

УДК 631.355

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КІНЕМАТИЧНО- КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОДАВАЛЬНИХ ЛАПОК КАЧАНОВІДОКРЕМЛЮВАЛЬНОГО АПАРАТУ

*Завірюха М.В*

*Миколаївський державний аграрний університет*

*В статті проведено математичне обґрунтування кінематично-конструктивних параметрів подавальних лапок качановідокремлювального апарату з врахуванням фізико-механічних властивостей рослин кукурудзи*

*In the article the mathematical justification of kinematical-feed design parameters quotes separation of cobs system taking into account physical and mechanical properties of corn*

### **Постановка проблеми**

З відомих джерел [4] відомо, що рух стебла в руслі качановідокремлювального апарату складається з трьох фаз:

- спостерігається вільний рух стебла по конусному зазору протягувального вальця. Цей рух триває до моменту, коли зазор між вальцем і кожухом  $\Delta$  більше діаметра стебла. При досягненні умови  $d_{cm} > \Delta$  стебло зупиняється, а рух машини продовжується;

- якщо не враховувати дію подавальних ланцюгів, стебло відхиляється в сторону, яка збігається з напрямком руху агрегату. Важливо, щоб кут відхилення стебла від вертикального положення не перевищував допустимого кута. При дослідженнях автором вигину стебел, які природно закріплені у ґрунті корінням, отримані такі дані: для стебел діаметром 30...40 мм критичний кут (при якому відбувається злам стебла) становить 19...21° [5];

- вплив ланцюгів з лапками перешкоджає відхиленню стебла вперед і нахиляє його в сторону, яка протилежна руху кукурудзозбиральної машини. При цьому розташування протягувального вальця під кутом до горизонту сприяє захопленню стебла в зоні верхньої частини вальців і їх протягуванню.

### **Аналіз останніх досліджень**

Дослідження, які спрямовані на обґрунтування кінематичних параметрів подавальних ланцюгів качановідокремлювального апарату проводились В.Е. Труфляком та П.А. Чапським [2, 3]. Але дані дослідження містять припущення про однобічне згинання стебла при збиранні стиглої кукурудзи і не розглядають можливість використання одного ланцюга замість двох наявних.

### **Мета статті**

Провести математичне моделювання кінематично-конструктивних параметрів подавальних лапок качановідокремлювального апарату і пов'язати кінематичні режими роботи подавального ланцюга з особливостями будови стебел кукурудзи.

**Виклад основного матеріалу**

При примусовій подачі стебла в качановідокремлювальний апарат нескінченними ланцюгами для його вертикального положення достатньою є умова:

$$v^{КЗМ} \leq v_{ланц} \cdot \cos \alpha, \quad (1)$$

де  $v^{КЗМ}$  - швидкість кукурудзозбиральної машини, м/с;

$v_{ланц}$  - швидкість подавального ланцюга, м/с;

$\alpha$  - кут нахилу подавальних ланцюгів до горизонту.

У конструкції качановідокремлювального апарату вертикальне положення стебла підтримується за рахунок періодичного впливу лапок ланцюга на стебло, які розставлені з кроком  $z$ . Причому, з огляду на те, що контури ланцюгів зміщені відносно один одного на половину кроку, відстань між лапками, які впливають на стебло, становить  $z/2$ .

Припустимо, що одна із лапок ланцюга проскочила стебло. В цьому випадку час до підходу і захоплення наступною лапкою складе:

$$\Delta t_{ланц} = \frac{z}{2 \cdot v_{ланц}}, \quad (2)$$

де  $z$  - відстань між лапками на одному подавальному ланцюгу, м.

За цей час стебло, яке знаходиться в зазорі між рифами вальця і кожухом, повинен відхилитися разом з руслом комбайна по ходу руху на відстань, яка не перевищує його критичного значення (рис. 1).

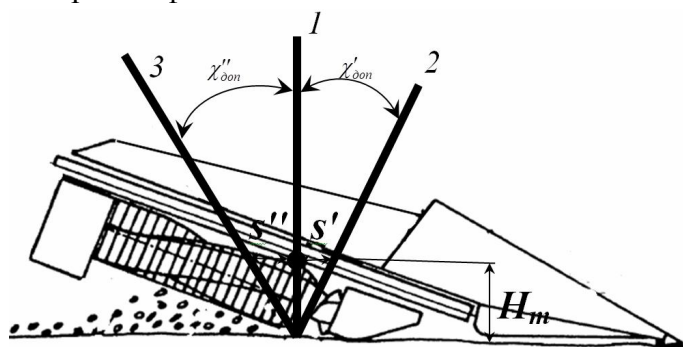
У цьому випадку:

$$S' = H'_m \cdot \operatorname{tg} \chi'_{дон} \quad \text{та} \quad S'' = H''_m \cdot \operatorname{tg} \chi''_{дон}, \quad (3)$$

де  $S'$ ,  $S''$  - відхилення стебла вальцем від вертикального положення, відповідно для другої та третьої фази, м;

$H'_m$  - висота розташування точки стебла, де зазор між вальцем і кожухом дорівнює діаметру стебла, м;

$\chi'_{дон}$ ,  $\chi''_{дон}$  - допустимий кут відхилення стебла від вертикального положення, відповідно для другої та третьої фази.



**Рис. 1. Схема відхилення стебла вальцями від вертикального положення:  
1, 2, 3 – відповідно перша, друга та третя фаза руху стебла кукурудзи**

Стебло збереже вертикальне положення, якщо відхилення стебла за рахунок руху комбайна по ходу руху  $S'$  дорівнюватиме відхиленню стебла під дією ланцюга  $S''$ :

$$S' = S'' \quad (4)$$

Можливе відхилення стебла вперед не повинно перевищувати допустимого кута нахилу стебла  $\chi_{\text{доп}} = \chi'_{\text{доп}} = \chi''_{\text{доп}}$  (рис. 1). На висоті ланцюга  $H''_m$  це відхилення може бути виражене через подібність трикутників  $OA'B'$  (рис. 2, а) і  $OA''B''$  (рис. 2, б). Звідки

$$S'' = \frac{S'(H'_m + \Delta H_m)}{H'_m}, \quad (5)$$

де  $S''$  - відхилення стебла на рівні ланцюга, м;

$\Delta H_m = \Delta H''_m - \Delta H'_m$  - відстань між крайніми точками протягувальних рифів і ланцюгом, м.

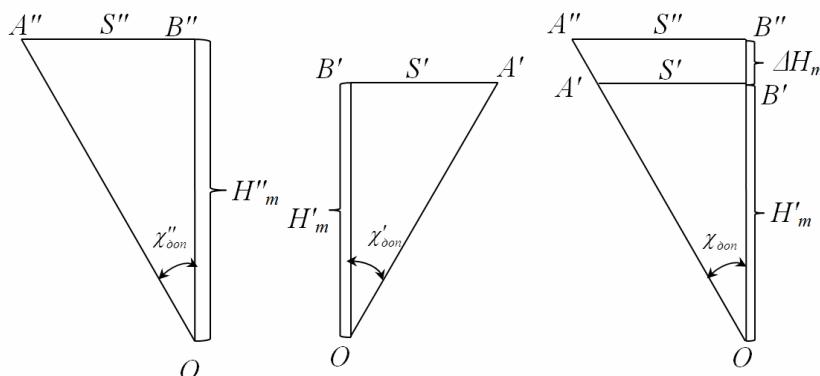


Рис. 2. Схема відхилення стебла від вертикального положення в різних фазах:  
а – третя фаза; б – друга фаза; в – об'єднана фаза (2-3)

Час відхилення стебла вперед у напрямку руху комбайна  $t'$  складе:

$$\Delta t' = \frac{S''}{v^{КЗМ}}. \quad (6)$$

З урахуванням виразу (5) отримаємо:

$$\Delta t' = \frac{S'(H'_m + \Delta H_m)}{v^{КЗМ} \cdot H'_m}. \quad (7)$$

За цей час стебло під дією лапки ланцюга відхилиться назад (в сторону вальців). Цей час в свою чергу можна розглянути як суму часу підходу лапки до стебла  $\Delta t_{\text{ланц}}$ , і рух стебла з лапкою  $\Delta t'_{\text{ланц}}$ :

$$\Delta t' = \Delta t_{\text{ланц}} + \Delta t'_{\text{ланц}}, \quad (8)$$

де  $\Delta t_{\text{ланц}}$  - час підходу лапки ланцюга до стебла, с;

$\Delta t'_{\text{ланц}}$  - рух стебла з лапкою, с.

$$\Delta t'_{\text{ланц}} = \frac{S'}{v_{\text{ланц}}}. \quad (9)$$

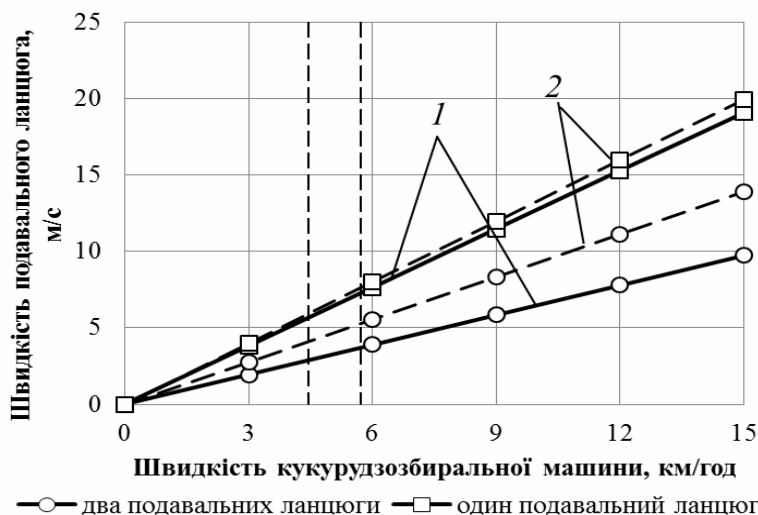
Тоді підставляючи вирази (2), (5), (7), (9) в (8) отримаємо рівняння, що пов'язує фізико-механічні властивості стебла, геометричні і кінематичні параметри руслу комбайна:

$$v_{\text{ланц}} = \frac{z + 2 \cdot H'_m \cdot \text{tg} \chi'_{\text{доп}}}{2 \cdot \text{tg} \chi'_{\text{доп}} \cdot (H'_m + \Delta H_m)} v^{КЗМ}. \quad (10)$$

Для відомих параметрів русла з двома подавальними ланцюгами:  $H'_m = 0,60\text{ м}$ ;  $z = 0,30\text{ м}$ ;  $\Delta H_m = 0,08\text{ м}$ ;  $\chi'_{\text{дон}} = 19^\circ$  отримуємо:

$$v''_{\text{ланц}} \geq 2,34 \cdot v^{\text{КЗМ}}. \quad (11)$$

Цей вираз співпадає із заводською рекомендацією діапазонів регулювання швидкості ланцюга 2,92...3,70 м/с [3] при швидкості комбайна 4,5...5,7 км/год. Таким чином, підвищення швидкості комбайна понад 6 км/год вимагає збільшення швидкості ланцюга за умови вертикального положення стебла в момент відриву качана (рис. 3).



**Рис. 3. Залежність швидкості ланцюга від швидкості комбайна:**  
1 - умова вертикального положення стебла в момент відриву качана;  
2 – умова прийнятої гіпотези

З метою зменшення металоємності та кількості робочих органів можливо використання лише одного подавального ланцюга з подовженими захоплюючими лапками. Дане технічне рішення було апробовано на новому одновальцевому качановідокремлювальному апараті з інтегрованим різальним пристроєм, який захищений патентом України на корисну модель [1].

В випадку одностороннього розташування захоплюючих лапок формула (9) та (10) приймуть наступний вигляд:

$$\Delta t'_{\text{ланц}} = \frac{S' + S''}{v_{\text{ланц}}}, \quad (12)$$

тоді

$$v'_{\text{ланц}} = \frac{z + H'_m \cdot \text{tg} \chi'_{\text{дон}}}{\text{tg} \chi'_{\text{дон}} \cdot (H'_m + \Delta H_m)} v^{\text{КЗМ}}. \quad (13)$$

і враховуючи змінені вихідні параметри русла з одностороннім подавальним ланцюгом та подовженими лапками:  $H'_m = 0,45\text{ м}$ ;  $z = 0,30\text{ м}$ ;  $\Delta H_m = 0,08\text{ м}$ ;  $\chi'_{\text{дон}} = 19^\circ$  отримуємо:

$$v'_{\text{ланц}} \geq 4,58 \cdot v^{\text{КЗМ}}. \quad (14)$$

Тому, рекомендації відносно діапазонів регулювання швидкості ланцюга при робочій

швидкості комбайна 4,5...5,7 км/год будуть наступні – 5,73...7,26 м/с, за умови вертикального положення стебла в момент відриву качана (рис. 3 – суцільна лінія).

Якщо знехтувати умовою вертикального положення стебла у момент відриву, а взяти за умову критичне значення кута відхилення стебла (третя фаза), при якому відбувається його злам. Тоді стебло може в третій фазі відхилитись до гранично допустимого кута  $\chi''_{дон} = 19^\circ$  і рівняння (10) та (12) приймуть відповідно наступний вигляд:

$$v''_{ланц} = \frac{z + 2 \cdot H'_m \cdot \operatorname{tg} \chi'_{дон} + 2 \cdot (H'_m + \Delta H_m) \cdot \operatorname{tg} \chi'_{дон}}{2 \cdot \operatorname{tg} \chi'_{дон} \cdot (H'_m + \Delta H_m)} \cdot v^{КЗМ}, \quad (10')$$

$$v'_{ланц} = \frac{z + H'_m \cdot \operatorname{tg} \chi'_{дон} + (H'_m + \Delta H_m) \cdot \operatorname{tg} \chi'_{дон}}{\operatorname{tg} \chi'_{дон} \cdot (H'_m + \Delta H_m)} \cdot v^{КЗМ}, \quad (12')$$

і відповідно рівняння (11) та (13) приймуть вигляд:

$$v''_{ланц} \geq 3,34 \cdot v^{КЗМ}, \quad (11')$$

$$v'_{ланц} \geq 4,79 \cdot v^{КЗМ}. \quad (14')$$

Залежність швидкості ланцюга від швидкості комбайна за умови, що критичне значення кута відхилення стебла (третя фаза), при якому відбувається його злам представлена на рис. 3 пунктирними лініями.

### Висновки

Аналізуючи отримані залежності можна зробити висновок, при знехтуванні умови вертикального положення стебла під час його відокремлення, що гіпотеза про можливість відхилення стебла, як в напрямку руху кукурудозбиральної машини, так і в протилежному напрямку призводить до розширення робочого діапазону швидкостей подавального ланцюга з урахуванням реологічних особливостей роботи кукурудозбиральної машини та геометричних показників рослини: при парному розташуванні – до 1,43 раз і при односторонньому розташуванні – до 1,05 разів.

Дане теоретичне обґрунтування дозволяє об'єднати теоретичні і практичні вихідні данні для рекомендацій робочого діапазону - нижньої та верхньої межі, швидкості подавального ланцюга при їх парному і односторонньому розташуванні:

- при парному розташуванні

$$2,34 \cdot v^{КЗМ} \leq v''_{ланц} \leq 3,34 \cdot v^{КЗМ},$$

- при односторонньому розташуванні

$$4,58 \cdot v^{КЗМ} \leq v'_{ланц} \leq 4,79 \cdot v^{КЗМ}.$$

### Література

1. Патент України на корисну модель u201009571. МПК А 01 D 45/00. Качановідокремлювальний апарат / Бондаренко О.В., Завірюха М.В.; заявник і патентовласник Бондаренко О.В.. – № 56449; заявл. 30.07.2010; опубл. 10.01.2011. Бюл. №1.
2. Труфляк В.Е. Параметры процесса декапитации стеблей кукурузы и отделения початков стрепперным аппаратом: Автореф. дис. канд. техн. наук. Краснодар, — 2003. — с. 32.
3. Чапский П.А. Исследование процесса захвата и перемещения стеблей подающим устройством кукурузоуборочной машины рядкового типа: Автореф. дис... канд. техн. наук. — Краснодар, 1969. — 28 с.
4. Шатилов К.В. Кукурузоуборочные машины / Шатилов К.В., Вайсман М.Л., Козачок Б.Д. и др. — М.: Машиностроение, 1967. — 343 с.
5. Шатилов К.В. Кукурузоуборочные машины / Шатилов К.В., Козачок Б.Д., Орехов А.П. и др.. — М.: Машиностроение, 1981. — 224 с.