

УДК 633.522

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2021.51.78-88>**В.О. Шейченко**, проф., д-р техн. наук*Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна**e-mail: vsheychenko@ukr.net***М.І. Черновол**, проф., академік НААН України, д-р техн. наук*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна***В.А. Вольський**, ст. досл., канд. техн. наук, **Р.В. Коцюбанський**, асп.*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», смт. Глеваха, Україна*

Дослідження впливу схеми розташування ножів котка-подрібнювача на показники якості подрібнення стебел соняшнику

Роботу присвячено удосконаленню технологічного процесу подрібнення стебел соняшнику завдяки дослідженню впливу схеми розташування ножів котка-подрібнювача на показники якості подрібнення. Розроблено та виготовлено дослідний зразок котка-подрібнювача, ріжучі ножі у якого розміщено по всій ширині захвату у шаховому порядку з можливістю змінювати кут нахилу до осі обертання барабана в діапазоні 5...20°. Досліджено вплив розташування ріжучої кромки подрібнюючого ножа котка на показники якості виконання операцій подрібнення і загортання стебел соняшнику **подрібнення стебел соняшнику, рослинні рештки, коток-подрібнювач, показники якості подрібнення**

Постановка проблеми. Подрібнення і зароблення у ґрунт грубостеблових культур надзвичайно важлива у мінливих умовах сьогодення технологічна операція. Своєчасне її виконання сприяє збереженню і накопиченню вологи у ґрунті, створює живильне середовище для природного протікання біологічних процесів. Виконання відмічених операцій подрібнення і зароблення стебел кукурудзи, соняшнику, ріпаку, сидератів та низки інших культур покладено на спеціальні машини. Серед них найбільшого поширення отримали комбіновані агрегати, що містять дискову борону та коток-подрібнювач. Така комбінація знарядь крім відмічених вище переваг покращує агрономічні показники рівномірності перемішування подрібнених часток стебел із ґрунтом, створює сприятливі умови для посівів.

Якість подрібнення стебел грубостеблових культур є складним функціоналом, серед визначальних чинників якого відмітимо вдалі конструкційні рішення на етапах проектування та розроблення машини, науково обґрунтуванні параметри і режими її функціонування, визначені і враховані залежності показників якості від техніко-технологічних параметрів конструкції машини. Тобто це певне узгодження агротехнічних вимог виробництва сільськогосподарської культури з техніко-технологічним варіантом їх реалізації..

В Україні та в багатьох інших державах Європи, США та Канади проведено низку важливих науково-дослідних робіт та конструкційних розробок з удосконалення котків-подрібнювачів. Проте загальна методологія обґрунтування раціональних технологічних параметрів відсутня. Це актуально як для комбінованих машин, до

складу яких віднесено комбінацію дискового ротаційного знаряддя та котка-подрібнювача, так і котків-подрібнювачів у вигляді моно знарядь. Без вирішення відмічених протиріч не уникнути серйозних прорахунків у майбутньому за умов проектування нових машин.

Сліпо копіювати чужі розробки з не обґрунтованими рішеннями – це шлях до подальшого загострення і накопичення проблем.

Природно, що умови експлуатації котків-подрібнювачів здійснюють визначальний вплив на показники якості виконання технологічного процесу. Іноді цей вплив настільки відчутний, що виникає потреба розроблення модельного ряду знарядь не тільки для окремої ґрунтово-кліматичної зони, а й для окремого поля господарства.

Коливання у широкому діапазоні механіко-технологічних властивостей рослинного середовища відносять до основного чинника, що визначає якість роботи засобів для подрібнення.

Саме тому актуальним є розроблення спеціальних машин, які містять котки-подрібнювачі, що уможливають застосовувати їх для швидкого виконання поверхневого обробітку ґрунту з інтенсивним його перемішуванням, лушення стерні, обробітку кукурудзяних, сояшникових, ріпакових полів із великою кількістю рослинних решток, передпосівного обробітку ґрунту та загортання органічних добрив.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Розроблення систем обробітку ґрунту здійснюється на підставі аналізу біологічних особливостей культур, стану полів, агрофізичних властивостей ґрунтів, кліматичних, організаційних, техніко-технологічних та виробничих можливостей господарства [1].

До правильної системи обробітку ґрунту відносять основний обробіток з попереднім лушенням стерні та відповідними заходами передпосівної і післяпосівної підготовки ґрунту [2].

Агротехнічні вимоги до лушення стерні включають такі основні операції: розпушування верхнього шару ґрунту для збереження наявних запасів вологи, повне підрізання і механічне знищення багаторічних та однорічних бур'янів, неглибоке загортання насіння бур'янів у ґрунт, подрібнення кореневищ пирію та коренів осотів, механічне знищення збудників хвороб, а також шкідників [3].

Лушення стерні проводять вслід за збиранням попередника, щоб зберегти “тіньову” вологість ґрунту. Це дає можливість виорати (обробити) поле якісно, без брил [4].

За таких умов відмітимо відсутність у вище наведених публікаціях кількісного оцінювання показників якості виконання операцій подрібнення грубостеблових культур у всьому діапазоні розмірів рослинних решток.

У статті [5] наведено результати досліджень машинно-тракторного агрегату, який одночасно виконує технологічні операції подрібнення і загортання ґрунтом рослинних залишків (сояшникова стерня). Першу операцію здійснюють завдяки подрібнювача рослинних залишків, встановленого спереду. Плуг, встановлений позаду здійснює операцію загортання. Проте питання визначення впливу на якість подрібнення рослинних решток швидкості руху агрегату залишилися поза увагою авторів.

Розроблена авторами статті [6] машина поєднала функції очищення стерні та відкриття борозни. За результатами статистичного аналізу зроблено висновок, що швидкість обертання лопаті, що руйнує стерню, не впливала на опір обробітку ґрунту. Проте поза увагою авторів залишилися питання визначення впливу розташування ріжучої кромки ножа на показники якості подрібнення стебел сояшнику.

За результатами експериментальних досліджень двокаткового культиватора відмічено високу якість його роботи на подрібненні стебел кукурудзи [7]. Показник

рівня подрібнення стебел досягав 90%. Проте автори не наводять конкретні значення ступеня подрібнення стебел кукурудзи у діапазонах 0-50мм, 50-100мм, 100-150мм, 150-200мм, понад 200мм.

Авторами статті [8] на підставі розробленої математичної моделі проаналізовано умови взаємодії стебла із сошником. Запропоновано два види можливих варіантів розташування ножів, що створює передумови проектування нового типу вузько смугових роторних культиваторів та подрібнювачів рослинних решток. Проте поза увагою авторів залишилося експериментальне дослідження запропонованої конструкції.

Відмітимо актуальність розроблення спеціальних машин, які містять катки-подрібнювачі. Завдяки їм уможлиблюється швидке виконання поверхневого обробітку ґрунту з інтенсивним його перемішуванням, лущення стерні, обробіток полів із великою кількістю решток грубостеблових культур, передпосівний обробіток ґрунту та загорання органічних добрив.

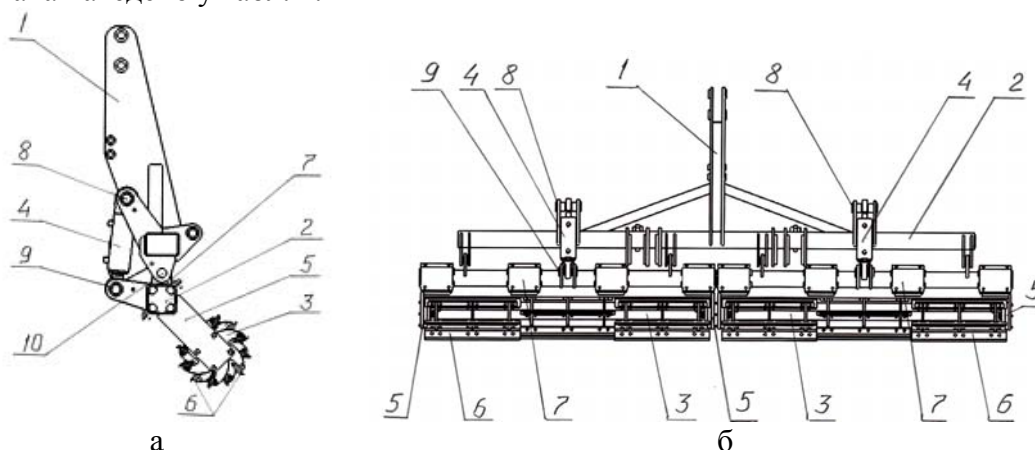
Постановка завдання. Метою досліджень є підвищення якості та зменшення енергетичних витрат операцій подрібнення і загорання рослинних решток котком-подрібнювачем завдяки встановленню впливу схеми розташування його ножів на показники якості подрібнення.

Задачі досліджень:

- розробити та виготовити коток-подрібнювач із змінними до осі обертання кутами нахилу ріжучих ножів;
- дослідити вплив розташування ріжучої кромки подрібнюючого ножа котка на показники якості виконання операцій подрібнення і загорання стебел соняшнику.

Виклад основного матеріалу.

Розроблення та виготовлення котка-подрібнювача із змінними до осі обертання кутами нахилу ріжучих ножів. Розроблено та виготовлено коток-подрібнювач, що містить раму (рис. 1), на якій шарнірно через пальці закріплено підрамник, де встановлено за допомогою кронштейнів два барабани з ріжучими ножами, що розміщено по всій ширині захвату у шаховому порядку. Відмічені ножі здатні змінювати кут нахилу до осі обертання барабана в діапазоні 5...20°, причому і підрамник разом з барабанами може опускатися і підніматися у вертикальній площині завдяки двом гідроциліндрів, які закріплено шарнірно. Технічну характеристику котка-подрібнювача наведено у табл. 1.



а – вид збоку; б – вид зверху

- 1 – рама; 2 – підрамник; 3 – барабани; 4 – гідроциліндри; 5 – кронштейни; 6 – ріжучі ножі;
7 – фланці; 8, 9, 10 – пальці

Рисунок 1 – Схема котка-подрібнювача рослинних решток

Джерело: розроблено авторами

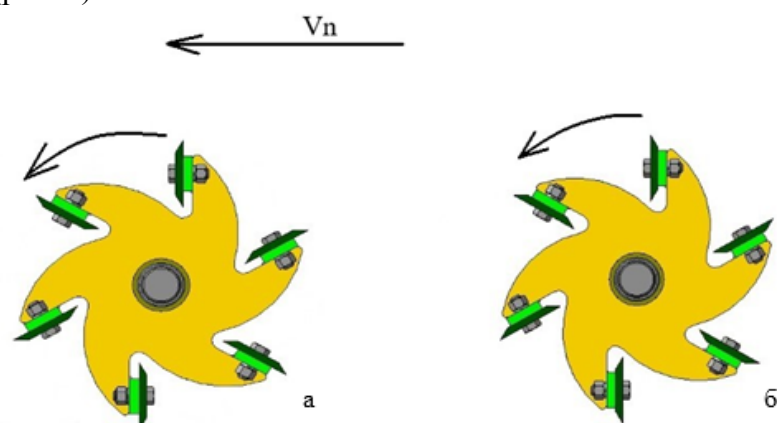
Таблиця 1 – Загальна технічна характеристика експериментального зразка котка-подрібнювача

№ п/п	Показник	Значення
1	Діаметр барабана котка	330 мм
2	Довжина барабана котка	2000 мм
3	Ширина експериментального зразка	4200 мм
4	Маса експериментального зразка	1200 кг
5	Кількість барабанів	2 шт.
6	Кількість рядів ножів на барабані	6 шт.
7	Відстань між лезами ножів	165 мм
8	Розмір ножа (довжина, ширина, товщина)	505 мм/76 мм/8 мм
9	Кількість ножів у ряді барабана	4 шт.
10	Кут заточки ножа	30°
11	Кут нахилу ножа до осі барабана	10°

Джерело: розроблено авторами

Коток-подрібнювач рослинних решток може працювати як у складі причіпного комбінованого агрегату для подрібнення і зароблення рослинних решток, так і автономно, як начіпна машина, що агрегується з трактором.

Конструкційне виконання ножів котка-подрібнювача уможливує їх встановлення із зовнішнім (правим), або орієнтуванням ріжучої кромки ножа всередину барабану (лівим) (рис. 2).



а –лівого; б– правого

Рисунок 2 – Схема розміщення ножів на барабанах котка-подрібнювача

Джерело: розроблено авторами

Цю конструкційну особливість було використано з метою встановлення впливу варіанту орієнтації ріжучої кромки ножа (варіант встановлення ножа) на показники якості подрібнення і зароблення рослинних решток.

Результати досліджень з визначення впливу розташування ріжучої кромки ножа на показники якості подрібнення стебел соняшнику. У таблицях 2, 3 наведено результати розподілення фракцій решток соняшнику за умов різного розташування ножа у котку-подрібнювачу: з розвернутою всередину до барабану ріжучою кромкою (ліве, табл. 3) і обернутого на 180° ножа (праве, табл. 2). Вертикальне довантаження котка складало 7,8 кН (маса 800кг) на усю ширину захвату за швидкості руху 7,45км/год.

Аналізуючи отримані результати (табл. 2, 3) відмітимо, що за умов лівого розміщення ножа барабану котка на всіх інтервалах, що досліджувалися, спостерігається збільшення відсотку подрібнених фракцій. Так у діапазоні 0-50мм середнє значення відсотку подрібнених фракцій за лівого розташування ножа складало 12,46% проти 10,52% у правого, у інтервалі 51-100мм відповідно 34,7% у лівого і 30,2% правого, у інтервалі 101-150 ці показники склали 62,4% і 52,9% відповідно. Перевищення обсягу подрібнених частинок за умов лівого розташування ножа у порівнянні з правим у інтервалі 0-150мм склало близько 18%.

Встановлено, що відсоток подрібнених на фракції стебел соняшнику за лівого розміщення ножа на усіх інтервалах, що досліджувалися, перевищувало на 4% значення за правого розміщення (вертикальне довантаження котка у дослідах складало 7,8 кН (маса 800кг), а швидкість руху 7,45км/год). Це обумовлено тим, що фізичні процеси різання (подрібнення) односторонньо заточеними ножами у розглянутих варіантах різного їх розміщення будуть суттєво відрізняються. Розвертання ножа зміщує площину різання на товщину ножа.

Відомо, що у сільськогосподарському виробництві для багатьох стаціонарних випадкових процесів (до яких віднесемо і якість подрібнення рослинних решток) характерним є те, що одна реалізація достатньої тривалості цілком представляє всю функцію. Такі процеси називаються ергодичними, а цю властивість – ергодичною. У ергодичних процесах середні значення характеристик в будь якій реалізації однакові. Тому характеристики такої випадкової функції можна визначити по одній достатньо довгій реалізації.

Таблиця 2 – Узагальнені результати досліджень розподілення фракцій решток соняшнику котком-подрібнювачем із довантаженням 800 кг

Фракція	7,45 км/год	10,08 км/год	13,6 км/год	18,6 км/год	22 км/год
	відсоток	відсоток	відсоток	відсоток	відсоток
З правим розташуванням ножів					
Менше 50	12,5	13,1	5,9	20,2	14,8
51–100	34,7	37,7	23,96	53,6	41
101–150	79,4	57,4	49,3	72,6	62,3
151–200	84,1	80,3	77,6	83,3	82
Понад 201	97	96,7	95,5	97,6	96,7
З лівим розташуванням ножів					
Менше 50	12,4	11	13	10,5	15,9
51–100	36,5	26	37	32,9	41,3
101–150	60,6	37	60	52,6	63,5
151–200	84,1	63	85	76,3	85,7
Понад 201	97,3	89	-	96,1	98,4

Джерело: розроблено авторами

У стаціонарних процесах адекватною моделлю закону розподілення випадкової величини є розподіл Вейбулла [9]. Для дослідження і порівняння значень довжини показників якості подрібнення стебел соняшнику котком-подрібнювачем за різних значень швидкості руху використано методи теорії ймовірності та описової статистики, а також набір функцій програми Microsoft Excel.

Розподіл часток подрібнених стебел соняшнику визначено за умов проходження котком-подрібнювачем з правим розташуванням ножів ділянки поля зі швидкістю 7,45км/год, 800кг довантаженням.

Таблиця 3 – Узагальнені результати досліджень розподілення фракцій решток соняшнику котком-подрібнювачем із довантаженням 600кг

Фракція	7,45 км/год	10,08 км/год	13,6 км/год	18,6 км/год	22 км/год
	відсоток	відсоток	відсоток	відсоток	відсоток
З правим розташуванням ножів					
Менше 50	12,9	18,6	12,7	16,4	12,6
51–100	38,7	50,4	37,2	43	38,6
101–150	51,6	72,6	60,8	67,0	62,2
151–200	74,2	88,5	83,3	86,0	85,0
Понад 201	93,5	98,2	98,0	97,5	99,2
З лівим розташуванням ножів					
Менше 50	14,5	21	18,8	20,6	31,6
51–100	30,3	50	50,6	53,2	43,0
101–150	56,6	69	75,3	72,3	67,1
151–200	81,6	88	90,6	89,4	88,0
Понад 201	96,1	98	98,8	-	98,7

Джерело: розроблено авторами

Математичним опрацюванням 67 даних відмічених часток стебел соняшнику встановлено, що він описується законом розподілу Вейбулла з оцінкою математичного сподівання $\bar{M}[X_1^{np}] = 96,779$, середнім квадратичним відхиленням $\sigma_{X_1^{np}} = 58,009$, коефіцієнта варіації $n_{X_1^{np}} = 0,684$. Функція густини цього розподілу описується рівнянням (1):

$$f(X_1^{np}) = \frac{1,48}{93,796} \cdot \left(\frac{X_1^{np} - 12}{93,796} \right)^{(1,48-1)} \exp \left[- \left(\frac{X_1^{np} - 12}{93,796} \right) \right]^{(1,48-1)} \quad (1)$$

Розподіл часток подрібнених стебел соняшнику за умов проходження котком-подрібнювачем з правим розташуванням ножів ділянки поля зі швидкістю 10,08 км/год, 800кг довантаженням встановлено завдяки математичному опрацюванню 64 даних відмічених часток стебел. Встановлено, що він описується законом розподілу Вейбулла з оцінкою математичного сподівання $\bar{M}[X_2^{np}] = 109,141$, середнього квадратичного відхилення $\sigma_{X_2^{np}} = 64,157$, коефіцієнта варіації $n_{X_2^{np}} = 0,667$. Функція густини цього розподілу описується рівнянням (2):

$$f(X_2^{np}) = \frac{1,519}{106,703} \cdot \left(\frac{X_2^{np} - 13}{106,703} \right)^{(1,519-1)} \exp \left[- \left(\frac{X_2^{np} - 13}{106,703} \right) \right]^{1,519} \quad (2)$$

Математичним опрацюванням 73 даних подрібнених часток стебел соняшнику за умов проходження котком-подрібнювачем з правим розташуванням ножів ділянки поля зі швидкістю 13,6 км/год, 800 кг довантаженням встановлено розподіл часток подрібнених стебел. Цей розподіл описується законом Вейбулла з оцінкою математичного сподівання $\bar{M}[X_3^{np}] = 118,916$, середнього квадратичного відхилення $\sigma_{X_3^{np}} = 57,217$, коефіцієнта варіації $n_{X_3^{np}} = 0,674$. Функція густини цього розподілу описується рівнянням (3):

$$f(X_3^{np}) = \frac{1,504}{94,134} \cdot \left(\frac{X_3^{np} - 13}{94,134} \right)^{(1,504-1)} \exp \left[- \left(\frac{X_3^{np} - 13}{94,134} \right) \right]^{1,504} \quad (3)$$

Математичним опрацюванням 96 даних подрібнених часток стебел соняшнику за умов проходження котком-подрібнювачем з правим розташуванням ножів ділянки поля зі швидкістю 18,6 км/год, 800 кг довантаженням встановлено розподіл часток подрібнених стебел. Цей розподіл описується законом Вейбулла з оцінкою математичного сподівання $\bar{M}[X_4^{np}] = 84,583$, середнього квадратичного відхилення $\sigma_{X_4^{np}} = 54,026$, коефіцієнта варіації $n_{X_4^{np}} = 0,822$. Функція густини цього розподілу описується рівнянням (4):

$$f(X_4^{np}) = \frac{1,233}{74,408} \cdot \left(\frac{X_4^{np} - 14}{75,408} \right)^{(1,233-1)} \exp \left[- \left(\frac{X_4^{np} - 14}{75,408} \right)^{1,233} \right]. \quad (4)$$

Математичним опрацюванням 69 даних подрібнених часток стебел соняшнику за умов проходження котком-подрібнювачем з правим розташуванням ножів ділянки поля зі швидкістю 22 км/год, 800 кг довантаженням встановлено розподіл часток подрібнених стебел. Цей розподіл описується законом Вейбулла з оцінкою математичного сподівання $\bar{M}[X_5^{np}] = 101,427$, середнього квадратичного відхилення $\sigma_{X_5^{np}} = 61,723$, коефіцієнта варіації $n_{X_5^{np}} = 0,723$. Функція густини цього розподілу описується рівнянням (5):

$$f(X_5^{np}) = \frac{1,401}{93,748} \cdot \left(\frac{X_5^{np} - 16}{93,748} \right)^{(1,401-1)} \exp \left[- \left(\frac{X_5^{np} - 16}{93,748} \right)^{1,401} \right]. \quad (5)$$

Аналізуючи значення математичних сподівань розподілів подрібнених часток стебел за умов 800 кг довантаженням котка з правим розташуванням ножів-подрібнювачів відмітимо, що найменше $\bar{M}[X_4^{np}] = 84,583$ встановлено за швидкості руху 18,6 км/год. Це значення на 14% менше за швидкості 7,45 км/год, на 30% менше за швидкості 10,08 км/год, на 40% менше ніж за швидкості 13,6 км/год, на 20% менше ніж за швидкості 22 км/год.

Програмою досліджень передбачалося встановлення впливу схеми розташування ножів котка-подрібнювача на показники якості виконання операцій подрібнення і зароблення рослинних часток.

Відповідно за лівого розташування ножів було проведено аналогічну з правим однаковою кількістю дослідів.

За умов довантаження 800 кг, опрацювання 26 даних за швидкості 10,08 км/год, 67 за швидкості 13,6, 78 швидкості 18,6 км/год, 66 за швидкості 22 км/год., встановлено, що для перших двох значень швидкості (10,08 та 13,6 км/год) розподіл часток подрібнених стебел описувався нормальним законом. За таких умов, оцінка математичного сподівання ($\bar{M}[X_2^a] = 150,929$, $\bar{M}[X_3^a] = 101,841$), середнього квадратичного відхилення ($\sigma_{X_2^a} = 62,897$, $\sigma_{X_3^a} = 52,757$), коефіцієнта варіації ($n_{X_2^a} = 0,557$, $n_{X_3^a} = 0,594$,) характеризується, відповідно, такими значеннями. Функції густини цих розподілів описуються рівняннями (6), (7):

$$f(X_2^a) = \frac{1}{62,897 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi} \exp \left[- \frac{(X_2^a - 150,929)^2}{2 \cdot (62,897)^2} \right]; \quad (6)$$

$$f(X_3^a) = \frac{1}{52,757 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi} \exp \left[- \frac{(X_3^a - 101,841)^2}{2 \cdot (52,757)^2} \right]. \quad (7)$$

За інших значень швидкостей (7,45, 18,6 та 22 км/год) розподіл часток подрібнених стебел описується законом Вейбулла. Їх оцінка математичного сподівання складала $\bar{M}[X_1^x]=109,224$, $\bar{M}[X_4^x]=121,159$, $\bar{M}[X_5^x]=107,146$, середнього квадратичного відхилення $\sigma_{X_1^x}=75,056$, $\sigma_{X_4^x}=63,792$, $\sigma_{X_5^x}=55,153$, та коефіцієнта варіації $n_{X_1^x}=0,78$, $n_{X_4^x}=0,607$, $n_{X_5^x}=0,633$, відповідно.

Функції густини розподілів за швидкостей 7,45 км/год, 18,6 та 22 км/год описуються залежностями (8), (9) та (10).

Аналізуючи результати досліджень відмітимо, що за лівої схеми розташування ножів котка-подрібнювача, довантаження 800 кг, найменше значення $\bar{M}[X_3^x]=101,841$ оцінки математичного сподівання встановлено за швидкості 13,6 км/год.

У таблиці 4 наведено зведені дані значень математичного сподівання, середнього квадратичного відхилення, коефіцієнта варіації, функції розподілу в залежності від схеми розташування ножів та швидкості переміщення

$$f(X_1^x) = 0,012 \cdot \left(\frac{X_1^x - 13}{104,076} \right)^{0,299} \exp \cdot \left[- \left(\frac{X_1^x - 13}{104,076} \right)^{0,299} \right]; \quad (8)$$

$$f(X_4^x) = \frac{1,682}{177,799} \cdot \left(\frac{X_4^x - 16}{177,799} \right)^{(1,682-1)} \exp \cdot \left[- \left(\frac{X_4^x - 16}{177,799} \right)^{1,682} \right]; \quad (9)$$

$$f(X_5^x) = \frac{1,606}{97,271} \cdot \left(\frac{X_5^x - 20}{97,271} \right)^{(1,606-1)} \exp \cdot \left[- \left(\frac{X_5^x - 20}{97,271} \right)^{1,606} \right]. \quad (10)$$

Таблиця 7 – Зведені дані значень математичного сподівання, середнього квадратичного відхилення, коефіцієнта варіації, функції розподілу в залежності від схеми розташування ножів та швидкості переміщення котка-подрібнювача

Довантаження 800 кг					
Швидкість, км/год	Схема розташування ножів	Математичне сподівання, $\bar{M}[X_i]$	Середньо квадратичне відхилення, σ_{X_i}	Коефіцієнт варіації, n_{X_i}	Функція розподілу
7,45	правого	96,779	58,009	0,684	$f(X_1^{np})$
	лівого	109,224	75,056	0,780	$f(X_1^x)$
10,08	правого	109,141	64,157	0,667	$f(X_2^{np})$
	лівого	150,929	62,897	0,557	$f(X_2^x)$
13,6	правого	118,916	57,217	0,674	$f(X_3^{np})$
	лівого	101,841	52,757	0,594	$f(X_3^x)$
18,6	правого	84,583	58,026	0,822	$f(X_4^{np})$
	лівого	121,159	63,792	0,607	$f(X_4^x)$
22	правого	101,427	61,723	0,723	$f(X_5^{np})$
	лівого	107,146	55,153	0,633	$f(X_5^x)$

Джерело: розроблено авторами

Порівнюючи результати досліджень за правої та лівої схем розташування ножів, за довантаження 800кг, відмічено перевищення значень математичних сподівань розподілів часток стебел у котка-подрібнювача з лівою схемою розташування ножів над правою на усіх швидкостях, що досліджувалися. Найменше значення $\bar{M}[X_4^{np}] = 84,583$ математичного сподівання за правої схеми розташування ножів встановлено за швидкості руху 18,6км/год, а за лівої – $\bar{M}[X_3^a] = 101,841$ за швидкості 13,6км/год. Найбільше значення $\bar{M}[X_2^a] = 150,929$ математичного сподівання розподілу часток стебел соняшнику за лівого розташування ножів встановлено за швидкості 10,08км/год, а для правої схеми – $\bar{M}[X_3^{np}] = 118,916$ за швидкості 13,6км/год. Перевищення найменшого значення математичного сподівання над найбільшим в межах однієї схеми розміщення ножів склало – за лівої 48%, за правої 41%.

Висновки. 1. За результатами проведених досліджень розроблено та виготовлено дослідний зразок котка-подрібнювача. У котка-подрібнювача ріжучі ножі розміщено по усій ширині захвату у шаховому порядку з можливістю змінювати кут нахилу до осі обертання барабана у діапазоні 5...20°.

2. Відмічено, що за умов 800кг довантаженням котка з правим розташуванням ножів-подрібнювачів найменше значення математичних сподівань розподілів подрібнених часток стебел $\bar{M}[X_4^{np}] = 84,583$ встановлено за швидкості руху 18,6км/год. Це значення на 14%, 30%, 40% і 20% менше ніж за швидкостей, відповідно, 7,45км/год, 10,08, 13,6, 22км/год.

3. Встановлено перевищення значень математичних сподівань розподілів часток стебел у котка-подрібнювача з лівою схемою розташування ножів над правою, за довантаження 800кг, на усіх швидкостях, що досліджувалися. Найменше значення $\bar{M}[X_4^{np}] = 84,583$ математичного сподівання за правої схеми розташування ножів встановлено за швидкості руху 18,6км/год, а за лівої – $\bar{M}[X_3^a] = 101,841$ за швидкості 13,6км/год. Найбільше значення $\bar{M}[X_2^a] = 150,929$ математичного сподівання розподілу часток стебел соняшнику за лівого розташування ножів встановлено за швидкості 10,08км/год, а для правої схеми – $\bar{M}[X_3^{np}] = 118,916$ за швидкості 13,6 км/год. Перевищення найменшого значення математичного сподівання над найбільшим в межах однієї схеми розміщення ножів склало – за лівої 48%, за правої 41%.

Список літератури

1. Іващенко О.О., Найдюнов В.Г. Природні біологічні системи – ключ до успіху сучасного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 6. С.5–11. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201607-01> (дата зверення: 09.09.2021).
2. Лінник М.К., Вольський В.А., Коцюбанський Р.В. Системний підхід до обґрунтування технологічної схеми та структури комбінованої машини для обробітку кукурудзяної стерні. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. 4(104). С. 99–105. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-4(104)-11.
3. Присяжная С.П. Совершенствование процесса измельчения и рассеивания соевой соломы для повышения плодородия почвы. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2009. 10(60) С.95–97.
4. Сало В.М., Богатирьев Д.В., Лещенко С.М., Савицький М.І. Вітчизняне технічне забезпечення сучасних процесів у рослинництві. *Техніка і технології АПК*. 2014. 10(61). С. 16–19.
5. Ashford, D. L., Reeves, D. W. (2003). Use of a mechanical roller-crimper as an alternative kill method for cover crop. *American Journal of Alternative Agriculture*, 18 (1). P. 37–45.
6. Bulgakov, V., Aboltins, A., Beloev, H., Nadykto, V., Kyurchev, V., Adamchuk, V., Kaminskiy, V. (2021). Experimental investigation of plow-chopping unit. *Agriculture (Switzerland)*, 11 (1). P. 1–14. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/1/30>. (дата зверення: 16.09.2021).

7. Wang, R., Yang, P., Tahun, R.F., Dou, S. (2017). Design and experiment of combine machine for deep furrowing, stubble chopping, returning and burying of chopped straw. *Nongye Gongcheng Xuebao /Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 33 (5), 40-47. <https://www.ingentaconnect.com/content/tcsae/tcsae/2017/00000033/00000005/art00006>. (дата звернення:18.09.2021).
8. Li, Y., Song, J., Kang, X., Dong, X., Jiang, H., Peng, W. (2013). Experiment on twin-roller cultivator for straw returning. *Nongye Jixie Xuebao /Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 44 (6), 45- 49.
9. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами, Москва: Мир, 1973. 957 с.

References

1. Ivashchenko, O.O. & Naidenov, V.G. (2016). Natural biological systems are the key to the success of modern agriculture. – *Bulletin of Agrarian Science*, № 6, 5–11 [in Ukrainian].
2. Linnyk, M.K., Volsky, V.A. & Kotsyubansky, R.V. (2019). Systemnyi pidkhdid do obruntuvannia tekhnolohichnoi skhemy ta struktury kombinovanoi mashyny dlia obrobitku kukurudzianoi sterni [System approach to substantiation of the technological scheme and structure of the combined machine for processing corn stubble]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria – Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 4 (104), 99–105 [in Ukrainian].
3. Prysiaznaia, S. P. (2009) Sovershenstvovanye protsessa yzmelcheniya y rassevyvaniya soevoi solomy dlia povysheniya plodorodiyia pochvy [Improving the process of grinding and scattering of soybean straw to increase soil fertility]. *Vestnyk Altaiskoho hosudarstvennogo ahrarnoho unyversyteta – Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 10 (60), 95–97. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-protcessa-izmelcheniya-irassevaniya-soevoj-solomy-dlya-povysheniya-plodorodiyia-pochvy> [in Russian].
4. Salo, V. M., Bohatyrov, D. V., Leshchenko, S. M., Savytskyi, M. I. (2014). Vitchyzniane tekhnichne zabezpechennia suchasnykh protsesiv u roslynnytstvi [Domestic technical support of modern processes in crop production]. *Tekhnika i tekhnolohii APK – Machinery and technologies of AIC*, 10 (61), 16–19. Retrieved from http://www.irbisnbuf.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuf/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03= FILA=&2_S21STR=Titap_2014_10_6 [in Ukrainian].
5. Ashford, D. L. & Reeves, D. W. (2003). Use of a mechanical roller-crimper as an alternative kill method for cover crop. *American Journal of Alternative Agriculture*, 18 (1), 37–45 [in English].
6. Bulgakov, V., Aboltins, A., Beloev, H., Nadykto, V., Kyurchev, V., Adamchuk, V. & Kaminskiy, V. (2021). Experimental investigation of plow-chopping unit. *Agriculture (Switzerland)*, 11 (1), 1–14. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/1/30> [in English].
7. Wang, R., Yang, P., Jahun, R.F. & Dou, S. (2017). Design and experiment of combine machine for deep furrowing, stubble chopping, returning and burying of chopped straw. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 33 (5), 40-47. Retrieved from <https://www.ingentaconnect.com/content/tcsae/tcsae/2017/00000033/00000005/art00006> [in English].
8. Li, Y., Song, J., Kang, X., Dong, X., Jiang, H. & Peng, W. (2013). Experiment on twin-roller cultivator for straw returning. *Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 44 (6), 45- 49 [in English].
9. Himmelblau, D. (1973). Analysis of processes by statistical methods, Moscow: Mir, 957 p. [in English].
10. Khymmelblau, D. (1973). *Analyz protsessov statystycheskymy metodamy [Analysis of processes by statistical methods]*. Moskva: Myr [in Russian].

Viktor Sheichenko, Prof., DSc.

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

Mikhail Chernovol, Prof., Academician of the NAAS of Ukraine, DSc.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Volodymyr Volskyi, Senior Researcher, PhD tech. sci., **Rostyslav Kotsyubanskyi**, post-graduate

National Scientific Centre “Institute of Agricultural Engineering and Electrification”, Glevakha, Ukraine

Research of Influence of the Scheme of an Arrangement of Knives of a Cat-shredder on Indicators of Quality of Crushing of Stalks of Sunflower

The study of the arrangement of the blades of the roller-grinder on the quality of grinding.

It is The work is devoted to the improvement of the technological process of grinding sunflower stalks due to the study of the influence of the arrangement of the blades of the roller-grinder on the quality of grinding. in the range of 5... 20 °.

It is noted that under 800 kg by loading the roller with the right location of the chopping knives, the lowest value of mathematical expectations of the distribution of crushed stem $\bar{M}[X_4^{np}] = 84,583$ particles is set at 18.6 km / h. This value is 14%, 30%, 40% and 20% less than the speed, respectively, 7.45 km/h, 10.08, 13.6, 22 km/h.

Exceedance of values of mathematical expectations of distributions of particles of stalks at a roller-shredder with the left scheme of an arrangement of knives over the right, for loading of 800 kg, at all speeds investigated is established. The lowest $\bar{M}[X_4^{np}] = 84,583$ value of mathematical expectation for the right layout of the knives was set at a speed of 18.6 km / h, and for the left - $\bar{M}[X_3^a] = 101,841$ at a speed of 13.6 km / h. The highest value $\bar{M}[X_2^a] = 150,929$ of the mathematical expectation of the distribution of parts of sunflower stalks at the left location of the knives is set at a speed of 10.08 km/h, and for the right scheme $\bar{M}[X_3^{np}] = 118,916$ - at a speed of 13.6 km/h. Exceeding the lowest value of mathematical expectation over the highest within one scheme of placement of knives was - on the left 48%, on the right 41%.

In the roller with the left location of the cutting edge of the knives, with a load of 600 kg in the range of 51–100 mm, the percentage of crushed particles of sunflower stalks exceeded the corresponding values with a load of 800 kg. At speeds of 10.08 km/h, 13.6, 18.6 and 22 km/h, this excess was 1.9 times, 1.44, 1.96 and 1.99 times, respectively.

shredding of sunflower stalks, plant remains, roller-shredder, indicators of grinding quality

Одержано (Received) 24.10.2021

Прорецензовано (Reviewed) 09.11.2021

Прийнято до друку (Approved) 29.11.2021

УДК 621.311.01.064.03

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2021.51.88-94>

Ф.М. Ерхан, проф., д-р хаб.т.н., **Д.А. Войнеско**, препод.

Государственный аграрный университет Молдовы, г. Кишинев, Молдова

e-mail: terhan@mail.ru

Оценка влияния несимметричных режимов на показатели надежности распределительных систем

Распределительные системы электрической энергии обладают большой динамикой развития. Благодаря этому явлению в системах распределения электроэнергии вероятность установки асимметричных режимов монотонно возрастает. В результате этого меняется надежность работы силового электрооборудования, установленного в электрических узлах.

Асимметричные режимы в распределительных системах электрической энергии, сопровождаются очень часто с токами короткого замыкания, которые являются функцией ряда, как определенных, так и неопределенных факторов, которые носят вероятностный характер.

Из этого следует, что исследование влияния асимметричных режимов, сопровождаемых токами короткого замыкания, на надежность распределительных системах электрической энергии, является одной из важнейших задач их развития

Токи короткого замыкания влияют на структурную и функциональную надежность установленного электрооборудования распределительных систем.

несимметричные режимы, переходные процессы, электроэнергетические системы, функциональная надежность электрооборудования и выключателей, уравнение непрерывности электрической дуги, уравнение сохранения аксиальной проекции импульса, уравнение сохранения энергии импульса

© Ф.М. Ерхан, Д.А. Войнеско, 2021