

УДК 631.354.022

DOI: 10.31388/2078-0877-2020-20-4-136-146

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ЗРІЗАНИХ СТЕБЛИН З ОБЕРТАЮЧОЮ ЦИЛІНДРИЧНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ВАЛКОУТВОРЮВАЧА

Данченко М. М., доцент

ORCID: 0000-0001-7555-6511

Шокарев О. М., доцент.

ORCID: 0000-0001-8646-4524

Шегеда К. О., інженер;

*Таврійський Державний агротехнологічний університет імені  
Дмитра Моторного*

e-mail: tsst@tsatu.edu.ua

*Постановка проблеми.* Одним з перспективних напрямів комбайнової технології збирання зернових культур є збирання методом обчісування рослин на корені [1,2].

На теперішній час відомо декілька типів різальних пристроїв, що забезпечують зрізання обчісаних стеблин перед рушіями комбайнів по всій ширині захвата обчісувального пристрою і укладання їх в валок, який здатні підібрати і утилізувати існуючі комплекси машин [3,4].

Але для підвищення надійності технологічного процесу обчісування зернових культур треба підвищити в першу чергу надійність робочих органів різального пристрою комбайна, зокрема валкоутворювача.

*Постановка завдання.* Дана стаття присвячена дослідженню процесу транспортування та укладки в валок зрізаних, обчесаних стебел зернових культур, які збираються методом обчісування рослин на корені.

Процес відбивання зрізаних стебел обертаючою циліндричною поверхнею валкоутворювача різального пристрою має складний характер, а тому для його дослідження був використаний метод фізичного моделювання за допомогою лабораторної установки.

Вибираємо наступні системи координат (рис. 1):

– система координат  $O_1X_1Y_1Z_1$  з початком відліку в точці  $O_1$ , розташованій в основі відбивного вальця;

– система координат  $OXYZ$  з початком відліку в точці  $O$  (проекція т.  $O_1$  на горизонтальну площину).

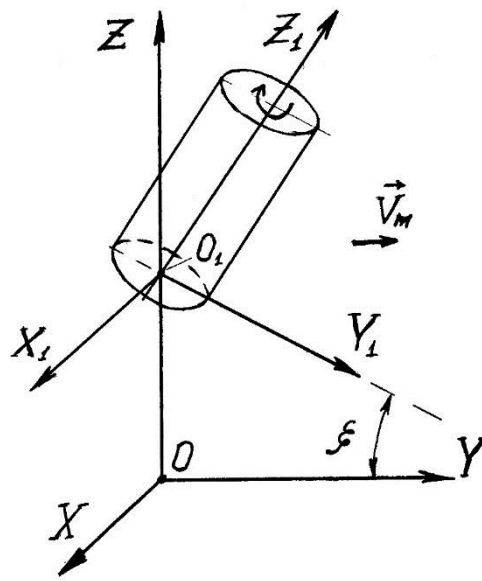


Рис. 1. Системи відліку

Програмою лабораторних досліджень передбачалося вивчення впливу на кінематичні параметри стеблини після удару наступних факторів:

- початкової швидкості стебла;
- початкової просторової орієнтації стебла;
- положення точки зіткнення на обертаючій поверхні;
- форми поверхні валкоутворювача;
- шорсткості поверхні валкоутворювача;
- частоти обертання валкоутворювача.

*Аналіз останніх досліджень.* Зусиллями науковців проблемної лабораторії зернозбиральних машин ТДАТУ було створено оригінальний різальний пристрій для збирання обчесаного стеблостою у валок [3]. Результати чисельних польових випробувань такого пристрою показали на наявність в ньому конструктивно-технологічної недоробки механізму валкоутворення. До того ж з'ясувалось, що процес взаємодії стебла з відбиваючою поверхнею валкоутворювача достатньо складний з погляду аналітичного його опису. Тому з метою вирішення цієї проблеми були проведені дослідження процесу відбивання зрізаних стеблин обертаючою циліндричною поверхнею з використанням методу фізичного моделювання.

*Основна частина.* У лабораторних умовах було досліджено процес співударяння стеблин з обертаючою циліндричною поверхнею макета валкоутворювача. Виявлено, що існує чотири основні види взаємодії (рис. 2).

Перший випадок: стебло ударяє по циліндру своєю комлевою частиною, як наслідок відбивається на деякий кут і продовжує рух по

новій траєкторії. Ймовірність такого випадку взаємодії становить по результатам досліджень близько 27%.

У другому випадку стебло відбивається циліндричною поверхнею в напрямку, протилежному початковому руху. Ймовірність цього випадку взаємодії становить приблизно 9%.

Третій випадок (найбільш розповсюджений), коли стебло, вдарившись комлевою частиною, набирає обертального руху і отримує ще один удар вже «хвостовою» частиною. Ймовірність цього випадку взаємодії – 50%.

При четвертому варіанті взаємодії стеблина проковзує по циліндру, отримавши незначне прискорення і змінивши траєкторію на досить невелику величину. Ймовірність даного випадку взаємодії – 14%.

Після дешифрування відеogram та обробки даних експерименту із застосуванням стандартних комп'ютерних програм були отримані графіки зміни координат центра маси  $X_c$ ,  $Y_c$ ,  $Z_c$  і кутів  $\varphi_{oxy}$ ,  $\varphi_{oyz}$  по кожній повторності  $X_c(t)$ ,  $Y_c(t)$ ,  $Z_c(t)$ ,  $\varphi_{oxy}(t)$ ,  $\varphi_{oyz}(t)$  (рис. 3–7).

З графіків видно, що координати  $X_c$  і  $Y_c$  і кут  $\varphi_{oxy}$  змінюються за лінійними залежностями, а координата  $Z_c$  і кут  $\varphi_{oyz}$  – по квадратичній, бо на стебло діє сила тяжіння.

Для того, щоб описати всі варіанти взаємодії, треба було розглянути їх окремо, враховуючи специфіку взаємодії стебла з обертаючою поверхнею валкоутворювача у кожному конкретному випадку.

На кожному графіку рівняння руху обчислюється як до удару, так і після нього (у випадку подвійного удару рівняння руху обчислюється також і після другого удару).

Для прикладу розглянемо одну повторність для варіанту схеми №1 (рис. 8–12).

На кожному з графіків досить чітко видно, як розташовані експериментально отримані точки відносно лінії, що описує рівняння руху стеблини.

Це свідчить про наявність затухаючих коливань у стеблині після кожного удару по ній.

У процесі взаємодії з обертаючою поверхнею валкоутворювача, стеблині характерне окрім переміщення і обертання також і повздовжні коливальні рухи.

Проте коливання дуже швидко затухають і не створюють суттєвого впливу на процес валкоутворення.

Також встановлено, що після удару змінюються рівняння ліній, які описують рух стебла.

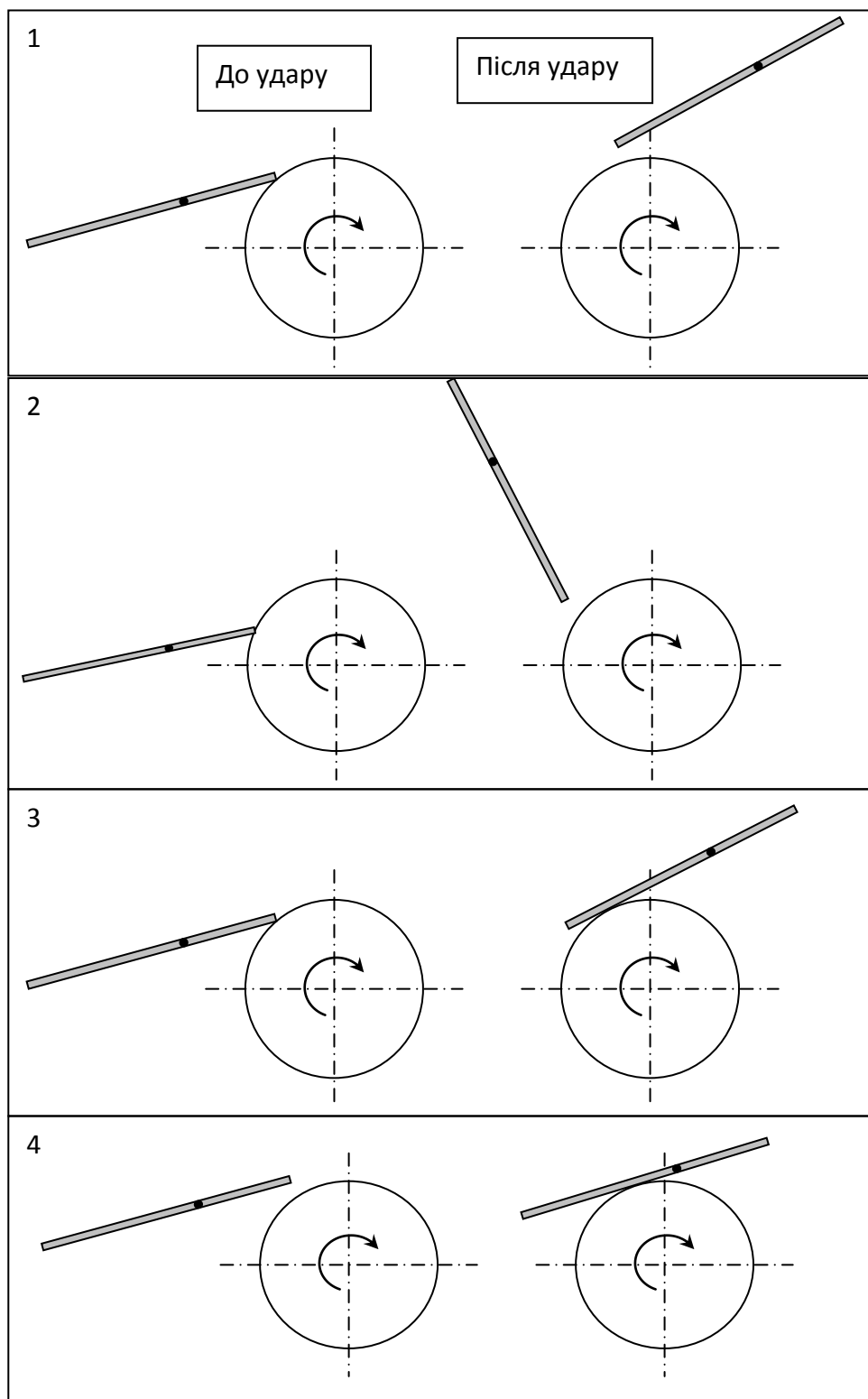


Рис. 2. Виявлені схеми взаємодії стеблини з поверхнею валкоутворювача

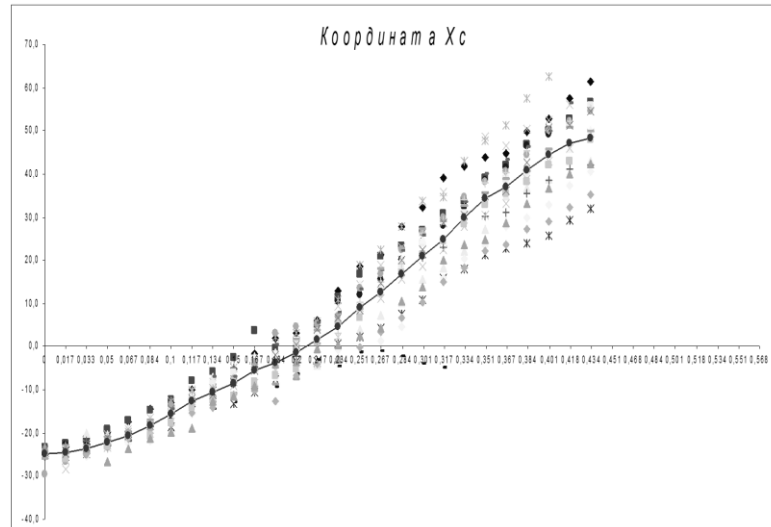


Рис. 3. Залежність координати  $X_c$  від часу

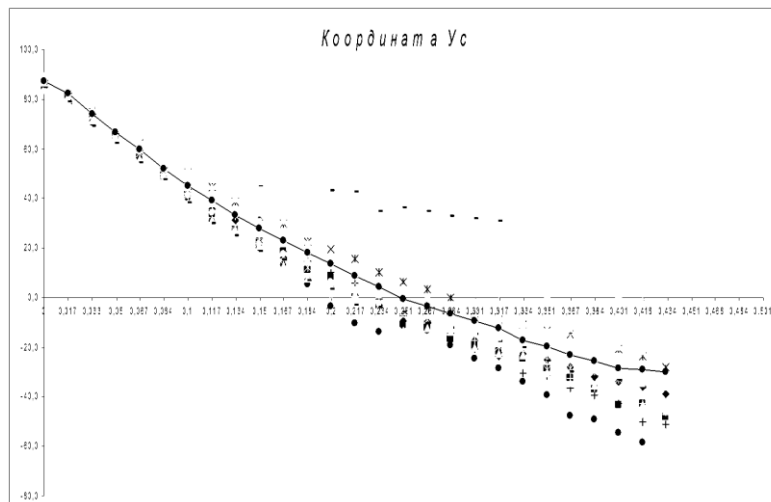


Рис. 4. Залежність координати  $Y_c$  від часу

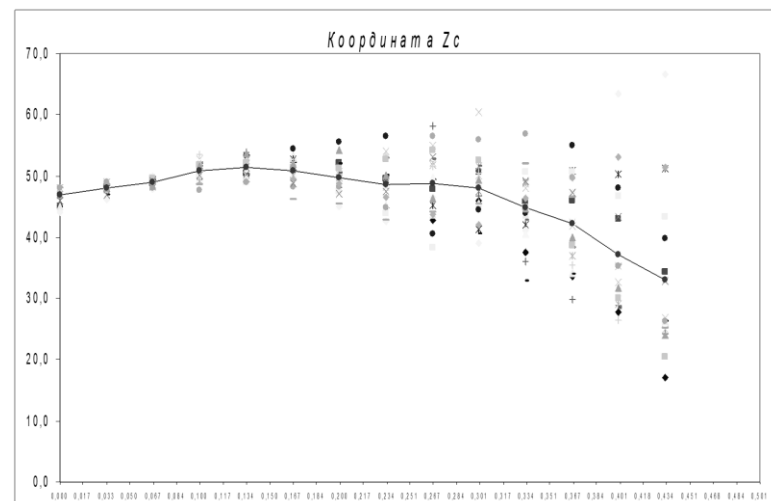


Рис. 5. Залежність координати  $Z_c$  від часу

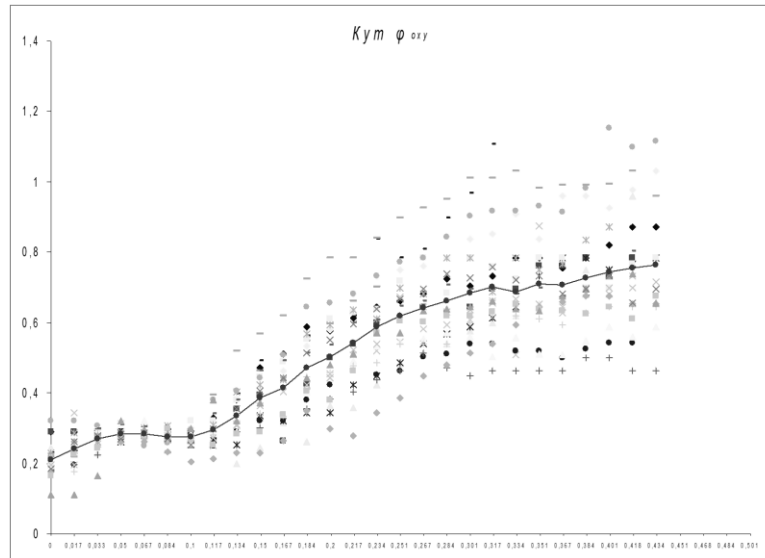


Рис. 6. Залежність кута  $\varphi_{oxu}$  від часу

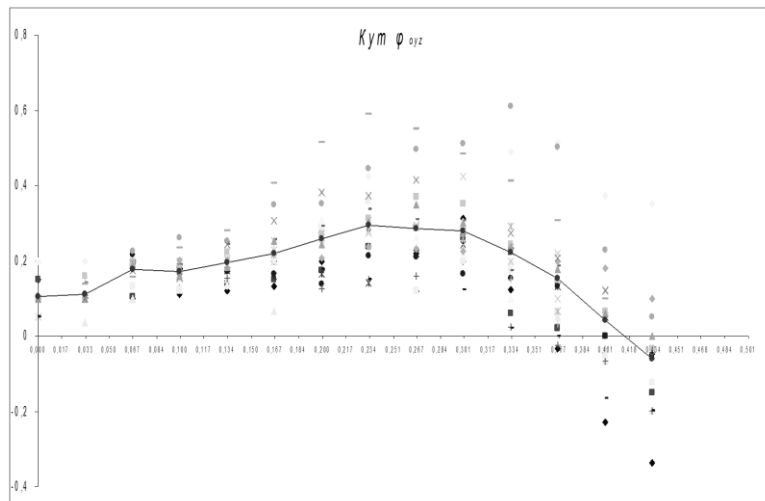


Рис. 7. Залежність кута  $\varphi_{oyz}$  від часу

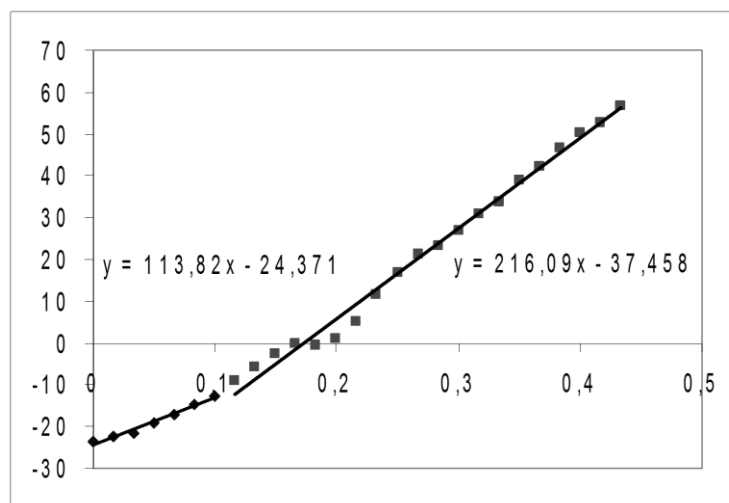
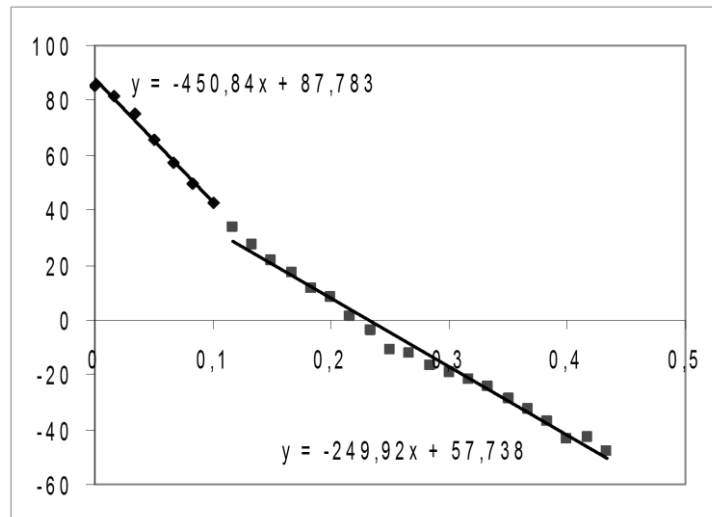
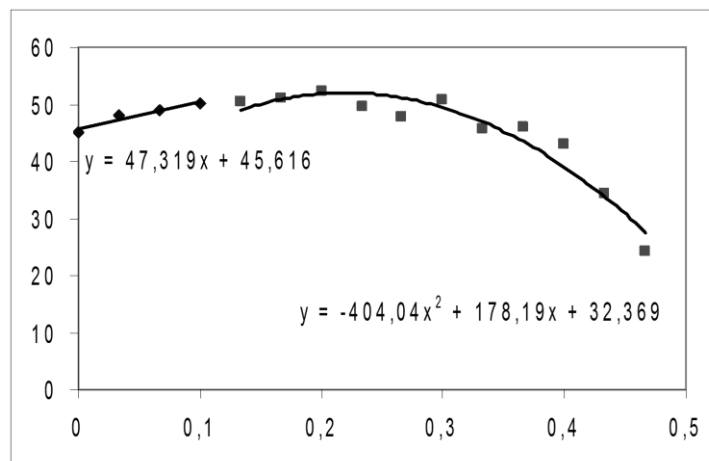
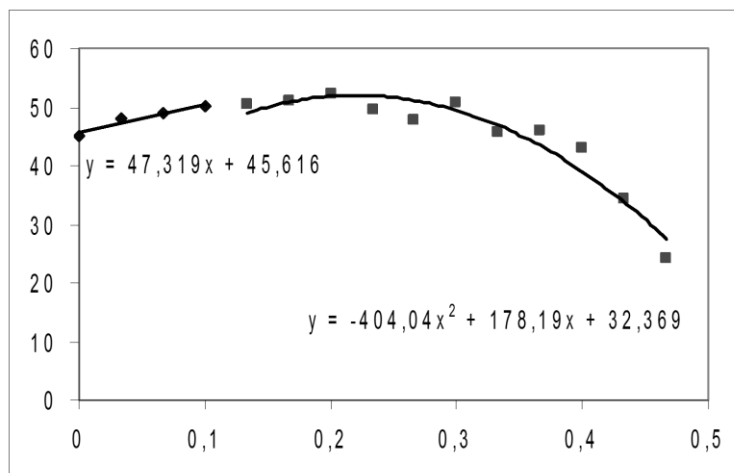
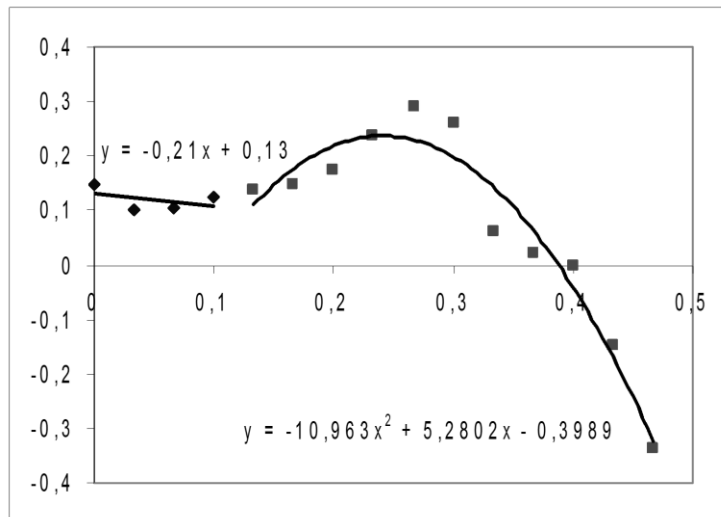


Рис. 8. Графік залежності координати  $X_c$  від часу для схеми 1

Рис. 9. Графік залежності координати  $Y_c$  від часу для схеми 1Рис. 10. Графік залежності координати  $Z_c$  від часу для схеми 1Рис. 11. Графік залежності кута  $\varphi_{oxу}$  від часу для схеми 1

Рис. 12. Графік залежності кута  $\varphi_{oyz}$  від часу для схеми 1

У момент удару відбувається значний «стрибок» значень координат центра мас і кутів за дуже малий проміжок часу, що свідчить про наявність великих прискорень, які отримує стеблина в цей час.

З отриманих значень коефіцієнтів рівнянь прямих і парабол знаходимо середні арифметичні значення цих коефіцієнтів. Коефіцієнти середніх арифметичних значень є коефіцієнтами рівнянь, що описують зміну координат центра мас  $X_c$ ,  $Y_c$ ,  $Z_c$  і кутів  $\varphi_{oxy}$ ,  $\varphi_{oyz}$  від часу. Отримані рівняння представлені в табл. 1.

Таблиця 1 - Рівняння руху координат центра мас  $X_c$ ,  $Y_c$ ,  $Z_c$  і кутів  $\varphi_{oxy}$ ,  $\varphi_{oyz}$ .

№ схеми	Коорд., кут	Рівняння руху		
		до удару	після 1-го удару	після 2-го удару
1	$X_c$ , м	$X_c = 1,05 \cdot t - 0,257$	$X_c = 2,132 \cdot t - 0,41$	
	$Y_c$ , м	$Y_c = -4,36 \cdot t + 0,888$	$Y_c = -1,934 \cdot t + 0,516$	
	$Z_c$ , м	$Z_c = 0,346 \cdot t + 0,466$	$Z_c = -4,295 \cdot t^2 + 1,791 \cdot t + 0,313$	
	$\varphi_{oxy}$ , рад	$\varphi_{oxy} = 0,489 \cdot t + 0,236$	$\varphi_{oxy} = 1,419 \cdot t + 0,243$	
	$\varphi_{oyz}$ , рад	$\varphi_{oyz} = 0,574 \cdot t + 0,102$	$\varphi_{oyz} = -12,164 \cdot t^2 + 5,993 \cdot t - 0,421$	
2	$X_c$ , м	$X_c = 0,993 \cdot t - 0,255$	$X_c = 0,71 \cdot t - 0,214$	
	$Y_c$ , м	$Y_c = -3,524 \cdot t + 0,831$	$Y_c = -0,849 \cdot t + 0,593$	



Продовження таблиці 1

	$Z_c, \text{ м}$	$Z_c = 0,461 \cdot t + 0,468$	$Z_c = -0,711 \cdot t^2 - 0,662 \cdot t + 0,675$	
	$\varphi_{oxy}, \text{ рад}$	$\varphi_{oxy} = 0,147 \cdot t + 0,244$	$\varphi_{oxy} = 3,455 \cdot t - 0,076$	
	$\varphi_{oyz}, \text{ рад}$	$\varphi_{oyz} = 0,954 \cdot t + 0,075$	$\varphi_{oyz} = -5,148 \cdot t^2 + 1,617 - 0,065$	
3	$X_c, \text{ м}$	$X_c = 1,05 \cdot t - 0,268$	$X_c = 1,741 \cdot t - 0,354$	$X_c = 2,2 \cdot t - 0,443$
	$Y_c, \text{ м}$	$Y_c = -4,367 \cdot t + 0,894$	$Y_c = -3,107 \cdot t + 0,73$	$Y_c = -1,756 \cdot t + 0,417$
	$Z_c, \text{ м}$	$Z_c = 0,35 \cdot t + 0,468$	$Z_c = -0,168 \cdot t + 0,529$	$Z_c = -8,603 \cdot t^2 - 5,118 \cdot t - 0,288$
	$\varphi_{oxy}, \text{ рад}$	$\varphi_{oxy} = 0,538 \cdot t + 0,233$	$\varphi_{oxy} = 2,394 \cdot t + 0,002$	$\varphi_{oxy} = 0,587 \cdot t + 0,476$
	$\varphi_{oyz}, \text{ рад}$	$\varphi_{oyz} = 0,721 \cdot t + 0,112$	$\varphi_{oyz} = 0,59 \cdot t + 0,136$	$\varphi_{oyz} = -9,58 \cdot t^2 + 4,533 - 0,19$
4	$X_c, \text{ м}$	$X_c = 1,16 \cdot t - 0,272$	$X_c = 2,154 \cdot t - 0,424$	
	$Y_c, \text{ м}$	$Y_c = -4,394 \cdot t + 0,865$	$Y_c = -2,246 \cdot t + 0,541$	
	$Z_c, \text{ м}$	$Z_c = 0,309 \cdot t + 0,479$	$Z_c = -5,02 \cdot t^2 + 2,337 \cdot t + 0,247$	
	$\varphi_{oxy}, \text{ рад}$	$\varphi_{oxy} = 0,407 \cdot t + 0,245$	$\varphi_{oxy} = 1,482 \cdot t + 0,1639$	
	$\varphi_{oyz}, \text{ рад}$	$\varphi_{oyz} = 0,87 \cdot t + 0,094$	$\varphi_{oyz} = -8,998 \cdot t^2 + 4,387 - 0,257$	

**Висновки.** З відомих технологій збору незернової частини врожаю найбільш доцільною стосовно технології збирання врожаю методом обчисування рослин на кореню є валкова технологія. Фізичне моделювання процесу взаємодії стебла з відбиваючою поверхнею валкоутворювача визначило умови, що забезпечують зміну напрямку руху зрізаних стеблин у потрібну область простору.

### Список використаних джерел

1. Разработать технологические процессы и основные рабочие органы рисозерноуборочного комбайна и полевой уборочной машины, основанных на принципе обмолота растений на корню: отчет о НИР (заключительный) / МИМСХ; рук. темы П. А. Шабанов. Мелитополь, 1990. 60 с.
2. А. с. 1165278А СССР, МКИ А01D41/08. Устройство для

обмолота сельскохозяйственных культур на корню / И. К. Голубев, Б. И. Гончаров, В. Н. Цыбульников и др. № 3633051/30-15; заявл. 24.05.83; опубл. 07.07.85; Бюл. № 25.

3. Шокарев О. М., Данченко М. М. Технічні вимоги до різального пристрою рисозбирального комбайна обчісувального типу та його польові дослідження. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2001. Вип. 1, т. 18. С. 88-91.

### **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ЗРІЗАНИХ СТЕБЛИН З ОБЕРТАЮЧОЮ ЦИЛІНДРИЧНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ВАЛКОУТВОРЮВАЧА**

**Данченко М. М., Шокарев О. М., Шегеда К. О.**

#### *Анотація*

Одним з перспективних напрямів комбайнової технології збирання зернових культур є збирання методом обчісування рослин на корені. Для підвищення надійності технологічного процесу обчісування зернових культур треба підвищити в першу чергу надійність робочих органів різального пристрою комбайна, зокрема валкоутворювача. Дана стаття присвячена дослідженню процесу транспортування та укладки в валок зрізаних, обчесаних стебел зернових культур, які збираються методом обчісування рослин на корені. Процес відбивання зрізаних стебел обертаючою циліндричною поверхнею валкоутворювача різального пристрою має складний характер, а тому для його дослідження був використаний метод фізичного моделювання за допомогою лабораторної установки. В лабораторних умовах було досліджено процес співударяння стеблин з обертаючою циліндричною поверхнею макета валкоутворювача. Фізичне моделювання процесу взаємодії стебла з відбиваючою поверхнею валкоутворювача визначило умови, що забезпечують зміну напрямку руху зрізаних стеблин в потрібну область простору. Встановлено, що після удару змінюються рівняння ліній, які описують рух стебла. В момент удару відбувається значний «стрибок» значень координат центра мас і кутів за дуже малий проміжок часу, що свідчить про наявність великих прискорень, які отримує стеблина в цей час.

**Ключові слова** : комбайн обчісувального типу, різальний пристрій, транспортуючий механізм, валкоутворювач, кінематичний аналіз.

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СРЕЗАННЫХ СТЕБЛЕЙ С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ВАЛКООБРАЗОВАТЕЛЯ**

**Данченко М. М., Шокарев О. М., Шегеда К. О.**

#### *Аннотация*

Одним из перспективных направлений комбайновой технологии уборки зерновых культур является уборка методом очеса растений на корню.

Для повышения надежности технологического процесса очеса зерновых культур необходимо повысить в первую очередь надежность рабочих органов режущего устройства комбайна, в частности валкообразователя.

Данная статья посвящена исследованию процесса транспортировки и укладки в валок срезанных, очесанных стеблей зерновых культур, которые собираются методом очеса растений на корню.

Процесс отражения срезанных стеблей вращающейся цилиндрической поверхностью валкообразователя режущего устройства имеет сложный характер, а потому для его исследования был использован метод физического моделирования с помощью лабораторной установки.

В лабораторных условиях исследован процесс соударения стеблей с вращающейся цилиндрической поверхностью макета валкообразователя. Физическое моделирование процесса взаимодействия стеблей с отражающей поверхностью валкообразователя определило условия, обеспечивающие изменение направления движения срезанных стеблей в нужную область пространства.

Установлено, что после удара меняются уравнения линий, описывающих движение стебля. В момент удара происходит значительный «скачок» значений координат центра масс и углов за короткий промежуток времени, что свидетельствует о наличии больших ускорений, которые получает стебель в это время.

**Ключевые слова** : комбайн очесывающего типа, режущее устройство, транспортирующий механизм, валкообразователь, кинематический анализ.

#### **EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE INTERACTION OF CUT STEMS WITH THE ROTATING CYLINDRICAL SURFACE OF THE ROLLER** **N. Danchenko, O. Shokarev, K. Sheheda,**

##### *Summary*

One of the promising areas of combine technology for harvesting grain crops is harvesting by combing plants at the root.

To increase the reliability of the technological process of combing cereals, it is necessary to increase first of all the reliability of the working bodies of the cutting device of the combine, in particular the swather.

This article is devoted to the study of the process of transportation and stacking of cut, combed stalks of cereals, which are collected by combing plants at the root.

The process of reflecting the cut stems by the rotating cylindrical surface of the cutter of the cutting device is complex, and therefore for its study was used the method of physical modeling using a laboratory installation. In the laboratory, the process of collision of stems with the rotating cylindrical surface of the model of the swather was studied.

Physical modeling of the process of interaction of the stem with the reflecting surface of the swather has determined the conditions that change the direction of movement of the cut stems in the desired area of space. It is established that after the impact the equations of the lines describing the movement of the stem change, at the moment of impact there is a significant "jump" of the coordinates of the center of mass and angles for a very short period of time, indicating the presence of large accelerations.

**Key words** : combine of computing type, cutting device, transporting mechanism, swath former, kinematic analysis.