

УДК 664.1.032.1

© М.В. Завірюха

Миколаївський державний аграрний університет

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПО ОБҐРУНТУВАННЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ІНТЕГРОВАНОГО РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ**

*Експериментальним шляхом обґрунтовано конструктивно–геометричні характеристики леза ножів нового інтегрованого різально–подрібнювального пристрою кукуруддозбиральних машин.*

### **ЛЕЗО, НІЖ, РІЗАННЯ, ПОДРІБНЕННЯ, КУКУРУДЗА.**

**Постановка проблеми.** Для сучасних кукуруддозбиральних комбайнів, як і раніше, актуальним залишається завдання подальшого вдосконалення технологічних процесів та відповідного обладнання з метою зниження його енергоємності, втрат сировини, підвищення продуктивності, поліпшення якості продукції, що переробляється. На механізми підрізання та подрібнення стебел кукурудзи витрачається більше 45% енергоємності жатної частини кукуруддозбиральних агрегатів [1]. Різання стебел — процес досить енергоємний, тому в більшості країн кукурудзяного поясу відмовилися від збирання цієї сировини, хоча вона володіє високою харчовою, біологічною та енергетичною цінністю [2]. Тому будь–які можливості скорочення енерговитрат при подрібненні листостеблової сировини повинні бути вивчені і реалізовані. Від обґрунтованості виконання цієї операції залежать енерговитрати і якість кінцевої продукції.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Обґрунтуванню критичної швидкості, яка забезпечує безпідпорне різання вільно стоячого стебла, присвячені дослідження В.П. Горячина, Є.М. Гутьяра, Є.С. Босога, А.Ю. Ішлімського тощо [3]. В результаті проведених досліджень було встановлено, що критична швидкість різання залежить від абсолютних мас ножа і стебел — зокрема вона буде збільшуватись при зменшенні маси ножа. Дана гіпотеза буде справедлива також для підпорного різання, але зі збільшенням маси збільшуватиметься навантаження на ніж, що призводить до його швидкого затуплення, тому ці питання потребують подальших досліджень і експериментальних перевірок.

Різні автори дають різні пояснення фізичного змісту процесу різання. Однак в основу всіх аналітичних досліджень покладена схема процесу зі значним спрощенням реальних умов через складність обліку

всіх факторів, які впливають на процес різання. При цьому прийняті авторами припущення не завжди достатньо обґрунтовані. Не випадково у різних авторів спостерігаються помітні розходження в значеннях рекомендованої критичної швидкості різання. За експериментальними даними, для різних типів тонко- та товстостебельних культур критична швидкість різання для апаратів з інерційним підпором стебел коливається в межах 8—30 м/с, а для апаратів з механічним підпором — 1—3 м/с [4].

**Метою роботи є** обґрунтування експериментальним шляхом конструктивних характеристик леза ножів нового інтегрованого різально-подрібнювального пристрою кукурудзозбиральних машин.

**Результати досліджень.** Зусилля різання залежить від швидкості різання, тому необхідно експериментально визначити залежність зусилля різання від швидкості різання. Для знаходження практичного значення критичної швидкості різання стебел кукурудзи необхідно провести експериментальні дослідження по статичному та динамічному перерізання стебла, впливу зазорів між ножем та протирізальною пластиною на зусилля різання, а також обґрунтувати кути різання та форму різальної кромки.

Для реалізації поставленої мети, на базі проблемної лабораторії Миколаївського ДАУ, по вдосконаленню основних робочих органів збиральних машин, проводились дослідження процесу різання стебел кукурудзи в динамічних умовах на маятниковому копрі (рис. 1), а також визначались основні геометричні параметри копра для встановлення необхідної швидкості різання.

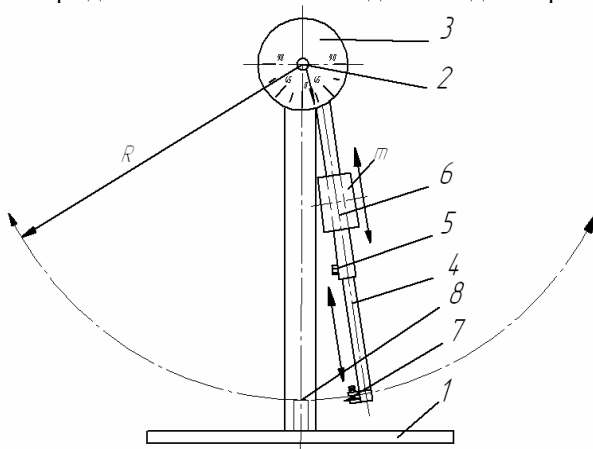


Рис. 1. Пристрій для визначення сили різання при динамічному навантаженні

Маятниковий копр складається з станини 1, на якій змонтовані вісь маятника 2 і тарувальна шкала 3 для фіксації кутів підйому маятника. На вісі закріплений маятник 4, з регулювальним пазом 5 для зміни висоти зрізу. На маятнику закріплений рухомий вантаж 6, для зміни сили інерції маятника, а також змінний різальний пристрій 7. Стебло кукурудзи закріплюється у фіксуєчому отворі 8.

Руйнування зразків стебел кукурудзи здійснюється на маятниковому копрі (рис. 1). Випробуваний зразок – стебло, розміри якого попередньо заміряні, встановлюють на нерухому опорі 8. Звільнення маятника проводиться за допомогою рукоятки засувки. Маятниковий копр, пройшовши нижнє положення і зруйнувавши зразок, повертає стрілку шкали на кут, який відповідає енергії, що збереглася в маятнику після руйнування зразка.

Для досягнення необхідної швидкості різання, тобто швидкостей при яких буде оптимально виконуватись процес різання, необхідно визначити геометричні параметри копра. Відповідно лінійна швидкість пристрою для перерізання стебел кукурудзи без урахування сили опору повітря та сили тертя в підшипниках визначається за формулою:

$$V = r \pi \sqrt{\frac{2 \pi \sum Q_i \pi R_i \pi (1 - \cos \alpha)}{J}}, \quad (1)$$

де  $r$  – плече маятника;  $Q_i$  – вага окремої деталі;  $R_i$  – відстань від центра ваги цієї деталі до осі обертання маятника;  $\alpha$  – початковий кут відхилення маятника;  $J$  – момент інерції маятника відносно осі обертання.

Отже, виходячи з формули (1) видно, що для отримання максимальної швидкості різання необхідно, щоб центр ваги маятника був максимально зміщений від осі його обертання. В нашому випадку це досягається закріпленням на вісі маятника рухомого вантажу масою 10 кг.

Для визначення роботи, яка була витрачена на руйнування стебла в динамічних умовах визначається різниця потенційної енергії маятника у початковому та кінцевому положеннях, тобто до і після удару, яка знаходиться за формулою

$$A_a = Q \pi (H_1 - H_2), \quad (2)$$

де  $Q$  – вага маятника;  $H_1$  – висота підйому маятника до удару;  $H_2$  – висота зльоту маятника після удару.

Виражаємо висоту підйому маятника через його радіус і кут підйому. В результаті отримуємо

$$H_1 = R \pi \cos \alpha, \quad H_2 = R \pi \cos \beta, \quad (3)$$

де  $R$  – довжина маятника (відстань від центру ваги маятника до його осі обертання).

Тоді робота, витрачена маятником буде визначатись за формулою:

$$A_a = Q \pi R \cos(\alpha - \beta). \quad (4)$$

Проведені дослідження з порівняльної характеристики статичної та динамічної сили різання (рис. 2), який показав для сорту кукурудзи «Богатир», що в залежності від діаметру (площі поперечного перерізу) стебла зусилля при статичному різанні менше ніж при динамічному до 2,3 разів. При цьому параметри різального пристрою були наступні: швидкість різання 5 м/с; кут ковзання 50–52°; кут загострення 20–23°; товщина леза 1,5 мм; гострота різальної кромки була наближена до робочої (затуплена) 120–150 мкм. Отримане відношення може використовуватись в подальшому для інтегрованого різального пристрою, а саме розрахунків з перетворення статичної сили різання в динамічну і навпаки.

За результатами проведених досліджень були отримані рівняння регресії, впливу діаметра стебла кукурудзи на зусилля різання, які описуються поліномами другого порядку, з показником достовірності апроксимації, що показує високий рівень кореляції між отриманими даними.

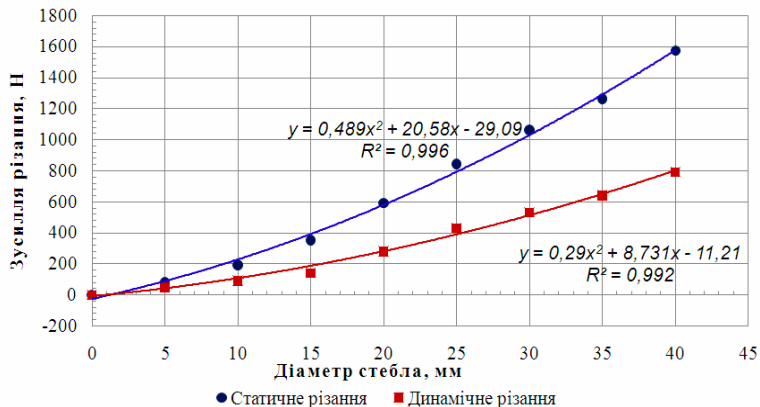


Рис. 2. Апроксимація даних залежності зусилля різання від діаметру стебла кукурудзи

На рис. 3 представлені результати досліджень впливу виду різання стебел кукурудзи на показник зусилля різання (рис. 3).

Дослідження проводились при параметрах різального пристрою, які приведені вище, але середній діаметр стебла приймаємо постійним і рівним 20 мм, змінюючи лише параметр швидкості різання. Результати показали перевагу двохпідпорного різання в порівнянні з однопідпорним та інерційним підпором стебел. Це пов'язано з тим, що вертикально стояче одиночне стебло не перерізається в суворо вертикальному положенні. При зустрічі ножа зі стеблом в момент удару відбувається одночасне зростання зусиль в ножі і розтягування стебла. У момент різання ніж багаторазово вдарає стебло зі зменшенням амплітуди і частоти удару. При достатньому вигині стебла, коли сила інерції надасть необхідний опір подальшому відхиленню стебла, останній починає зрізатися ножем.

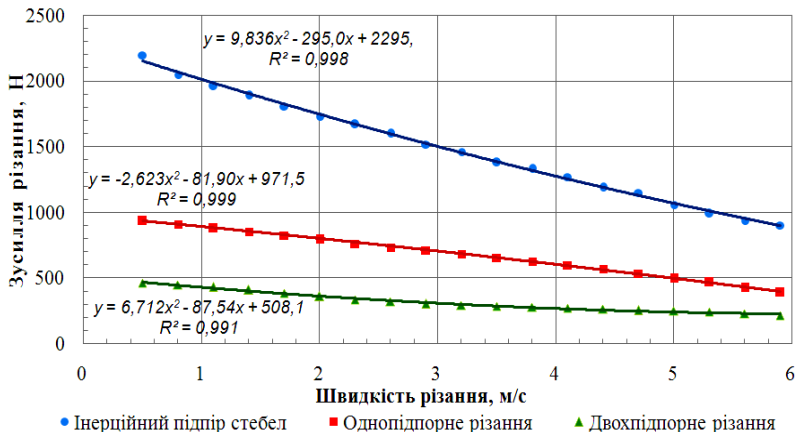


Рис. 3. Апроксимація даних залежності зусилля різання стебел кукурудзи від швидкості різання

Результати апроксимації показали високий рівень кореляції даних між зусиллям різання і швидкістю різання, а також високу величину достовірності апроксимації.

Наступними проводились дослідження по встановленню оптимальної поверхні лека ножа. Досліджувались сегментні ножі з насиченою та гладкою поверхнею (рис. 4). Умови дослідів були наступні: різання рубляче, товщина лека 1,5 мм; гострота різальної кромки була наближена до робочої (затуплена) 120–150 мкм. Насичений сегмент спочатку проколоне стебло зубцями, потім розщеплює його на окремі пучки та переламає їх біля кромки лека, подрібнюючи останні зі зломом. Було також визначено, що при

рубаючому різанні зусилля на перерізання стебла у гладкого сегменту на 13–24% менше, у порівнянні з насіченим.

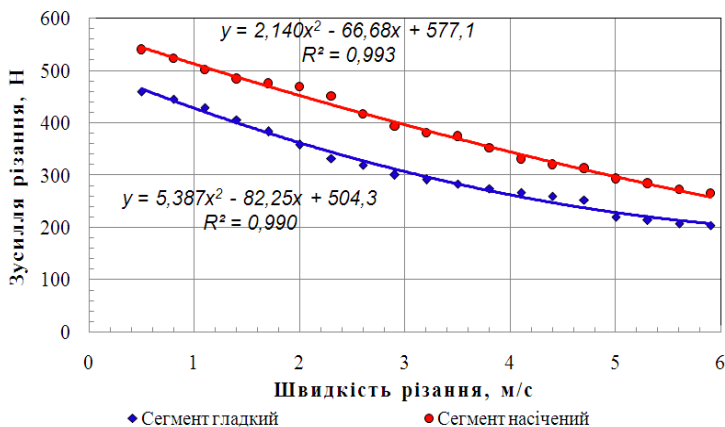


Рис. 4. Апроксимація даних залежності впливу поверхні різальної кромки на зусилля різання стебел кукурудзи

За результатами проведених досліджень були отримані рівняння регресії, впливу поверхні різальної кромки на зусилля різання, які описуються поліномами другого порядку, з показником достовірності апроксимації, що показує високий рівень кореляції між отриманими даними.

Одним із важливих показників при різанні стебел кукурудзи є кут ковзання для різних поверхонь різальної кромки (гладкий сегмент та насічений). Були проведені також дослідження та отримані рівняння регресії, які описуються поліномом другого порядку, залежності зусилля різання від кута ковзання стебел кукурудзи (рис. 5).

Було визначено, що при значенню кутів ковзання 15–18° процес різання відбувається з однаковим зусиллям, як для насіченого так і гладкого сегменту. Межею збільшення кута ковзання є значення критичних кутів защемлення стебел, який для гладких сегментів становить 45°, а для насічених – 55° (позначені великими маркерами на рис. 5). Були отримані рівняння регресії другого порядку, які дозволяють достатньо точно описати отримані результати досліджень. Отже, оптимальні кути ковзання для насіченого і гладкого сегменту будуть відповідно становити 48–55° та 36–45°.

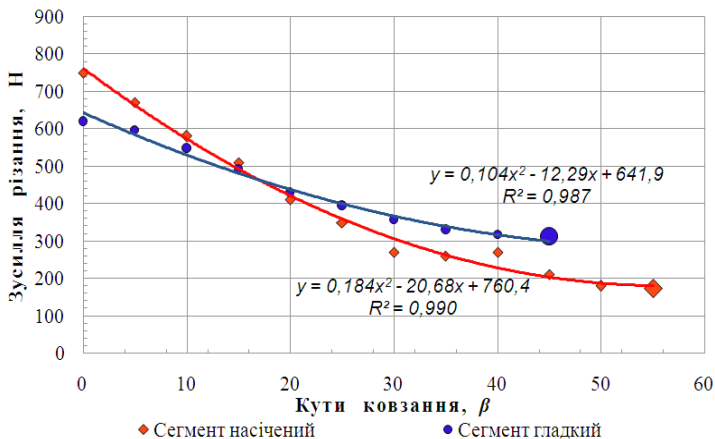


Рис. 5. Апроксимація даних залежності кута ковзання стебел кукурудзи від зусилля різання

При дослідженні процесу різання необхідним геометричним параметром, який потребує оптимізації є кут загострення різальної кромки. При проведенні досліджень було встановлено, що оптимальна величина кута загострення леза знаходиться в діапазоні 20–23° (рис. 6), що дозволяє попередити затуплення ножа та забезпечити оптимальне зусилля різання.

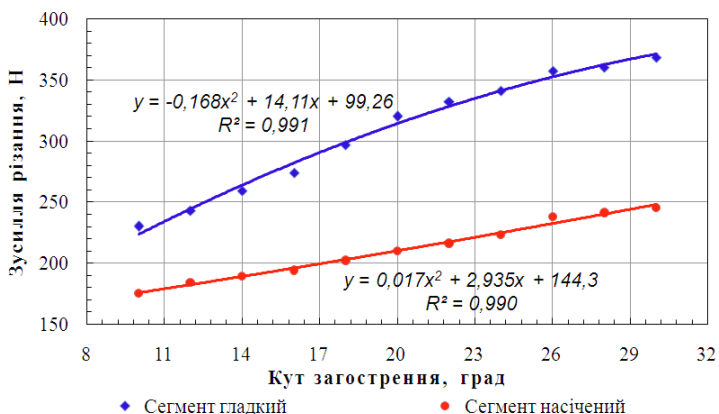


Рис. 6. Апроксимація даних залежності кута загострення сегменту від зусилля різання стебел кукурудзи

Товщина леза є вагомим показником, який впливає на показник зусилля різання і також потребує оптимізації. Обираємо для сегментів, які задіяні в жатках для зернозбиральних машин, оптимальну товщину леза в діапазоні 1,2–2 мм. Зусилля різання стебел кукурудзи, як показано на рис. 7 при даних значеннях товщини леза збільшується несуттєво.

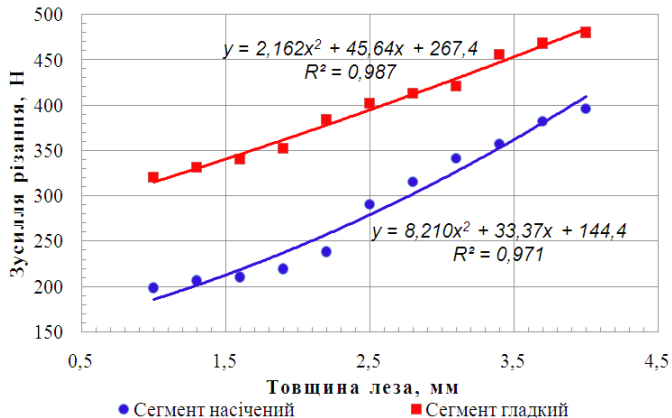


Рис. 7. Апроксимація даних зміни зусилля різання стебел кукурудзи від товщини леза

**Висновок.** Дані дослідження дозволяють визначити конструктивно–геометричні параметри різальної пари інтегрованого подрібнювального апарату, враховуючи також елементи надійності, які визначались при польових випробуваннях даної конструкції. Оптимальні параметри різальної пари мають наступні значення для двохпідпорного різання:

- сегмент з верхньою насиченою різальною кромкою;
- швидкість різання 4,5–6 м/с;
- оптимальні кути ковзання 48–55°;
- кут загострення 20–23°;
- товщина леза 1,2–2 мм

При цьому не враховувався показник якості загострення леза, так як після незначного напрацювання лезо затуплюється до певного значення і в подальшому майже не змінюється, тому для практичних розрахунків якість заточення леза повинна приймалась в діапазоні 130–180 мкм.



Література

1. Красниченко А.В. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Том 2. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1961.
2. Босой Е.С. Режущие аппараты уборочных машин. – М.: Машиностроение, 1967.
3. Трубилин Е.И., Абликов В.А. Машины для уборки сельскохозяйственных культур. – Краснодар: КГАУ, 2010.
4. Долгов И.А. Уборочные сельскохозяйственные машины (конструкция, теория, расчет). – Ростов-н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2003.
5. Шатилов К.В. Кукурузоуборочные машины / К.В. Шатилов, Б.Д. Козачок, А.П. Орехов и др. – 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1981. – 224 с.
6. Ярцева М.Б. Методика математического планирования эксперимента. – М.: Наука, 1973. – 140 с.
7. Третьяк Л.Н. Обработка результатов наблюдений: учебное пособие. – Оренбург: ГОУ УГО, 2004. – 171 с.

*Рецензент д.т.н., проф. Б.І. Бутаков*