

УДК 631.358

Л. М. Дацюк, С. Ф. Юхимчук, Т. Л. Дацюк
Луцький національний технічний університет**АНАЛІЗ ПЕРЕМІЩЕННЯ СТЕБЛА З ВИВІДНОГО РІВЧАКА В ЗАТИСКНИЙ
ТРАНСПОРТЕР ЛЬОНОКОМБАЙНА**

У даній статті проводиться аналіз переміщення стебла льону з вивідного рівчака в затискний транспортер льонокомбайна. Складено і розв'язано диференційні рівняння польоту стебла і побудовано траєкторію руху з брального та підбирально-повертального апаратів.

Ключові слова: бральний та підбирально-повертальний апарати, льонокомбайн, вивідний рівчак, затискний транспортер, стебло льону.

Рис. 2. Форм. 9. Літ. 7.

Л. М. Дацюк, С. Ф. Юхимчук, Т. Л. Дацюк

**АНАЛИЗ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СТЕБЛА С ВЫВОДНОЙ КАНАВКИ В ЗАЖИМНОЙ
ТРАНСПОРТЁР ЛЁНОКОМБАЙНА**

В данной статье проводится анализ перемещения стебла льна с выводной канавки в зажимный транспортёр лёнокомбайна. Составлено и решено дифференциальные уравнения полёта стебла и построено траекторию движения с брального и подборочно-возвратного аппаратов.

Ключевые слова: бральный и подборочно-возвратный аппараты, лёнокомбайн, выводная канавка, зажимной транспортёр, стебель льна.

L. M. Datsyuk, S. F. Yukhymchuk, T. L. Datsyuk

**ANALYSIS OF MOVEMENT STEMS FROM THE DITCH INTO THE SPRING CLAMPS
TRANSPORTER LONOKOMBAYNA**

This article analyzes the movement of the pin stems of flax ditch into the spring carrier lonokombayna. Done and solved differential equations stem and built flight trajectory of bralnoho and pidbyralno-povertalnoho devices.

Keywords: bralnyy and pidbyralno-povertalnyy devices lonokombayn, ditch pin, clamp carrier, flax stem.

Постановка проблеми. Під час переходу з вивідного рівчака брального чи підбирально-повертального апарату до поперечного транспортера льонокомбайна є зона, в якій на стебла льону не діють робочі органи машини. Тобто стебла переміщуються в просторі під дією наданого їм імпульсу. Цей імпульс характеризується швидкістю пасів брального або підбирально-повертального апарату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З літературного огляду не встановлено як проходять цей простір стебла льону. Чи хватас стеблу наданого імпульсу для подолання цього простору, чи для затягування стебел використовується ще сила зчеплення з попередніми стеблами, які вже захоплено пальцями поперечного транспортера? Другий випадок не бажаний, так як це може викликати перекіс стебел та обрив насінневих коробочок.

Мета дослідження. Завдання дослідження полягають у зменшенні висоти зони польоту або збільшенні початкової швидкості стебла. Доречність або не доречність даних дій може підтвердити теоретичне дослідження процесу польоту стебла під час вильоту з вивідного рівчака.

На рис. 1 зображена схема до визначення траєкторії польоту стебла. На рис. 1 зображене стебло, яке виходить з вивідного рівчака. Вивідний рівчак (схематично зображено відрізком OO') у площині як брального так і підбирально-повертального апаратів розміщений під певним кутом. Цей кут на рис. 1 зображений як α і являється кутом між відрізком OO' та прямою a , яка паралельна осі Oy . Сама площина брального чи підбирально-повертального апаратів нахилена до горизонту, тобто до площини xOy під кутом β . На рис. 1 це кут між перпендикуляром до прямої a в площині брального чи підбирально-повертального апаратів і прямою b , яка паралельна осі Ox . Для спрощення розрахунків за центр системи координат xzy взято положення точки центру мас стебла на початку його польоту. Стебло, яке у вивідному рівчаку знаходилося перпендикулярно до рівчака, при вильоті з рівчака відхилене від вертикалі на кут φ .

Під час виходу з брального чи підбирально-повертального апаратів стебло льону під дією наданого імпульсу від швидкості, що являє векторну суму швидкості вивідних пасів \vec{v}_p і швидкості руху машини \vec{v}_m переміщується в просторі. Знайдемо траєкторію цього руху роблячи припущення, що під час польоту стебла дії сил зчеплення на нього сусідніх стебел, які знаходяться над цим стеблом і під ним врівноважуються. Тобто в розрахунковій схемі до аналізу руху стебла

дію цих сил зчеплення не враховуємо. Стебло розглядаємо як стержень, сила імпульсу від наданої йому швидкості проходить через центр його мас.

За таких припущень можна говорити, що в початковий момент польоту кінетичний момент стебла відносно центру мас рівний нулю і головний момент зовнішніх сил відносно центру мас стебла при польоті залишається рівним нулю. Тобто можна вважати, що сферичний рух стебла відносно центру мас відсутній, а стебло здійснює в просторі поступальний рух. Складемо наступні диференціальні рівняння поступального руху тіла разом з центром мас [1]:

$$\left. \begin{aligned} m_c \ddot{z}_s &= -G - P_z; \\ m_c \ddot{y}_s &= -P_y; \\ m_c \ddot{x}_s &= -P_x; \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де m_c – маса стебла;

x_s, y_s, z_s – координати центру мас S стебла;

P_z, P_y, P_x – складові сили опору повітря;

G – вага стебла; $G = m_c g$, де g – прискорення вільного падіння.

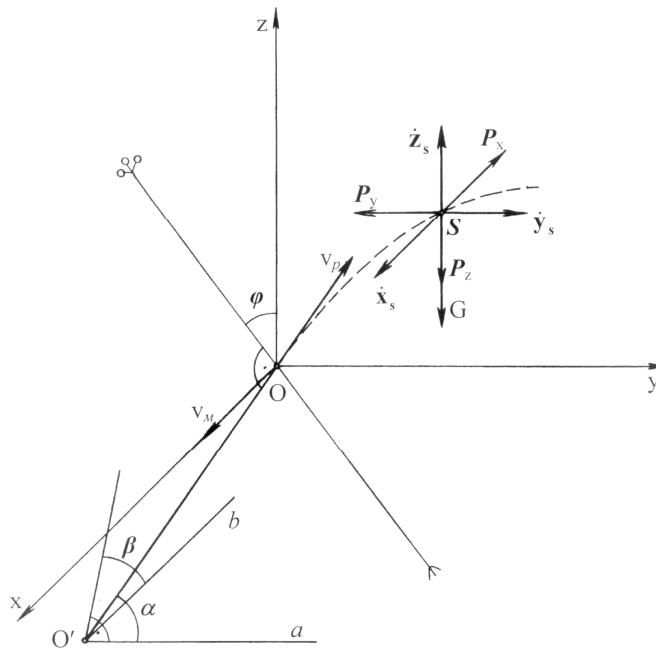


Рис. 1. Схема до аналізу процесу руху стебла під час виходу з брального чи підбирально-повертального апарату

Сила опору повітря є функція, що залежить від швидкості v стебла. Вважаємо, що це функція швидкості в першому степені [1]. Тоді:

$$\left. \begin{aligned} P_z = f(v_z) = f\left(\frac{dz}{dt}\right) &= \mu \frac{dz}{dt}; \\ P_y = f(v_y) = f\left(\frac{dy}{dt}\right) &= \mu \frac{dy}{dt}; \\ P_x = f(v_x) = f\left(\frac{dx}{dt}\right) &= \mu \frac{dx}{dt}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де μ – коефіцієнт пропорційності, який вимірюється в кг/с.

Якщо розділити рівняння системи (1) на m_c одержимо:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{z}_s + g + k\dot{z}_s &= 0; \\ \ddot{y}_s + k\dot{y}_s &= 0; \\ \ddot{x}_s + k\dot{x}_s &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де k – коефіцієнт, що дорівнює силі опору повітря, яка приходиться на одиницю маси тіла, що рухається, при швидкості рівній одиниці, $k = \frac{\mu}{m_c}$, вимірюється в с^{-1} .

Розглянемо перше рівняння $\ddot{z}_s + k\dot{z}_s = -g$.

Запишемо рівняння у вигляді $\frac{d\dot{z}_s}{dt} = -k\dot{z}_s - g$.

Тоді $d\dot{z}_s = (-k\dot{z}_s - g)dt$.

У цьому рівнянні розділимо змінні $\frac{d\dot{z}_s}{k\dot{z}_s + g} = -dt$.

Введемо змінну $u = k\dot{z}_s + g$. Тоді $du = k d\dot{z}_s$; $d\dot{z}_s = \frac{du}{k}$. Якщо замінимо змінну, одержимо:

$$\frac{du}{u} = -kdt.$$

Проінтегруємо і знаходимо:

$$\ln u = -kt + C_1$$

$$\text{або } \ln(k\dot{z}_s + g) = -kt + C_1,$$

де C_1 – постійна інтегрування.

Визначимо значення C_1 , підставивши в отримане рівняння початкові умови: при $t=0$; $\dot{z}_s = v_p \sin \alpha \sin \beta$.

Тоді $C_1 = \ln(kv_p \sin \alpha \sin \beta + g)$. При знайденому значенні C_1 :

$$\ln(k\dot{z}_s + g) = -kt + \ln(kv_p \sin \alpha \sin \beta + g),$$

$$\ln \frac{k\dot{z}_s + g}{kv_p \sin \alpha \sin \beta + g} = -kt.$$

Потенціюємо цей вираз:

$$\frac{k\dot{z}_s + g}{kv_p \sin \alpha \sin \beta + g} = e^{-kt}.$$

Звідки

$$\dot{z}_s = \frac{e^{-kt}(kv_p \sin \alpha \sin \beta + g) - g}{k}. \quad (4)$$

Отримане рівняння, яке запишеться у вигляді

$$\frac{dz_s}{dt} = \frac{e^{-kt}(kv_p \sin \alpha \sin \beta + g) - g}{k},$$

проінтегруємо:

$$z_s = \frac{-e^{-kt}(kv_p \sin \alpha \sin \beta + g)}{k^2} - \frac{gt}{k} + C_2,$$

де C_2 – постійна інтегрування.

Для визначення C_2 в отримане рівняння підставимо початкові умови: при $t=0$; $\dot{z}_s = 0$. Тоді

$$C_2 = \frac{kv_p \sin \alpha \sin \beta + g}{k^2}.$$

Враховуючи отримане значення C_2 , знаходимо рівняння руху стебла по осі z

$$z_s = \frac{kv_p \sin \alpha \sin \beta + g}{k^2} - \frac{e^{-kt}(kv_p \sin \alpha \sin \beta + g)}{k^2} - \frac{gt}{k}.$$

А при значенні коефіцієнта $k = \frac{\mu}{m_c}$, рівняння руху стебла по осі z набуде вигляду:

$$z_s = \frac{m_c v_p \sin \alpha \sin \beta}{\mu} + \frac{m_c^2 g}{\mu^2} - \frac{e^{-\frac{\mu}{m_c} t} \left(\frac{\mu}{m_c} v_p \sin \alpha \sin \beta + g \right) m_c^2}{\mu^2} - \frac{m_c g t}{\mu} \quad (5)$$

Розглянемо друге рівняння системи, тобто рух стебла відносно осі y , маємо $\ddot{y}_s = -k\dot{y}_s$. Тоді $\ln \dot{y}_s = -kt + C_3$, де C_3 – постійна інтегрування.

Визначимо значення C_3 , для цього підставимо в отримане рівняння початкові умови: при $t=0$; $\dot{y}_s = v_p \cos \alpha$. Тоді $C_3 = \ln(v_p \cos \alpha)$. Коли підставимо значення C_3 в рівняння і зробимо відповідні перетворення одержимо, що $\ln \frac{\dot{y}_s}{v_p \cos \alpha} = -kt$ або $\frac{\dot{y}_s}{v_p \cos \alpha} = e^{-kt}$, звідки складова швидкості польоту стебла паралельна осі y буде:

$$\dot{y}_s = v_p \cos \alpha e^{-kt} \quad (6)$$

Запишемо дане рівняння у вигляді:

$$dy_s = v_p \cos \alpha e^{-kt} dt.$$

Проінтегруємо його:

$$y_s = \frac{-v_p \cos \alpha}{k} e^{-kt} + C_4,$$

де C_4 – постійна інтегрування.

Визначимо значення C_4 , для цього підставимо в отримане рівняння початкові умови: при $t=0$; $\dot{y}_s = 0$. Тоді $C_4 = \frac{v_p \cos \alpha}{k}$. При знайденому значенні C_4 , одержимо рівняння шляху центру мас стебла по осі y

$$y_s = \frac{v_p \cos \alpha}{k} (1 - e^{-kt}).$$

З врахуванням коефіцієнта опору повітря $k = \frac{\mu}{m_c}$, рівняння руху стебла по осі y набуде вигляду:

$$y_s = \frac{m_c v_p \cos \alpha}{\mu} (1 - e^{-\frac{\mu}{m_c} t}). \quad (7)$$

Аналогічно до розв'язку розглядуваного другого рівняння (3) розв'яжемо і третє рівняння, тобто рух стебла відносно осі x . Маємо, що $\ddot{x}_s = -k\dot{x}_s$. Тоді

$$\ln \dot{x}_s = -kt + C_5,$$

де C_5 – постійна інтегрування.

При $t=0$; $\dot{x}_s = v_m - v_p \sin \alpha \cos \beta$. Тоді $C_5 = \ln(v_m - v_p \sin \alpha \cos \beta)$. Після підстановки значення C_5 в рівняння і відповідних перетворень рівняння набере вигляду:

$$\ln \frac{\dot{x}_s}{v_m - v_p \sin \alpha \cos \beta} = -kt \quad \text{або} \quad \frac{\dot{x}_s}{v_m - v_p \sin \alpha \cos \beta} = e^{-kt},$$

звідси складова швидкості польоту паралельна осі x буде:

$$\dot{x}_s = (v_m - v_p \sin \alpha \cos \beta) e^{-kt} \quad (8)$$

або $dx_s = (v_m - v_p \sin \alpha \cos \beta) e^{-kt} dt$.

Після інтегрування цього рівняння, отримаємо:

$$x_s = \frac{(v_m - v_p \sin \alpha \cos \beta) e^{-kt}}{k} + C_6.$$

де C_6 – постійна інтегрування.

При $t=0$; $\dot{x}_s = 0$, $C_6 = \frac{v_m - v_p \sin \alpha \cos \beta}{k}$. Тоді

$$x_s = \frac{v_m - v_p \sin \alpha \cos \beta}{k} (1 - e^{-kt}).$$

А при $k = \frac{\mu}{m_c}$, дане рівняння набере вигляду:

$$x_s = \frac{v_m - v_p \sin \alpha \cos \beta}{\mu} m_c (1 - e^{-\frac{\mu}{m_c} t}). \quad (9)$$

Маючи рівняння (5), (7) і (9) та задаючись відповідними значеннями: $m_c=0,0015$ кг, $\mu=0,0631$ кг/с, $g=9,81$ м/с [2], $\alpha=75^\circ$, $\beta=60^\circ$, $v_m=2,2$ м/с, $v_p=2,9$ м/с можна побудувати траєкторію переміщення стебла в просторі при виході з брального апарату, а при $v_p=3,1$ м/с – при виході з підбирально-повертального апарату (рис. 2).

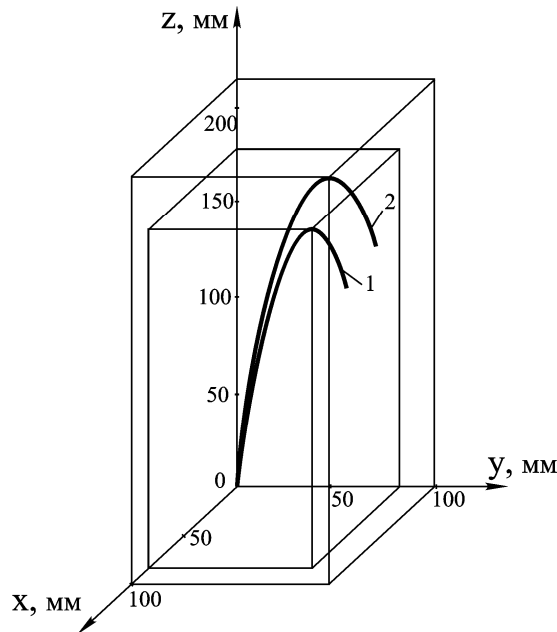


Рис. 2. Траєкторія переміщення стебла в просторі: 1 – під час виходу з брального апарату, 2 – під час виходу з підбирально-повертального апарату

Аналіз траєкторії руху стебла у просторі показує, що наданого стеблу імпульсу від швидкості вивідних пасів повністю достатньо для польоту стебла в зону дії пальця поперечного транспортера. Стебла будуть залітати в зону дії пальців поперечного транспортера. Ця зона розміщена на висоті $h = 65 \cdot \cos \beta \dots 140 \cdot \cos \beta = 32,5 \dots 70$ мм від точки вильоту стебла. А найбільша висота польоту стебла для брального апарату становить 178 мм, а підбирально-повертального апарату – 215 мм. Це говорить, що змінювати швидкість вивідних пасів і величину зазору між бральним чи підбирально-повертальним апаратом та поперечним транспортером непотрібно.

1. Яблонский А. А. Курс теоретической механики. Ч. II. Динамика. – М.: Высш. шк., 1977. 430 с.
2. Льюноборочные машины / Г. А. Хайлис, Н. Н. Быков, В. Н. Бухаркин и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.
3. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин. – М.: Машиностроение, 1973. – 376 с.
4. Дацюк Л. М. Обґрунтування параметрів змінних брального і підбирально-повертального апаратів льонозбиральної машини: Дис. канд. техн. наук: 05.05.11. – Луцьк, 2005. – 157 с.
5. Хайліс Г. А., Дацюк Л. М. Про завантаження ведучих шківів брального апарату з поперечними рівчачками // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип. 8. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2001. – С 331-336.
6. Хайліс Г. А. Теория и расчет льноуборочных машин: Труды Великолукского сельхозинститута. – Выпуск XXVI. – Елгава, 1973. – 333 с.
7. Пат. 22515А Україна, МКл А01D45/06. Машина для збирання льону: Хайліс Г. А., Божидарник В. В., Горбовий А. Ю., Юхимчук С. Ф., Довгополюк В. Ф., Дацюк Л. М., Клекоць Л. І., Ужєгова О. А., Цикалюк Ю. О., Рудий С. М. (Україна) – № 97031357; Заявл. 25.03.97; Опубл. 17.03.98, Бюл. № 6. – 5 с. (автором запропоновано привод довгого та короткого пасів брального апарату).

Стаття надійшла до редакції 24.04.2014.

© Л. М. Дацюк, С. Ф. Юхимчук, Т. Л. Дацюк