

УДК 631.3

## Результати дослідження впливу швидкості доподрібнювальних вальців кормозбирального комбайна на вміст цілого зерна кукурудзи в подрібненій масі

**Кузьменко В. Ф.**, с.н.с., к.т.н., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», e-mail: vfkuzmenko@ukr.net, тел.: +30962064821

**Ямпольський С. М.**, н.с., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», e-mail: yampolskyu@ukr.net, тел.: +30967532729

**Максіменко В. В.**, н.с., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», e-mail: v.v.max@ukr.net, тел.: +30965484827

### Анотація

**Мета.** Експериментально визначити вплив колової швидкості вальцювального доподрібнювача кормозбирального комбайна на вміст цілого зерна кукурудзи.

**Методи.** Дослідження проводилися на експериментальній установці з двовальцювим доподрібнювачем за допомогою варіювання колової швидкості та співвідношення швидкостей вальців й інших параметрів із використанням плану Бокса-Бенкіна (B4) під час подрібнення всієї біологічної маси кукурудзи. Обробку отриманих даних проведено з використанням методів регресійного аналізу та математичної статистики.

**Результати.** У статті наведено отримані експериментальні дані досліджень із визначення впливу колової швидкості вальців і співвідношення між швидкостями вальців на вміст цілого зерна кукурудзи в подрібненій масі. Для проведення досліджень створено експериментальну установку, що моделює процес подачі-подрібнення всієї біологічної маси кукурудзи та площення подрібненої стеблової маси з одночасним доподрібненням зерна.

**Висновки.** У результаті проведених експериментальних досліджень отримано в зазначеному виді рівняння регресії відсотку цілого зерна кукурудзи, що описує вплив швидкостей вальців і співвідношення цих швидкостей на вміст цілого зерна кукурудзи в подрібненій масі. Статистичний аналіз рівняння регресії підтвердив його адекватність, високу тісноту зв'язків між факторами та відсотком цілого зерна після доподрібнення маси, що дає можливість використовувати його як модель процесу доподрібнення зерна вальцювим доподрібнювачем у силосній масі. Визначено, що раціональні значення швидкості тихохідного вальця лежать у межах 38–41 м/с, співвідношення між швидкостями вальців – 47–50%. Водночас досягається вміст цілого зерна 3–5%, що на 15–20% зменшує вміст цілого зерна в подрібненій масі порівнюючи з іншими можливими варіантами.

**Ключові слова:** комбайн кормозбиральний, вальцювий доподрібнювач, зерно кукурудзи, подрібнена стеблова маса, доподрібнення, експеримент.

UDC 631.3

## Results of the study of the effect of the speed of the crushing rollers of the forage harvester on the content of whole grain corn in the crushed mass

**Kuzmenko V. F.**, Ph.D., senior research fellow, National Scientific Centre “Institute for Agricultural Engineering and Electrification”, e-mail: vfkuzmenko@ukr.net, tel.: +380962064821

**Yampolsky S. M.**, researcher, National Scientific Centre “Institute for Agricultural Engineering and Electrification”, e-mail: yampolskyu@ukr.net, tel.: +380967532729

**Maksimenko V. V.**, researcher, National Scientific Centre “Institute for Agricultural Engineering and Electrification”, e-mail: v.v.max@ukr.net, tel.: +380965484827

### Annotation

**Purpose.** Experimentally determine the impact of the speed of the roller grinder forage harvester on the content of whole grain maize.

**Methods.** The research was carried out on an experimental installation with a double-felling grinder by varying the speed of the ridge and the ratio of speeds of the rollers and other parameters using the Boxing-Benkin (B4) plan when the whole corn mass was

ground. The processing of the received data was carried out using the methods of regression analysis and mathematical statistics.

**Results.** The article presents the results experimental data of studies on determining the influence of roller speed and the ratio between the speeds of rollers on the content of whole grain maize in the crushed mass. To conduct research, an experimental plant modeling the process of feeding-grinding corn and grinding corn grain with the simultaneous pouring of the crushed stem mass.

**Conclusions.** As a result of conducted experimental researches, an encoded expression of the regression equation is obtained for the percentage of whole maize grain, which describes the effect of roller speeds and the ratio of these rates to the content of

whole grain corn in the crushed mass. The statistical analysis of the regression equation confirmed its adequacy, the high tightness of the relationships between factors and the percentage of whole grain after crushing of the mass, which makes it possible to use it as a model of the process of grain grinding roller grinder in silage mass. It is determined that the rational velocity values of the slow-moving roller lie in the range of 38–41 m/s, the ratio between velocities of rollers – 47–50%. At the same time, the content of whole grain is reached 3–5%, which reduces the content of whole grain in the crushed mass by 15–20% when compared with other possible variants.

**Keywords:** forage harvester, roller grinder, corn grain, crushed stem mass, before crushing, experiment.

УДК 631.3

### Результаты исследования влияния скорости доизмельчающих валцов кормоуборочного комбайна на содержание целого зерна кукурузы в измельченной массе

**Кузьменко В. Ф.,**

с.н.с., к.т.н., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», e-mail: vfkuzmenko@ukr.net, тел.: +30962064821

**Ямпольский С. М.,**

н.с., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», e-mail:yampolsky@ukr.net, тел.: +30967532729

**Максименко В. В.,**

н.с., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», e-mail:v.v.max@ukr.net, тел.: +30965484827

#### Аннотация

**Цель.** Экспериментально определить влияние скорости валцового доизмельчителя комбайна на содержание целого зерна кукурузы.

**Методы.** Исследования проводились на экспериментальной установке с двухвалцовым доизмельчителем путем варьирования окружной скорости и соотношения скоростей валцов и других параметров с использованием плана Бокса-Бенкина (В4) при измельчении всей биологической массы кукурузы. Обработка полученных данных проведена с использованием методов регрессионного анализа и математической статистики.

**Результаты.** В статье приведены полученные экспериментальные данные исследований по определению влияния окружной скорости валцов и соотношения между скоростями валцов на содержание целого зерна кукурузы в измельченной массе. Для проведения исследований создана экспериментальная установка, которая моделирует процесс подачи-измельчения кукурузы

и доизмельчения зерна кукурузы с одновременным плющением измельченной стеблевой массы.

**Выводы.** В результате проведенных экспериментальных исследований получено в закодированном виде уравнения регрессии процента целого зерна кукурузы, которое описывает влияние скоростей валцов и соотношение этих скоростей на содержание целого зерна кукурузы в измельченной массе. Статистический анализ уравнения регрессии подтвердил его адекватность, высокую тесноту связей между факторами и процентом целого зерна после доизмельчения массы, что позволяет использовать его в качестве модели процесса доизмельчения зерна валцовым доизмельчителем в силосной массе. Определено, что рациональные значения скорости тихоходного вальца лежат в пределах 38–41 м/с, соотношение между скоростями валцов – 47–50%. В то же время достигается содержание целого зерна 3–5%, что на 15–20% уменьшает содержание целого зерна в

измельченной массе по сравнению с другими возможными вариантами.

**Ключевые слова:** комбайн кормоуборочный, вальцовый доизмельчитель, зерно кукурузы, измельченная стеблевая масса, доизмельчение, эксперимент.

**Постановка проблеми.** Розвиток ефективного кормовиробництва потребує застосування сучасних високотехнологічних засобів. Надважливим через це є кормозбиральний комбайн [1]. Недоліком заготівлі силосу з біологічної маси кукурудзи пізніх стадій вегетації є недостатнє подрібнення зерна кормозбиральними комбайнами, а отже, й неефективне його використання. Встановлено, що цілим його після ножового різального апарату залишається 60–80% [2] і відповідно воно не повністю перетравлюється тваринами. У пропонуваніх вальцових доподрібнювачах кормозбиральних комбайнів діаметри вальців і параметри їх рифлення мають раціональні значення, оскільки суттєво не відрізняються [2, 3, 4, 7]. Швидкість вальців визначається пропускною здатністю подрібнювача. Проблема полягає в уточненні раціональних швидкісних параметрів вальцового доподрібнювача кормозбирального комбайна для забезпечення подрібнення зерна кукурудзи в подрібненій силосній масі на рівні 95–98%.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Процеси подрібнення, плющення вальцями зерна різної вологості достатньо вивчені й описані в науково-технічній літературі. Описані також процеси плющення, транспортування вальцями стеблових матеріалів. У літературі наявна інформація щодо конструкцій вальцових плющилок, дробарок і доподрібнювачів [5, 6, 7].

Публікації про вальцові доподрібнювачі в складі кормозбирального комбайна в літературі подаються як опис (технічна характеристика, окремі параметри, режими роботи, результати випробувань). А інформація про процес руйнування зерна в суміші біологічної маси кукурудзи вальцовим доподрібнювачем під час роботи кормозбирального комбайна відсутня.

Відома значна кількість робіт, присвячених як загальним питанням експериментальних досліджень, так і вальцових плющилок і дробарок (переважно стаціонарного типу), техніці безпеки виконання робіт [8, 9, 13, 14, 15].

Дослідження проводилися експериментально, одночасно визначаючи вплив параметрів на наявність цілого зерна в масі, ступінь подрібнення зерна кукурудзи та потужність, споживану вальцовим доподрібнювачем. Водночас використовувалася експериментальна установка (рис. 1).

Установка працює таким чином: сніп, сформований з стебел та качанів кукурудзи відомої ваги транспортером 3 подається до живильних вальців 4, які захоплюють та ущільнюють його. Далі ущільнена кукурудза надходить до різального барабана, який подрібнює її та, протягуючи по піддону, викидає в транспортувальний канал, по якому подрібнена маса надходить до доподрібнювальних вальців 6. Доподрібнювальні вальці захвачують подрібнену масу та, протягуючи через зазор між ними, доподрібнюють зернову частину й додатково розщеплюють стебла.

Будова, особливості роботи експериментальної установки та основні її характеристики повністю наведені в [12, 16–18].



**Рис.1.** – Експериментальна установка для вивчення доподрібнення зерна кукурудзи:

- 1 – рама подрібнювача; 2 – електродвигун приводу різального барабана;
- 3 – подавальний транспортер; 4 – живильні вальці; 5 – рама вальцового доподрібнювача;
- 6 – доподрібнювальні вальці; 7 – електродвигун приводу вальцового доподрібнювача;
- 8 – вивантажувальна горловина

**Fig. 1.** – Experimental setup for the study regrinding of the corn:

- 1 – shredder frame; 2 – electric motor drive the cutting drum; 3 – feed conveyor; 4 – feed rollers;
- 5 – frame roller dopadna; 6 – crusher rollers; 7 – electric motor drive roller dopadna; 8 – unloading neck

Після проведення аналізу інформації та попередніх досліджень [2, 3, 4, 10, 11, 12] за досліджувані фактори прийняті:

- колова швидкість вальців,  $v$ , м/с;
- співвідношення між швидкостями,  $n$ , %:

$$n = \frac{v_1}{v_2} 100\%,$$

де  $v_1$  – колова швидкість тихохідного (нижнього) вальця, м/с,

$v_2$  – колова швидкість швидкохідного (верхнього) вальця, м/с;

- зазор між вальцями,  $\Delta$ , мм;
- зусилля стискання вальців,  $p$ , кН.

Критерієм оцінювання процесу є відносна кількість цілого зерна в пробі.

Позначення факторів, рівні та інтервали їх варіювання [13] наведено в таблиці.

**Таблиця.** Досліджувані фактори та їх варіювання  
**Table.** Investigated factors and levels of variatorin

Рівень варіювання факторів	Досліджуваний фактор			
	Колова швидкість тихохідного вальця, м/с ( $x_1$ )	Співвідношення між швидкостями, % ( $x_2$ )	Зазор між вальцями, мм ( $x_3$ )	Зусилля стискання вальців, кН ( $x_4$ )
Верхній рівень (+1)	49,5	100	6	0,82
Нульовий рівень (0)	37,0	57	4	0,62
Нижній рівень (-1)	24,5	14	2	0,42
Інтервал варіювання	12,5	43	2	0,2

Основні дослідження проводилися за планом Бокса-Бенкіна для чотирифакторного експерименту. Межі варіювання факторів для можливості використання стандартних матриць планування експерименту було подано у кодованому виді. Для кодування значень факторів використано залежність [15]:

$$K_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i},$$

де  $K_i$  – кодове значення  $i$ -го фактора (-1; 0; +1);  $X_i$  – натуральне значення  $i$ -го фактора;

$X_{i0}$  – натуральне значення  $i$ -го фактора на нульовому рівні;

$\Delta X_i$  – інтервал варіювання  $i$ -го фактора.

Сніп кукурудзи масою 6–8 кг спрямовувався в подрібнювач. Встановлена довжина різання складала 18,1–22,4 мм, співвідношення маси стебел до маси качанів – (0,55–0,60):(0,45–0,40).

**Мета досліджень.** Експериментально визначити вплив колової швидкості вальцевого доподрібнювача кормозбирального комбайна на вміст цілого зерна кукурудзи.

**Методи досліджень.** Дослідження проводилися на експериментальній установці з двовальцевим доподрібнювачем за допомогою

варіювання колової швидкості та співвідношення швидкостей вальців та інших параметрів з використанням плану Бокса-Бенкіна (В4) під час подрібнення всієї біологічної маси кукурудзи. Обробку отриманих даних проведено з використанням методів регресійного аналізу та математичної статистики.

**Результати досліджень.** Оброблення експериментальних даних було проведено за допомогою програмного забезпечення: Microsoft Excel, Statistica.

Було отримано рівняння регресії

$$B_3 = 2,83 - 1,54X_1 + 1,64X_2 + 7,22X_3 + 0,09X_4 + 0,82X_1^2 + 0,05X_2^2 + 4,80X_3^2 - 0,36X_4^2 - 0,05X_1X_2 - 1,90X_1X_3 + 0,03X_1X_4 + 2,10X_2X_3 - 0,43X_2X_4 - 0,06X_3X_4 \quad (\%),$$

де  $B_3$  – вміст цілого зерна кукурудзи в подрібненій масі, %.

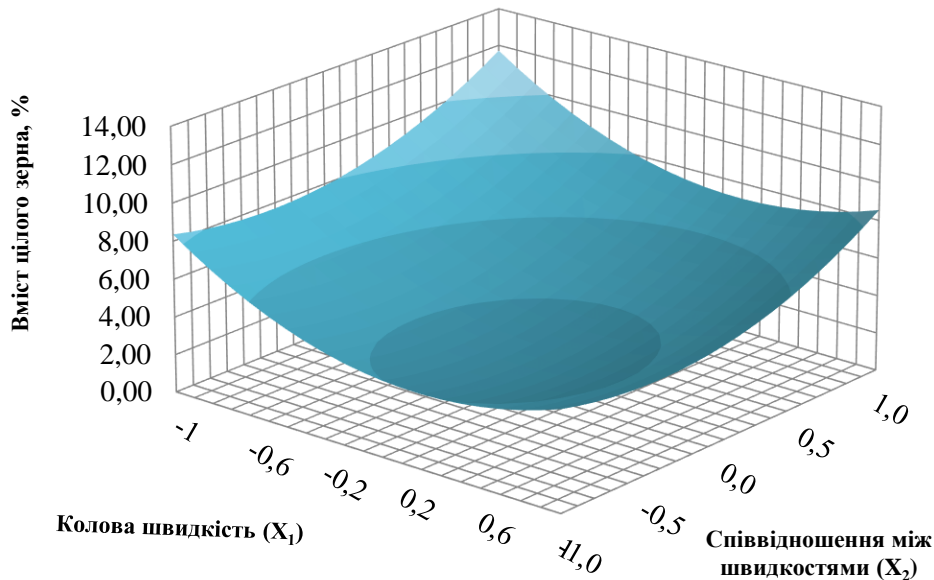
Позначення факторів відповідає наведеному в таблиці 1. Коефіцієнт уточненої детермінації складає 84,42%, що вказує на тісний зв'язок між факторами та кількістю цілого зерна після доподрібнення всієї маси. Розрахунковий критерій Фішера ( $F(14,9) = 9,9$ ) дає підстави стверджувати про адекватність

отриманої залежності стосовно визначення залишку цілого зерна.

Аналізуючи величини коефіцієнтів при незалежних членах регресії та їх нормоване значення (бета-коефіцієнт), можна стверджувати, що як швидкість, так і співвідношення швидкостей мають приблизно однаковий вплив на відсоток залишку цілого зерна, оскільки коефіцієнти при цих факторах у

рівнянні регресії відрізняються незначно (1,54 при  $X_1$  і 1,64 при  $X_2$ ). Значно більший вплив на відсоток цілого зерна має зазор між вальцями ( $X_3$ ).

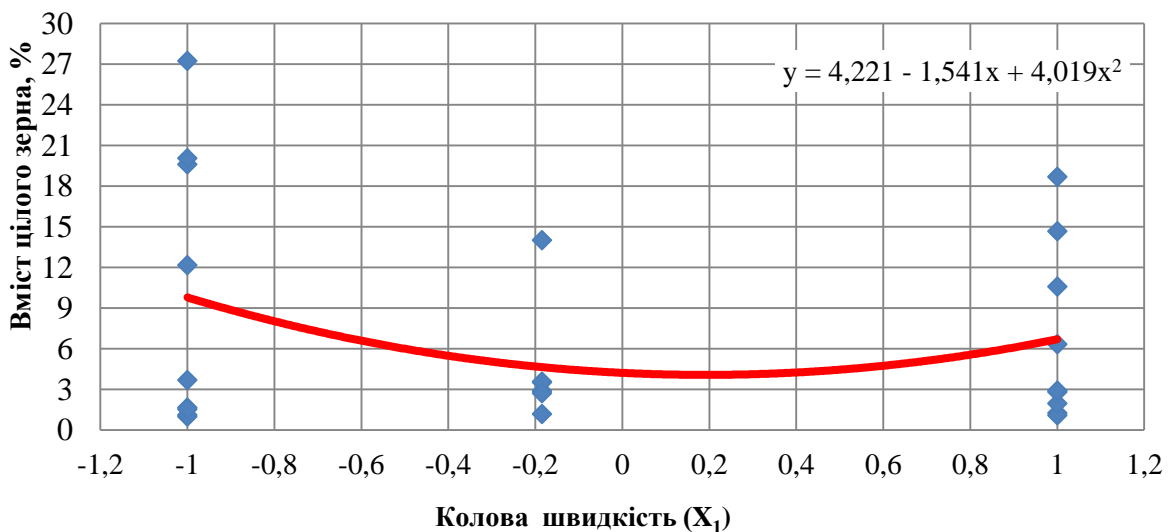
Залежність відсотку цілого зерна від швидкості вальців ( $X_1$ ) і співвідношення між швидкостями ( $X_2$ ) вальців представлено на рисунку 2.



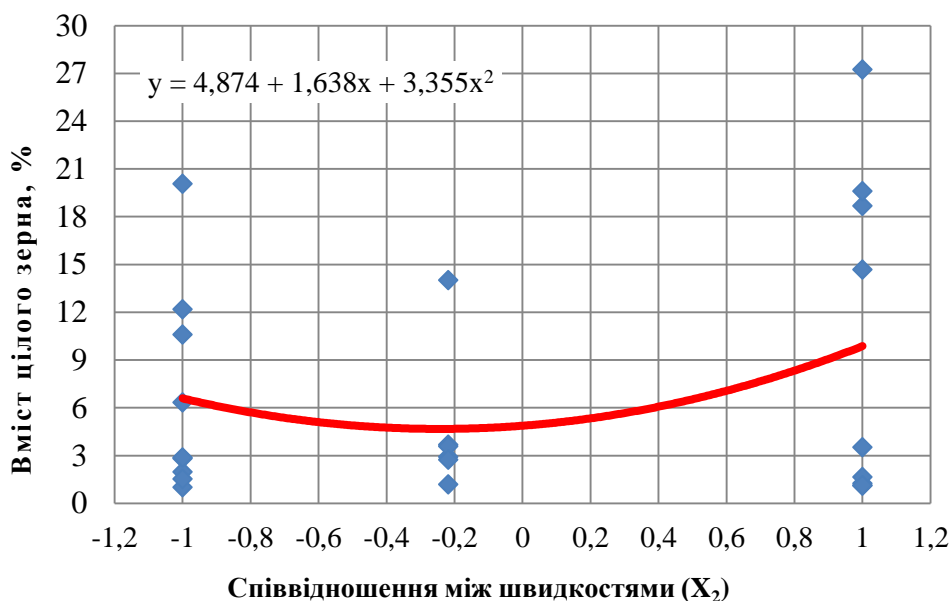
**Рис. 2.** Залежність вмісту цілого зерна від швидкості вальців і співвідношення швидкостей  
**Fig.2.** Dependence of the content of the whole grain on the speed of the rollers and the ratio of velocities

Спостерігається область раціональних значень цих показників, що більш чітко можна прослідкувати на рисунках 3 та 4, на яких

параболи сягають свого мінімуму при значеннях  $X_1 = 0,20$  та  $X_2 = -0,25$ , відповідно.



**Рис.3.** Залежність вмісту цілого зерна від швидкості вальців  
**Fig.3.** Dependence of the content of whole grain on the speed of rollers



**Рис.4.** Залежність вмісту цілого зерна від співвідношення швидкостей вальців  
**Fig.4.** Dependence of the content of whole grain on the ratio of velocities of rollers

### Висновки

У результаті проведених експериментальних досліджень отримано в зазначеному вигляді рівняння регресії, що описує вплив швидкостей вальців та співвідношення цих швидкостей на вміст цілого зерна кукурудзи в подрібненій масі. Статистичний аналіз рівняння регресії підтвердив його адекватність, високу тісноту зв'язків між факторами та відсотком цілого зерна після

доподрібнення маси, що дає можливість використовувати його як модель процесу доподрібнення зерна вальцювими доподрібнювачем у силосній масі. Визначено, що раціональні значення швидкості тихохідного вальця лежать у межах 38–41 м/с, співвідношення між швидкостями вальців – 47–50%. Водночас досягається вміст цілого зерна 3–5%, що на 15–20% зменшує вміст цілого зерна в подрібненій масі порівнюючи з іншими можливими варіантами.

### Бібліографія

1. Адамчук В. В., Булгаков В. М., Гриник І. В. Перспективи розвитку і застосування у сільському господарстві сучасних високотехнологічних засобів. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки та технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць.* / УкрНДПВТ ім. Леоніда Погорілого. Дослідницьке, 2013. Вип. 17 (31). С. 22–33.
2. Кузьменко В. Ф., Ямпольський С. М., Максименко В. В. Аналіз схем сучасних кормозбиральних комбайнів та особливості їх конструкцій. *Механізація та електрифікація сільського господарства.* Глеваха, 2010. Вип. 94. С. 279–287.
3. Чепурной А. И., Козлов В. В. Перспективные кормоуборочные комбайны и технологии. *Тракторы и сельскохозяйственные машины.* 2005. № 6. С. 14–18.

4. Кузьменко В. Ф., Ямпольський С. М., Максименко В. В. Аналіз конструкцій доподрібнювальних пристроїв кормозбиральних комбайнів. *Механізація та електрифікація сільського господарства.* Глеваха, 2012. Вип. 96. С. 320–328.
5. Одегов В. А. Обоснование параметров и режимов работы плющилки влажного зерна: дис. ... канд. техн. наук. Киров, 2005. 187 с.
6. Воробьев Н. А. Теоретическое исследование производительности вальцовой плющилки. URL: [http://rep.bsatu.by/bitstream/doc/1263/1/2008\\_2.12.teoret.pdf](http://rep.bsatu.by/bitstream/doc/1263/1/2008_2.12.teoret.pdf) (дата обращения: 25.04. 2018).
7. Дешко В. И. Исследование и обоснование режимов плющения зерна после влаготепловой обработки: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ленинград – Пушкин, 1978. 20 с.
8. Афанасьева Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента. М.: КноРус, 2010. 330 с.



9. Пальчевский Б. А. Научное исследование: объект, направление, метод. Львов: Вища школа, 1979. 180 с.
10. Особов В. И. Тенденции развития самоходных кормоуборочных комбайнов. *Техника и оборудование для села*. 2002. № 10. С. 28–33.
11. Осьмак В. Я., Качан І. В. Класифікація та прогноз розвитку конструкцій кормозбиральних комбайнів. *Зб. наук. праць УкрНДІПВТ*. Дослідницьке, 2003. Вип. 6 (20), кн. 2. С. 250–254.
12. Кузьменко В. Ф., Ямпольський С. М., Максименко В. В. Експериментальне визначення фракційного складу маси кукурудзи при заготівлі силосу у пізні строки. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. Глеваха, 2014. Вип. 99. С. 559–568.
13. Наказ від 06.10.1997 № 257 Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок (статус: чинний).
14. ДСТУ 7239:2011. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. К.: Держспоживстандарт України, 2011.
15. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 276 с.
16. Ямпольський С. М. Експериментальне визначення складу маси кукурудзи при заготівлі силосу в пізні строки. *Матеріали II-ї Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»*. Глеваха, 2013. С. 37–38.
17. Кузьменко В. Ф., Ямпольський С. М. Методика проведення експериментальних досліджень для виявлення впливу параметрів вальців на доподрібнення зерна кукурудзи в масі для силосування. *Матеріали III-ї Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»*. Глеваха, 2015. С. 33–37.
18. Кузьменко В. Ф., Ямпольський С. М. Методика проведення досліджень для визначення впливу зазору між вальцями та зусилля стиснення вальців на вміст цілого зерна кукурудзи в доподрібненій масі. *Матеріали IV-ї Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»*. Глеваха, 2016. С. 66–69.
3. Chepurnoj A. Y., Kozlov V. V. Perspektivnye kormoborochnye kombajny i tehnologi. *Traktory i sel'skoxozyajstvennye mashyny*. 2005. № 6. S. 14–18.
4. Kuzmenko V. F., Yampolskyj S. M., Maksimenko V. V. Analiz konstruktsiy dopodribnyvalnykh prystroyiv kormozbyralnykh kombayniv. *Mekhanizatsiya ta elektryfikatsiya sil'skogo gospodarstva*. Glevaha, 2012. Vyp. 96. S. 320–328.
5. Odegov V. A. Obosnovaniye parametrov i rezhimov raboty plyushchilki vlazhnogo zerna: dis... kand. tekhn. nauk. Kirov, 2005, 187 s.
6. Vorob'yev N. A. Teoreticheskoye issledovaniye proizvoditel'nosti val'tsovoy plyushchilki. URL: [http://rep.bsatu.by/bitstream/doc/1263/1/2008\\_2.12.teoret.pdf](http://rep.bsatu.by/bitstream/doc/1263/1/2008_2.12.teoret.pdf).
7. Deshko V. I. Issledovaniye i obosnovaniye rezhimov plyushcheniya zerna posle vlagoteplovy obrabotki: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Leningrad – Pushkin, 1978. 20 s.
8. Afanaseva N. Yu. Vychyslytelnye i eksperimentalnye metody nauchnogo eksperymenta. M.: KnoRus, 2010. 330 s.
9. Palchevskyy B. A. Nauchnoye issledovaniye: ob'yekt, napravleniye, metod. L'vov: Vishcha shkola, 1979. 180 s.
10. Osobov V. I. Tendentsii razvitiya samokhodnykh kormoborochnykh kombaynov. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. 2002. № 10. S. 28–33.
11. Osmak V. Ya., Kachan I. V. Klasyfikatsiya ta prohnnoz rozvytku konstruktsiy kormozbyralnykh kombayniv. *Zb. nauk. prats Ukr NDIPVT*. Doslidnytske, 2003. Vyp. 6 (20), kn. 2. S. 250–254.
12. Kuzmenko V. F., Yampolskyi S. M., Maksimenko V. V. Eksperimentalne vyznachennia fraktsiinoho skladu masy kukurudzy pry zahotivli sylosu u pizni stroky. *Mekhanizatsiya ta elektryfikatsiya sil'skoho gospodarstva*. Hlevakha, 2014. Vyp. 99. S. 559–568.
13. Nakaz vid 06.10.1997 № 257 Pro zatverdzhennya Pravyl bezpechnoyi ekspluatsiyi elektroustanovok (status: chynnyj).
14. DSTU 7239:2011. Systema standartiv bezpeky praci. Zasoby indyvidualnogo zaxystu. Zagalni vymogy ta klasyfikatsiya. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2011.
15. Adler Yu. P., Markova E. V., Granovskiy Yu. V. Planyrovanye eksperymenta pry poiske optymalnyx uslovij. M.: Nauka, 1976. 276 s.
16. Yampolskyi S. M. Eksperimentalne vyznachennia skladu masy kukurudzy pry zahotivli sylosu v pizni stroky. *Materialy II-yi Naukovo-tekhnichnoi konferentsii «Tekhnichniy prohres u tvarynyystvi ta kormovyrobnyystvi»*. Hlevakha, 2013. S. 37–38.
17. Kuzmenko V. F., Yampolskyi S. M. Metodyka provedennia eksperimentalnykh doslidzhen dlia vyvchennia vplyvu parametrov valtsiv na dopodribnennia zerna kukurudzy v masi dlia sylosuvannia. *Materialy III-yi Naukovo-tekhnichnoi konferentsii «Tekhnichniy prohres u tvarynyystvi ta kormovyrobnyystvi»*. Hlevakha, 2015. S. 33–37.
18. Kuzmenko V. F., Yampolskyi S. M. Metodyka provedennia doslidzhen dlia vyznachennia vplyvu

## Bibliografia

1. Adamchuk V. V., Bulgakov V. M., Grynyk I. V. Perspektivy rozvytku i zastosuvannya u sil'skomu gospodarstvi suchasnyx vysokotekhnologichnyx zasobiv. *Tekniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoyi tekhniki ta tehnologij dlya sil'skogo gospodarstva Ukrayiny: zb. nauk. prac. / UkrNDIPVT im. Leonida Pogorilogo*. Doslidnytske, 2013. Vyp. 17 (31). S. 22–33.
2. Kuzmenko V. F., Maksimenko V. V., Yampolskyj S. M. Analiz sxem suchasnyx kormozbyralnykh kombajniv ta osoblyvosti yix konstrukcij. *Mekhanizatsiya ta elektryfikatsiya sil'skogo gospodarstva*. Glevaha, 2010. Vyp. 94. S. 279–287.

zazoru mizh valtsiamy ta zusyllia stysnennia valtsiv na vmist tsiloho zerna kukurudzzy v dopodribnenii masi. *Materialy IV-yi Naukovo-tekhnichnoi konferentsii «Tekhnichniy prohres u tvarynnyystvi ta kormovyrobnyystvi»*. Hlevakha, 2016. S. 66–69.

### Bibliography

1. Adamchuk V. V. Bulgakov V. M. Grynyk I. V. Prospects for the development and application of modern high-tech agricultural products. *Technical and technological aspects of the development and testing of new techniques and technologies for agriculture Ukraine: coll. Science works. / UkrNDIPVT named Leonid Pogorelogo. Doslidnyczke*, 2013. Issue 17 (31). P. 22–33.
2. Kuzmenko V. F. Yampolskyj S. M. Maksimenko V. V. Analysis of current schemes forage harvesters and features of their designs. *Mechanization and Electrification of Agriculture*. Glevakha, 2010. Issue 94. P. 279–287.
3. Chepurnoy A. I., Kozlov V. V. Prospective forage harvesters and technologies. *Tractors and agricultural machinery*. 2005. No. 6. P. 14–18.
4. Kuzmenko V. F. Yampolskyj S. M. Maksimenko V. V. Analysis of constructions for grinding equipment forage harvesters. *Mechanization and Electrification of Agriculture*. Glevakha, 2012. Issue 96. P. 320–328.
5. Odegov V. A. Justification of the parameters and operating modes of moist grain conditioner: dis. ... kand. tekhn. nauk. Kirov, 2005, 187 p.
6. Vorobiev N. A. Theoretical study of the performance of roller conditioner. URL: [http://rep.bsatu.by/bitstream/doc/1263/1/2008\\_2.12.teoret.pdf](http://rep.bsatu.by/bitstream/doc/1263/1/2008_2.12.teoret.pdf) (Last accessed: 25. 04. 2018).
7. Deshko V. I. Research and substantiation of regimes of grain flattening after moisture thermal treatment: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Leningrad – Pushkin, 1978. 20 p.
8. Afanasyeva N. Yu. Computational and experimental methods of scientific experiment. M.: KnoRus, 2010. 330 p.
9. Palchevsky B. A. Scientific research: object, direction, method. L'vov: High school, 1979. 180 p.
10. Osobov V. I. Trends in the development of self-propelled forage harvesters. *Engineering and equipment for the village*. 2002. No. 10. P. 28–33.
11. Osmak V. Ya. Kachan I. V. Classification and forecast of development of constructions of forage harvesters. *Sb. sciences works Ukr NDIPVT. Doslidnyczke*, 2003. Issue 6 (20), book. 2.P. 250–254.
12. Kuzmenko V. F. Yampolsky S. M. Maksimenko V. V. Experimental determination of fractional composition of corn mass during silage preparation in late terms. *Mechanization and electrification of agriculture*. Glevaha, 2014. Issue 99. P. 559–568.
13. Order dated 06.10.1997 No 257 On approval of the Rules of safe operation of electrical installations (status: valid).
14. SSTU 7239: 2011. System safety standards. Personal protection. General requirements and classification. K.: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2011.
15. Adler Yu. P. Markova E. V. Granovsky Yu. V. Planning an experiment when searching for optimal conditions. M.: Nauka, 1976. 276 p.
16. Yampolsky S. M. Experimental determination of corn mass composition during silage preparation in late terms. *Materials of the II-th Scientific and Technical Conference "Technical progress in livestock and fodder production"*. Glevaha, 2013. P. 37–38.
17. Kuzmenko V. F. Yampolsky S. M. Method of conducting experimental researches for revealing of influence of parameters of rolls on grinding of corn grain in mass for silos. *Materials of the III-th Scientific and Technical Conference "Technical progress in livestock and fodder production"*. Glevaha, 2015. P. 33–37.
18. Kuzmenko V. F., Yampolsky S. M. The method of conducting researches to determine the effect of the gap between the rollers and the effort of compression of rolls on the content of whole grain corn in the crushed mass. *Materials of the IVth Scientific and Technical Conference "Technical progress in livestock and fodder production"*. Glevaha, 2016. P. 66–69.