

## Розроблення котка-подрібнювача стебел соняшнику та обґрунтування раціональних режимів його роботи

В. О. Шейченко, В. А. Вольський, Р. В. Коцюбанський, В. І. Днесь,  
М. В. Шевчук, О. І. Біловод, О. У. Дрожжана

*Досліджено технологічний процес подрібнення рослинних решток соняшнику та причинно-наслідкові зв'язки чинників, що обумовлюють систему формувань показників якості. Створено необхідні передумови визначення раціональних режимів та параметрів котка-подрібнювача.*

*Розроблено та виготовлено дослідний зразок котка-подрібнювача, у якого ріжучі ножі розміщено по всій ширині захвату у шаховому порядку з можливістю змінювати кут нахилу до осі обертання барабана в діапазоні 5...20°.*

*Встановлено, що за правого розташування ріжучої кромки ножів найбільший сумарний рівень відсотку подрібнених стебел у діапазоні 101–150 мм з довантаженням масою 800 кг перевищував у 1,58 рази відповідні показники котка з довантаженням 600 кг. Найбільше сумарне значення відсотку подрібнених стебел у діапазоні 0–200 мм за умов довантаження котка масою 800 кг у 1,13 рази перевищувало відповідні показники котка з довантаженням 600 кг.*

*У діапазоні 0–200 мм за умов 600 кг довантаження котка, лівого розташування ріжучої кромки ножів котка відмічено вищі сумарні відсотки подрібнених стебел у порівнянні з правим. За швидкості 7,45 км/год, 13,6 км/год накопичене значення відсотку подрібнених стебел перевищувало відповідні показники з правим розташуванням ножів у 1,09 рази, швидкості 18,6 км/год – у 1,04 рази, швидкості 22 км/год – 1,04 рази відповідно.*

*Відмічено, що за умов лівого розташування ріжучої кромки ножів котка, відсоток подрібнених стебел у діапазоні 51–100 мм за рівнем довантаження 600 кг перевищував відповідні показники з довантаженням 800 кг. Це перевищення за швидкості 10,08 км/год складало 1,9 рази, за швидкості 13,6 км/год – 1,44 рази, за швидкості 18,6 км/год – 1,96 рази, швидкості 22 км/год – 1,99 рази, відповідно.*

*Ключові слова: подрібнення стебел соняшнику, рослинні рештки, зароблення рослинних решток, обробіток ґрунту, коток-подрібнювач, показники якості подрібнення.*

### 1. Вступ

Технологічні операції подрібнення залишків кукурудзи, соняшнику, ріпаку, сидератів та низки інших культур здійснюють спеціальними машинами. Коток-подрібнювач у поєднанні з дисковою бороною – надзвичайно ефективно знаряддя на такому агрофоні. Його дія сприяє подрібненню, частковому загортанню рослинних решток, а також утворенню добре замульчованого верхнього шару ґрунту. Цей шар ґрунту характеризується агрономічно цінною структу-

рою. Рівномірне перемішування рослинних решток з ґрунтом також доцільно і з точки зору їх швидкого розкладання, утворення сприятливих умов для посіву і попередження ранньої засміченості.

Відмітимо, що змінення клімату суттєво впливає на розширення форм, видів шкідників і хвороб рослин. За умов вирощування кукурудзи аграрії все гостріше відчувають негативний вплив на культуру кукурудзяного метелика. Застосування хімічних засобів не вирішує цієї проблеми. Як показує практика, подрібнювачі стебел кукурудзи ефективні у боротьбі з зазначеним шкідником.

До якості подрібнення залишків грубостеблових культур висувається низка агротехнічних вимог, дотримання яких можливе тільки за умов урахування залежності якісних показників від технологічних параметрів. Ці умови є базовими при проектуванні нових машин і знарядь.

Науковцями постійно здійснюється пошук нових техніко-технологічних рішень та удосконалення конструкцій котків-подрібнювачів. Проте відсутність загальної методології обґрунтування раціональних технологічних параметрів як комбінованих машин, що містять дискові ротаційні знаряддя та котки-подрібнювачі, так і котки-подрібнювачі у вигляді монознаряддя, призводить до подальших серйозних прорахунків, які виникають при проектуванні нових. Слепе копіювання чужих розробок, що нерідко спостерігається в сучасних умовах виробництва, призводить до накопичення проблем та подальшого застосування не обґрунтованих рішень.

Якість роботи котків-подрібнювачів в значній мірі залежить від правильного вибору їх раціональних параметрів і режимів роботи, які повністю визначаються не тільки конструкційними особливостями, але й умовами експлуатації.

Тому дослідження механізму впливу фізико-механічних властивостей рослинного матеріалу на якість його подрібнення є необхідною умовою при обґрунтуванні і розробленні технологічних параметрів котків-подрібнювачів та режимів їх роботи.

## **2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

Залежність якості роботи котків-подрібнювачів від умов експлуатації іноді настільки відчутна, що виникає потреба розроблення модельного ряду знарядь для кожної ґрунтово-кліматичної зони [1]. Широкий діапазон змінення більшості властивостей рослинного матеріалу навіть для одного й того ж поля є тим причинно-наслідковим чинником, що обумовлює якість роботи [2].

Використання спеціальних машин, до складу яких входять котки-подрібнювачі, доцільно лише за умови їх великого завантаження [3]. Відмітимо, що крім соняшnikової та кукурудзяної стерні, доцільно здійснювати також операції подрібнення і заробляння сидератів, обробку стерні рапсу, зернових культур тощо [4].

На орних землях багатьох держав найбільш вірогідно одночасно із зростанням температури у літні місяці слід очікувати підвищення дефіциту доступної для рослин вологи у ґрунті [5]. За таких кліматичних змін найактуальнішими є питання максимального накопичення протягом року опадів і найраціональнішого використання вологи у теплий період. Досягти цього можливо широ-

ким впровадженням таких систем обробітку ґрунту, що унеможлиблюють щорічне перевертання орного шару, Такі заходи покращують збереження і накопичування на поверхні ґрунту мульчі, зменшують швидкість руху приземного шару повітря і сприяють кращому збереженню вологи, накопиченої протягом осінньо-зимового періоду [6].

За умов механічного оброблення стерні грубостеблових культур ступінь подрібнення стебел – важливий показник якості виконання технологічної операції [7]. Для кукурудзи за критерій оцінювання встановлюють кількість не пошкоджених частин стебел завдовжки понад 5 см, в яких можуть зимувати лялечки кукурудзяного метелика. Для інших культур цей показник не має такого суттєвого значення [8].

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 [9] наведено результати досліджень машинно-тракторного агрегату, який одночасно виконує технологічні операції подрібнення і загортання ґрунтом рослинних залишків (соняшникова стерня). Першу операцію здійснюють завдяки подрібнювача рослинних залишків, встановленого спереду. Плуг, встановлений позаду здійснює операцію загортання. Відмічено, що кількість подрібнених частинок довжиною менше 15 см зросла у 1,5 рази, а кількість частинок довжиною більше 30 см зменшилася у 3 рази. За умов аналізу всього об'єму рослинних залишків у ґрунті їх незруйнована частина не перевищувала 1 %. Проте поза увагою авторів залишилися питання визначення впливу на якість подрібнення рослинних решток швидкості руху агрегату.

У дослідженні [10] відмічено, що повернення та глибоке закопування сільськогосподарської соломи у ґрунт є ефективним способом використання та переробки ресурсу соломи, зменшення забруднення та підвищення родючості ґрунту. Авторами статті [10] було розроблено комбінований агрегат для глибокого боронування, подрібнення стерні, перевертання та закопування подрібненої соломи. Таким чином, 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 глибина зрізування ґрунту як прямої лопаті, так і руйнування стерні впливала на опір і, отже, впливала на потужність обробітку ґрунту. Відмічено, що оптимальні зусилля на обробіток ґрунту та якість подрібнення стерні складали відповідно 21,6 кН та 96,3 % при швидкості обертання 340 об/хв. Запропонована конструкція комбінованого агрегату на думку ефективна при глибокій борозні, руйнуванні ґрунту, ламанні стерні та закопуванні подрібненої кукурудзяної соломи з хорошою якістю експлуатації. Проте поза увагою авторів залишилися питання впливу на показники якості виконання технологічної операції подрібнення додаткової вертикальної ваги, прикладеної до подрібнювача.

З метою поліпшення якості роботи та зменшення енерговитрат машини на подрібнення соломи запропоновано схема та механізм роботи двокаткового культиватора [11]. За результатами експериментальних досліджень запропонованої конструкції відмічено високу якість роботи на подрібненні стебел кукуру-

дзи. Показник рівня подрібнення стебел досягав майже 90 %. Проте автори не наводять конкретні значення ступеня подрібнення стебел кукурудзи у діапазоні понад 50 мм.

У роботі [12] 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.

Мульчувачі або котки-плющилки в соло варіанті не зважаючи на їх високу ефективність в руйнуванні стебел, навпаки не володіють наведеними вище додатковими перевагами [13]. Навпаки, їх безсистемне застосування може привести до накопичення великих мас рослинних решток на поверхні ґрунту, що сповільнює його прогрівання весною. Рівномірне перемішування рослинних решток з ґрунтом також доцільно і з точки зору їх швидкого розкладання, утворення сприятливих умов для посіву і попередження ранньої засміченості [14].

Саме тому необхідне розроблення котків-подрібнювачів як у моновиконанні, так і в складі спеціальних агрегатів. Завдяки цьому уможливиться у майбутньому застосовувати їх для проведення поверхневого обробітку ґрунту з інтенсивним його перемішуванням. Серед відмічених вище операцій луцення стерні, обробіток полів із великою кількістю рослинних грубостеблових решток, передпосівний обробіток ґрунту та загорання органічних добрив.

### **3. Мета і завдання дослідження**

Мета досліджень – розроблення котка-подрібнювача стебел соняшнику та обґрунтування раціональних режимів його роботи. Це уможливить підвищити якість технологічних операцій подрібнення стебел соняшнику завдяки зменшенню нерівномірності, знизити енергетичні витрати та інтенсифікувати процес подрібнення.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- розробити та виготовити коток-подрібнювач із змінними до осі обертання кутами нахилу ріжучих ножів;
- дослідити вплив додаткової вертикальної ваги, прикладеної над центром мас котка, на показники якості подрібнення і загорання стебел соняшнику;
- дослідити вплив розташування ріжучої кромки подрібнюючого ножа котка на показники якості виконання операцій подрібнення і загорання стебел соняшнику;
- дослідити вплив швидкості руху енергозасобу на показники якості виконання подрібнення і загорання стебел соняшнику.

### **4. Матеріали та методи дослідження**

Експериментальний зразок котка-подрібнювача рослинних решток досліджено в умовах дослідних ділянок ТОВ «Краснянське СП «Агромаш» (Вінницька область) та ДП ДГ «Оленівське» ННЦ «ІМЕСГ» (Київська область). Умови випробувань наведено у табл. 1.

Згідно з програмою досліджень проведено одноразовий прохід по агрофону, що представляв собою рівні ділянки поля після збирання соняшнику. В процесі досліджень визначали показники подрібнення та заробляння рослинних решток у ґрунт. Агрегування котка-подрібнювача здійснювали трактором МТЗ-80 (виробник Мінський тракторний завод, Республіка Білорусь).

У польових умовах швидкість руху енергетичного засобу визначали таким чином. Попередньо розбивали ділянки поля на загінки, довжиною  $l$ , ( $l=100-150$  м). Час проходження ділянки агрегатом визначали секундоміром. Встановлені данні заносили у таблиці. Швидкість визначали за залежністю:

$$v = \frac{l}{t}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

де  $t$  – час виконання операції на цій довжині ділянки, с.

Таблиця 1  
Умови досліджень котка-подрібнювача

№ п/п	Параметр	Значення
1	Температура навколишнього середовища, °С	6,6
2	Вологість повітря, %	84,6
3	Швидкість вітру, м/с	2,5
4	Культура	соняшник
5	Попередник	кукурудза
6	Вологість ґрунту, %	24–25
7	Тип ґрунту	Чорнозем
8	Швидкість руху, км/год	7,45–22
9	Ширина захвату, м	3,8
10	Міжряддя між стеблами, мм	700
11	Відстань між стеблами у рядку, мм	220
12	Середній діаметр стеблин, мм	18,6
13	Середня висота стеблин, мм	762,87
14	Середня маса рослинних решток, г	493,6
15	Потужність трактора, кН	3
16	Агрегування котка-подрібнювача	начіпний

Збирання зразків подрібненої рослинної маси здійснювали у різних місцях поля як по ширині захоплення робочими органами котка, так і по довжині гону. У визначених за таким способом місцях розміщували дерев'яну контрольну рамку розміром  $1 \times 1$  м. З площі рамки у спеціально підготовлені та підписані пакети збирали рослинні рештки, що розташовані як на поверхні ґрунту, так і на всій глибині обробітку.

Сортування відібраних подрібнених стебел на фракції, визначення їх довжин, ваги та вологості, здійснювали у лабораторних умовах. Довжину фракцій подрібнених стебел визначали лінійкою. Значення визначеної довжини кожної частинки стебла заносили у таблиці. Кількість частинок стебел, що внесли у

вибрані інтервали розмірів, уможливило встановити частоту виникнення події частинок у кожному інтервалі. Групування даних згладжено випадковими коливаннями, які властиві невеликій кількості даних, спроможних зберігати основні, характерні риси зібраного експериментального матеріалу у цілому. Встановлення кількості і величини інтервалів груп не призвело до значних втрат стосовно процесу. Експериментальні дані групували за інтервалами однакового розміру (50 мм) у діапазонах 0–50 мм, 51–100 мм, 101–150 мм, 151–200 мм, понад 201 мм. За таких умов складено таблиці усіх довжин фракцій рослинних решток.

Дослідження проведено на швидкостях руху 7,45 км/год, 10,08 км/год, 13,6 км/год, 18,6 км/год та 22,0 км/год. На кожній швидкості було здійснено по три повторності.

Вагу пакету з відібраними рослинними рештками, а також вагу окремих фракцій подрібнених решток, визначали терезами в лабораторних умовах.

Вологість сировини визначали ваговим методом згідно ДСТУ ISO 6496:2005.

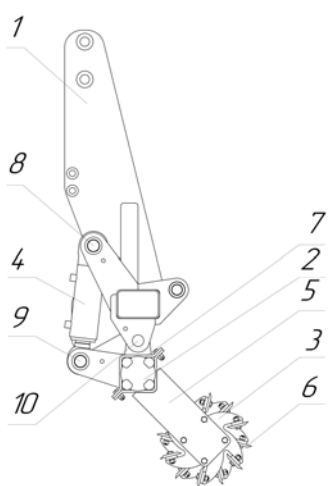
Аналіз процесів подрібнення і заробляння рослинних решток здійснено статистичними методами згідно [15]. Аналізу підлягала вибірка часток стебел, яку сформували у певних наперед визначених діапазонах: 0–50 мм, 51–100 мм, 101–150 мм, 151–200 мм, понад 201 мм. За результатами досліджень будували графічні залежності, де по осі ординат відкладали величину  $\frac{m}{n+1}$ , яка представляла залежну перемінну (де  $n$  – повний об'єм вибірки,  $m$  – середнє значення рангу, що визначається для кожного значення частинки стебла). По осі абсцис відкладали інтервали груп частинок подрібнених стебел. Внаслідок того, що графік накопиченої вірогідності визначає вірогідність того, що перемінна "дорівнює, або менше, ніж", то значення залежної перемінної, відкладали над верхньою межею кожного інтервалу.

## **5. Результати дослідження з розроблення котка-подрібнювача стебел соняшнику та обґрунтування раціональних режимів його роботи**

### **5.1. Розроблення та виготовлення котка-подрібнювача із змінними до осі обертання кутами нахилу ріжучих ножів**

З метою підвищення ефективності подрібнення грубостебельних рослинних решток і зменшення енергоємності відповідних технологічних операцій подрібнення та заробляння пожнивних решток, які залишаються після збирання кукурудзи, соняшника, ріпаку та інших культур, розроблено та виготовлено коток-подрібнювач.

Коток-подрібнювач 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 підрамник разом з барабанами може опускатися і підніматися у вертикальній площині завдяки двом гідроциліндрів, які закріплено шарнірно. Технічну характеристику котка-подрібнювача наведено у табл. 2.



*a*



*б*

Рис. 1. Схема котка-подрібнювача рослинних решток: *a*– вид збоку; *б* – вид зверху: 1 – рама; 2 – підрамник; 3 – барабани; 4 – гідроциліндри; 5 – кронштейни; 6 – ріжучі ножі; 7 – фланці; 8, 9, 10 – пальці

Таблиця 2

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°

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

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

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

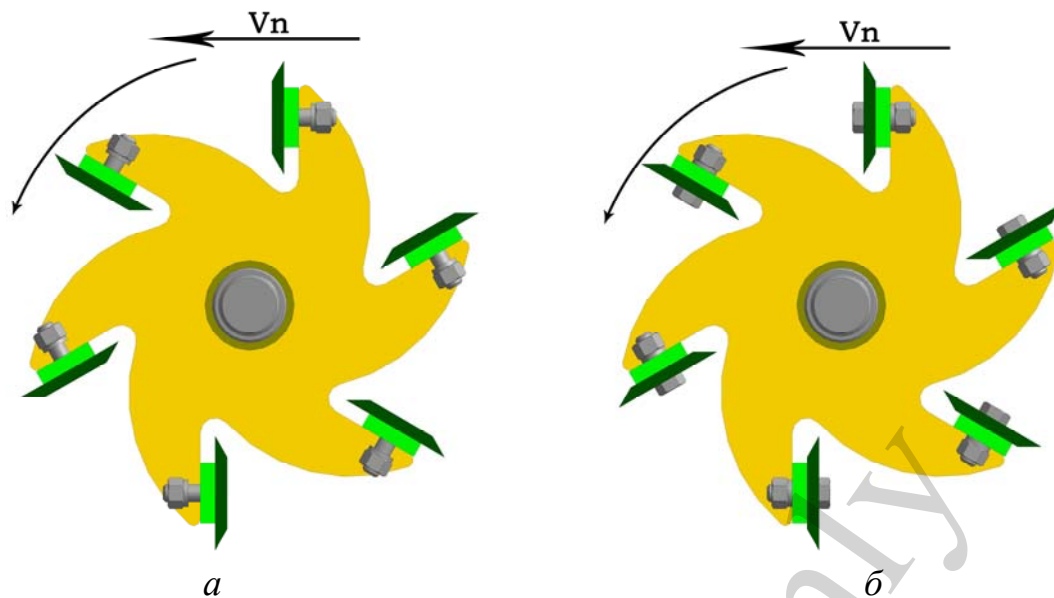


Рис. 2. Схема розміщення ножів на барабанах котка-подрібнювача: *a* – лівого; *б* – правого

## 5. 2. Результати визначення впливу додаткової ваги на показники якості подрібнення стебел соняшнику

Дослідження проведено з метою визначення впливу додаткової вертикальної ваги на показники якості виконання технологічного процесу подрібнення рослинних решток соняшнику котком-подрібнювачем за умов правого та лівого розташування ріжучої кромки ножа.

### 5. 2. 1. Результати досліджень за умов правого розташування ножів котка

Коток-подрібнювач довантажували вертикальною силою. Значення сили змінювали в залежності від маси рідини, якою заповнювали ємність. Ємність для рідини розміщено в середній частині симетрично поздовжньої площини котка. Дослідами передбачено заповнення ємності водою у кількості 600 та 800 кг (5,88 та 7,84 кН) (рис. 3, *a*).

В якості контрольного використано результати дослідів, у якому коток-подрібнювач на швидкості 7,2 км/год агрегували спільно з дисковою бороною БДВП-3,8 (виробник ТОВ Краснянське СП "Агромаш", Україна). Завантаження трактора складало 43,4 к.с./м на один метр ширини захоплення агрегату. За таких умов реалізовано можливість взяття проб у вигляді подрібнених стебел, як після котка, так і після дискової борони (рис. 3, *б*, *в*). У кожному досліді здійснювали по три повторності.

Оцінку ефективності подрібнення стебел здійснено по накопиченій частоті подій (кількості) встановлених розмірів часток стебел у певному діапазоні їх розмірів. Цей діапазон довжин ідентичний розмірам визначених для інших експериментів.





*а*



*б*



*в*

Рис. 3. Коток-подрібнювач в роботі на соняшнику: *а* – загальний вигляд; *б* – стан поля до обробітку; *в* – стан поля після одноразового обробітку котком-подрібнювачем

У табл. 3, 4 наведено відсоток подрібнених стебел соняшника за швидкості руху 7,45 км/год за правого розташування ріжучої кромки ножа. Встановлено, що у діапазоні 0–50мм відмічений відсоток склав 12,9 % за 600 кг довантаження, 12,5 % за 800кг, 18,6 % – для котка в агрегаті з дисковою бороною. Збільшення у останньому експерименті майже на 15 % значень часток подрібнених фракцій у порівнянні з іншими обумовлено конструкційними відмінностями агрегатів, що їх здійснювали. Ширини рушіїв трактора, що агрегував коток-подрібнювач з дисковою бороною у 1,35 рази (повна споряджена маса у 1,38 рази) перевищувала показники рушіїв трактора з котком-подрібнювачем.

Збільшення відсотку подрібнених стебел у діапазоні 51–100 мм для швидкості руху 7,45 км/год склало 25,8 % за довантаження 600 кг (досягло рівня 38,7 %). За довантаження 800 кг – 22,2 % (досягло 34,7 %). Для агрегату, що містить коток-подрібнювач та дискову борону, цей показник склав 25,4 % (досягло 44 %).

Відзначимо, що найбільший сумарний рівень подрібнених стебел у діапазоні 101–150 мм встановлено за умов довантаження котка масою 800 кг. Збільшення значення довантажувальної сили призвело до відповідного зростання відсотку подрібнених частин стебел. Накопичене значення відсотку подрібнених часток стебел для цього стану котка перевищувало у 1,58 рази відповідне значення котка з довантаженням 600 кг та у 1,33 рази для агрегату в складі котка-подрібнювача та дискової борони.

Відзначимо, що найбільше сумарне значення відсотку подрібнених стебел у діапазоні 0–200 мм встановлено за умов довантаження котка масою 800 кг. Ці значення у 1,13 рази перевищувало показники котка з довантаженням 600 кг та у 1,05 рази агрегату в складі котка-подрібнювача та дискової борони.

У діапазоні понад 201 мм збільшення відсотку подрібнених стебел склало за довантаження 600 кг – 19,3 % (досягло рівня 93,5 %). За довантаження 800 кг – 12,9 % (досягло 97 %). Для агрегату в складі котка-подрібнювача та дискової борони – 15,5 % (досягло 95,6 %).

Приріст за п'ятьма визначеними діапазонами змінення довжини часток подрібнених стебел склав: для котка з довантаженням 800 кг – 12,5 %, 22,2 %, 44,7 %, 4,7 %, 12,9 %. Для котка з довантаженням 600 кг: 12,9 %, 25,8 %, 12,9 %, 22,6 %, 19,3 %. Для агрегату в складі дискової борони та котка-подрібнювача – 18,6 %, 25,4 %, 15,7 %, 20,4 %, 15,5 %, відповідно.

Збільшення довантажувальної маси за швидкості руху 7,45 км/год від 600 до 800 кг призводило до відповідного зростання сумарного значення відсотку подрібнених стебел у діапазонах 101–150 мм, 151–200 мм та понад 201 мм.

Аналізуючи результати досліджень у діапазоні 0–50 мм для котка з 800 кг довантаженої маси на усіх інтервалах швидкостей відзначимо, що найбільше (20,2 %) значення встановлено за швидкості руху 18,6 км/год. Сумарний накопичений відсоток подрібнених стебел у діапазоні 0–200 мм на рівні 84,1 % встановлено за швидкості руху 7,45 км/год. Це значення у 1,08 рази більше ніж за швидкості 13,6 км/год, 1,05 рази ніж за швидкості 10,08 км/год, 1,01 рази швидкості 18,6 км/год, 1,03 рази швидкості 22 км/год

Проведено аналіз результатів досліджень показників подрібнення стебел соняшнику за різних значень швидкості руху. У діапазоні 0–50 мм за дованта-

женням котка масою 600 кг за швидкості руху 7,45 км/год відсоток подрібнених стебел склав 12,9 %. За швидкості 10,08 км/год – 18,6 %, швидкості 13,6 км/год – 12,7 %, 18,6 км/год – 16,4 %, 22 км/год – 12,6 %, відповідно. Сумарне накопичене значення відсотку подрібнених стебел у діапазоні 0–50 мм склало: для швидкості 7,45 км/год – 51,6 %, 10,08 км/год – 72,6 %, 13,6 км/год – 60,8 %, 18,6 км/год – 67 %, 22 км/год – 62,2 %, відповідно.

Найбільше сумарне значення відсотку подрібнених стебел у діапазоні 0–150 мм на рівні 72,6 % встановлено за швидкості руху 10,08 км/год. Цей показник перевищував відповідні значення за швидкості руху 7,45 км/год у 1,41 рази, швидкості 13,6 км/год у 1,19 рази, швидкості 18,6 м/год у 1,08 рази, швидкості 22 км/год у 1,17 рази.

У діапазоні 0–200 мм аналогічно діапазону 0–150 мм найбільше сумарне значення відсотку подрібнених стебел встановлено на рівні 88,5 % за швидкості руху 10,08 км/год.

Відзначимо, що за умов довантаження котка масою 600 кг найбільше сумарне значення відсотку подрібнених стебел у діапазоні 0–150 мм та 0–200 мм встановлено за швидкості руху 10,08 км/год. За умови довантаження котка масою 800 кг найбільше сумарне значення відсотку подрібнених стебел у діапазоні 0–150 та 0–200 мм встановлено за швидкості руху 7,45 км/год. Збільшення довантаження котка масою від 600 до 800 кг не призводить до відповідного зростання сумарного значення відсотку подрібнених стебел. За швидкості 7,45 км/год коток довантажений масою 800 кг мав кращі показники у порівнянні з відповідними показниками котка, довантаженого 600 кг. Проте за абсолютними сумарними значеннями відсотку подрібнених стебел у діапазонах 0–150 мм та 0–200 мм коток довантажений масою 600 кг за швидкості руху 10,08 км/год мав вищі показники. Ці показники відповідно становили 72,6 % і 88,5 % (табл. 3, 4).

### **5. 2. 2. Результати досліджень котка-подрібнювача за умов лівого розташування ріжучої кромки ножа**

Розподілення фракцій решток соняшнику за умов лівого розташування ножів котка наведено у узагальнених таблицях, якими встановлено відповідні показники проходження котка з довантаженням 800 кг (табл. 3) та довантаженням 600 кг (табл. 4).

Аналізуючи результати досліджень, наведених у табл. 3, 4, відмітимо, що у діапазоні менше 50 мм найбільший відсоток подрібнених часток стебел (31,6 %) встановлено за швидкості 22 км/год та довантаження 600 кг. Збільшення довантаження від 600 до 800 кг не призводило до відповідного зростання відсотку подрібнених часток соняшнику на усіх швидкостях, що досліджувалися. За швидкості руху 7,45 км/год відсоток подрібнених часток соняшнику котком з довантаженням 600 кг складав 14,5 % проти 12,4 % з довантаженням 800 кг. За швидкості 10,08 км/год відсоток подрібнених часток складав відповідно 21 % для 600 кг довантаження та 11 % для 800 кг. Відсотки подрібнених стебел соняшнику за швидкості 10,08 км/год і довантаженням 600 кг у 1,9 рази перевищували відповідні показники з рівнем довантаження 800 кг. За швидкос-

ті руху 13,6 км/год це співвідношення складало 1,44 рази, за швидкості 18,6 км/год – 1,96 рази, за швидкості 22 км/год – 1,99 рази, відповідно.

Таблиця 3

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
<b>З правим розташуванням ножів</b>					
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
<b>З лівим розташуванням ножів</b>					
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

Таблиця 4

Узагальнені результати досліджень розподілення фракцій решток соняшнику котком-подрібнювачем із довантаженням 600 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
<b>З правим розташуванням ножів</b>					
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
<b>З лівим розташуванням ножів</b>					
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

Збільшення швидкості як за рівнем довантаження 600 кг так і 800 кг призвело до відповідного зростання відсотку подрібнених стебел соняшнику.

У діапазоні 51–100 мм з довантаженням котка 600 кг найбільші відсотки подрібнених стебел встановлено на рівні 50,6 % за швидкості руху 13,6 км/год. За умов довантаження 800 кг – на рівні 41,3 % за швидкості 22 км/год.

Приріст відсотків подрібнених стебел від діапазону менше 50 мм до 51–100 мм коливався в межах 15–25,4 %. Найбільший 25,4 % приріст відсотку подрібнених стебел встановлено за довантаження 800 кг за швидкості 22 км/год. За цим значенням довантаження приріст відсотку подрібнених стебел склав за швидкості 7,45 км/год – 24,1 %, швидкості 10,08 км/год – 15 %, 13,6 км/год – 24 %, 18,6 км/год – 22,4 %, 22 км/год – 25,4 %. Довантаження котка масою 600 кг призводило до відповідного підвищення показників на усіх швидкостях, що досліджувалися. Так за швидкості 7,45 км/год ці значення склали 15,8 %, 10,08 км/год – 29 %, 13,6 км/год – 31,8 %, 18,6 км/год – 32,6 %, 22 км/год – 11,4 %.

У діапазоні до 150 мм (сума відсотків подрібнених стебел діапазонів менше 50 мм, 51–100 мм, 101–150 мм) найбільші (на рівні 75,3 %) значення відсотків подрібнених стебел встановлено за довантаження 600 кг та швидкості 13,6 км/год. Цей показник перевищував найбільше значення відсотку подрібнених стебел за довантаження 800 кг і швидкості руху 22 км/год у 1,19 рази. Варто відзначити домінуюче перевищення накопиченого відсотку подрібнених стебел у діапазоні 0–150 мм у котка подрібнювача з довантаженням 600 кг над відповідними значеннями показників за умов 800 кг довантаження.

Аналізуючи рівномірність зростання відсотку подрібнених стебел за встановленими діапазонами в залежності від швидкості переміщення, то ці показники характеризувалися такими величинами: за довантаження 600 кг і швидкості руху 7,45 км/год – 15,8 %, 26,3 %, 25 %, 14,5 %. За швидкості 10,08 км/год – 29 %, 19 %, 19 %, 10 %; швидкості 13,6 км/год – 31,8 %, 24,7 %, 15,3 %, 8,2 %; швидкості 18,6 км/год – 32,6 %, 19,1 %, 17,1 %; швидкості 22 км/год – 11,4 %, 24,1 %, 20,9 %, 10,7 %, відповідно.

Встановлено зростання відсотку подрібнених стебел соняшнику в залежності від швидкості переміщення за умов довантаження котка 800 кг масою. За швидкості 7,45 км/год це збільшення склало 24,1 %, 24,1 %, 23,5 %, 13,2 %. За швидкості 10,08 км/год, відповідно 15 %, 11 %, 26 %, 26 %. Швидкості 13,6 км/год – 24 %, 23 %, 25 %. Швидкості 18,6 км/год – 22,4, 19,7 %, 23,7 %, 19,8 %. Швидкості 22 км/год – 25,4 %, 22,2 %, 22,2 %, 12,7 %, відповідно. Відзначимо виражену певну рівномірність збільшення відсотку подрібнених стебел у діапазонах до 200 мм за довантаження 800 кг на усіх швидкостях, що досліджувалися. За такого рівня довантаження відсоток подрібнених стебел у діапазоні понад 201 мм значно менший ніж відсоток подрібнених стебел за довантаження 600 кг. Тобто збільшення маси довантаження уможливорює відповідне зростання сумарного середнього значення відсотку подрібнених стебел у діапазоні 0–201 мм у 1,5 рази у порівнянні з відповідними показниками за умов довантаження 600 кг.

Проведено аналіз результатів досліджень подрібнення стебел соняшнику котком подрібнювачем за різних варіантів встановлення ножів (лівого та правого). Відзначено, що у діапазоні менше 50 мм коток з лівим розташуванням ножів з довантаженням масою 600 кг мав вищі значення відсотку подрібнених стебел на усіх швидкостях (табл. 3, 4).

За швидкості 7,45 км/год ці показники перевищували відповідні значення показників котка з правим розташуванням ножів на 12 %. За швидкості

10,08 км/год на 13 %, швидкості 13,6 км/год на 48 %. За швидкості 18,6 км/год на 26 %, швидкості 22 км/год на 151 %, відповідно. У цьому ж діапазоні 0–50 мм за довантаження 800 кг перевищення відсотку подрібнених стебел за лівого розташування ножів відзначено за швидкості руху 13,6 км/год у 2,2 рази, та швидкості 22 км/год у 1,07 рази.

Найбільше сумарне значення відсотку подрібнених стебел діапазону 0–100 мм встановлено за правого розташування ножів, довантаження 800 кг за швидкості 18,6 км/год – 53,6 %.

У діапазоні 0–150 мм встановлено перевищення сумарних (накопичених) значень відсотку подрібнених стебел за довантаження котка масою 800 кг за правого розташування ножів на усіх (за винятком швидкості 13,6 км/год) швидкостях, що досліджувалися. За довантаження 600 кг ця картина суттєво змінилася. Вже коток з лівим розташуванням ножів у діапазоні 0–150 мм характеризувався більшими значеннями сумарних відсотків подрібнених стебел на майже усіх (крім швидкості 10,08 км/год) швидкостях експериментальних досліджень.

У діапазоні 0–200 мм за умов 600 кг маси довантаження коток з лівим розташуванням ножів також характеризувався вищими сумарними відсотками подрібнених стебел у порівнянні з правим розташуванням ножів. Так за швидкості руху 7,45 км/год накопичене значення відсотку подрібнених стебел у діапазоні 0–200 мм перевищувало відповідні показники з правим розташуванням ножів у 1,09 рази. За швидкості 13,6 км/год – у 1,09 рази, швидкості 18,6 км/год – у 1,04 рази. За швидкості 22 км/год зазначене співвідношення склало 1,04 рази, відповідно.

За швидкості руху 10,08 км/год ці показники майже однакові (88 % у лівого та 88,5 % у правого).

Довантаження котка масою 800 кг змінило картину відмінностей розподілу відсотків подрібнених стебел соняшнику для правого та лівого розташування ножів. Яскраво вираженої закономірності домінування напрямку встановлення ножа на картину змінення відсотку подрібнених стебел не встановлено. За швидкості 7,45 км/год сумарне значення відсотку подрібнених стебел однакове (84,1 %). За швидкості 10,08 км/год та 18,6 км/год більшими сумарними значеннями відсотків характеризувалися котки з правим розташуванням ножів. Це співвідношення відповідно складало 80,3 % проти 63 % на швидкості 10,08 км/год, 83,3 % проти 76,3 % на швидкості 18,6 км/год. На швидкості 13,6 км/год та 22 км/год вищі показники сумарного відсотку подрібнених стебел мали котки з лівим розташуванням ножів. Відповідно на швидкості 13,6 км/год – 75 % проти 77,6 %, та на швидкості 22 км/год 85,7 % проти 82 % з правим.

Визначення енергетичних витрат за умов різного встановлення ріжучої кромки не здійснювали.

### **5. 3. Результати досліджень з визначення впливу розташування ріжучої кромки ножа на показники якості подрібнення стебел соняшнику**

Аналізуючи отримані результати (табл. 3, 4) відмітимо, що за умов лівого розташування ножа барабану котка на всіх інтервалах, що досліджувалися, спо-

стерігалось збільшення відсотку подрібнених фракцій. Так у діапазоні 0–50 мм середнє значення відсотку подрібнених фракцій за лівого розташування ножа складало 12,46 % проти 10,52 % у правого. У інтервалі 51–100 мм зазначений показник складав 34,7 % у лівого і 30,2 % правого, а у інтервалі 101–150 мм, відповідно, 62,4 % і 52,9 %. Перевищення відсотку подрібнених частинок за умов лівого розташування ножа у порівнянні з правим у інтервалі 0–150 мм 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 ножа. Відмітимо, що ці значення встановлено за умов довантаження котка вертикальною силою 7,8 кН (маса 800 кг) за швидкості руху 7,45 км/год.

#### **5. 4. Результати досліджень з визначення впливу швидкості руху на показники якості подрібнення стебел соняшнику**

Встановлено (рис. 4, а), що для правостороннього розміщення ножа відсоток подрібнених стебел фракції до 50 мм за швидкості 7,45 км/год складав 12,5 %, на швидкості 10,08 км/год – 13,1 %, 13,6 км/год – 5,9 %, 18,6 км/год – 20,2 %, 22 км/год – 14,8 %, відповідно.

Для діапазону подрібнення 51–100 мм відсоток подрібнених стебел на швидкості 7,45 км/год – 34,7 %, 10,08 км/год – 37,7 %, 13,6 км/год – 23,9 %, 18,6 км/год – 53,6 %, 22 км/год – 41 %.

Діапазону 101–150 мм відсоток подрібнених стебел для швидкості 7,45 км/год складав – 79,4 %, швидкості 10,08 км/год – 57,4 %, 13,6 км/год – 49,3 %, 18,6 км/год – 72,6 %, 22 км/год – 62,3 %.

Діапазону 151–200 мм відсоток подрібнених стебел для швидкості 7,45 км/год складав – 84,1 %, швидкості 10,08 км/год – 80,3 %, 13,6 км/год – 77,6 %, 18,6 км/год – 83,3 %, 22 км/год – 82 %, відповідно.

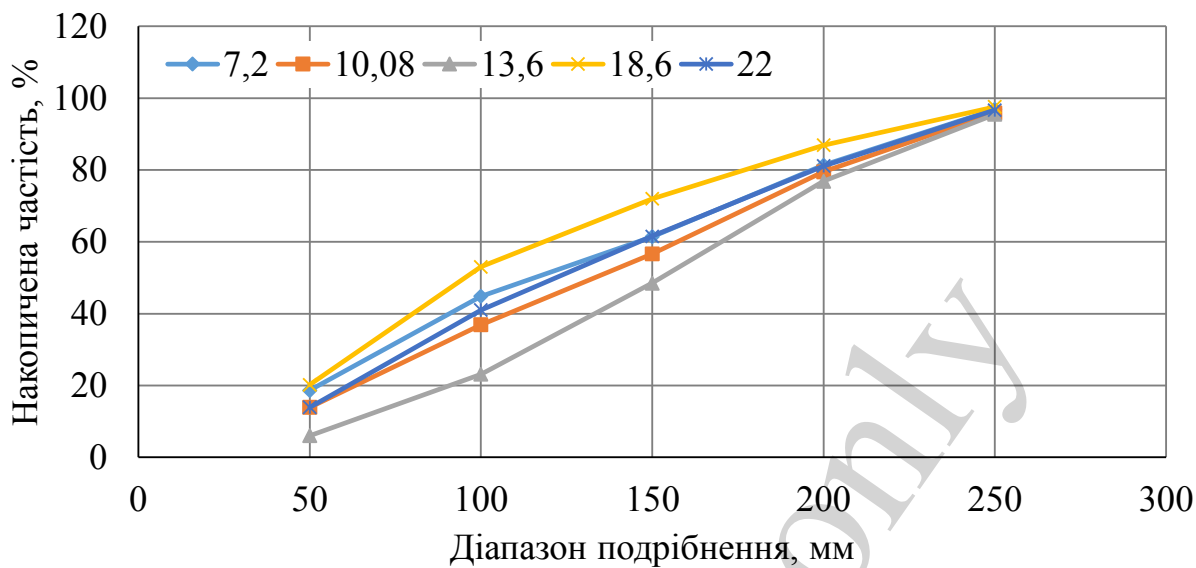
Діапазону 201 – 250 мм (понад 201 мм) відсоток подрібнених стебел для швидкості 7,45 км/год складав – 97 %, швидкості 10,08 км/год – 96,7 %, 13,6 км/год – 95,5 %, 18,6 км/год – 97,6 %, 22 км/год – 96,7 %, відповідно.

Аналізуючи результати досліджень (рис. 4, 5) відмітимо, що збільшення швидкості призводить до відповідного зростання відсотка подрібнених стебел у всіх визначених діапазонах. Особливо це спостерігається на швидкостях 18,6 км/год та 22 км/год. Найбільше значення (20,2 %) відсотку подрібнених стебел фракції до 50 мм встановлено на швидкості 18,6 км/год, що перевищує показники швидкості 7,45 км/год (12,5 %) у 1,61 рази, швидкості 13,6 км/год (5,9 %) – у 3,42 рази.

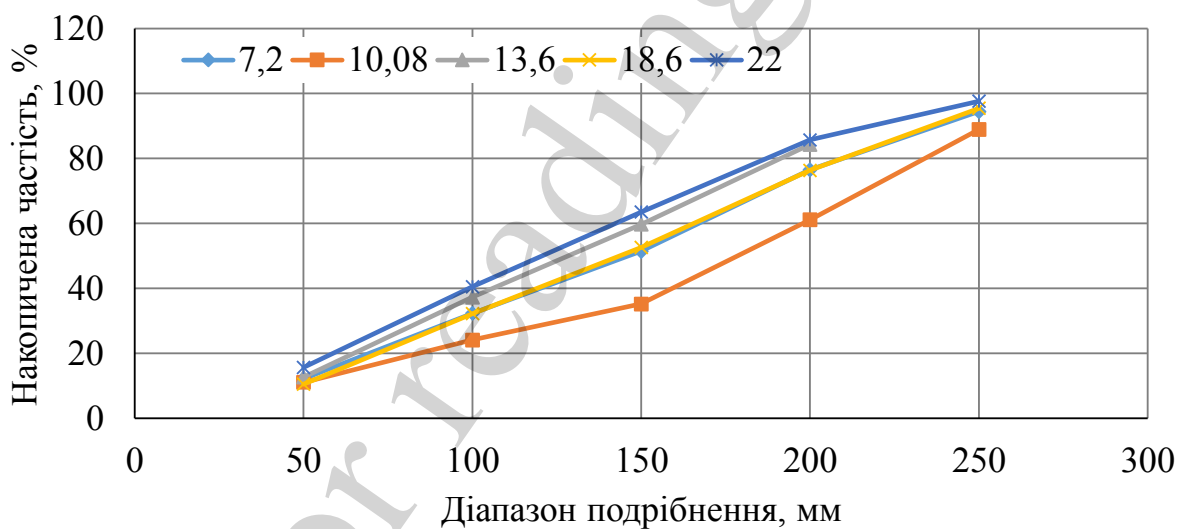
У діапазоні 51–100 мм найбільше значення відсотку подрібнених стебел швидкості 18,6 км/год (53,6 %) перевищує аналогічні показники швидкості 7,45 км/год у 1,54 рази, швидкості 10,08 км/год – у 1,42 рази, 13,6 км/год – 2,24 рази, 22 км/год – у 1,3 рази.

У діапазоні 101–150 мм найбільше значення відсотку подрібнених стебел встановлено на найменших значеннях швидкості – 7,45 км/год (79,4 %). Ці значення перевищували відповідні значення відсотку (накопиченого) подрібнен-

них стебел швидкості 10,08 км/год – у 1,38 рази, швидкості 13,6 км/год – у 1,61 рази, швидкості 18,6 км/год – 1,1 рази, швидкості 22 км/год – 1,27 рази.



*a*

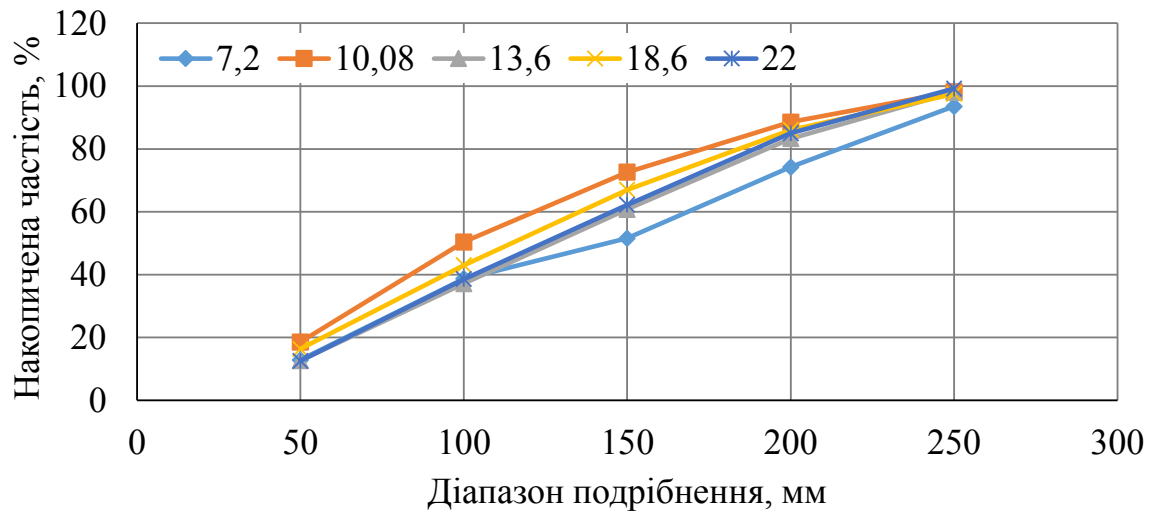


*б*

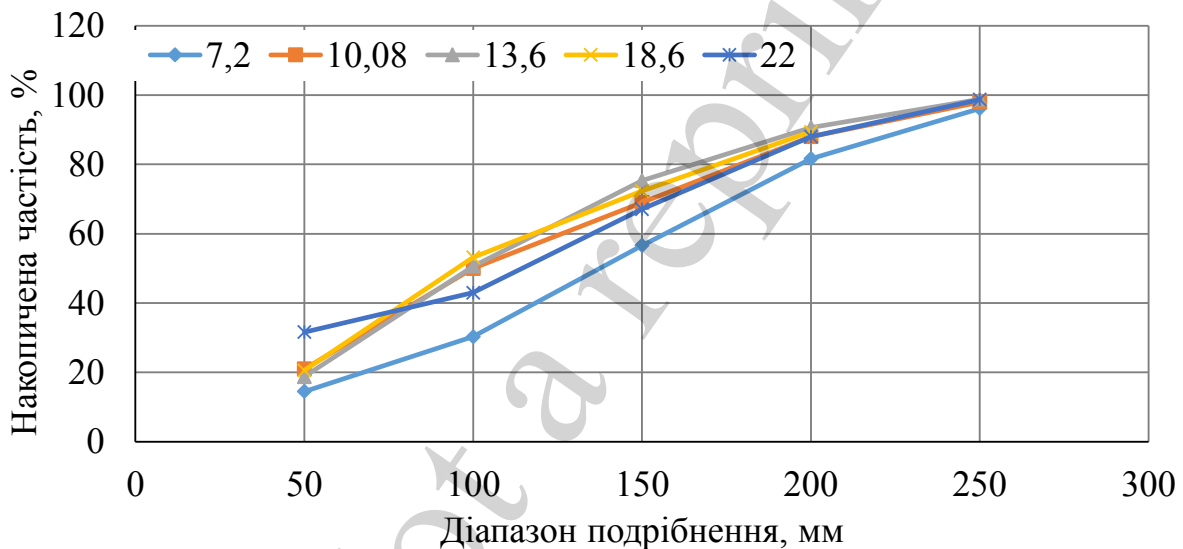
Рис. 4. Залежність діапазону подрібнення стебел рослинних решток соняшнику від накопиченої частості за різних значень швидкості руху енергозасобу з котком-подрібнювачем довантаженим масою 800 кг: *a* – з правим розташуванням ножів; *б* – з лівим розташуванням ножів

У табл. 3, 4 наведено результати досліджень з визначення впливу швидкості руху енергозасобу на показники якості виконання операцій подрібнення і заробляння стебел соняшнику за умов лівого розташування ріжучої кромки подрібнюючого ножа котка-подрібнювача.





*a*



*б*

Рис. 5. Залежність діапазону подрібнення стебел рослинних решток соняшнику від накопиченої частості за різних значень швидкості руху енергозасобу з котком-подрібнювачем довантаженим масою 600 кг: *a* – з правим розташуванням ножів; *б* – з лівим розташуванням ножів

За лівого розташування ріжучої кромки ножа котка-подрібнювача у діапазоні 0–50мм за швидкості руху 7,45 км/год середнє значення відсотку подрібнених стебел складало 12,5 %, швидкості 10,08 км/год – 11 %, швидкості 13,6–13 %, швидкості 18,6 – 10,5 %, швидкості 22 км/год – 15,9 %, відповідно.

Відмітимо, що за малих (7,45 км/год) значень швидкості руху за умови лівого розташування ножів найбільший приріст відсотку подрібнених стебел встановлено у діапазоні 101–150 мм і склав 44,7 % від загальної кількості. Для швидкості 10,08 км/год у діапазоні 151–200 і понад 201 мм зафіксовано однако-

ві значення приросту (на рівні 26 %) відсотку подрібнених стебел. Для великих значень швидкості діапазонний приріст відсотку подрібнених стебел характеризувався однаковою динамікою (на рівні 22,4–25,4 %).

#### **6. Обговорення результатів з визначення впливу додаткової ваги на показники якості подрібнення стебел соняшнику**

Проведені дослідження засвідчили значні перспективи щодо застосування котків-подрібнювачів за умов вирішення проблеми підвищення якості подрібнення грубостеблових рослинних решток. За результатами досліджень котка-подрібнювача, як у моно варіанті так і в агрегаті з дисковою бороною, встановлено, що показники якості виконання технологічного процесу зазначеними машинами є цілком придатними. Перспективним виглядає їх застосування для подрібнення грубостеблових рослинних решток, які залишаються після збирання кукурудзи, соняшнику, ріпаку та інших культур.

За умов механічного оброблення кукурудзяної стерні ступінь подрібнення стебел важливий показник якості виконання технологічної операції. За критерій оцінювання, переважно, використовують показник кількості не пошкоджених частин стебел завдовжки понад 5 см, у яких можуть зимувати лялечки кукурудзяного метелика. Із цих лялечок весною утворюються дорослі особи. Варто відзначити, що кукурудзяного метелика відносять до надзвичайно небезпечного шкідника. Технологічні прийоми боротьби з ним ще не достатньо відпрацьовано. Тому сучасними технологіями вирощування зазначеної культури передбачено низку операцій, направлених на до подрібнення часток стебел з наступним загортанням їх на достатню глибину (понад 10 см).

Крім сидератів, інтенсивне подрібнення рослинних решток котками-подрібнювачами у поєднанні з поверхневим обробітком дуже важливо і за умов оброблення стерні ріпаку. Тонкий шар мульчі на поверхні добре акумулює вологу і сприятливий для виникнення швидких сходів насіння падалиці. Для господарств з високою концентрацією цієї культури коток-подрібнювач такий же важливий інструмент для підтримування гідної культури землеробства, як і для надійного подрібнення стебел кукурудзи та соняшнику.

Встановлено, що збільшення довантаження котка з правим розташуванням ріжучої кромки ножів від 600 до 800 кг не призводило до відповідного зростання сумарного значення відсотку подрібнених стебел. За швидкості 7,45 км/год коток довантажений масою 800 кг мав кращі показники у порівнянні з відповідними показниками котка, довантаженого 600 кг. Проте за абсолютними сумарними показниками відсотку подрібнених стебел у діапазоні 0–150 мм та 0–200 мм коток довантажений масою 600 кг за швидкості 10,08 км/год мав кращі показники. Ці показники відповідно становили 72,6 % і 88,5 %.

Відмітимо, що для швидкості 7,45 км/год, яка є найменшим значенням, що досліджувалися, відсоток подрібнених стебел у фракціях збільшувався значно динамічніше, ніж у дослідах порівняно більших значень швидкостей. Це природно, так як за малих значень швидкостей руху більш стабільні умови контакту (копіювання) ножів котка-подрібнювача рельєфу ґрунту. Тобто виконання технологічного процесу подрібнення відбувається за умов, коли відсутнє (не

суттєве) відривання окремих частин котка-подрібнювача від поверхні ґрунту внаслідок значних складових вертикальних динамічних збуджень. За малих значень швидкості, стабільного вертикального притискного зусилля, що нівелює (гасить) вертикальні динамічні переміщення, якість виконання операцій подрібнення і відповідно заробляння у діапазоні 101–200 мм подрібнених фракцій стебел найвища.

Відмітимо відсутність вираженої закономірності домінування напряму встановлення ножів на сумарне значення відсотку подрібнених стебел. Проте пошук та дослідження у даному напрямку варто продовжити за умов встановлення показників якості подрібнення грубостеблових рослинних решток, які залишаються після збирання кукурудзи, соняшнику, ріпаку та інших культур.

## 7. Висновки

1. Розроблено та виготовлено дослідний зразок котка-подрібнювача, у якого ріжучі ножі розміщено по всій ширині захвату у шаховому порядку з можливістю змінювати кут нахилу до осі обертання барабана у діапазоні 5...20°. Піднімання і опускання барабанів з ріжучими ножами у вертикальній площині здійснюють завдяки двом шарнірно закріпленим гідроциліндрам.

2. Досліджено причинно-наслідкові зв'язки чинників, що обумовлюють систему формувань показників якості подрібнення стебел соняшнику та утворюють необхідні передумови визначення раціональних режимів та параметрів котка-подрібнювача. Встановлено, що за лівого розташування ріжучої кромки ножів збільшення довантаження від 600 до 800 кг у діапазоні 0–50 мм не привело до відповідного зростання відсотку подрібнених частинок соняшнику на усіх швидкостях, що досліджувалися.

3. Відмічено, що за умов лівого розташування ріжучої кромки ножів котка, відсоток подрібнених стебел у діапазоні 51–100 мм за рівнем довантаження 600 кг перевищував відповідні показники з довантаженням 800 кг. Це перевищення за швидкості 10,08 км/год складало – 1,9 рази, за швидкості 13,6 км/год – 1,44 рази, за швидкості 18,6 км/год – 1,96 рази, швидкості 22 км/год – 1,99 рази, відповідно.

Встановлено, що за правого розміщення ріжучої кромки ножів котка:

– найбільший сумарний рівень відсотку подрібнених стебел у діапазоні 101–150, з довантаженням масою 800 кг, перевищував 1,58 рази відповідні показники котка з довантаженням 600 кг, та у 1,33 рази котка-подрібнювача в агрегаті з дисковою бороною;

– найбільше сумарне значення відсотку подрібнених стебел у діапазоні 0–200 мм за умов довантаження котка масою 800 кг у 1,13 рази перевищувало відповідні показники котка з довантаженням 600 кг та 1,05 рази котка в складі агрегату з дисковою бороною;

– за умов довантаження котка масою 600 кг найбільше сумарне значення відсотку подрібнення стебел у діапазоні 0–50 мм та 0–200 мм встановлено за швидкості 10,08 км/год, а за умов довантаження 800 кг – швидкості 7,45 км/год.

Яскраво вираженої закономірності домінування напряму встановлення ножа на сумарне значення відсотку подрібнених стебел не встановлено.

4. Відсоток подрібнених часток за швидкості 10,08 км/год і довантаженням 600 кг у 1,9 рази перевищував відповідні показники з рівнем довантаження 800 кг. За швидкості 13,6 км/год це перевищення складало 1,44 рази, за швидкості 18,6 км/год – 1,96 рази, швидкості 22 км/год – 1,99 рази відповідно. У діапазоні 0–150 мм найбільші (на рівні 75,3 %) значення відсотку подрібнених стебел за довантаження 600 кг та швидкості 13,6 км/год перевищує у 1,19 рази відповідні показники котка з довантаженням 800 кг та швидкості 22 км/год. У діапазоні 0–200 мм за умов 600 кг довантаження коток з лівим розташуванням ножів характеризувався вищими сумарними відсотками подрібнених стебел у порівнянні з правим розташуванням ножів. За швидкості 7,45 км/год накопичене значення відсотку подрібнених стебел перевищувало відповідні показники з правим розташуванням ножів у 1,09 рази, за швидкості 13,6 км/год – у 1,09 рази, швидкості 18,6 км/год – у 1,04 рази, швидкості 22 км/год – 1,04 рази відповідно.

### Література

1. Безуглий, М. Д., Булгаков, В. М., Гриник, І. В. (2010). Науково-практичні підходи до використання соломи та рослинних решток. Вісник аграрної науки, 3, 5–8. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan\\_2010\\_3\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2010_3_3)
2. Іващенко, О. О., Іващенко, О. О., Найдьонов, В. Г. (2016). Природні біологічні системи – ключ до успіху сучасного землеробства. Вісник аграрної науки, 94 (7), 5–11. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201607-01>
3. Лінник, М. К., Вольський, В. А., Коцюбанський, Р. В. (2019). Системний підхід до обґрунтування технологічної схеми та структури комбінованої машини для обробітку кукурудзяної стерні. Вісник аграрної науки Причорномор'я, 4 (104), 99–105. oi: [https://doi.org/10.31521/2313-092x/2019-4\(104\)-11](https://doi.org/10.31521/2313-092x/2019-4(104)-11)
4. Трубилин, Е. И., Сохт, К. А., Коновалов, В. И., Данюкова, О. В. (2013). Рабочие органы дисковых борон и луцильников. Научный журнал КубГАУ, 91 (07). URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/95.pdf>
5. Присяжная, С. П., Присяжный, М. М., Присяжная, И. М. (2009). Совершенствование процесса измельчения и рассеивания соевой соломы для повышения плодородия почвы. Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 10 (60), 95–100. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-protsesssa-izmelcheniya-i-rasseivaniya-soevoy-solomy-dlya-povysheniya-plodorodiya-pochvy>
6. Сало, В. М., Богатирьев, Д. В., Лещенко, С. М., Савицький, М. І. (2014). Вітчизняне технічне забезпечення сучасних процесів у рослинництві. Техніка і технології АПК, 10 (61), 16–19. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Titapk\\_2014\\_10\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Titapk_2014_10_6)
7. Ashford, D. L., Reeves, D. W. (2003). Use of a mechanical roller-crimper as an alternative kill method for cover crops. American Journal of Alternative Agriculture, 18 (1), 37–45. doi: <https://doi.org/10.1079/ajaa2003037>
8. Kornecki, T. S., Price, A. J., Raper, R. L. (2006). Performance of different roller designs in terminating rye cover crop and reducing vibration. Applied Engineering in Agriculture, 22 (5), 633–641. doi: <https://doi.org/10.13031/2013.21994>

9. Bulgakov, V., Aboltins, A., Beloiev, H., Nadykto, V., Kyurchev, V., Adamchuk, V., Kaminskiy, V. (2021). Experimental Investigation of Plow-Chopping Unit. *Agriculture*, 11 (1), 30. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture11010030>
10. Ruili, W., Peng, Y., Jahun, R. F., Sen, D. (2017). Design and experiment of combine machine for deep furrowing, stubble chopping, returning and burying of chopped straw. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 33 (5), 40–47. URL: <https://www.ingentaconnect.com/content/tcsae/tcsae/2017/00000033/00000005/art00006>
11. 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. URL: [http://en.cnki.com.cn/Article\\_en/CJFDTOTAL-NYJX201306010.htm](http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-NYJX201306010.htm)
12. Wu, S. H., Gao, J. (2011). Study on the Technics Principle for Stalk and Stubble Chopper Based on No-Tillage Planter. *Advanced Materials Research*, 230-232, 1039–1044. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.230-232.1039>
13. Behera, A., Raheman, H., Thomas, E. V. (2021). A comparative study on tillage performance of rota-cultivator (a passive – active combination tillage implement) with rotavator (an active tillage implement). *Soil and Tillage Research*, 207, 104861. doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104861>
14. Gürsoy, S., Kolay, B., Avşar, Ö., Sessiz, A. (2016). Evaluation of wheat stubble management practices in terms of the fuel consumption and field capacity. *Research in Agricultural Engineering*, 61 (3), 116–121. doi: <https://doi.org/10.17221/77/2013-rae>
15. Химмельблау, Д. (1973). Анализ процессов статистическими методами. Москва: Мир, 957.