



УДК 631.363.2

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ДЛЯ  
ДОПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА ПРИ ЗАГОТІВЛІ  
КУКУРУДЗЯНОГО СИЛОСУ**

**Гулько Ірина Василівна**, к.т.н, доцент,  
Віце-президент ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум»  
**Холодюк Олександр Володимирович**, к.т.н., ст. викладач  
Вінницький національний аграрний університет  
**Кузьменко Володимир Федорович**, к.т.н., старший науковий співробітник  
Національний науковий центр "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства"

**I. Gunko**, Ph.D., Associate Professor,  
Vice-President of the All-Ukrainian Scientific and Training Consortium  
**A. Kholodyuk**, Ph.D., Senior teacher  
Vinnytsia National Agrarian University  
**V. Kuzmenko**, Ph.D., Senior Researcher  
National Scientific Center "Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture"

*Наведено значення кукурудзяного силосу серед стеблових кормів в раціоні ВРХ. Фаза розвитку кукурудзи у період збирання, її вологість, довжина різання та подрібнення зерен кукурудзи, тривалість заповнення сховищ – основні чинники, що формують якість кукурудзяного силосу. Вальцеві доподрібнювальні пристрої кормозбиральних комбайнів забезпечують подрібнення зерна та розщеплення стебел за одночасної обробки всієї сировини. Отримано в закодованому виді рівняння регресії, що описує вплив зазору між вальцями та зусилля їх стискання на вміст цілого зерна кукурудзи в подрібненій масі. Встановлено, що раціональні значення зазору між вальцями лежать у межах 2,0-3,1 мм, а зусилля стискання вальців – 0,42 ÷ 0,78 кН, причому, за таких умов, відсоток неподрібнених зерен кукурудзи у загальній масі не перевищуватиме 1 %.*

*Ключові слова: кормозбиральний комбайн, кукурудзяний силос, стебловий корм, довжина різання, вальцевий доподрібнювач, зерно, ННВК "Всеукраїнський науково-навчальний консорціум".*

**Ф. 2. Табл. 1. Рис. 7. Літ. 12.**

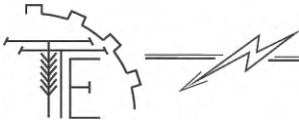
---

**1. Постановка проблеми**

Розвиток молочного тваринництва неможливе без стабільної кормової бази, підвищення рівня та повноцінності годівлі. Поголів'я ВРХ перебуває на стійловому утриманні від 140 – 160 до 180 – 200 днів, тому у цей період його раціони складаються переважно із концентрованих, грубих і консервованих кормів і коренеплодів. Все це зумовлює потребу близько 60 %, а в окремих випадках і до 70% стеблових кормів річного раціону заготовляти і зберігати відповідно до прийнятих технологій і вимог. Сіно; сінаж, силос, зелений корм складають майже 50 – 60 % собівартості продукції тваринництва [1], причому основне місце серед стеблових кормів займає кукурудзяний силос.

Силосування – достатньо простий і доступний спосіб біологічного консервування кормів. Його суть полягає у швидкому створенні анаеробних умов, що припиняє дихання клітин, усуває розвиток пліснявих грибків та анаеробних бактерій та сприяє швидкому розвитку анаеробних молочнокислих бактерій. Молочнокислі бактерії зброджують цукри, що містяться в рослинній сировині, в основному до молочної, що підкислює силосну масу і цим консервує її. В кислому середовищі (рН 3,8 – 4,2) гнилі, маслянокислі та інші бактерії не розвиваються, а розвиток плісневих грибів подавляється створенням анаеробних умов (герметизацією).

Висока якість отриманого корму залежать від взаємодії багатьох чинників: вибору культури, фази розвитку рослин у період збирання, вологості рослинної маси, параметрів її різання, а також від вибраної технології вирощування культури [2]. Тому дослідження впливу зазору між вальцями та зусилля їх стискання на кількість цілих зерен кукурудзи за одночасного обробітку всієї силосної маси є актуальним питанням.



## 2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Якість силосу, вихід поживних речовин з гектара посіву суттєво залежить від строків збирання кукурудзи, що впливає на вміст цукру та вологість подрібненої маси. Раціональне значення вологості знаходиться в межах 68 – 73 % [3]. Такій вологості відповідає фаза молочно-воскової стиглості. В силосі утворюється достатня кількість молочної кислоти, а при восковій стиглості, за вологості 65 % – дещо втрачається загальний збір корму, зменшується кислотність, але за рахунок збільшення масової кількості зерна поживність його значно вища.

Від довжини, розщеплення часток кукурудзяного силосу залежить енергоємність процесу подрібнення, а отже і витрата палива та продуктивність кормозбирального комбайна. Ступінь подрібнення кукурудзи обґрунтована не лише необхідністю підвищити поїдання силосу, а й потребою підвищення технологічності маси та щільності біомаси, що закладається на зберігання: чим більш рівномірно вона буде нарізана, тим якісніше відбудеться ущільнення. Так довжина різання стеблових рослин повинна змінюватись в межах від 5 мм до 50 мм в залежності від фази розвитку кукурудзи і технологічних можливостей збиральних комбайнів, яка регламентується ДСТУ 4782-2007 "Силос із зелених рослин. Технічні умови" [4]. Також слід вказати, що вміст зруйнованих зерен кукурудзи повинен становити не менше 95% для молочно-воскової стиглості і не менше 98% для воскової стиглості [5] для належного перетравлення ВРХ.

При інтенсивному подрібненні стебел кукурудзи (5 – 20 мм) затрати енергії зростають на 25 – 32%, проте вони компенсуються за рахунок їх зниження при транспортуванні маси й ущільнення в траншеях [3]. Насипна маса такої сировини в кузові транспорту збільшується на 12 – 15% порівняно зі стандартною (30 – 50 мм) величиною подрібнення. Крім того дрібніше подрібнений корм піддається кращому ущільненню та витісненню кисню з маси. Це дозволяє знизити втрати корму в сховищі, які залежать від стану рослин та вибраної технології приготування корму.

Дослідження щодо підвищення кормової цінності кукурудзяного силосу були проведені М. Zhand, M.L. Sword, D.R. Buckmaster [6]. Досліджуваний ними кормозбиральний комбайн включав доподрібнювальний пристрій, що являв собою два циліндричні вальці, які обертаються назустріч один-одному із зазором між ними 1 – 2 мм. Було встановлено, що найкращий ефект доподрібнення зерен кукурудзи у загальній масі досягався при відмінності в коловій швидкості обертання вальців в 30%. Зусилля стискання вальців, яке змінювалось у межах від 15 до 45 Н/мм, практично не впливало на відсоток неподрібнених зерен. Щільність силосу при закладанні була вища за вологості стеблової маси 65%, а ніж за 70% і 60%.

Вплив ущільнення, уповільненої герметизації та аеробного впливу на якість одержаного силосу кукурудзи було досліджено D. Brüning, K. Gerlach, K. Weib та іншими [7]. Так, ущільнення подрібненої стеблової маси за низької щільності та герметизації із запізненням на 2 чи 4 дні після наповнення призводило до збільшення кількості дріжджів і утворення етилових ефірів. Аеробний вплив на силосну масу призвів до значних змін складу силосу, втрат кормової цінності і псування.

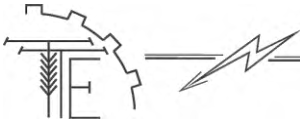
На якість одержаного силосу також впливає рівномірність розподілу закладеної маси по поверхні, що, в свою чергу, забезпечує сприятливі умови для зберігання і вивантаження [8]. Нерівномірне заповнення силосних сховищ може призвести до невикористання їх об'єму на 15-20 %.

В Україні поширені кормозбиральні комбайни малого (до 100 кВт) та середнього (100 – 150 кВт) класу. Серед них комбайни КРП-Ф-2, КПП-Ф-2,4А, КПФ-30 (Україна), КСК-100А (Білорусь), Є-281С, тощо. Вказані комбайни не забезпечують сучасні вимоги доподрібнення зерна при заготівлі кукурудзи воскової стиглості, тому основну масу силосу заготовляють потужні кормозбиральні комбайни (300 – 600 кВт) виробництва Білорусі (Гомсельмаш), Росії (Ростсельмаш), Німеччини (Krone, Claas), США (JohnDeere, NewHolland).

Більшість високопродуктивних кормозбиральних комбайнів (понад 75%) використовують барабанный доподрібнювальний апарат, що включає різальний барабан, закритий кожухом, протиризальну пластину та живильні вальці.

Поїдання ВРХ кукурудзяного силосу залежить від вмісту подрібнених у ньому зерен, тобто від ступеня подрібнення. Відомо [9], що при заготівлі силосу кормозбиральними комбайнами, що містять барабанный різальний апарат, з маси вміст качанів в якій складає 30 – 40 %, кількість цілого незруйнованого зерна (від усього зерна) в силосі становить 35 – 42 %. Також із проведених дослідів було встановлено, що при вологості кукурудзяної маси 65 % тваринами не перетравлювалось до 30 % зерна.

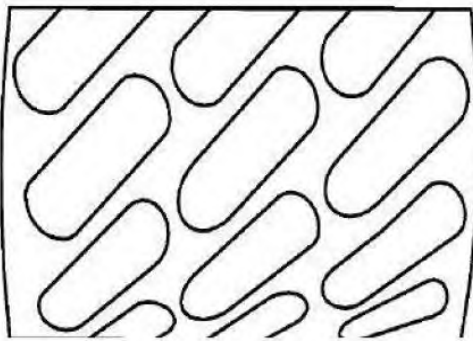
Необхідність в доподрібненні зерна в силосній масі кукурудзи відома давно, тому на кінець минулого століття для доподрібнення зерен кукурудзи намагалися використовувати прохідні та



непрохідні рекатери (рис. 1) – решета з отворами різних розмірів та форми, що встановлюються в окремих зонах замість піддонів. У сучасних кормозбиральних комбайнах для цього використовують вальці, що працюють із зазором 1-6 мм.

Розрізняють два конструктивних виконання доподрібнювальних вальців: рифлені циліндричні вальці (рис. 2) і вальці з рифлених конічних дисків (рис. 3).

Рифлені циліндричні вальці розміщують після доподрібнювального барабана на відстані 500 – 800 мм. В залежності від потужності двигуна комбайна діаметр вальців змінюється в межах 196 – 250 мм, а частота обертання 3200 – 4300 об/хв, причому колова швидкість обертання вальців не однакова, з різницею на 20 – 40% один відносно другого. Довжина циліндричних вальців пропорційна довжині барабана, яка складає 750 – 800 мм. При роботі, вальці налаштовують із зазором в 2 – 4 мм (змінюється в межах 0,5 – 13,0 мм), через який проходить вся подрібнена маса, тому вони практично призупиняють рух повітря по каналу і, що призводить до потреби обов'язкового використання окремого додаткового пристрою – пришвидшувача маси. Що стосується рифів на вальцях, то їхнє виконання здебільшого прямолинійне одинарне, з глибиною рифів 2 – 4 мм і кроком 8 – 12 мм з кутом у вершині 90°.



**Рис. 1. Прохідний рекатер  
кормозбирального комбайна**



**Рис. 2. Вигляд рифлених циліндричних вальців  
Палессе FS80-2**

Рифлені конічні диски (рис. 3) є результатом наступного конструкційного удосконалення доподрібнювача: вал, на якому за допомогою шпонкового з'єднання встановлені і зафіксовані від осевого переміщення конічні диски. Довжина робочої щілини у якій відбувається доподрібнення цілих зерен, за тієї самої ширини каналу, у порівнянні із довжиною циліндричних вальців, більша, тобто за однакової подачі буде оброблятися тонший шар подрібненої маси. Зменшення кута при вершині конусного диска збільшує довжину робочої щілини. На краях дисків радіальне рифлення глибше ніж біля його основи. Глибина рифлення відповідає параметрам циліндричних вальців. Різниця швидкостей конічних дисків у зоні руйнування зерен, які обертаються з однаковою кутовою швидкістю, досягається завдяки їх різному діаметру.

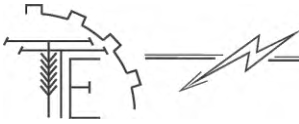
Відоме використання молоткового робочого органу (Дон 680М, Російська Федерація) для доподрібнення зерен кукурудзи (рис. 4). Він безпідпірно розщеплює частки та доподрібнює зерно, одночасно пришвидшуючи потік маси.



**Рис. 3. Вигляд вальця набраного з  
рифлених конічних дисків**



**Рис. 4. Вигляд молоткового робочого  
органу комбайна Дон 680М**



Різноманітність конструкційних рішень і режимів роботи існуючих доподрібнювальних пристроїв не завжди відповідає вимогам по доподрібненню силосної маси. Таким чином подальше удосконалення і дослідження роботи доподрібнювальних пристроїв є актуальним питанням.

### 3. Мета дослідження

Експериментально визначити вплив параметрів вальцевого доподрібнювача, а саме зазору між вальцями та зусилля їх стискання на величину цілих зерен кукурудзи в силосній масі.

### 4. Основні результати дослідження

Дослідження проводились в ННБК "Всеукраїнський науково-навчальний консорціум" та за підтримки відділу "Біотехнічних систем у тваринництві та заготівлі кормів" ННЦ "ІМЕСГ" з використанням розробленої експериментальної установки. Її основою є рама на якій змонтовано приводний двигун, транспортер подачі маси, вальці живильні, різальний барабан, рифлені доподрібнювальні вальці, рама пальцевого доподрібнювача з його приводом і вивантажувальна горловина. Детальний опис будови і принцип роботи експериментальної установки для доподрібнення зерна в масі для силосування наведений у роботах [10, 11, 12].

Аналіз досліджень доподрібнювальних пристроїв показує, що найбільш важливими факторами забезпечення якості процесу є колова швидкість вальців  $V$ , м/с; співвідношення між швидкостями  $n$ , %; зазор між вальцями  $\Delta$ , мм і зусилля стискання вальців  $p$ , кН.

За критерій оптимізації було обрано показник від якого безпосередньо залежить якість одержаної силосної маси з кукурудзи, а саме – відносна кількість цілого зерна в пробі  $B_3$ . Для встановлення впливу зазору між вальцями та зусилля їх стискання (факторів  $x_3$ ,  $x_4$ ) на критерій оптимізації  $B_3$ , (%) проводили чотирифакторний експеримент за планом Бокса ( $B_4$ ) матриця та рівні варіювання якого наведені в таблиці 1.

Вихідним матеріалом при проведенні експериментальних досліджень була кукурудза у молочно-восковій фазі стиглості зерна. Вологість стеблової маси становила 62,3 – 74,1%, а зерна 26,1 – 32,7%. В подрібнювач подавалась кукурудза з качанами, яка попередньо була сформована в снопи. Маса снопа складала 6 – 8 кг, співвідношення між загальною масою снопа і масою качанів була від 0,55 – 0,60 до 0,45 – 0,40. Встановлена довжина різання – 18,1 – 22,4 мм.

Таблиця 1

Матриця планування чотирифакторного експерименту за планом Бокса ( $B_4$ )

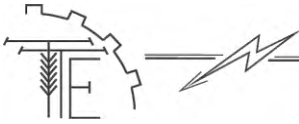
Рівні та інтервал варіювання факторів	Фактори			
	Колова швидкість $x_1$ , м/с	Співвідношення між швидкостями $x_2$ , %	Зазор між вальцями $x_3$ , мм	Зусилля стиснення вальців $x_4$ , кН
Верхній рівень (+1)	49,	100	6	0,82
Основний рівень	37,	57	4	0,62
Нижній рівень (-1)	24,	14	2	0,42
Інтервал	12,	43	2	0,20

Для забезпечення необхідного зазору між доподрібнювальними вальцями використовували два комплекти змінних пластин, які дозволяють змінювати зазор в межах від 0 до 10 мм.

Для стиснення циліндричних рифлених вальців використовували пружини, які попередньо тарували, використовуючи динамометр. Зусилля стиснення вальців регулювали гвинтовим механізмом. Вальці являють собою циліндри діаметром 220 мм та довжиною 330 мм.

Для визначення якості подрібнення зерна кукурудзи відбирали три проби. Кожну відібрану пробу доподрібненої кукурудзяної маси за допомогою набору решіт із різними діаметрами отворів просіювали для відокремлення зерна кукурудзи, як подрібненого, так і неподрібненого. Після просіювання вручну відбирали окремо неподрібнене зерно, зважували його і розраховували відсоток цілого неподрібненого зерна.

В результаті проведеного регресійного аналізу було отримано апроксимуючу квадратичну залежність зміни відсотка кількості цілого неподрібненого зерна в пробі від вищезазначених факторів [13].



Перевірка одержаних експериментальних даних на наявність похибки здійснювалась за критерієм Кохрена, значимість коефіцієнтів регресії – за критерієм Стьюдента та адекватність моделі – за критерієм Фішера. Оброблення експериментальних даних було здійснено за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel і Statistica.

Величина скорегованої достовірної кореляції  $R^2 = 0,8442$ , вказує на тісний зв'язок між факторами та кількістю цілого зерна після подрібнення всієї маси. Розрахований критерій Фішера ( $F(14,9)=9,9$ ) дає підстави стверджувати про адекватність отриманої залежності визначення залишку цілого зерна [11].

Залежність зміни відсотка кількості цілого зерна в пробі від зазору між вальцями та зусилля їх стискання в закодованому вигляді має наступний вид

$$Y(B_3) = 2,9854 + 7,2063x_3 + 0,1032x_4 + 5,1244x_3^2 + 0,0621x_3x_4 + 0,6844x_4^2, (\%). \quad (1)$$

З даного рівняння очевидно, що значно більший вплив на відсоток неподрібненого зерна впливає фактор ( $x_3$ ) - зазор між вальцями, вплив зусилля стискання ( $x_4$ ) значно нижчий.

Поверхня відгуку зміни відсотка кількості цілого неподрібненого зерна в пробі ( $Y, \%$ ) від зазору між вальцями ( $x_3, \text{мм}$ ) і зусилля їх стискання ( $x_4, \text{кН}$ ) представлено на рисунку 5.

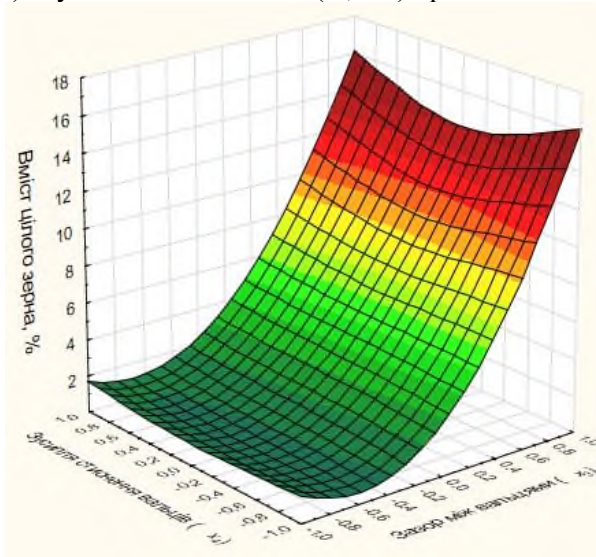


Рис. 5. Поверхня відгуку зміни вмісту цілого зерна від зазору між вальцями і зусилля їх стискання

Залежність зміни вмісту цілого зерна ( $B_3, \%$ ) в пробі від зазору ( $\Delta, \text{мм}$ ) між вальцями у натуральних величинах у площині наведено на рисунку 6.

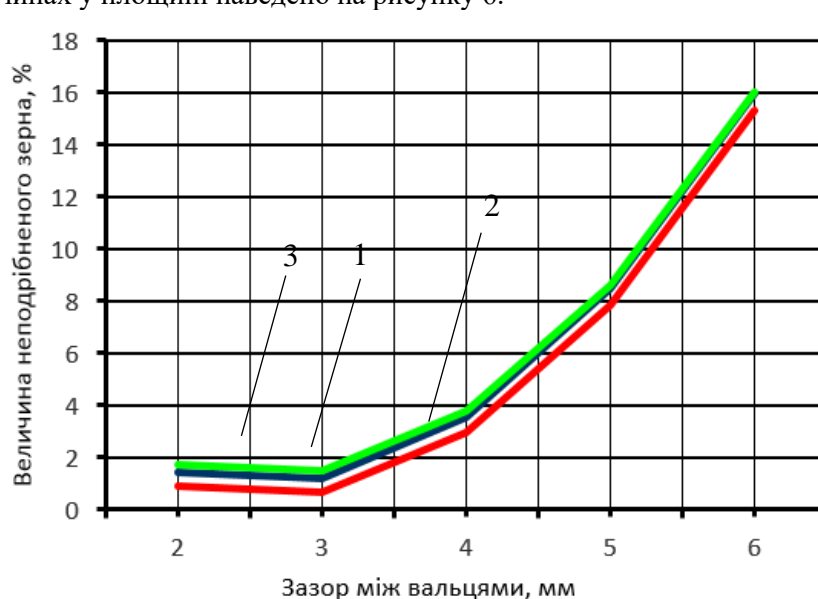
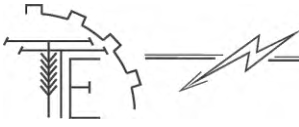


Рис. 6. Графічна залежність зміни вмісту цілого зерна від зазору між вальцями при зусиллі їх стискання: 1 -  $p = 0,42 \text{ кН}$ ; 2 -  $p = 0,62 \text{ кН}$ ; 3 -  $p = 0,82 \text{ кН}$



Аналіз графічної залежності (рис. 6) показав, що при зазорі між вальцями в 2-3 мм спостерігається область раціональних значень показників, які дозволяють одержати відсоток неподрібненого зерна кукурудзи менше 2 %. При збільшенні зазору між вальцями до 4 і 5 мм із постійним зусиллям їх стискання 0,62 кН величина вмісту цілого неподрібненого зерна зростає відповідно в 2,5 і 5,8 рази.

Для знаходження раціональних значень факторів  $x_3$  і  $x_4$  при яких відсоток цілого неподрібненого зерна набуває мінімального значення здійснимо канонічне перетворення математичної моделі. Для цього дослідимо залежність (1), встановивши екстремум стаціонарної точки поверхні відгуку шляхом диференціювання рівняння (1) і розв'язання отриманої системи рівнянь (2)

$$\begin{cases} \frac{\partial Y}{\partial x_3} = 7,2063 + 10,2488x_3 - 0,0621x_4 = 0; \\ \frac{\partial Y}{\partial x_4} = 0,1032 - 0,0621x_3 + 1,3688x_4 = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Координата центру в закодованому вигляді становить:  $x_{3S} = -0,7038$ ;

$x_{4S} = -0,1095$ . Підставляючи ці значення в рівняння (1) одержимо значення відсотка неподрібненого зерна в центрі поверхні відгуку  $B_3 = 0,44$  %. Значення досліджуваних факторів у натуральній величині у даній точці становитимуть  $\Delta = 2,3$  мм і  $p = 0,60$  кН.

Підставляючи різні значення  $B_3$  в канонічне рівняння, отримуємо рівняння відповідних контурних кривих – еліпсів, які характеризують зміну відсотка цілого неподрібненого зерна від зазору між вальцями  $\Delta$  і зусилля стискання вальців  $p$ . Результати розрахунків графічно зображені на рис. 7.

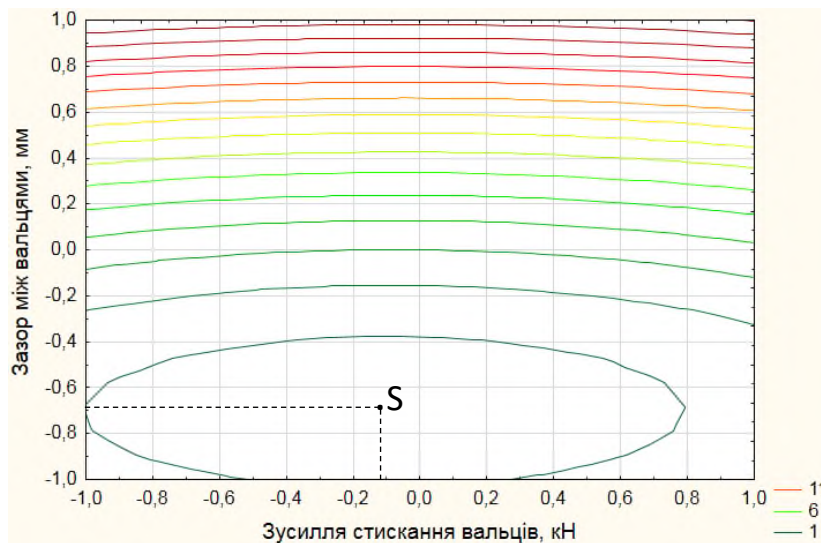


Рис. 7. Перетин поверхні відгуку, яка характеризує відсоток цілого неподрібненого зерна (%) від зазору між вальцями і зусилля їх стискання

Аналіз двовимірному перетину (рис. 7) показує, що спільна взаємодія факторів  $x_3$  та  $x_4$  має екстремальне значення в точці з  $B_3 = 0,44$  % при значеннях факторів  $x_{3S} = -0,7038$  і  $x_{4S} = -0,1095$ . Причому відсоток цілого неподрібненого зерна кукурудзи не буде перевищувати 1 % коли зазор між вальцями доподрібнювача знаходиться в межах  $\Delta = 2,0 - 3,1$  мм ( $x_3$  від -1 до 0,43), а зусилля стискання вальців  $p = 0,42 - 0,78$  кН ( $x_4$  від -1 до 0,79).

## 5. Висновки

1. Висока якість кормів із кукурудзи залежить від взаємодії багатьох чинників, а саме: фази розвитку рослин у період збирання, вологості рослинної маси та величина її різання, терміну (тривалості) заповнювання сховищ. Для подрібнення зернової складової в масі кукурудзи використовуються вальцеві доподрібнювачі з робочим зазором між вальцями 2-4 мм.

2. За результатами виконаних досліджень одержано рівняння регресії в закодованому вигляді, яке дозволяє описати залежність впливу зазору між циліндричними вальцями і зусилля їх стискання на вміст цілого зерна кукурудзи в подрібненій масі. Встановлено, що раціональні значення зазору між



вальцями знаходяться у межах 2,0-3,1 мм, а зусилля стискання вальців – 0,42-0,78 кН, причому, за таких умов, відсоток неподрібнених зерен кукурудзи у загальній масі не перевищуватиме 1 %.

3. Перспективою подальших наукових досліджень процесу доподрібнення зерен кукурудзи може бути встановлення енергетичних показників даного процесу.

#### Список використаних джерел

1. Петриченко В. Ф. Виробництво, зберігання і використання кормів / В. Ф. Петриченко, М. Ф. Кулик, І. І. Ібатулін. – Вінниця: Діло, 2005. – 472 с.
2. Мазур В. А. Новітні агротехнології у рослинництві: Підручник / В. А. Мазур, В. Д. Паламарчук, І. С. Поліщук. – Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2017. – 588 с.
3. Кравчук В. І. Прогресивні технології заготівлі, приготування і роздавання кормів: науково-практичний посібник / В. І. Кравчук, М. М. Луценко, М. П. Мечта. – К. : Фенікс, 2008. – 104 с.
4. ДСТУ 4782-2007 Силос зелених рослин. Технічні умови. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 28 с.
5. Настанова. Корми рослинні. Силос. Заготівля та зберігання. Типовий технологічний процес. Розроб. УкрНДПВТім. Л. Погорілого. Рекомендовано Міністерством аграрної політики України, 2005. – 27 с.
6. Zhand M., Sword M.L., Buckmaster D.R., Cauffman G.R. 2003. Design and evaluation of a corn silage harvester using shredding and flail cutting. Trans. ASAE 46 (6): 1503 – 1511.
7. Brüning D., K. Gerlach, Weiß K., Südekum K.H. (2018). Effect of compaction, delayed sealing and aerobic exposure on maize silage equality and on formation of volatile organic compounds. Grass and Forage Science, 73, 53 – 66.
8. Пришляк В. М. Дослідження роботи стрічкового розподільника маси при завантаженні башт / В. М. Пришляк, А. В. Грицун, І. А. Бабин / Всеукраїнський науково-технічний журнал "Техніка, енергетика, транспорт АПК". Вінниця, випуск 2 (97). 2017. – С. 36 – 40.
9. Резник Н. Е. Кормоборочные комбайны / Н. Е. Резник. – М. : Машиностроение, 1980. – 375 с.
10. Кузьменко В. Ф. Експериментальне визначення фракційного складу маси кукурудзи при заготівлі силосу у пізні строки / В. Ф. Кузьменко, С. М. Ямпольський, В. В. Максименко // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха: ННЦ "ІМЕСГ", 2014. – Вип. 99. – С. 559 – 568.
11. Кузьменко В. Ф. Методика проведення експериментальних досліджень для виявлення впливу параметрів вальців на доподрібнення зерна кукурудзи в масі для силосування / В.Ф. Кузьменко, С. М. Ямпольський // Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: матеріали III-ї Наук. - техн. конф.: тези доповідей. – Глеваха, 2015. – С. 33 – 37.
12. Кузьменко В. Ф. Методика проведення експериментальних досліджень для визначення впливу зазору між вальцями та зусилля стиснення вальців на вміст цілого зерна кукурудзи в подрібненій масі / В. Ф. Кузьменко, С. М. Ямпольський // Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: матеріали IV-ї Наук. - техн. конф.: тези доповідей. – Глеваха, 2016. – С. 66–69.
13. Кузьменко В. Ф. Результати дослідження впливу швидкості доподрібнювальних вальців кормозбирального комбайна на вміст цілого зерна кукурудзи в подрібненій масі / В. Ф. Кузьменко, С. М. Ямпольський, В. В. Максименко // Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж. зб. – Глеваха: ННЦ "ІМЕСГ", 2018. – Вип. № 7 (106). – С. 51 – 58.

#### References

- [1]. Petrychenko, V. F. Kulyk, M. F., Ibatullin, I. I. (2005). *Vyrobnytstvo, zberihanniai vykorystannya kormiv [Production, storage and utilization of sterna]*. Vinnytsya: Dilo [in Ukrainian].
- [2]. Mazur, V., Palamarchuk, V., Polishchuk, I. (2017) *Novitni ahrotekhnolohiyi u roslynnystvi [Newest agrotechnologies in crop production]* Vinnytsya: FOP Rohal's'ka I.O. [in Ukrainian].
- [3]. Kravchuk, V. I., Lutsenko, M. M., Mechta, M. P. (2008). *Prohresyvni tekhnolohiyi zahotivli, pryhotuvannya i rozdavannya kormiv: naukovo-praktychnyy posibnyk [Progressive technologies of preparation and distribution of sterna: scientific-practical manual]*. K.: Feniks [in Ukrainian].
- [4]. DSTU 4782-2007 (2005). *Sylos zelenykh roslyn. Tekhnichni umovy [Silage of green plants]*. – K.: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny [in Ukrainian].



- [5]. Nastanova. *Kormy roslynni. Sylos. Zahotivlia ta zberihannia. Typovi tekhnolohichni protses. [Instructions. Vegetative sterns. Typical technological processes].* (2005). UkrNDIPVT by name. L. Pohoriloho [in Ukrainian].
- [6]. Zhand, M., Mech, M.L., Buckmaster, D.R., Kaufman, G.R. (2003). Design and evaluation of a corn silage harvester using shredding and flail cutting. *Trans. ASAE* 46 (6): 1503 – 1511.
- [7]. Brüning, D., K. Gerlach, K. Weib, i K.H. Südekum. (2018). Effect of compaction, delayed sealing and aerobic exposure on maize silage equality and on formation of volatile organic compounds. *Grass and Forage Science*, 73, 53 – 66 [in German].
- [8]. Pryshlyak, V., Hrytsun, A., Babyn, I. (2017) *Doslidzhennya roboty strichkovoho rozpodil'nyka masy pry zavantazhenni basht [Research of the work of the tape mass distributor at the loading of the towers]*, 2 (97), 36 – 40, *Vseukrayins'kyi naukovy-tekhnichnyy zhurnal "Tekhnika, enerhetyka, transport APK"*. Vinnytsya [in Ukrainian].
- [9]. Rezyk, N. Y. (1980). *Kormozbyralni Kombayny [Forage-harvester]*. - М. : Mashynobuduvannya [in Russian].
- [10]. Kuzmenko, V. F., Yampolsky, S. M., Maksimenko, V. V. (2014). *Ekspyrymentalne vyznachennya fraktsiynoho skladu masy kukurudzy pry zahotivli sylosu u pizni stroky [Experimental determination of fractional composition of corn mass during silage preparation in late terms]*. *Mekhanizatsiya ta elektryfikatsiya silskoho hospodarstva: mizhvid. temat. nauk. zb.*, 99, 559 – 568. Hlevakha : NNTS "IMES·H" [in Ukrainian].
- [11]. Kuzmenko, V. F., Yampolsky, S. M. (2015). *Metodyka provedennya ekspyrymentalnykh doslidzhen dlya vyyavlennya vplyvu parametriv valtsiv na dopodribnennya zerna kukurudzy v masi dlya sylosuvannya [Method of carrying out of experimental researches for revealing of influence of parameters of rolls on grinding of corn grain in mass for silos]*. *Tekhnichnyy prohres u tvarynyystvi ta kormovyrobnyystvi: materialy III-yi Nauk. - tekhn. konf.: tezy dopovidey*, 33–37. Hlevakha [in Ukrainian].
- [12]. Kuzmenko, V. F., Yampolsky, S. M. (2016). *Metodyka provedennya ekspyrymentalnykh doslidzhen dlya vyznachennya vplyvu zazoru mizh valtsyamy ta zusylyya stysnennya valtsiv na vmist tsiloho zerna kukurudzy v podribneniy masi [The method of conducting experimental researches to determine the effect of the gap between the rollers and the force of compression of the rollers on the content of whole grain corn in the crushed mass]*. *Tekhnichnyy prohres u tvarynyystvi ta kormovyrobnyystvi: materialy IV-yi Nauk. - tekhn. konf.: tezy dopovidey*, 66 –69. Hlevakha [in Ukrainian].
- [13]. Kuzmenko, V. F., Yampolsky, S. M., Maksimenko, V. V. (2018) *Rezultaty doslidzhennya vplyvu shvydkosti dopodribnyuvalnykh valtsiv kormozbyralnoho kombayna na vmist tsiloho zerna kukurudzy v podribneniy masi [Results of the study of the effect of the speed of the crusher rollers of the forage harvester on the content of whole grain corn in the crushed mass]*. *Mekhanizatsiya ta elektryfikatsiya silskoho hospodarstva: zahalnoderzh. Zb*, 7 (106), 51 – 58. Hlevakha: NNTS "IMES·H" [in Ukrainian].

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДОИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЗЕРНА ПРИ ЗАГОТОВКИ КУКУРУЗНОГО СИЛОСА

*Приведено значение кукурузного силоса среди стеблевых кормов в рационе КРС. Фаза развития кукурузы в период уборки, ее влажность, длина резки и измельчения зерен кукурузы, продолжительность заполнения хранилищ - основные факторы, которые формируют качество кукурузного силоса. Вальцевые доизмельчающие устройства кормоуборочных комбайнов обеспечивают измельчения зерна и расщепления стеблей при одновременной обработки всего сырья. Получено в закодированном виде уравнения регрессии, которое описывает влияние зазора между вальцами и усилия их сжатия на содержание целого зерна кукурузы в измельченной массе. Установлено, что рациональные значения зазора между вальцами лежат в пределах 2,0-3,1 мм, а усилие сжатия вальцов - 0,42-0,78 кН, причем, при таких условиях, процент неизмельченных зерен кукурузы в общей массе не превышает 1 %.*

*Ключевые слова: кормоуборочный комбайн, кукурузный силос, стеблевой корм, длина резки, вальцовый доизмельчитель, зерно, УНПК "Всеукраинский научно-учебный консорциум".*

**Ф. 2. Табл. 1. Рис. 7. Лит. 12.**



**FOUNDATION OF THE DEVICE PARAMETERS FOR EXTRAGRINDING OF GRAIN BY CORN  
SILAGE PROVISION**

*The value of corn silage among stalk feed in the diet of cattle is given. The phase of corn development during harvesting, its humidity, the length of cutting and grinding of corn grains, the length of filling of storage facilities are the main factors forming the quality of corn silage. Roller grinding equipment forage harvesters provide grinding of grain and splitting of stems while processing all raw materials. An encoded form of the regression equation is obtained that describes the effect of the gap between the rollers and the effort of their compression on the content of whole grain corn in the crushed mass. It was established that the rational values of the gap between the rollers lie in the range of 2,0-3,1 mm, and the forces of compression of the rollers - 0,42-0,78 kN, and in such conditions, the percentage of whole grains of corn in the total mass will not exceed 1 %.*

*Key words: forage harvester, corn silage, stalk feed, cutting length, roller tiller, grain, All-Ukrainian Scientific-Training Consortium.*

**F. 2. Tab. 1. Fig. 7. Ref. 12**

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Гулько Ірина Василівна** – кандидат технічних наук, доцент, віце-президент ННБК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: irynagunko@vsau.vin.ua).

**Холодюк Олександр Володимирович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри "Експлуатації машинно-тракторного парку і технічного сервісу" Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: holodyk@vsau.vin.ua).

**Кузьменко Володимир Федорович** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу "Біотехнічних систем у тваринництві та заготівлі кормів" Національного наукового центру Інституту механізації та електрифікації сільського господарства (вул. Вокзальна, 11, смт. Глеваха, Васильківський р-н, Київська обл., 08631, Україна, e-mail: vfkuzmenko@ukr.net).

**Гулько Ірина Васильевна** – кандидат технических наук, доцент, вице-президент НУПК «Всеукраинский научно-учебный консорциум» (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: irynagunko@vsau.vin.ua).

**Холодюк Александр Владимирович** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры "Эксплуатации машинно-тракторного парка и технического сервиса" Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: holodyk@vsau.vin.ua).

**Кузьменко Владимир Федорович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом "Биотехнических систем в животноводстве и заготовке кормов" Национального научного центра Института механизации и электрификации сельского хозяйства (ул. Вокзальная, 11, пгт. Глеваха, Васильковский р-н, Киевская обл., 08631, Украина, e-mail: vfkuzmenko@ukr.net).

**Gunko Iryna** – PhD, Associate Professor, Vice-President of the All-Ukrainian Scientific and Training Consortium (3, Sonychna St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: irynagunko@vsau.vin.ua).

**Kholodyuk Oleksandr** – PhD, Senior Lecturer of the Department of "Operation of a Machine-tractor Park and Technical Service" of Vinnytsia National Agrarian University (3, Sonychna St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: holodyk@vsau.vin.ua).

**Kuzmenko Volodymyr** – PhD, Senior Researcher, Head of the Department "Biotechnical Systems in Animal Husbandry and Harvesting of Feeds" of the National Scientific Center of the Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture (11, Vokzalna St., Glevakha, Vasylykivskyi district, Kyiv region, 08631, Ukraine, e-mail: vfkuzmenko@ukr.net).