

УДК 631.331

І.О. Лісовий, інж.

Кіровоградський національний технічний університет

А.І. Бойко, проф., д-р техн. наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

М.О. Свірень, проф., д-р техн. наук, В.А. Пашинський, проф., д-р техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Енергетика процесу перерізання рослинних решток комбінованим сошником для прямого посіву

В статті розглянуто дослідження раціональної форми ріжучого елемента при виконанні прямого посіву та виявлення мінімальних затрат на перерізання рослинних решток і направлення їх на бокові сторони борозни.

прямий посів, сошник, рослинні рештки, робота, потужність, зубчастий диск-очисник, форма

Реалізація технології прямого посіву передбачає необхідність попереднього прокладання перед посівом по полю смугу для подальшого проходження сошника. В якості такого робочого органу запропоновано зубчастий диск-очисник. Таким чином сумісна робота зубчастого диска-очисника і ріжучого елемента забезпечує прокладання смуги під борозну в ґрунті засміченими пожнивними рештками [1, 2, 3].

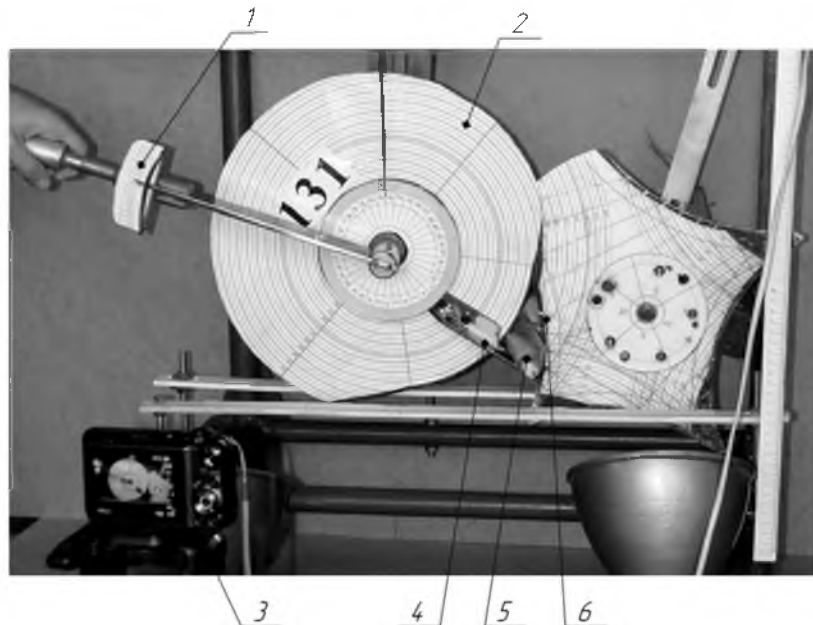
Метою є обґрунтувати раціональну форму ріжучого елемента для різання рослинних решток з мінімальним зусиллям і направленням їх на бокові сторони борозни [4].

Енергетична оцінка роботи ножів, призначених для перерізання стебел тієї чи іншої культури, виконана на лабораторній установці (рис. 1).

Дослідженням встановлено нерівномірності зміни моменту опору різання (M) від кута повороту робочого органу (φ) (рис. 2). На початку входження ножа в стебла пшениці в основному спостерігається плавне нарощування моменту опору.

В подальшому зі збільшенням кута повороту момент опору суттєво зростає до максимального свого значення (M_{max}) після чого починає зменшуватися. Діставшись деякої критичної величини (M_p), що відповідає руйнуванню стебла, момент зменшується до нульового значення. Представлені залежності графічно відображають динаміку силового навантаження стебел пшениці і виявляють значення критичних параметрів моментів опору різання. Науковий і практичний інтерес при цьому представляє виявлення впливу кута різання (способу різання) рослинних решток пшениці на силові характеристики процесу. Незважаючи на теоретично обґрунтовану форму леза для здійснення ковзаючого різання стебел, експериментальна перевірка впливу кута різання має велике практичне значення. На рисунку 2 представлено чотири залежності зміни моменту опору відповідно для кутів різання 20°, 25°, 30° і 35°. Як видно з графіків збільшення кута різання приводить до зміщення кривої динаміки зростання зусиль в сторону менших кутів повороту робочого органу, тобто руйнування стебел відбувається раніше чим при менших кутах різання. Така закономірність природна тому, що при прийнятому визначенні кута різання, як кута між вектором швидкості переміщення ріжучого елемента і дотичної до робочої поверхні його леза у

місці контакту, збільшення кута різання означає наближення до рублячого різання. І, навпаки, зменшення кута різання (α) відповідає зміщенню процесу різання у бік більших значень кута повороту робочого органу (φ) (рис. 2). Звертає на себе увагу максимальне значення моментів опору різання (M_p) для різних кутів (α). Меншим максимальним моментам різання відповідають менші кути різання, а криві динаміки змін моментів стають більш пологими.



1-динамометричний ключ; 2-диск; 3-відеокамера; 4-зуб; 5-рослинні рештки; 6-ріжучий ніж

Рисунок 1 – Стенд для дослідження процесу різання стебел рослинних решток

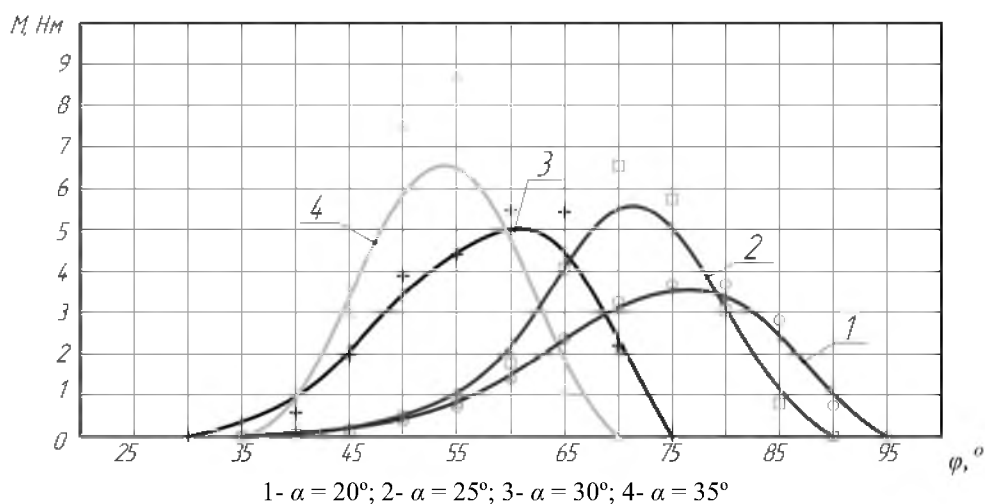
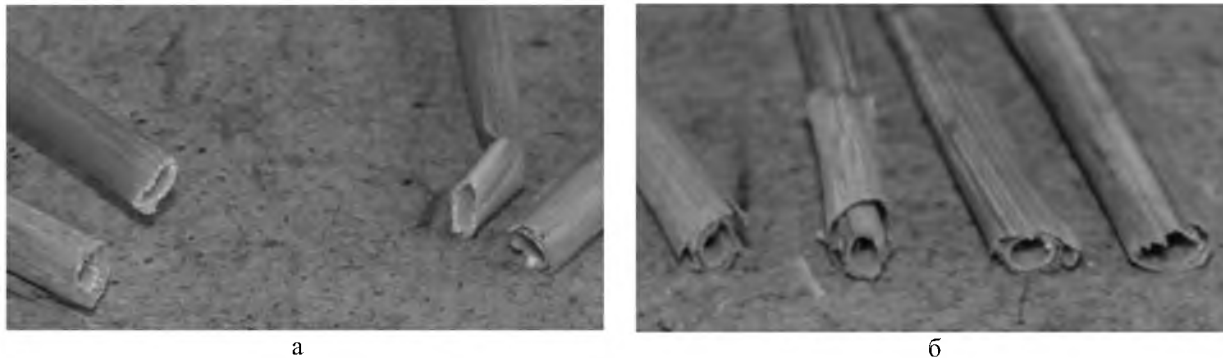


Рисунок 2 – Залежність зміни моменту (M) опору різання стебел пшениці від кутів різання (α)

Про якість виконання процесу різання рослинних решток стебел пшениці свідчать фотографії зрізів, які представлені на рисунку 3. Більш якісний зріз спостерігається при малих кутах різання ($\alpha=20^\circ$), тобто тоді, коли реалізується ковзаюче різання. Краї стебел мають рівні границі з чіткою лінією переходу у матеріал стебел (рис. 3, а).

Збільшення кута різання погіршує якість розділення матеріалу стебел. Границі розділу мають рвану форму зрізу, що свідчать про розрив матеріалу напругами розтягу і згину (рис.3, б).

Матеріал стебла представляє собою складну неоднорідну волокнисту структуру, опис руйнування якої вносять певну неоднозначність і труднощі в характеристики його властивостей. Однак для вибору конструктивних параметрів робочого органу (ножа) важливим є енергетична оцінка виконання процесу руйнування рослинних решток.



а – $\alpha = 20^\circ$; б – $\alpha = 35^\circ$

Рисунок 3 – Зрізи стебел пшениці виконані при кутах різання

Враховуючи що робота, яку виконує робочий орган по розрізанню решток, представляється рівнянням (1):

$$A = \int_{\varphi_{\text{вих}}}^{\varphi_p} M(\varphi) \cdot d\varphi, \quad (1)$$

де φ_p - кут, що охоплює сектор різання, її можна визначити, як площу під кривою динаміки зміни навантажень.

Виходячи з цього для кожного вибраного значення кута різання (α) підраховані площі під кривими динаміки навантаження, тобто в кожному випадку визначенні величини затраченої роботи на розрізання стебел. На підставі цього побудована залежність зміни роботи різання (A) від кута різання (α) для стебел пшениці (рис. 4).

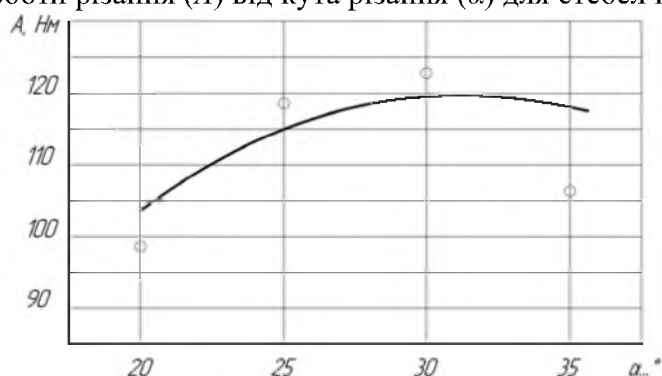


Рисунок 4 – Зміна роботи різання (A) від кута різання (α) для стебел пшениці

Графік носить нелінійний характер з поступовим збільшенням роботи, що витрачається на руйнування при підвищенні значень кута різання. Найменшому значенню роботи відповідають кут ковзаючого різання. Відмічається незначний приріст роботи зі збільшенням кута різання і переходу від ковзаючого до рубаючого виду різання. Очевидно ця встановлена закономірність відображає особливості фізико-механічних властивостей волокнистої ізотропної будови рослинних стебел, де в

залежності від ступеня вологості встановлюються певні співвідношення крихкості і в'язкості матеріалу.

Дослідження динаміки руйнування стебел кукурудзи виявили значно більші абсолютні величини зміни моменту опору від кутового переміщення зубчатого робочого органу (рис.5). Це обумовлено більш високими фізико-механічними характеристиками решток кукурудзи в порівнянні з рештками пшениці.

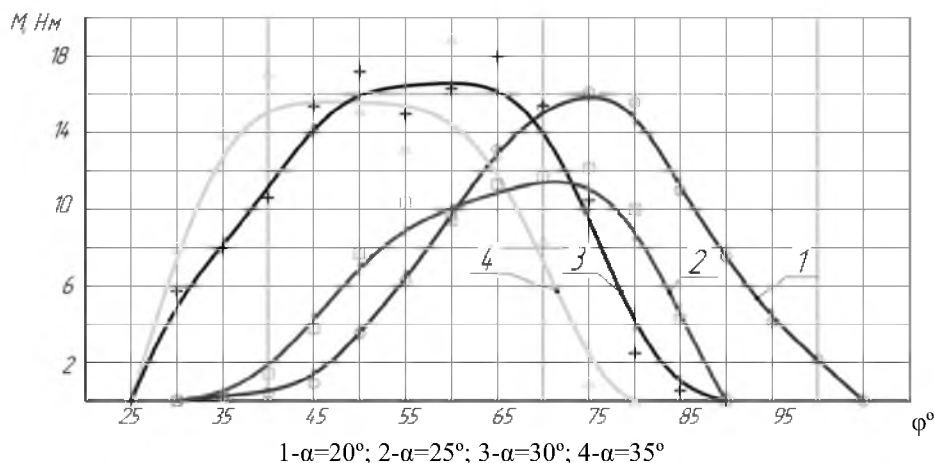


Рисунок 5 – Залежність зміни моменту опору різання стебел кукурудзи від кутів різання

Найбільш активно процес захвату і перерізання стебел кукурудзи спостерігається при куті різання ($\alpha \approx 35^\circ$).

Початок різання і зростання моменту (M) настає при повороті робочого органу на кут $\varphi \approx 25^\circ$.

В подальшому момент різання зростає і досягає максимального свого значення вже при $\varphi=47^\circ$. Після цього внаслідок руйнування стебел момент зменшується до нульового значення.

Подібні залежності отримані і для інших кутів різання, однак кожному з них відповідає своє значення максимального моменту і своя форма кривої. Загальною закономірністю є зміщення кривої динаміки наростання моменту опору різання в бік менших кутів повороту робочого органу при підвищенні кута різання. Очевидно така закономірність, як і в попередньому випадку перерізання стебел пшениці, пов'язана з переходом від одного способу різання до іншого. Зменшення кута різання наближає процес до ковзаючого різання, про що свідчать і форми зрізів стебел кукурудзи представлені на рисунку 6. Більш якісний гладкий переріз спостерігається при менших кутах різання (рис. 6,а), а більшому куту ($\alpha = 35^\circ$) характерні розриви стебел з виступами і виривами (рис. 6, б).

Максимальні значення моментів опору руйнування стебел кукурудзи для різних кутів різання відрізняються в межах $M = 11 \dots 16,5$ Н.м.

Енергетична оцінка у вигляді затрат роботи, що витрачає лезо на руйнування стебел при різних кутах різання відкриває можливість оптимізувати параметри ріжучого робочого органу. Залежність роботи різання від кута різання представлено графічно на рисунку 7.

Отримана залежність вказує на невеликі зміни витрат роботи для різних кутів різання. У всьому інтервалі кутів різання від $\alpha = 20^\circ$ до $\alpha = 35^\circ$ робота змінюється лише з 500 до 650 Н.м, тобто всього на 150 Н.м. Причому збільшення кута різання приводить до збільшення і роботи на руйнування стебел кукурудзи.



Рисунок 6 – Характерні зрізи стебел кукурудзи: а – $\alpha = 20^\circ$; б – $\alpha = 35^\circ$

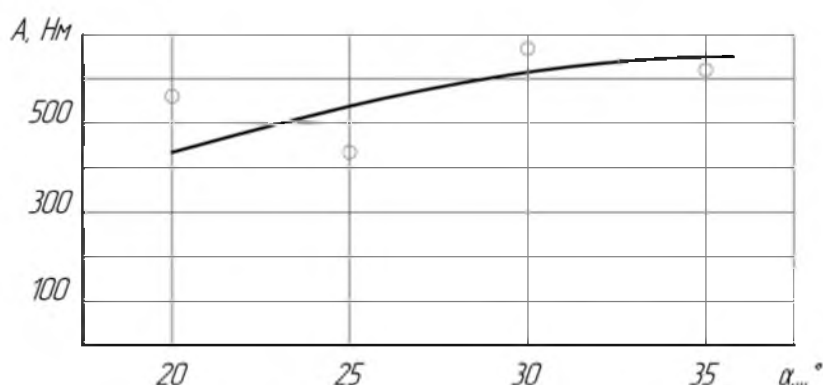


Рисунок 7 – Зміна роботи різання (A) від кута різання (α) для стебел кукурудзи

Робочий орган для прямого посіву може використовуватись по рослинним решткам, що залишаються після збору врожаю соняшника. Стебла цієї культури по своїм фізико-механічним властивостям і геометричним параметрам відрізняються від стебел попередніх культур. Відрізняються вони і по своїй структурній побудові. Тому вивчення процесу перерізання стебел соняшника представляє окреме завдання для обґрунтування раціональної форми ріжучого елементу.

Проведеними дослідженнями встановлено, що зміна моменту опору різання від кута повороту робочого органу, як і в попередніх випадках, описується кривою з максимумом. Насамперед, очевидно, це обумовлено самою циліндричною формою стебел, де при взаємодії з лезом поступово збільшується площа контакту, яка досягає максимуму в діаметральному перерізі, а потім спадає зі зменшенням зони активної взаємодії і руйнуванням стебла. В залежності від властивостей матеріалу стебла і способу різання, що реалізується, динаміка такої взаємодії може відрізнятися. Так, на рисунку 8 показана динаміка зміни моменту опору різання (M) для різних кутів різання (α).

Загальною тенденцією, як і для стебел кукурудзи, є зміщення максимумів моменту різання та і самих кривих динаміки навантаження у бік менших кутів повороту робочого органу при зростанні кута різання. Відмічається наближення до більш ймовірної реалізації ковзаючого різання при менших кутах повороту робочого органу. Це відповідає механіки виконання процесу різання навіть для твердих стебел, коли їх защемлення і руйнування відбуваються раніше (при менших кутах ϕ).

Якість зрізу стебел соняшника показана на рисунку 9.

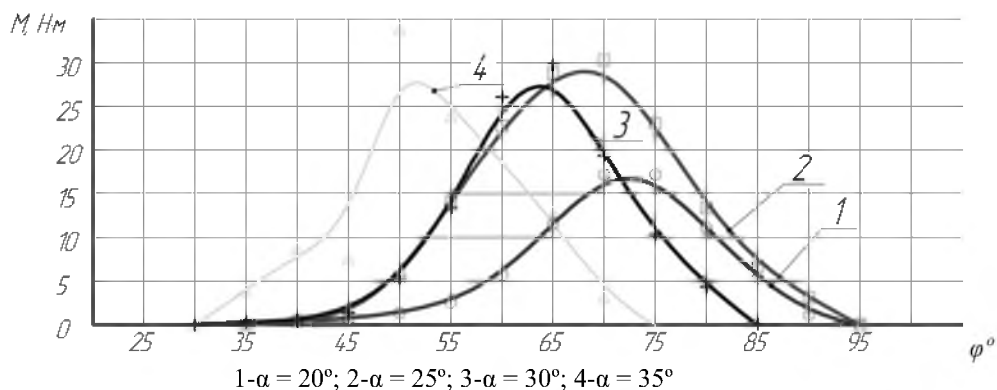


Рисунок 8 – Залежність зміни моменту опору різання стебел сояшника (M) від кутів різання (α)



а – $\alpha = 20^\circ$; б – $\alpha = 35^\circ$

Рисунок 9 – Загальний вигляд зрізів стебел сояшника при кутах різання

Як видно з фотографії, якість перерізання в будь-якому випадку крайніх значень кутів різання не є ідеальною. Зрізи мають нерівну рвану форму. Очевидно це, насамперед, пов'язано з особливостями будови стебел сояшника, коли зовнішній шар має тверду крихку волокнисту основу, а внутрішній - аморфну м'яку.

Енергетична оцінка ріжучого робочого органу по витратах роботи на руйнування стебел сояшника в залежності від кута різання представлена у вигляді графіка на рисунку 10.

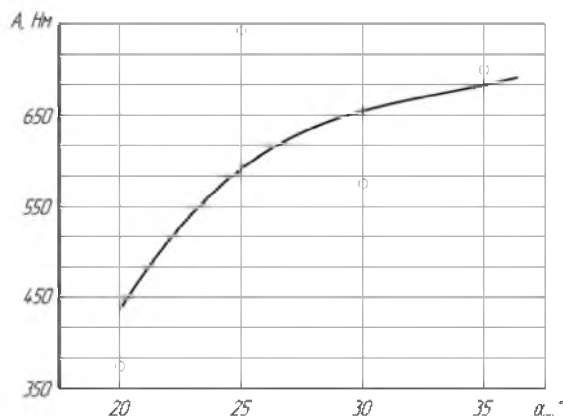


Рисунок 10 – Зміна роботи різання (A) від кута різання (α) для стебел сояшника

Характерним є деяке збільшення енерговитрат при зростанні кута різання. Очевидно для стебел рослинних решток кращим способом різання з точки зору енерговитрат слід вважати ковзаюче різання де наявність тангенціального зусилля активізує руйнування складного волокнистого матеріалу стебел.

Результати замірів величин максимальних моментів опору різання для вивчених рослинних решток представлені в таблиці 1.

Таблиця 1–Значення максимальних моментів руйнування стебел, [Н.м]

Кут різання $\alpha, \dots^\circ$	Рослинні залишки		
	Пшениці	Кукурудзи	Соняшника
20	3,5	16	16,8
25	5,5	11,4	28
30	5	16,3	26,5
35	6,4	15,9	27

Порівняльний аналіз величин максимальних моментів показує, що найбільші їх значення відповідають стеблам соняшника. Менший момент опору руйнування спостерігається для стебел кукурудзи і ще менший для невеликих по розміру стебел пшениці. В залежності від кута різання максимальні моменти опору групуються навколо значень $\alpha = 25 \dots 30^\circ$. Це вказує, що дані величини кутів різання сприяють концентрації зусиль руйнування стебел рослинних решток.

Таким чином проведеним дослідженням встановлено:

1. Запропоноване конструктивне рішення робочого органу очистки у вигляді диску з закріпленими зубами ефективно працює по перерізанні рослинних решток, що знаходяться на необробленому ґрунті.

2. Раціональні значення кута різання знаходиться в межах $\alpha = 20 \dots 25^\circ$, при яких забезпечується мінімальні енерговитрати на виконання очищення борозни від рослинних решток.

Список літератури

1. Сисолін П. В. Прямка сівба. Задачі і напрямки розвитку сошників для прямої сівби. / П. В. Сисолін, М. О. Свірень, І. О. Лісовий. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. – Кіровоград : КНТУ, 2007. – Вип. 37. – С. 94–99.
2. Лісовий І. О. Аналіз кінематики руху і обґрунтування конструктивних параметрів зубчастого диска-очисника для прямого посіву. / І. О. Лісовий // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. – Кіровоград : КНТУ, 2008. – Вип. 38. – С. 191 – 198.
3. Бойко А. І. Функціонування сошника прямого посіву як відкритої технічної системи. / А. І. Бойко, І. О. Лісовий, В. В. Тасенко // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2008. – Вип. 75; Т. 1. – С. 256–258.
4. Бойко А. І. Перерізання рослинних решток з обґрунтуванням форми ріжучого елемента. / А. І. Бойко, М. О. Свірень, І. О. Лісовий // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Луцьк, 2009. – Вип. 18. – С. 22–32.

И. Лисовой, А.Бойко, Н.Свирень, В.Пашинский

Енергетика процесса перерезания растительных остатков комбинированным сошником для прямого посева

В статье рассмотрены исследования рациональной формы режущего элемента при выполнении прямого посева и выявления минимальных затрат на перерезания растительных остатков и направления их на боковые стороны борозды.

I.Lisovij, A.Bojko, N.Sviren, V.Pashinskiy

Power cutting process plant residues combined shoe for direct seeding

The article discloses the research of rational form of cutting element during direct sowing and detection of minimal costs on cutting plant leftovers and directing them onto sideways of the furrow.

Одержано 20.10.12