

In article the design and technological process of work of the pneumomechanical sowing device of superfluous pressure with recirculate a stream of seeds are resulted. The form and parameters of cells of a sowing disk are proved.

Одержано 211011

УДК 631.33.024: 631.331.5

О.Р. Лузан, асп., В.М. Сало, проф., д-р техн. наук, В.В. Гончаров, доц., канд. фіз.-мат. наук, П.Г. Лузан, доц., канд. техн. наук

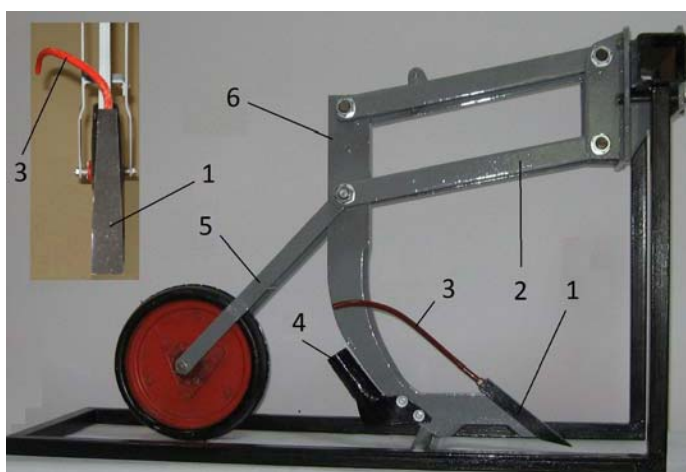
Кіровоградський національний технічний університет

Дослідження руху рослинних решток по горизонтальній частині стеблевідводу сошника

В статті теоретично обґрунтовано умови руху рослинних решток по горизонтальній частині стеблевідводу сошника. Отримані рівняння для визначення сприятливих умов, при яких вони відводяться в бік від стояка сошника. Теоретично визначена оптимальна форма стеблевідводу. **стеблевідвід, рослинні рештки, сошник, пряма сівба, стебло, зернові культури**

Розробка і вдосконалення конструкції сівалок для прямої сівби зернових культур з метою більш повного виконання ними агротехнічних вимог є одним із основних завдань наукових досліджень в галузі сільськогосподарського машинобудування.

Проведені дослідження [1, 2] дозволили встановити найбільші труднощі для роботи сівалок з сошниками, що мають гострий кут входження в ґрунт (рис. 1) [3] у відповідності до агротехнічних вимог. Не вирішеними залишаються питання: при яких критичних значеннях кутів нахилу стеблепідіймача стебло з нульовою початковою швидкістю буде залишатися в стані спокою, підніматися або опускатися по ньому прискорено чи уповільнено, та відводитися за допомогою стеблевідводу в бік від стояка сошника.



1 – долото-стеблепідіймач; 2 – паралелограмна підвіска; 3 – стеблевідвід; 4 – лійка; 5 – механізм регулювання глибини ходу сошника; 6 – стояк

Рисунок 1 – Посівна секція сівалки прямого посіву

Метою даного дослідження є теоретичне обґрунтування умов руху рослинних решток по горизонтальній частині стеблевідводу при переміщенні їх в бік від стояка сошника.

Для теоретичного обґрунтування умови руху рослинних решток по горизонтальній частині стеблевідводу при переміщенні їх в бік від стояка сошника розглянемо рух одного стебла при знаходженні його верхньої точки (точки A) на горизонтальній частині стеблевідводу та сили, які при цьому діють на стебло (рис. 2).

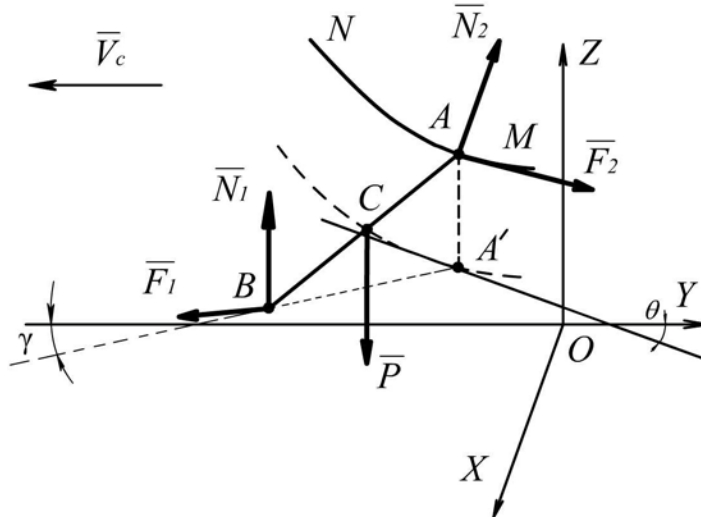


Рисунок 2 – Схема руху стебла при знаходженні його верхньої точки на горизонтальній частині стеблевідводу

Розглянемо прямокутну Декартову систему координат – нерухому $O'X'Y'Z'$ і рухома $OXYZ$. В початковий момент їхні осі співпадають: вісь OY направлена протилежно руху сошника $\bar{V}_c$; вісь OZ направлена вертикально вгору; вісь OX направлена перпендикулярно до площини OYZ таким чином, щоб система координат $OXYZ$ була правою; початок координат – точка O знаходиться в початковому положенні точки A' – проекції точки A на поверхню землі. Рухома система координат рухається поступально з швидкістю $-\bar{V}_c$.

Введемо позначення (рис. 2): AB – стебло, рух якого вивчається (точка A знаходиться на стеблевідводі, точка B на поверхні землі); точка A' – проекція A на поверхню землі (площину OXY); відрізок $AA' = h$ висота, на якій знаходиться горизонтальна частина стеблевідводу над поверхнею землі; кут $\angle ABA' = \alpha$ – кут, який утворює стебло з поверхнею землі; γ – кут, який утворює проекція стебла $A'B$ з напрямком руху сошника (віссю OY). Форма горизонтальної частини стеблевідводу задається кривою MN :

$$x = \Phi(y). \quad (1)$$

При цьому $\Phi'_y = \tan \theta$, де θ – кут, який утворює дотична до кривої MN в точці A з віссю OY . Рух стебла розкладаємо на два рухи: поступальний разом з точкою A і обертальний навколо осі AA' . На стебло діють сили: $\bar{P}$ – ваги стебла; $\bar{N}_1, \bar{N}_2$ – реакції відповідно поверхні землі і стеблевідводу; $\bar{F}_1, \bar{F}_2$ – тертя стебла відповідно по поверхні землі і стеблевідводу. Силою опору повітря нехтуємо.

З урахуванням (1) положення стебла задається двома параметрами: координатою y_A точки A і кутом γ повороту стебла навколо осі AA' . Знайдемо зв'язок між положеннями кінців стебла – координатами x_A, y_A і x_B, y_B точок $A(x_A, y_A, h)$ та $B(x_B, y_B, 0)$ в рухомій системі координат. Згідно приведених припущень маємо:

$$(y_A - y_B)^2 + (x_A - x_B)^2 = L_{xy}^2,$$

де $L_{xy} = L \cos \alpha$, L – довжина стебла.

Так як $\frac{x_A - x_B}{y_A - y_B} = \operatorname{tg} \gamma$, то $(y_A - y_B)^2 = L_{xy}^2 \cos^2 \gamma$. Таким чином:

$$x_B = \Phi(y_A) + L_{xy} \sin \gamma, \quad y_B = y_A - L_{xy} \cos \gamma. \quad (2)$$

В подальшому індекс A в координатах x_A, y_A опускається.

Вирішення подібних задач [2, 4, 5, 6] як і в даному випадку виконують з використанням рівняння Лагранжа другого роду. Тоді в загальному вигляді отримаємо:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}} - \frac{\partial T}{\partial q} = - \frac{\partial \Pi}{\partial q}, \quad q = (y, \gamma)^T, \quad (3)$$

де T – кінетична енергія стебла;

Π – потенціальна енергія стебла;

q – вектор узагальнених координат, які визначають рух стебла;

(y, γ) – поточні координати стебла.

Визначимо кінетичну енергію стебла за формулою:

$$T = T_n + T_o, \quad (4)$$

де $T_n = \frac{m \bar{V}^2}{2}$, $T_o = \frac{\omega^m J \omega}{2}$ – відповідно кінетична енергія поступального і обертального рухів стебла.

Швидкість $\bar{V}$ точки A , кутова швидкість обертання стебла ω та його тензор інерції J в проекціях на осі системи $OXYZ$ враховуючи (1) рівні:

$$\bar{V} = (\Phi'_y \dot{y}, \dot{y}, 0)^T, \quad \omega = (0, 0, \dot{\gamma})^T,$$

$$J = \frac{mL^2}{3} \cdot \operatorname{Diag}(1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \gamma, 1 - \cos^2 \alpha \cos^2 \gamma, \cos^2 \alpha). \quad (5)$$

Підставивши (5) в (4), отримаємо:

$$T = \frac{m(\Phi_y'^2 + 1)\dot{y}^2}{2} + \frac{mL_{xy}^2}{6} \dot{\gamma}^2. \quad (6)$$

Визначимо потенціальну енергію стебла за формулою:

$$\Pi = -\bar{P} \delta \bar{s}_C - \bar{N}_1 \delta \bar{s}_B - \bar{F}_1 \delta \bar{s}_B - \bar{N}_2 \delta \bar{s}_A - \bar{F}_2 \delta \bar{s}_A, \quad (7)$$

де $\delta \bar{s}_A, \delta \bar{s}_B, \delta \bar{s}_C$ – вектори елементарних переміщень точок прикладання відповідних сил, що діють на стебло.

При заданих елементарних переміщеннях $\delta y, \delta \gamma$ узагальнених координат маємо:

$$\begin{aligned} \delta \bar{s}_A &= (\Phi'_y \delta y, \delta y, 0)^T, \quad \delta \bar{s}_B = (\Phi'_y \delta y + \delta \gamma L_{xy} \cos \gamma, \delta y + \delta \gamma L_{xy} \sin \gamma, 0)^T, \\ \delta \bar{s}_C &= (\Phi'_y \delta y + \delta \gamma L_{xy} / 2 \cdot \cos \gamma, \delta y + \delta \gamma L_{xy} / 2 \cdot \sin \gamma, 0)^T. \end{aligned} \quad (8)$$

Вектори сил, що діють на стебло:

а) сила ваги:

$$\bar{P} = (0, 0, -mg)^T, \quad (9)$$

де m – маса стебла;

g – прискорення земного тяжіння;

б) сила реакцій поверхні землі:

$$\bar{N}_1 = (0, 0, N_1). \quad (10)$$

в) сила реакцій стеблевідводу:

$$\bar{N}_2 = (-N_{xy} \cos \theta, N_{xy} \sin \theta, N_z), \quad (11)$$

де N_{xy}, N_z проекції вектора $\bar{N}_2$ відповідно на вісь OZ і площину OXY , θ – кут, який утворює проекція $\bar{N}_{xy}$ з віссю OX .

г) сила тертя стебла по поверхні землі направлена по дотичній до траєкторії точки B в сторону протилежну його руху:

$$\bar{F}_1 = -\frac{f_1 N_1}{|\bar{V}_B - \bar{V}_c|} (\bar{V}_B - \bar{V}_c) = -\frac{f_1 N_1}{|\bar{V}_B - \bar{V}_c|} (\dot{x}_B, \dot{y}_B + V_c, 0), \quad (12)$$

де $\bar{V}_c = (0, -V_c, 0)$ – вектор швидкості руху сошника;

f_1 – коефіцієнт сили тертя при русі стебла по поверхні землі.

$$\dot{x}_B = \Phi'_y \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \cos \gamma, \quad \dot{y}_B = \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \sin \gamma;$$

$$|\bar{V}_B - \bar{V}_c| = \sqrt{(\Phi'_y \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \cos \gamma)^2 + (V_c + \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \sin \gamma)^2}.$$

д) сила тертя стебла по поверхні стеблевідводу направлена по дотичній до кривої $x = \Phi(y)$ в сторону протилежну рухові точки A :

$$\bar{F}_2 = \frac{f_2 N_2}{\sqrt{1 + \Phi_y'^2}} (\Phi'_y, 1, 0), \quad (13)$$

де f_2 – коефіцієнт сили тертя при русі стебла по поверхні стеблевідводу;

$N_2 = \sqrt{N_{xy}^2 + N_z^2}$ – модуль сили реакції стеблевідводу.

Підставивши (8)–(13) в (7) і враховуючи, що $\bar{N}_2 \perp \delta \bar{s}_A$ отримаємо:

$$\begin{aligned} \Pi = & \frac{f_1 N_1}{|\bar{V}_B - \bar{V}_c|} [(\Phi'_y \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \cos \gamma)(\Phi'_y \delta y + \delta y L_{xy} \cos \gamma) + \\ & + (V_c + \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \sin \gamma)(\delta y + \delta y L_{xy} \sin \gamma)] - f_2 N_2 \sqrt{1 + \Phi_y'^2} \delta y. \end{aligned} \quad (14)$$

З (6) знаходимо ліві частини рівнянь Лагранжа:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{y}} - \frac{\partial T}{\partial y} = m[(\Phi_y'^2 + 1)\ddot{y} + \dot{y}^2 \Phi_{yy}''], \quad \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\gamma}} - \frac{\partial T}{\partial \gamma} = \ddot{\gamma} \frac{m L^2}{3} \cos^2 \alpha. \quad (15)$$

З (14) знаходимо праві частини рівнянь Лагранжа:

$$\begin{aligned} -\frac{\partial \Pi}{\partial \delta y} = & -\frac{f_1 N_1}{|\bar{V}_B - \bar{V}_c|} [(\Phi'_y \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \cos \gamma) \Phi'_y + V_c + \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \sin \gamma] + f_2 N_2 \sqrt{1 + \Phi_y'^2}, \\ -\frac{\partial \Pi}{\partial \delta \gamma} = & -\frac{f_1 N_1}{|\bar{V}_B - \bar{V}_c|} [(\Phi'_y \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \cos \gamma) L_{xy} \cos \gamma + (V_c + \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \sin \gamma) L_{xy} \sin \gamma]. \end{aligned} \quad (16)$$

Підставивши (15), (16) в (3), отримаємо рівняння руху стебла:

$$\begin{aligned} m[(\Phi_y'^2 + 1)\ddot{y} + \dot{y}^2 \Phi_{yy}'] = & -\frac{f_1 N_1}{|\bar{V}_B - \bar{V}_c|} [(\Phi'_y \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \cos \gamma) \Phi'_y + \\ & + V_c + \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \sin \gamma] + f_2 N_2 \sqrt{1 + \Phi_y'^2}, \\ \ddot{\gamma} \frac{m}{3} = & -\frac{f_1 N_1}{|\bar{V}_B - \bar{V}_c|} [(\Phi'_y \dot{y} \cos \gamma + (V_c + \dot{y}) \sin \gamma + \dot{y} L_{xy})]. \end{aligned} \quad (17)$$

де $|\bar{V}_B - \bar{V}_c| = \sqrt{(\Phi'_y \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \cos \gamma)^2 + (V_c + \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \sin \gamma)^2}$.

Система (17) є системою двох рівнянь відносно чотирьох невідомих величин

y, γ, N_1, N_2 . Визначимо реакції N_1, N_2 .

Так як в площині $(AA'B)$ стебло є нерухомим, то з співвідношень статки маємо

$$N_1 = N_z = \frac{mg}{2}. \quad (18)$$

З рис. 3 слідує, що $N_{xy} = f_1 N_1 \cos(\gamma - \alpha_{F_2}) \sin(\theta + \gamma)$; $\operatorname{tg} \alpha_{F_1} = \frac{V_{Bx}}{V_{By}} = \frac{\Phi'_y \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \cos \gamma}{V_c + \dot{y} + \dot{y} L_{xy} \sin \gamma}$,

де α_{F_1} – кут, який утворює сила $\bar{F}_1$ з віссю OY .

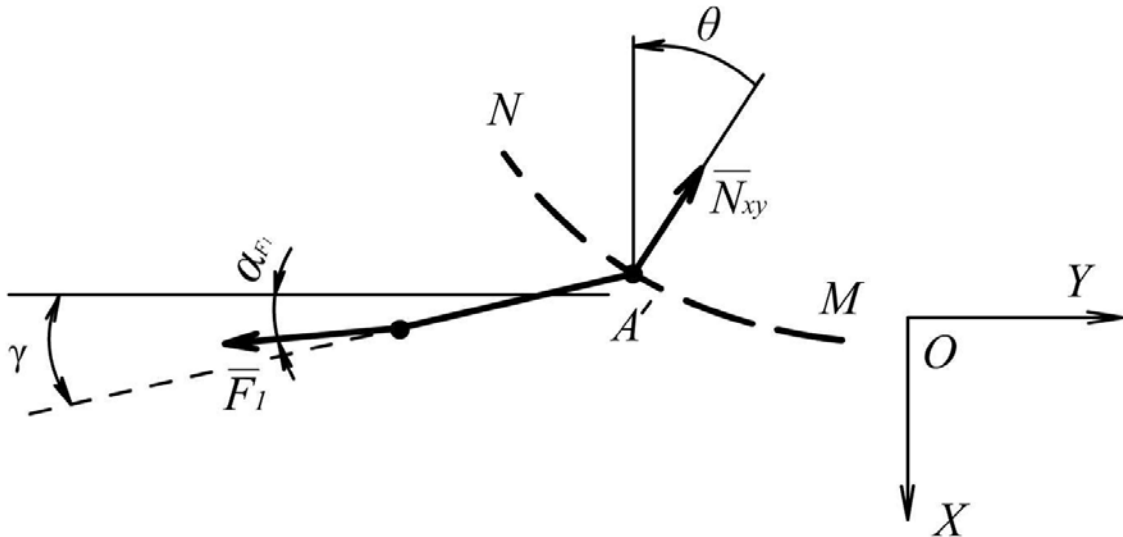


Рисунок 3 – Схема визначення реакції $\bar{N}_{xy}$

Таким чином:

$$N_1 = \frac{mg}{2}, \quad N_2 = \frac{mg}{2} \sqrt{[f_1 \cos(\gamma - \alpha_{V_B - V_c}) \sin(\theta + \gamma)]^2 + 1}. \quad (19)$$

Підставивши (19) в систему (17) отримаємо:

$$\begin{aligned} (\Phi_y'^2 + 1)\ddot{y} + \dot{y}^2 \Phi_{yy}'' &= -\frac{f_1 g}{2|\bar{V}_B - \bar{V}_c|} [V_c + (1 + \Phi_y'^2)\dot{y} + \dot{y}(\Phi_y' \cos \gamma + \sin \gamma)L_{xy}] + \\ &+ \frac{g}{2} f_2 \sqrt{[f_1 \cos(\gamma - \alpha_{V_B - V_c}) \sin(\theta + \gamma)]^2 + 1} \sqrt{1 + \Phi_y'^2}, \\ \ddot{\gamma} &= -\frac{3f_1 g}{2|\bar{V}_B - \bar{V}_c|} [(\Phi_y' \dot{y} \cos \gamma + (V_c + \dot{y}) \sin \gamma + \dot{y} L_{xy})]. \end{aligned} \quad (20)$$

Система (20) є системою двох рівнянь з двома невідомими y і γ . Її потрібно розв'язати при граничних умовах:

$$\gamma(0) = \gamma'(0) = 0, \quad y(0) = y_0, \quad y'(0) = y'_0. \quad (21)$$

В аналітичному вигляді система (20) не розв'язується, тому для рішення застосовуємо наближений метод з використанням програмного забезпечення Mathcad. Отримані наступні графічні залежності рис. 4а-г.

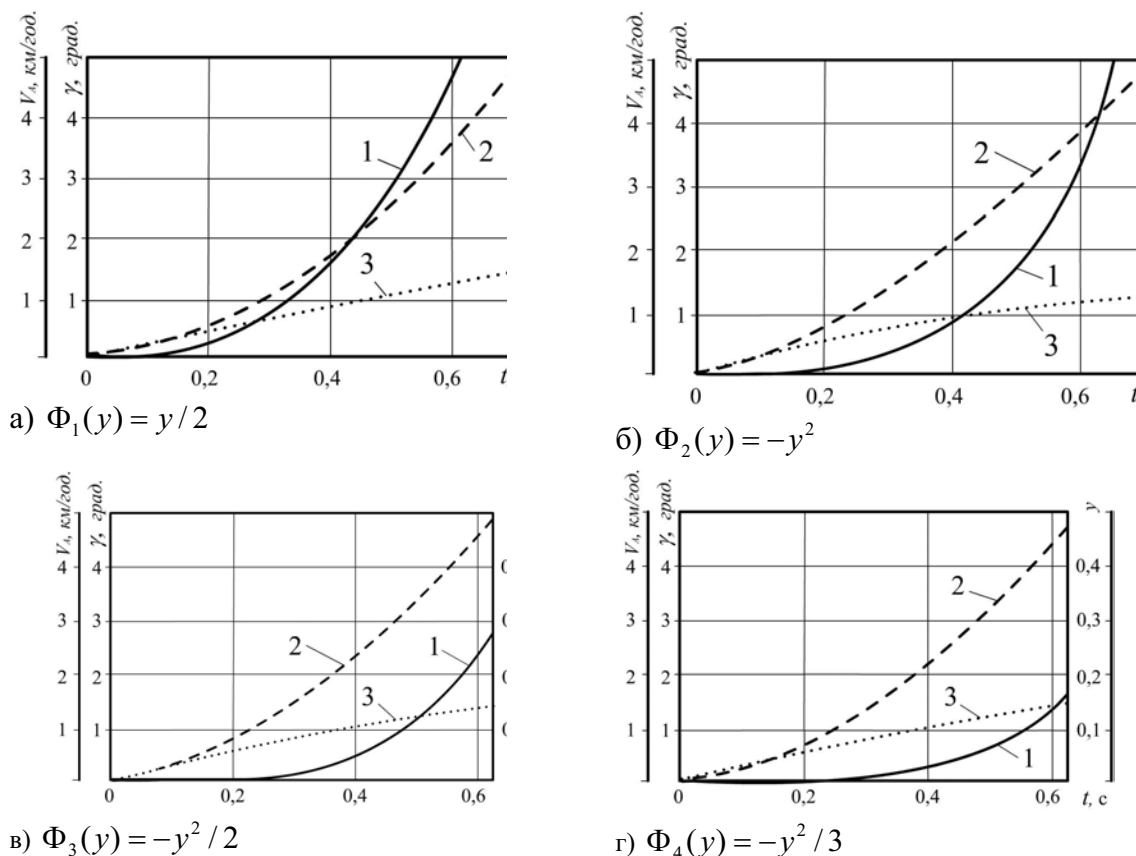


Рисунок 4 – Залежності кута повороту стебла γ в градусах (лінія - 1), координати y точки A (лінія - 2) та швидкості V_A руху точки – A по стеблевідводу (лінія - 3) від часу t при фіксованих параметрах $f_1 = 1$, $f_2 = 0,4$, $L = 0,2$ м, $V_c = 5$ км/год для різних форм стеблевідводу

Аналіз отриманих графічних залежностей показує, що під час руху стебло спочатку рухається вздовж стеблевідводу і повертається, а потім, при досягненні більш великих значень тертя по стеблевідводу повертається назад до подовжного положення.

Отримані рівняння дозволяють визначити сприятливі умови, при яких стебла відводяться в бік від стояка сошника. Оптимальним, відносно конструктивних розмірів з розглянутих форм, є випадок наведений на рис.4 в з формою стеблевідводу $\Phi_3(y) = -y^2/2$.

Список літератури

1. Сало В.М. Вибір напрямів вдосконалення сошників сівалок прямого посіву зернових культур / В.М. Сало, О.Р. Лузан // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин.– Кіровоград: КНТУ, 2010, Вип. 40, Част. II.– С. 271-277.
2. Сало В.М. Обґрунтування форми стеблепідіймача сошника для прямої сівби зернових культур / В.М. Сало, О.Р. Лузан, С.Я. Гончарова, П.Г. Лузан. Вип. 21.- Том II.- Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2011.- С. 64-74.
3. Позитивне рішення про видачу патенту на корисну модель. Україна, МПК А01С 7/20 (2006.01) Посівна секція сівалки прямого посіву / Сало В.М., Лузан П.Г., Шмат С.І., Лузан О.Р., Гончаров В.В.; заявник і патентовласник Кіровоград. нац. техн. ун-т.- № u2011 02758; заявл. 09.03.2011.
4. Заика П.М. Избранные задачи земледельческой механики / П.М. Заика.– К.: Изд-во УСХА, 1992.– 512 с.
5. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко.– К.: УАСХН, 1960. – 283 с.

6. Корн Г.А. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г.А. Корн, Т.М. Корн. – М.: Наука, 1974. – 832 с.

Е.Лузан, В.Сало, В.Гончаров, П. Лузан

Исследование движения растительных остатков по горизонтальной части стеблеотвода сошника

В статье теоретически обоснованы условия движения растительных остатков по горизонтальной части стеблеотвода сошника. Получены уравнения для определения благоприятных условий, при которых они отводятся в сторону от стойки сошника. Теоретически определена оптимальная форма стеблеотвода.

E. Luzan, V. Salo, V. Goncharov, P. Luzan

Study of the motion of plant remains on the horizontal part of the vomer

In the article theoretically grounded traffic conditions plant residues on the horizontal part of the vomer. Obtain equations for determining favorable conditions under which they are assigned to the side of the rack vomer. Theoretically defined optimal form.

Одержано 25.09.11

УДК 631.365

І.О. Скриннік, канд. техн. наук, М.О. Федотова, ас., М.М. Петренко, проф., канд. техн. наук, О.А. Кислун, доц., канд. техн. наук, Д.В. Богатирьов, доц., канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Гідродинамічна модель процесу сушіння насіння сільськогосподарських культур для продовольчих потреб

Наведено теоретичні дослідження для визначення параметрів киплячого шару в залежності від параметрів сушарки для отримання раціональних параметрів процесу сушіння. Теоретичні дослідження направлені на зменшення енергетичних витрат
шпаруватість, агент сушіння, гідродинамічна модель

Однією з першочергових задач дослідження параметрів процесу сушіння насіннєвих культур у стані кипіння є вивчення впливу переміщень агента сушіння. Аналіз наукових праць А.П. Гержоя, А.В. Ликова, С.Д. Птіцина, [1-3] показує значний вплив швидкості агента сушіння на параметри, структуру та гідродинаміку процесу. На сьогоднішній день процес кипіння насіннєвого матеріалу не достатньо вивчений [4-5]. Саме тому виникає задача визначення закономірності розширення шпаруватості киплячого шару $\varepsilon_{ш}$ від зміни параметрів процесу (швидкості агента сушіння U_a та утворення повітряних просторів, частоти виникнення та розмірів повітряних просторів ω_m , площі шлейфу $S_{шл}$ та насіння (товщини, ширини, довжини, зведеного діаметра) та густини ρ_n, d , тобто, знайти залежність:

$$\varepsilon_{ш} = f(U_a, U_e, D_m, \rho_n, S_{шл}, d, \omega_m). \quad (1)$$