalyayuschego working organ with the vertical axis of rotation taking into account influencing of force of resistance and direction of motion of current of air and structurally-kinematics parameters of turbine.

Got to dependence for determination of block hours of cut away botvy and width of bar of its throwing about on the surface of the cleaned field.

Вступ

У технологічному процесі вирощування цукрових буряків однією з найбільш трудомістких технологічних операцій є механізоване видалення гички, на яке припадає в середньому близько 25...40 % усіх затрат праці [1]. Від показників якості виконання технологічного процесу видалення гички коренеплодів цукрових буряків значною мірою залежать техніко-експлуатаційні показники використання техніки і в кінцевому результаті економічні показники вирощування цукрових буряків [2]. Одним із важливих показників роботи гичковидальючих машин є дальність польоту гички при розкиданні її на зібрану частину поля. Велика дальність польоту (більше 3,5 м) потребує непродуктивних витрат потужності, а мала – спричиняє труднощі при подальшому обробітку поля. Виникає необхідність теоретично дослідити процес польоту зрізаної гички на зібрану частину поля з метою оптимізації параметрів гичковидальючих робочих органів збиральних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз технологічних процесів зрізування та транспортування зрізаної гички, які базуються на застосуванні традиційних механіко-технологічних принципах, показав що вони значною мірою вичерпали радикальні шляхи технологічного та технічного рівня, підвищення агротехнічних показників якості збирання – умови збирання та технологічні процеси, які відбуваються при цьому, мають стохастичний, невизначений та недостатньо досліджений характер [3, 4]

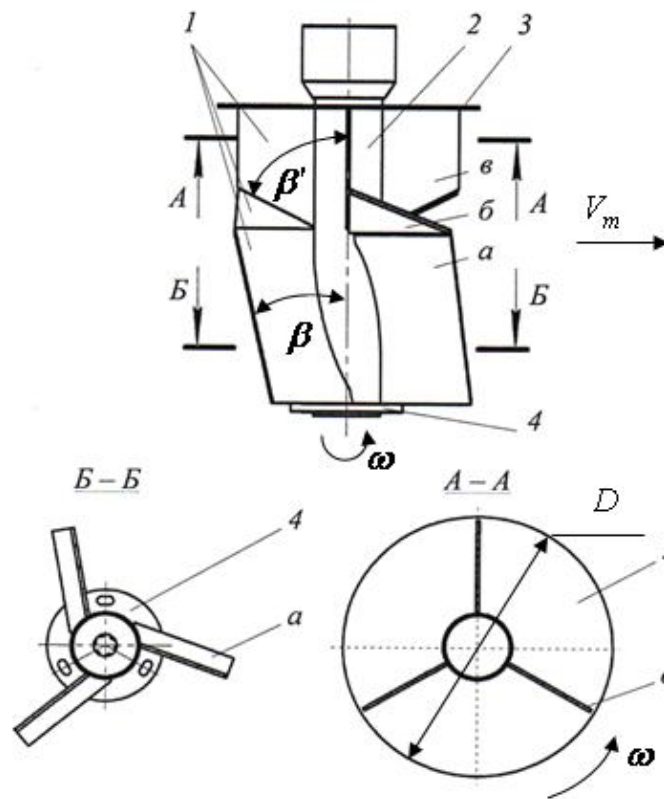
Мета дослідження

На підставі теоретичних досліджень польоту гички оцінити вплив напряму та сили повітряного потоку і конструктивно-кінематичних параметрів гичковидальючого робочого органу з вертикальною віссю обертання на дальність польоту гички та ширину її розкидання.

Результати досліджень

Задля поліпшення технологічної та енергетичної ефективності процесу видалення гички цукрових буряків розроблено конструктивну схему гичковидальючого робочого органу з похилими плоскими поверхнями та вертикальною віссю обертання, який поєднує в процесі роботи одночасно дві суміжні технологічні операції – зрізування та транспортування гички коренеплодів [5, 6].

Гичковиделяючий робочий орган (рис. 1.) являє собою вертикальну турбіну, яка складається із вертикального вала 2, який обертається з кутовою швидкістю ω . У нижній частині вала закріплено основу 4, по периферії площини якої встановлено різальні ножі (на рис. 1 не зображені). До труби вертикального вала закріплені три плоскі лопаті 1, кожна з яких складається із встановлених під різними кутами трьох плоских лопаток. Лопатка “а,, встановлена під кутом β відносно осі вала, а лопатка “в,, розташована паралельно осі вала. Лопатка “б,, встановлена з конструктивних міркувань для забезпечення з’єднання лопаток “а,, та “в,,. Над лопаткою “в,, змонтовано суцільний горизонтальний диск 3, який обмежує рух гички у вертикальному напрямі.



1 – лопать, 2 – вертикальний приводний вал; 3 – обмежувальний горизонтальний диск;
4 – основа вала з ріжучими ножами

Рис. 1. - Конструктивна схема гичковиделяючого робочого органу з вертикальною віссю обертання

Технологічний процес роботи гичковиделяючого робочого органу з похилими плоскими поверхнями та вертикальною віссю обертання є таким. Під час поступального рівномірного руху пристрою (турбіни) з робочою швидкістю V_m , ножі, які закріплені на основі 4 вертикального вала 2 і які обертаються з кутовою швидкістю ω , зрізують гичку коренеплодів. Основна частина зрізаної гички рухається вздовж лопатки “а,, в зону дії лопатки “в,,. Частина зрізаної гички внаслідок відцентрової сили сходить з лопаток вертикальної турбіни. За рахунок обертання турбіни, переміщена вгору гичка, вертикальною лопаткою “в,, відводиться з турбіни гичкоріза, а встановлений в верхній частині турбіни суцільний горизонтальний диск 3 обмежує рух гички до верхнього щитка, тим самим зменшує вертикальний тиск на нього.

Після сходу точкової маси m зрізаної гички з лопаті гичковиделяючого робочого органу з вертикальною віссю обертання вона рухається у повітряному просторі з наступним приземленням на зібране поле, при цьому рух гички розглянемо як рух тіла кинутого під кутом γ'_i до горизонту з початковою результуючою швидкістю V_{pi} (рис. 2).

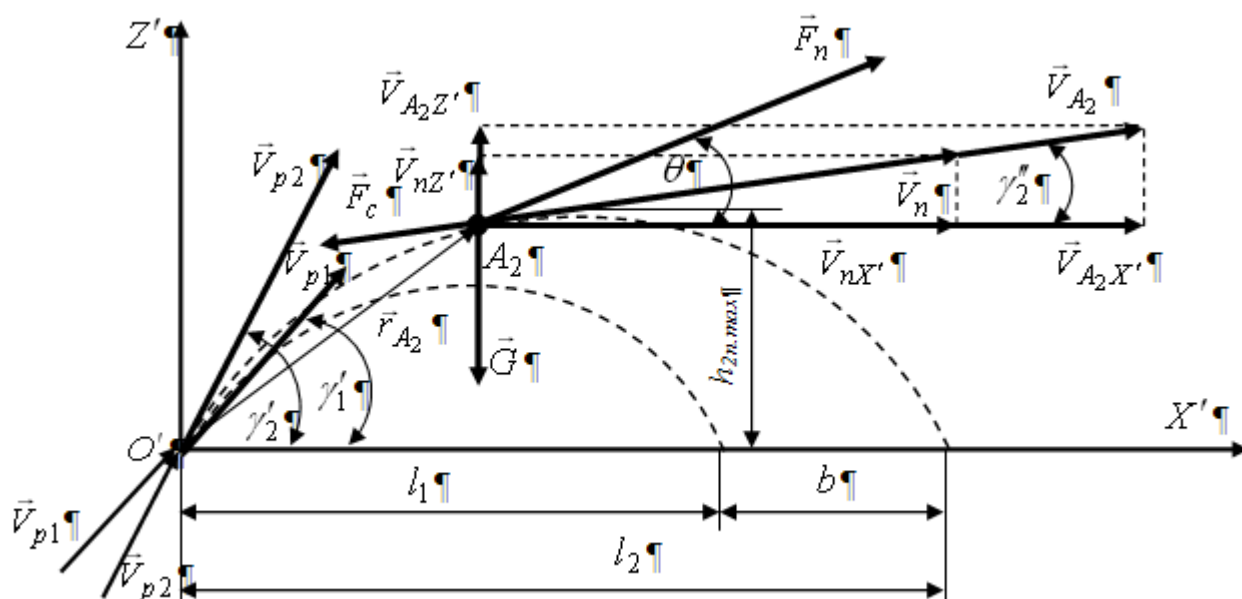


Рис. 2. - Схема до розрахунку параметрів руху частки гички після її сходу з лопаті гичковиделяючого робочого органу з вертикальною віссю обертання

Ширина смуги b розкидання гички по поверхні зібраного поля в значній мірі залежить від параметрів і режимів роботи вертикального турбінного гичкоріза – положень миттєвих координат z' , y' точкової маси гички у момент її сходу з лопаті турбіни, швидкості вітру та його напрямку відносно руху коренезбиральної машини, фізичного стану гички на момент збирання та моменту її сходження з лопаті турбіни тощо.

Найбільш повно рух тіла кинутого під кутом до горизонту в рухомому середовищі з врахуванням дії сили опору середовища розглянуто в наукових працях П.М. Василенка, В.В. Адамчука, А.А. Кукибного.

Проте праці академіка П.М. Василенка та А.А. Кукибного [7, 8] мають специфічні властивості, які суттєво звужують їх застосування на практиці, а наукові праці В.В. Адамчука [9] розв'язують задачу, коли напрямок вектора абсолютної швидкості сходження масової частинки практично співпадає з напрямком вектора швидкості супроводжуючого повітряного потоку.

Для проведення аналізу дальності польоту гички після її сходу з лопаті робочого органу розглянемо складену еквівалентну схему (рис. 2) до визначення параметрів руху точкової маси m гички, кинуті під миттєвими, на час розгляду, максимальним і мінімальним кутами γ'_{min} і γ'_{max} до горизонту з відповідними початковими швидкостями її сходу з лопаті турбіни гичкоріза V_{Pmin} і V_{Pmax} , які будуть визначати мінімальну l_{min} та максимальну l_{max} дальність польоту гички і відповідно ширину смуги b її розкидання на зібране поле, при цьому для зручності запису позначимо $\gamma'_{min} = \gamma'_1$, $\gamma'_{max} = \gamma'_2$, а відповідно $V_{Pmin} = V_{p1}$, $V_{Pmax} = V_{p2}$, $l_{min} = l_1$, $l_{max} = l_2$.

Тоді, згідно рис. 2 ширина смуги розкидання гички на зібране поле визначається

$$b = l_2 - l_1, \quad (1)$$

де b - ширина смуги розкидання гички, м;

l_1 , l_2 - відповідно мінімальна та максимальна дальність польоту гички, м.

Нехай рух точкової маси m гички заданий у декартовій нерухомій системі координат $X'O'Z'$ (рис. 2), а координати точки A_2 , положення якої визначається радіусом-вектором

\vec{r}_{A_2} , задані як функції часу $X' = x(t_2)$, $Z' = z(t_2)$. Для визначення l_1 і l_2 розглянемо траєкторії руху точкової маси m гички, які розміщені у вертикальній площині $X'O'Z'$ та залежні й обумовлені значеннями початкових швидкостей руху V_{p1} і V_{p2} , дією сили ваги частки G з врахуванням сили повітряного потоку, який має постійну середньостатистичну складову F_n , залежну від постійного значення швидкості повітряного потоку V_n і сили опору повітряного середовища F_c .

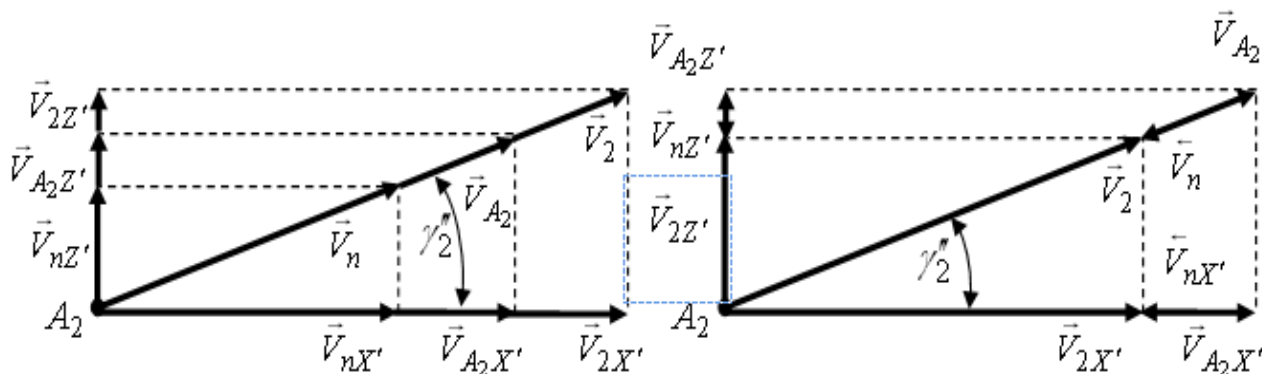


Рис. 3. - План швидкостей руху точкової маси m гички після її сходу з лопаті гичковиделяючого робочого органу з вертикальною віссю обертання

У даному випадку можливі два варіанти впливу швидкості повітряного потоку на дальність польоту гички: у першому випадку напрямок вектора швидкості \vec{V}_{A_2} співпадає з вектором швидкості повітряного потоку \vec{V}_n (рис. 3 а) або супроводжуючого повітряного струменя [8], у другому – вектор \vec{V}_{A_2} і \vec{V}_n протилежно направлені (рис. 3б).

Згідно [10] та рис. 2 і 3, для обох випадків маємо

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{A_{2\pm}} = (X'_{A_2} i + Z'_{A_2} j) \pm (X'_n u + Z'_n p); \quad V_{2\pm} = \frac{dr'_{A_2}}{dt_2} \pm \frac{dr_n}{dt_2}; \\ V_{A_2} = \frac{dr'_{A_2}}{dt_2} = \frac{dX'_{A_2}}{dt_2} i + \frac{dZ'_{A_2}}{dt_2} j; \quad V_n = \frac{dr_n}{dt_2} = \frac{dX'_n}{dt_2} u + \frac{dZ'_n}{dt_2} p; \\ V_{A_2X'} = \frac{dX'_{A_2}}{dt_2} = \dot{X}'_{A_2}; \quad V_{A_2Z'} = \frac{dZ'_{A_2}}{dt_2} = \dot{Z}'_{A_2}; \\ V_{nX'} = \frac{dX'_n}{dt_2} = \dot{X}'_n; \quad V_{nZ'} = \frac{dZ'_n}{dt_2} = \dot{Z}'_n \end{array} \right. , \quad (2)$$

де $r_{A_{2\pm}}$ - радіус вектор точки A_2 у першому (+) та другому (-) випадках, м;

$V_{A_2X'}$, $V_{A_2Z'}$ - проєкції швидкості V_{A_2} точки A_2 на координатні осі за час її переміщення t_2 , м/с;

$V_{nX'}$, $V_{nZ'}$ - проєкції швидкості повітряного потоку V_n на координатні осі, м/с;

t_2 - час переміщення, с.

Згідно [11] направляючі косинуси, або напрямок модуля швидкості переміщення точки A_2 визначаються

$$\begin{cases} \cos(X', V_2) = \frac{V_{2X'}}{V_2} = \frac{\dot{X}'}{\sqrt{\dot{X}'^2 + \dot{Z}'^2}}; \\ \cos(Z', V_2) = \frac{V_{2Z'}}{V_2} = \frac{\dot{Z}'}{\sqrt{\dot{X}'^2 + \dot{Z}'^2}} \end{cases} \quad (3)$$

де V_2 - модуль швидкості точки A_2 за час t_1 , м/с.

Для випадку, коли сила опору повітряного середовища пропорційна першому ступеню швидкості руху гички, яка вважається за точкову масу, тобто

$$F_c = kmg\vec{V}_{A_2}, \quad (4)$$

де F_c - сила опору повітряного середовища, Н;

k - коефіцієнт опору;

\vec{V}_{A_2} - дотична швидкість до траєкторії руху гички.

При цьому траєкторія руху точкової маси m гички описується рівняннями, які записані в параметричній формі [11]

$$\begin{cases} X'(t_2) = \frac{V_{p2} \cos \gamma'_2}{kg} (1 - e^{-kgt_2}); \\ Z'(t_2) = \frac{1}{kg} \left(V_{p2} \sin \gamma'_2 + \frac{1}{k} \right) (1 - e^{-kgt_2}) - \frac{t_2}{k} \end{cases} \quad (5)$$

де $V_{p2} = const$, $\gamma'_2 = const$, $k = const$, $g = const$.

Для проведення подальшого аналізу будемо вважати, що сила повітряного потоку F_n , тобто вектор напрямку швидкості повітряного потоку \vec{V}_n співпадає з напрямком дотичної швидкості \vec{V}_{A_2} до траєкторії руху гички і направлений під кутом γ''_2 до горизонталі, або він направлений до горизонтальної осі $O'X'$ під кутом θ , відмінним від кута γ''_2 (рис.2).

З урахуванням сили повітряного потоку F_n і напрямів руху вектора швидкості повітряного потоку \vec{V}_n відносно напрямку руху гички та кута між ним і горизонтальною площиною $X'O'Y'$ траєкторія руху точкової маси m гички після її сходження з лопаті вертикальної турбіни гичкоріза буде мати наступний вигляд

$$\begin{cases} X'(t_2^\pm) = \frac{V_{p2} \cos \gamma'_2}{kg} (1 - e^{-kgt_2}) \pm \frac{V_n \cos \gamma''_2}{kg} (1 - e^{-kgt_2}) \pm \frac{F_o \cos \theta}{2m} t_2^2; \\ Z'(t_2^\pm) = \frac{1}{kg} \left(V_{p2} \sin \gamma'_2 + \frac{1}{k} \right) (1 - e^{-kgt_2}) \pm \frac{1}{kg} \left(V_n \sin \gamma''_2 + \frac{1}{k} \right) (1 - e^{-kgt_2}) - \\ - \frac{t_2}{k} \pm \frac{F_o \sin \theta}{2m} t_2^2 - \frac{gt_2^2}{2} \end{cases} \quad (6)$$

Після спрощення (2.54) одержимо фізико-математичну модель, яка характеризує траєкторію руху точкової маси m гички після її сходження з лопаті гичковидальною робочого органу з вертикальною віссю обертання із врахуванням впливу сили опору повітряного потоку та напрямку його швидкості руху:

- для випадку, коли вектор дотичної швидкості \vec{V}_{A_2} співпадає з вектором швидкості повітряного потоку \vec{V}_n (рис. 3 а) або супроводжуючого повітряного струменя

$$\begin{cases} X'(t_2^+) = \frac{V_{p2} \cos \gamma'_2 + V_n \cos \gamma''_2}{kg} (1 - e^{-kgt_2}) + \frac{F_o \cos \theta}{2m} t_2^2; \\ Z'(t_2^+) = \frac{1}{kg} \left(V_{p2} \sin \gamma'_2 + V_n \sin \gamma''_2 + \frac{2}{k} \right) (1 - e^{-kgt_2}) - \frac{t_2}{k} + \frac{F_o \sin \theta}{2m} t_2^2 - \frac{gt_2^2}{2} \end{cases} \quad (7)$$

- для випадку, коли вектор дотичної швидкості \vec{V}_{A_2} і вектор швидкості \vec{V}_n протилежно направлені (рис. 3 б)

$$\begin{cases} X'(t_2^-) = \frac{V_{p2} \cos \gamma_2' - V_n \cos \gamma_2''}{kg} (1 - e^{-kg t_2}) - \frac{F_o \cos \theta}{2m} t_2^2; \\ Z'(t_2^-) = \frac{1}{kg} (V_{p2} \sin \gamma_2' - V_n \sin \gamma_2'') (1 - e^{-kg t_2}) - \frac{t_2}{k} - \frac{F_o \sin \theta}{2m} t_2^2 - \frac{gt_2^2}{2} \end{cases} \quad (8)$$

На основі (4) та враховуючи системи рівнянь (7) і (8), які одержані для фази підйому точкової маси m гички вгору проти дії сили тяжіння $m\vec{g}$, миттєві швидкості руху точкової маси гички вздовж осей $O'X'$ та $O'Z'$ у фазі підйому точкової маси m гички вгору будуть мати вигляд:

- для випадку, коли вектор швидкості \vec{V}_{A_2} співпадає з вектором швидкості повітряного потоку \vec{V}_n (рис. 3 а) або супроводжуючого повітряного струменя

$$\begin{cases} \dot{X}'(t_2^+) = \frac{dX'}{dt_2} = e^{-kg t_2} (V_{p2} \cos \gamma_2' + V_n \cos \gamma_2'') + \frac{F_o \cos \theta}{m} t_2; \\ \dot{Z}'(t_2^+) = \frac{dZ'}{dt_2} = e^{-kg t_2} \left(V_{p2} \sin \gamma_2' + V_n \sin \gamma_2'' + \frac{2}{k} \right) - \frac{1}{k} + \frac{F_o \sin \theta}{m} t_2 - g t_2 \end{cases} \quad ; \quad (9)$$

- для випадку, коли вектор дотичної швидкості \vec{V}_{A_2} і вектор швидкості \vec{V}_n протилежно направлені (рис. 3 б)

$$\begin{cases} \dot{X}'(t_2^-) = \frac{dX'}{dt} = e^{-kg t_2} (V_{p2} \cos \gamma_2' - V_n \cos \gamma_2'') - \frac{F_o \cos \theta}{m} t_2; \\ \dot{Z}'(t_2^-) = \frac{dZ'}{dt_1} = e^{-kg t_2} (V_{p2} \sin \gamma_2' - V_n \sin \gamma_2'') - \frac{1}{k} - \frac{F_o \sin \theta}{m} t_2 - g t_2 \end{cases} \quad (10)$$

Побудовані системи рівнянь (7)-(10) є фізико-математичною моделлю та рівняннями руху, які характеризують, відповідно, траєкторію руху точкової маси m зрізаної гички та миттєві швидкості руху гички після її сходження з плоскої лопаті турбіни приводного вала вертикального гичкоріза з врахуванням впливу сили опору та напрямку швидкості повітряного потоку та можуть бути використані для уточнення і вдосконалення існуючих методів розрахунку конструктивно-кінематичних параметрів вертикальних пристроїв для збирання гички коренеплодів.

Загальний час польоту $t_{2_n}^\pm$ точкової маси m зрізаної гички, після її сходу з лопаті гичковидальною робочого органу з вертикальною віссю обертання з урахуванням сили опору повітряного середовища та напрямку вектора швидкості руху повітряного потоку для обох випадків після спрощення буде визначатися

$$t_{2_n}^+ = t_{2_n}^+ + t_{2c}^+ = \frac{\dot{h}_{2n,max}^+ - \frac{2}{k}}{g - \frac{F_o \sin \theta}{m}}; \quad (11)$$

$$t_{2_n}^- = t_{2_n}^- + t_{2c}^- = \frac{\dot{h}_{2n,max}^- - \frac{1}{k}}{\frac{F_o \sin \theta}{m} + g}, \quad (12)$$

де $t_{2_n}^+$, $t_{2_n}^-$ - відповідно загальний час польоту точкової маси m зрізаної гички до поверхні ґрунту після її сходу з лопаті вертикальної турбіни гичкоріза для обох випадків, с.

Відповідно загальний час польоту $t_{1_n}^\pm$ точкової маси m зрізаної гички, після її сходу з лопаті гичковидаляючого робочого органу з вертикальною віссю обертання з початковими швидкістю руху V_{p1} і кутом вильоту γ_1' з урахуванням сили опору повітряного середовища та напрямку вектора швидкості руху повітряного потоку для обох випадків буде визначатися аналогічно одержаними залежностями (11), (12)

$$t_{1_n}^+ = t_{1_n}^+ + t_{1_c}^+ = \frac{\dot{h}_{1_n, \max}^+ - \frac{2}{k}}{g - \frac{F_o \sin \theta}{m}}; \quad (13)$$

$$t_{1_n}^- = t_{1_n}^- + t_{1_c}^- = \frac{\dot{h}_{1_n, \max}^- - \frac{1}{k}}{\frac{F_o \sin \theta}{m} + g}. \quad (14)$$

Для визначення дальності польоту l_2^\pm точкової маси m зрізаної гички, після її сходу з лопаті гичковидаляючого робочого органу з вертикальною віссю обертання для обох випадків з урахуванням сили опору повітряного середовища та напрямку вектора швидкості руху повітряного потоку підставимо значення загального часу польоту $t_{2_n}^+$, $t_{2_n}^-$ з (11), (12) у відповідні перші параметричні рівняння руху систем (7) і (8).

Тоді дальність польоту l_2^\pm точкової маси m зрізаної гички, після її сходу з лопаті гичковидаляючого робочого органу з вертикальною віссю обертання з початковими швидкістю руху V_{p2} і кутом вильоту γ_2' з урахуванням сили опору повітряного середовища та напрямку вектора швидкості руху повітряного потоку для обох випадків буде визначатися

$$\left. \begin{aligned} l_2^+ &= \frac{V_{p2} \cos \gamma_2' + V_n \cos \gamma_2''}{kg} t_{2_n}^+ + \frac{F_o \cos \theta}{2m} (t_{2_n}^+)^2; \\ l_2^- &= \frac{V_{p2} \cos \gamma_2' - V_n \cos \gamma_2''}{kg} t_{2_n}^- - \frac{F_o \cos \theta}{2m} (t_{2_n}^-)^2 \end{aligned} \right\}. \quad (15)$$

Відповідно дальність польоту l_1^\pm точкової маси m зрізаної гички, після її сходу з лопаті гичковидаляючого робочого органу з вертикальною віссю обертання з початковими швидкістю руху V_{p1} і кутом вильоту γ_1' з урахуванням сили опору повітряного середовища та напрямку вектора швидкості руху повітряного потоку для обох випадків буде визначатися аналогічно одержаним залежностям (15), тобто

$$\left. \begin{aligned} l_1^+ &= \frac{V_{p1} \cos \gamma_1' + V_n \cos \gamma_1''}{kg} t_{1_n}^+ + \frac{F_o \cos \theta}{2m} (t_{1_n}^+)^2; \\ l_1^- &= \frac{V_{p1} \cos \gamma_1' - V_n \cos \gamma_1''}{kg} t_{1_n}^- - \frac{F_o \cos \theta}{2m} (t_{1_n}^-)^2 \end{aligned} \right\}. \quad (16)$$

Враховуючи вихідне рівняння (1) та одержані рівняння загального часу польоту гички (11-14) ширина смуги b^\pm розкидання зрізаної гички гичковидаляючого робочого органу з вертикальною віссю обертання для обох випадків буде визначатися за залежністю

$$b^+ = \frac{t_{2_n}^+ (V_{p2} \cos \gamma_2' + V_n \cos \gamma_2'') - t_{1_n}^+ (V_{p1} \cos \gamma_1' + V_n \cos \gamma_1'')}{kg} + \frac{F_o \cos \theta}{2m} \left[(t_{2_n}^+)^2 - (t_{1_n}^+)^2 \right]; \quad (17)$$

$$b^- = \frac{t_{2n}^- (V_{p2} \cos \gamma_2' - V_n \cos \gamma_2'') - t_{1n}^- (V_{p1} \cos \gamma_1' - V_n \cos \gamma_1'')}{kg} - \frac{F_o \cos \theta}{2m} \left[(t_{2n}^-)^2 + (t_{1n}^-)^2 \right], \quad (18)$$

Із врахуванням спрощень виразів ширина смуги b розкидання зрізаної гички гичковиділяючого робочого органу з вертикальною віссю обертання для обох випадків буде визначатися за залежністю

$$b^+ = \frac{m}{C^+} \left\{ \frac{A_c^+ \left[\left(\frac{m^2 (kA_s^+ + 1)^2}{(kC^+)^2} \right) \left(\frac{k(A_s^+ - g) + 2}{kg} - \frac{C^+}{2m} \right) - \frac{2}{k} \right] - B_c^+ \left[\left(\frac{m^2 (kB_s^+ + 1)^2}{(kC^+)^2} \right) \left(\frac{k(A_s^+ - g) + 2}{kg} - \frac{C^+}{2m} \right) - \frac{2}{k} \right]}{kg} + \frac{2C^+ \left[\left(\frac{m^2 (kA_s^+ + 1)^2}{(kC^+)^2} \right) \left(\frac{k(A_s^+ - g) + 2}{kg} - \frac{C^+}{2m} \right) - \frac{2}{k} \right]^2 - \left[\left(\frac{m^2 (kB_s^+ + 1)^2}{(kC^+)^2} \right) \left(\frac{k(A_s^+ - g) + 2}{kg} - \frac{C^+}{2m} \right) - \frac{2}{k} \right]^2}{F_o \cos \theta} \right\}; \quad (19)$$

$$b^- = \frac{m}{C^-} \left\{ \frac{A_c^- \left[\left(\frac{m^2 (kA_s^- + 1)^2}{(kC^-)^2} \right) \left(\frac{k(A_s^- - g) + 2}{kg} - \frac{C^-}{2m} \right) - \frac{2}{k} \right] - B_c^+ \left[\left(\frac{m^2 (kB_s^- + 1)^2}{(kC^+)^2} \right) \left(\frac{k(A_s^- - g) + 2}{kg} - \frac{C^-}{2m} \right) - \frac{2}{k} \right]}{kg} + \frac{2C^- \left[\left(\frac{m^2 (kA_s^- + 1)^2}{(kC^-)^2} \right) \left(\frac{k(A_s^- - g) + 2}{kg} - \frac{C^-}{2m} \right) - \frac{2}{k} \right]^2 + \left[\left(\frac{m^2 (kB_s^- + 1)^2}{(kC^-)^2} \right) \left(\frac{k(A_s^- - g) + 2}{kg} - \frac{C^-}{2m} \right) - \frac{2}{k} \right]^2}{F_o \cos \theta} \right\}, \quad (20)$$

де $A_c^+ = V_{p2} \cos \gamma_2' + V_n \cos \gamma_2''$; $A_c^- = V_{p2} \cos \gamma_2' - V_n \cos \gamma_2''$; $B_c^+ = V_{p1} \cos \gamma_1' + V_n \cos \gamma_1''$; $B_c^- = V_{p1} \cos \gamma_1' - V_n \cos \gamma_1''$; $C^+ = mg - F_o \cos \theta$; $C^- = mg + F_o \cos \theta$.

$A_s^+ = V_{p2} \sin \gamma_2' + V_n \sin \gamma_2''$; $A_s^- = V_{p2} \sin \gamma_2' - V_n \sin \gamma_2''$; $B_s^+ = V_{p1} \sin \gamma_1' + V_n \sin \gamma_1''$; $B_s^- = V_{p1} \sin \gamma_1' - V_n \sin \gamma_1''$.

Висновки

1. Одержано математичні моделі (7-8), в параметричній формі, які характеризують траєкторію руху точкової маси m гички після її сходження з лопаті гичковиділяючого робочого органу з вертикальною віссю обертання із врахуванням впливу сили опору та напрямку руху швидкості повітряного потоку.

2. Одержано математичні моделі (9-10), які характеризують зміну траєкторії руху та миттєвих швидкостей руху точкової маси m зрізаної гички після її сходження з лопаті гичковидаляючого робочого органу з вертикальною віссю обертання залежно від його конструктивно-кінематичних параметрів.

3. Дальність польоту точкової маси m гички, після її сходу з лопаті гичковидаляючого робочого органу з вертикальною віссю обертання змінюється прямо пропорційно зміні швидкості повітряного потоку V_n (залежно від напрямку її вектора \vec{V}_n відносно результуючого вектора швидкості сходу $\vec{V}_{p2(1)}$ точкової маси з лопаті турбіни) та загального часу польоту гички до поверхні ґрунту і описується залежностями (15-16).

4. Одержані залежності (19-20), які характеризують ширину b смуги розкидання гички на поверхню зібраного поля залежно від величини та напрямку вектора швидкості повітряного потоку і конструктивно-кінематичних параметрів гичковидаляючого робочого органу з вертикальною віссю обертання.

Література

1. Хелемендик М.М. Напрями і методи розробки робочих органів сільськогосподарських машин.- К.: Аграрна наука, 2001.- 280с.
2. Гевко Р.Б. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки/ Р.Б.Гевко, І.Г.Ткаченко, С.В.Синій та ін.- Луцьк: ЛДТУ, 1999.- 168 с.
3. Погорілий Л.В, Рева Д., Смакоуз Г. та ін. Бурякозбиральна техніка: концепція та напрямки сучасного розвитку і прогноз на перспективу / Л.В.Погорілий, Д.В.Рева, Смакоуз Г. та ін.// Техніка АПК.- 1987.- №2.- С. 15-18.
4. Булгаков В.М. Розрахунок основних параметрів технологічного процесу збирання буряків / В.М.Булгаков, М.К.Літнік, О.П.Гурченко // Збірник наукових праць Національного аграрного університету. "Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин". Том 6.- Київ: НАУ.-2000.- С.219-224.
5. Патент України на корисну модель № 41457, МПК А01D 23/02. Турбіна гичкоріза/ Осуховський В.М., Кравченко І.Є.; заявники і власники патенту Осуховський В.М., Кравченко І.Є.– № u200814233; заявл. 10.12.2008; опубл. 25.05.2009, Бюл. №10.
6. Патент України на корисну модель № 41451, МПК А01D 23/02. Гичкозрізувальний пристрій/ Серета Л.П., Кравченко І.Є., Осуховський В.М.; заявники і власники патенту Серета Л.П., Кравченко І.Є., Осуховський В.М.– № u200814219; заявл. 10.12.2008; опубл. 25.05.2009, Бюл. №10.
7. Василенко П.М. Кинематические основания конструкции центробежного аппарата туковой сеялки// Сельскохозяйственные машины.- 1934.- №10.- С.7-10.
8. Кукибний П.М. Свободный полет зерен в воздушной среде// Труды Киевского технологического института.- К.: Киевский университет.- 1960.- Вып.22.- С.123-132.
9. Адамчук В.В. Теоретические исследования внесения минеральных удобрений пневмоцентробежными рабочими органами// Техника в сельском хозяйстве.- 1995.- №5.- С.22-23.
10. Бутенин Н.В. Курс теоретической механики. / Н.В.Бутенин, Я.Л.Луни, Д.Р.Меркин. Уч. Т.2.: Динамика.- 3-е изд., исправл.- М.: Наука, 1985.- 496 с.
11. Классическая механика. Айзерман М.А. Глав. ред. физико-матем. литер. Наука.- М.,1974.- 368 с.