

EDN: FVHBMG

DOI: 10.22314/2073-7599-2026-20-2-45-51



Научная статья

УДК 631.361



Обмолачивающее устройство с бильным барабаном для уборки кукурузы на зерно

Владимир Макичевич Погосян¹,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: pogosyan@gmail.com;

Оксана Николаевна Соколенко¹,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: sokolenko.oksana@mail.ru;

Михаил Евгеньевич Чаплыгин²,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник,
e-mail: misha2728@yandex.ru

¹Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Российская Федерация;

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Отметим, что при соприкосновении с рабочими элементами молотильного аппарата физические и механические характеристики обрабатываемого материала изменяются. Проведенный анализ выявил, что не было уделено должного внимания влиянию этих изменений на условия захвата и удержания материала в процессе обмолота. Как показали исследования, для успешной обработки материал должен был захвачен и удержан. При обмолоте кукурузных початков ключевым фактором, определяющим эти условия и обеспечивающим эффективность процесса, является связь основных параметров комбайна с производительностью и требуемой мощностью с учетом физико-механических свойств обмолачиваемого материала. (*Цель исследования*) Выявить зависимость скорости перемещения продуктов обмолота от мощностных характеристик комбайна при уборке кукурузы на зерно. (*Материалы и методы*) На практике при обработке початков кукурузы оптимальный диапазон значений максимального угла захвата определяется опытным путем и зависит от влажности початков, а также от частоты вращения рабочих органов. Изучили факторы, влияющие на эффективность процесса обмолота кукурузы на зерно молотильно-сепарирующим аппаратом комбайна. Использовали статистические методы метаисследования. (*Результаты и обсуждение*) Захватывающая способность молотильного барабана увеличивается с повышением коэффициента трения между початком и поверхностью бича и с уменьшением коэффициента трения между початком и подбарабаньем. Показана зависимость скорости молотильного барабана при обмолоте от влажности материала. Установлена зависимость качества обмолота от параметров молотильных зазоров на входе в подбарабанье и выходе из него. Выявлена потребная мощность с учетом всех процессов при обмолоте. (*Выводы*) Проведенный анализ позволил определить зависимость скорости перемещения продуктов обмолота молотильным бильным барабаном, которым оснащен комбайн для уборки кукурузы, от мощности.

Ключевые слова: кукуруза, уборка, самоходный комбайн, производительность, молотильное устройство, бильный барабан.

■ **Для цитирования:** Погосян В.М., Соколенко О.Н., Чаплыгин М.Е. Обмолачивающее устройство с бильным барабаном для уборки кукурузы на зерно // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2026. Т. 20. №2. С. 45-51. DOI: 10.22314/2073-7599-2026-20-2-45-51. EDN: FVHBMG.

Scientific article

Threshing Unit with a Rasp-Bar Drum for Maize Grain Harvesting

Vladimir M. Pogosyan¹,
Ph.D.(Eng.), associate professor,
e-mail: pogosyan@gmail.com;

Oksana N. Sokolenko¹
Ph.D.(Eng.), associate professor,
e-mail: sokolenko.oksana@mail.ru;

Mikhail E. Chaplygin²,
Ph.D. (Eng.), leading researcher,
e-mail: misha2728@yandex.ru

¹Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar region, Russian Federation;

²Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. The paper demonstrates that interaction between the threshed material and working elements of a threshing unit leads to changes in its physical and mechanical properties. However, the influence of these changes on the conditions of material

capture and retention has not yet been sufficiently investigated. Effective threshing requires reliable capture and stable retention of the material. In maize ear threshing, the efficiency of this process is largely determined by the relationship between the main parameters of combine harvester, its productivity, and power demand, taking into account the physical and mechanical properties of the material. (*Research purpose*) To establish the relationship between the movement speed of threshing products and the power characteristics of combine harvester during maize grain harvesting. (*Materials and methods*) In practice, the optimal range of the maximum maize capture angle is established experimentally and depends on ear moisture content and the rotational speed of the working elements. The study examines factors influencing the efficiency of maize grain threshing in the threshing-and-separating unit of a grain combine harvester. Statistical meta-analysis methods were applied to quantitatively integrate the results of scientific studies employing similar methodologies, with the aim of establishing the dependence of threshing quality on crop condition and threshing drum settings. (*Results and discussion*) The gripping ability of the threshing drum increases with a higher coefficient of friction between the ear and the rasp bar surface and with a lower coefficient of friction between the ear and the concave. It is also established that the moisture content of the material influences the threshing drum speed during operation. The study establishes the dependence of threshing quality on the parameters of the threshing clearances at the inlet and outlet of the concave. It also determines the required power by taking into account the performance of all processes and operations involved in maize grain threshing. (*Conclusions*) The analysis revealed a dependence between the movement speed of threshing products along the rasp-bar drum of a maize combine harvester and its power characteristics.

Keywords: productivity, threshing unit, rasp-bar drum, maize, self-propelled combine harvester.

■ **For citation:** Pogosyan V.M., Sokolenko O.N., Chaplygin M.E. Threshing unit with a rasp-bar drum for maize grain harvesting. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2026. Vol. 20. N2. 45-51 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2026-20-2-45-51. EDN: FVHBMG.

Совершенствование производственных операций возделывания и уборки кукурузы на зерно осуществляется в разных направлениях: селекции сортов, семеноводстве и разработке технологий. Эти направления отражены в Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы. Важное значение имеет вариант сбора урожая кукурузы: на зерно, початки или листостебельную массу. Для уборки на зерно оптимальным считается период, когда содержание сухого вещества в зерне достигает 60-70% (фаза восковой спелости). Визуально этот срок можно определить по появлению черного слоя в месте крепления зерен к стержню початка.

Кукурузу на зерно убирают зерноуборочными комбайнами, оборудованными адаптерами с делителями и отрывающими пластинами для аккуратного отделения початков от стеблей, или кормоуборочными комбайнами со специализированными адаптерами. Во втором случае машины выполняют за один проход скашивание, измельчение и загрузку массы в транспортные средства [1].

Процесс обмолота кукурузы, при котором зерна отделяются от початков, исследовали на молотильном устройстве самоходного комбайна типа *Nova S 340* с бильным барабаном. Конструктивные параметры барабана, такие как длина, количество бичей, угол обхвата, являются постоянными [2].

Основываясь на данных эксперимента, рассматривалась взаимосвязь изменяемых факторов, определяющих процесс обмолота. К ним относятся: окружная скорость молотильного барабана, размер зазоров между барабаном и подбарабаньем, сорт и

состояние обрабатываемой культуры (влажность, сопротивление разрыву) и др. [3]. От этих параметров будут зависеть требуемые мощностные характеристики уборочного комбайна [4, 5].

При обмолоте кукурузы различных сортов и влажности окружная скорость барабана, которая обеспечивает минимальные недомолот и дробление зерна, отличается при подаче только одних початков или початков вместе со стеблевой массой. Согласно исследованиям в случае обмолота только початков окружная скорость барабана несколько ниже, чем целого растения и колеблется от 10 до 14 м/с [6, 7].

Цель исследования: выявить зависимость скорости перемещения продуктов обмолота от мощностных характеристик комбайна при уборке кукурузы на зерно.

Материалы и методы. Исследовали факторы, влияющие на эффективность процесса обмолота кукурузы на зерно молотильно-сепарирующим аппаратом зерноуборочного комбайна [8]. Использовали статистические методы метаанализа, позволяющие количественно объединить результаты научных исследований со схожей методологией, с целью установления зависимости качества обмолота от состояния культур и от настроек молотильного барабана. Учитывая экспериментальные данные, выявлена необходимая мощностная характеристика комбайна, а также определена зависимость качества обмолота от состояния кукурузы и настроек уборочной машины [9].

Результаты и обсуждение. При обмолоте всего растения кукурузы оптимальная окружная скорость барабана колеблется от 12 до 16 м/с. На основании исследований В.С. Курасова [2] за среднее значение

можно принять окружную скорость при обмолоте только початков 12-13 м/с (415-450 об/мин), а при обмолоте всего растения – 14-15 м/с (485-520 об/мин).

Выбор величины зазоров. Изменение зазоров между барабаном и подбарабаньем служит основным способом регулирования работы молотильного устройства в зависимости от свойств и состояния материала и широко используется на практике. В наших опытах лучшие по качеству показатели работы бильного барабана получены при обмолоте початков при зазоре на выходе 15-17 и 17-19 мм при обмолоте всего растения [10, 11].

Зазор на входе должен быть приблизительно в 2 раза больше, чем на выходе. При таком соотношении давление обмолачиваемого материала на подбарабанье по всему углу обхвата одинаковое [12]. При ином соотношении точка приложения равнодействующей всех давлений на подбарабанье располагается не в середине угла обхвата материала, а ближе к входу (при меньшем отношении) или к выходу (при большем отношении).

В качестве оптимальных могут быть приняты зазоры при обмолоте початков 35/17, а всего растения – 40/19 (в числителе величина зазора на входе, в знаменателе – на выходе, мм).

Расчет необходимой мощности. В уравнении молотильного барабана, предложенном В.П. Горячкиным и впоследствии применяемом другими исследователями (Гинько Г.М. К развитию теории барабана академика Горячкина В.П. Доклады ВАСХНИЛ им. В.И. Ленина. 1958. Вып. 6. С. 43-48. Теоретические и экспериментальные исследования молотильного аппарата комбайна «Коммунар»), общее окружное усилие определяется по формуле:

$$P = P' + P'' = m'v + fP, \quad \text{Н}, \quad (1)$$

где P' – усилие, необходимое на преодоление инерционных сил обмолачиваемой зерносоломистой массы, $P' = m'v$, Н; P'' – усилие, направленное на преодоление сопротивления подбарабанья, $P'' = fP$, Н.

Сопротивление деки для упрощения считается пропорциональным всему окружному усилию барабана P с коэффициентом пропорциональности f , который называется коэффициентом перетирания.

Мощность, требуемая на работу молотильного бильного барабана:

$$75N \frac{mrv^2}{l-f}, \quad \text{кВт}. \quad (2)$$

В трудах М.А. Пустыгина и работе [13] подчеркивается важность более детального анализа процесса обмолота с разделением его на два основных компонента: удар, который передает скорость продуктам обмолота, и сопротивление подбарабанья. Это позволяет лучше понять и изучить каждый компонент отдельно и найти более эффективные методы оптимизации процесса обмолота. Такой подход может способствовать выявлению законо-

мерностей и факторов, влияющих на результат обмолота, а также разработке новых технологий и оборудования с лучшей производительностью.

В нашем случае, т.е. при рассмотрении процесса обмолота бильным барабаном всего растения кукурузы, полную требуемую мощность можно представить как сумму:

$$N = N_{xx} + N_{деф} + N_{отб}, \quad \text{кВт}, \quad (3)$$

где N_{xx} – мощность неработающего агрегата, кВт; $N_{деф}$ – мощность на обмолот, на разрушение стеблевой массы и стержней початков и на перемещение продуктов обмолота, кВт; $N_{отб}$ – мощность на отбрасывание продуктов обмолота, кВт.

Рассмотрим отдельно каждую составляющую.

Мощность неработающего агрегата N_{xx} постоянная при неизменном числе оборотов.

Мощность на обработку массы и перемещение продуктов обмолота:

$$N_{деф} = N_o + N_{ст} + N_c + N_t, \quad (4)$$

где N_o – мощность, требуемая на обмолот (отделение зерен от стержней), кВт; $N_{ст}$ – мощность на разрушение стеблевой массы, кВт; N_c – мощность на преодоление сил трения при перемещении продуктов обмолота, кВт.

$$N_{деф} = \varphi Q v_m \frac{1}{75}, \quad \text{кВт}, \quad (5)$$

где φ – коэффициент перетирания, учитывающий общее сопротивление подбарабанья; Q – общее радиальное усилие, Н; v_m – средняя скорость перемещения массы продуктов обмолота, м/с.

Мощность на обмолот [14] прямо пропорциональна ударной работе молотильного устройства и количеству зерен, прошедших через молотильное устройство в одну секунду:

$$N_o = \frac{A_o q_3}{75}, \quad \text{кВт}, \quad (6)$$

где A_o – удельная работа обмолота, Дж/кг; q_3 – подача зерна, кг/с.

Мощность на разрушение стеблей зависит от их прочности и количества разрывов:

$$N_{ст} = \frac{A_{ст}(\mu - 1)n_{ст}}{75}, \quad \text{кВт}, \quad (7)$$

где $A_{ст}$ – работа одинарного разрыва стеблей, Дж; $(\mu - 1)$ – число разрывов в среднем на один стебель; μ – степень перебивания стеблей; $n_{ст}$ – количество стеблей, проходящих через молотильное устройство в одну секунду.

Мощность, необходимая для разрушения стержней початков, определяется аналогично случаю разрушения стеблей:

$$N_c = \frac{A_c(\mu_1 - 1)n_c}{75}, \quad \text{кВт}, \quad (8)$$

где A_c – работа для одинарного разрыва стержня, Дж; $(\mu_1 - 1)$ – число разрывов в среднем на один стержень.

жень; μ_1 – степень перебивания стержней; n_c – количество стержней, проходящих через молотильное устройство в одну секунду.

Мощность на преодоление сил трения [15] при перемещении продуктов обмолота N_T определяется из уравнения (6):

$$N_T = N_{\text{деф}} - (N_o + N_{\text{ст}} + N_c), \text{ кВт.}$$

С другой стороны,

$$N_T = \frac{f_{\text{тр}} Q v_m}{75}, \text{ кВт,} \quad (9)$$

где $f_{\text{тр}}$ – коэффициент трения массы кукурузы по стали.

Мощность на удар и отбрасывание продуктов обмолота

$$N_{\text{отб}} = \frac{m v_{\text{вых}}^2}{75}, \text{ кВт.} \quad (10)$$

где m – масса, отбрасываемая барабаном в одну секунду, кг/с; $v_{\text{вых}}$ – средняя скорость массы на выходе из барабана, м/с.

Полная мощность на работу молотильного барабана:

$$75N = 75N_{\text{хх}} + A_o q_3 + A_{\text{ст}}(\mu - 1)n_{\text{ст}} + A_c(\mu - 1)n_c + f_{\text{тр}} Q v_m + m v_{\text{вых}}^2, \quad (11)$$

Определение действительного коэффициента перетирания. Перетирание представляет собой комплекс отдельных самостоятельных процессов, наиболее важные из них:

- крушение початков;
- отделение стеблей и стержней;
- отбрасывание продуктов обмолота.

Рассматривая перетирание как единый процесс и используя экспериментальные данные, можно определить действительный (средний) коэффициент перетирания, учитывая общее сопротивление подбарабана [15, 16].

Согласно закону Кулона сила трения равна произведению нормального давления на коэффициент трения, и если пренебречь влиянием скорости удельного давления, то:

$$T = f_{\text{тр}} Q. \quad (12)$$

Величину общего сопротивления T и нормального давления Q определяем по равнодействующей R . Величину и направление равнодействующей R определяем по данным осциллографирования как геометрическую сумму сил T' и Q' (рисунок).

Общее сопротивление:

$$T = R \cdot \sin(\alpha \pm \beta), \text{ Н.} \quad (13)$$

Нормальное давление:

$$Q = R \cdot \cos(\alpha \pm \beta), \text{ Н.} \quad (14)$$

Коэффициент перетирания:

$$f = T/Q = \text{tg}(\alpha \pm \beta), \quad (15)$$

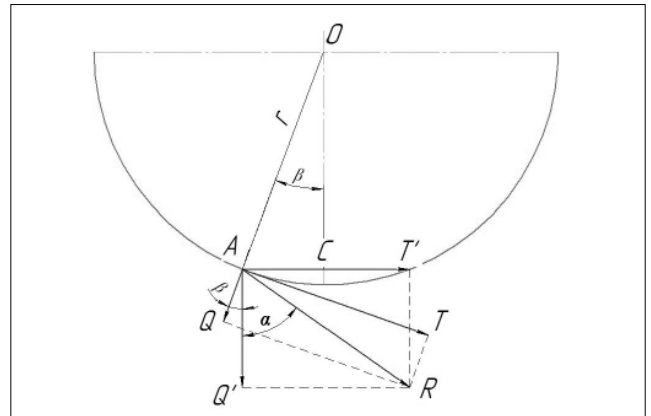


Рис. Действие сил при перетирании
Fig. Forces acting during grinding

где φ – угол между направлением действия равнодействующей R и вертикалью.

Угол β определяем из треугольника AOC :

$$\sin \beta = AC/AO = l/r,$$

где l – отклонение точки приложения равнодействующей R от середины подбарабана, мм; r – радиус барабана, мм.

Величина l определяется графически с использованием данных осциллографирования и ее предварительного вычисления [10]:

$$L_1 = \frac{P_2 \cdot L}{P_1 + P_2}; \quad (16)$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{R_3}{P_1 + P_2}, \quad (17)$$

где P_1, P_2, P_3 – составляющие давления на подбарабанье, замеренные с помощью осциллографа, кПа.

Определение средней скорости перемещения продуктов обмолота. Скорость перемещения продуктов обмолота в подбарабанье v_m представляет собой один из основных параметров, определяющих производительность молотилки. Она оказывает влияние также на качество обмолота и на энергетику.

Вопрос о скорости хлебной массы при обмолоте колосовых впервые поставил академик В.П. Горячкин в предлагаемой «теории барабана» (Гинько Г.М. К развитию теории барабана академика Горячкина В.П. Докл. ВАСХНИЛ, 1958. Вып. 6. С. 43-48. Теоретические и экспериментальные исследования молотильного аппарата комбайна «Коммунар»). Условно принимая эту скорость равной окружной скорости барабана v_6 , получим:

$$v_{\text{хл}} = v_6. \quad (18)$$

Академик И.Ф. Василенко [7] в своей формуле расчета производительности молотильного аппарата предполагает, что скорость зерна и соломы, вылетающих из-под барабана, составляет примерно половину скорости вращения барабана по окружности:

$$v_{\text{хл}} = v_6 / 2. \quad (19)$$

М.А. Пустыгин и другие исследователи [13] утверждают, что скорость движения хлебной массы при входе в подбарабанье стабилизируется за счет соотношения величины зазоров и параметров производительности. Затем по мере продвижения к выходу скорость массы плавно увеличивается. При этом принимается, что скорость массы на выходе из подбарабанья в 4 раза больше, чем на входе:

$$v_{\text{вых}} = 4v_{\text{вх}}. \quad (20)$$

Средняя скорость продвижения хлебной массы [7] в подбарабанье значительно ниже скорости питающего (наклонного) транспортера (2,8-3,0 м/с). Наибольшее влияние на скорость в подбарабанье оказывает величина порции, определяющая степень сжатия стеблей.

Нами по результатам ряда исследований предлагается определять среднюю скорость перемещения продуктов обмолота исходя из уравнения баланса мощности, расходуемой на обмолот кукурузы:

$$N - N_{\text{хх}} = \frac{f_{\text{тр}} Q v_{\text{м}}}{75} + \frac{m v_{\text{вых}}^2}{75}. \quad (21)$$

Тогда, пользуясь методом М.А. Пустыгина [13], соотношение скоростей на входе и на выходе принимаем обратно пропорциональным зазорам в барабане:

$$\frac{v_{\text{вых}}}{v_{\text{вх}}} = \frac{\delta_{\text{вых}}}{\delta_{\text{вх}}} = 2. \quad (22)$$

Средняя скорость перемещения продуктов обмолота

$$v_{\text{м}} = \frac{v_{\text{вх}} + v_{\text{вых}}}{2} = 0,75 v_{\text{вых}}. \quad (23)$$

Заменяя $v_{\text{вых}}$ в уравнении (23) его значением из уравнения (25), после преобразования получим:

$$N - N_{\text{хх}} = 0,013 f Q v_{\text{м}} + 0,024 m v_{\text{ц}}^2. \quad (24)$$

Величина мощности (левая часть уравнения) определяется по осциллограмме. Решив это квадратное уравнение, находим величину средней скорости перемещения продуктов обмолота:

$$v_{\text{м}} = \frac{-0,013 f_{\text{тр}} Q \pm \sqrt{0,0017 f_{\text{тр}}^2 Q^2 - 0,096 m (N - N_{\text{хх}})}}{0,048 m}. \quad (25)$$

Выводы. Процесс обмолота исследован на молотильном устройстве самоходного комбайна типа *Nova S 340* с бильным барабаном. Опытным путем показано, что наиболее высокие качественные показатели работы барабана бильного типа получены при обмолоте только одних початков при зазоре на выходе 15-17 мм, а при обмолоте всего растения зазор на выходе составляет 17-19 мм.

При изучении зависимости скорости перемещения продуктов обмолота от мощностных характеристик комбайна важно разделять процесс обмолота на удар, который передает скорость продуктам обмолота, и на сопротивление подбарабанья.

Полную мощность на работу барабана можно представить как сумму мощностей на обмолот (отделение зерен от стержней), на разрушение стебельной массы и на преодоление сил трения при перемещении продуктов обмолота.

Проведенный анализ позволил выявить зависимость скорости перемещения продуктов обмолота от мощности комбайна для уборки кукурузы на зерно, оснащенного молотильным бильным барабаном.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чаплыгин М.Е., Давыдова С.А. Техничко-технологическое оснащение возделывания сои и кукурузы в двухпольном севообороте // *Техническое обеспечение сельского хозяйства*. 2019. N1(1). С. 209-214. EDN: WWEEZI.
2. Хажметова З.Л., Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Аушев М.Х. Моделирование процесса обмолота початков кукурузы // *Техника и оборудование для села*. 2020. N5(275). С. 23-26. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-5-23-26.
3. Жалнин Э.В., Ценч Ю.С., Пьянов В.С. Методика анализа технического уровня зерноуборочных комбайнов по функциональным и конструктивным параметрам // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N2. С. 4-8. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-2-4-8.
4. Матущенко А.Е., Кантемиров Н.Д. Влияние некоторых параметров механизма стеблеподачи кукурузоуборочного комбайна на потери урожая // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2023. N1(99). С. 115-119. EDN: ZXMZZY.
5. Погосян В.М., Мечкало А.Л., Полуэктов А.А. К вопросу зависимости прочности зерна кукурузы от его влажности // *Тракторы и сельхозмашины*. 2023. Т. 90. N1. С. 59-66. DOI: 10.17816/0321-4443-111809.
6. Пастухов А.Г., Бахарев Д.Н. Молотильно-сепарирующее устройство для первичного семеноводства кукурузы // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N1. С. 34-39. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-1-34-39.
7. Пастухов А.Г., Бахарев Д.Н. Методика инженерного расчета комплекта технических средств для поэтапного обмолота початков семенной кукурузы // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2021. N4(32). С. 61-72. EDN: IQRXXT.
8. Мазитов Н.К., Сахапов Р.Л., Шогенов Ю.Х. и др. Конкурентоспособный комплекс техники и технологии для производства зерна и кормов // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019. Т. 20. N3. С. 299-308. DOI:

- 10.30766/2072-9081.2019.20.3.299-308.
9. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Марченко О.С., Ценч Ю.С. Создание инновационной техники и ресурсосберегающих технологий производства кормов – основа развития животноводства // *Вестник МГАУ имени В.П. Горячкина*. 2017. N6(82). С. 23-28. DOI: 10.26897/1728-7936-2017-6-23-28.
 10. Панфилов А.Э., Шепелев С.Д., Черняев Д.А. Обоснование технической оснащенности уборки кукурузы на силос и корнаж // *АПК России*. 2025. Т. 32. N1. С. 82-87. DOI: 10.55934/2587-8824-2025-32-1-82-87.
 11. Черняев Д.А. Адаптер для уборки кукурузы на корнаж // *Сельский механизатор*. 2025. N3. С. 24-25. DOI: 10.47336/0131-7393-2025-3-24-25.
 12. Шуляков А.Г., Юдина Е.М., Ринас Н.А., Палапин М.А. Анализ процесса работы и конструкций молотилок зерноуборочных комбайнов // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2022. N2(94). С. 87-93. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-87-92.
 13. Жалнин Э.В., Чаплыгин М.Е. Динамика фракционного состава зерносоломистой массы, обмолачиваемой в молотильном аппарате зерноуборочного комбайна // *Инженерные технологии и системы*. 2022. Т. 32. N2. С. 249-262. DOI: 10.15507/2658-4123.032.202202.249-262.
 14. Алдошин Н.В., Золотов А.А., Цыгуткин А.С. и др. Обоснование технологических параметров комбайнов на уборке белого люпина // *Достижения науки и техники АПК*. 2015. Т. 29. N1. С. 64-66. EDN: UYLIWJ.
 15. Погосян В.М., Чаплыгин М.Е. Исследование динамических характеристик планетарного початкоотделяющего аппарата // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. N3. С. 41-47. DOI: 10.22314/2073-7599-2021-15-3-41-47.
 16. Бойков В.М., Старцев С.В., Павлов А.В. и др. Комплекс машин для механической обработки пожнивных остатков кукурузы // *Аграрный научный журнал*. 2021. N11. С. 84-86. DOI: 10.28983/asj.y2021i11pp84-86.

REFERENCES

1. Chaplygin M., Davydova S. Technical and technological equipment of soya and maize cultivation in two fields crop rotation. *Technical Support for Agriculture*. 2019. N1(1). 209-214 (In Russian). EDN: WWEEZI.
2. Khazhmetova Z.L., Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Aushev M.Kh. Modeling a corn ear threshing process. *Machinery and Equipment for Rural Areas*. 2020. N5. 23-26 (In Russian). DOI: 10.33267/2072-9642-2020-5-23-26.
3. Zhalnin E.V., Tsench Yu.S., P'yanov V.S. Analysis method of combine harvesters technical level by functional and structural parameters. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2018. Vol. 12. N2. 4-8 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-2-4-8.
4. Matushchenko A.E., Kantemirov N.D. Influence of some parameters of the feeder stalk of a corn harvester on crop losses. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023. N1 (99). 115-119 (In Russian). EDN: ZXZZZY.
5. Poghosyan V.M., Mechkalo A.L., Poluektov A.A. Dependence of corn kernel strength on moisture. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2023. Vol. 90. N1. 59-66 (In Russian). DOI: 10.17816/0321-4443-111809.
6. Pastukhov A.G., Bakharev D.N. Maize threshing and separating device for primary seed production. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020. Vol. 14. N1. 34-39 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-1-34-39.
7. Pastukhov A.G., Baharev D.N. Procedure for engineering calculation of a set of technical tools for step-by-step threshing of cobs seed corn. *Innovations in the Agro-Industrial Complex: Problems and Prospects*. 2021. N4(32). 61-72 (In Russian). EDN: IQRXXT.
8. Mazitov N.K., Sakhapov R.L., Shogenov Yu.Kh. et al. Competitive complex of machinery and technologies for the production of grain and feed. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2019. Vol. 20. N3. 299-308 (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.3.299-308.
9. Izmaylov A.Yu., Lobachevsky Ya.P., Marchenko O.S., Tsench Yu.S. Development of innovative machinery and resource-saving technologies of feed production as the basis of livestock breeding development. *Vestnik MSAU after V.P. Goryachkin*. 2017. N6(82). 23-28 (In Russian). DOI: 10.26897/1728-7936-2017-6-23-28.
10. Panfilov A.E., Shepelev S.D., Chernyaev D.A. Justification of the technical equipment of corn harvesting for silage and cornage. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2025. Vol. 32. N1. 82-87 (In Russian). DOI: 10.55934/2587-8824-2025-32-1-82-87.
11. Chernyaev D.A. Cornage corn harvesting adapter. *Selskiy Mechanizator*. 2025. N3. 24-25 (In Russian). DOI: 10.47336/0131-7393-2025-3-24-25.
12. Shulyakov A.G., Yudina E.M., Rinas N.A., Palapin M.A. Analysis of the work process and designs of threshers of combine harvesters. *Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University*. 2022. N2(94). 87-93 (In Russian). DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-87-92.
13. Zhalnin E.V., Chaplygin M.E. Dynamics of fractional composition of grain-and-straw mass being threshed in the threshing mechanism of a combine harvester. *Engineering Technologies and Systems*. 2022. Vol. 32. N2. 249-262 (In Russian). DOI: 10.15507/2658-4123.032.202202.249-262.
14. Aldoshin N.V., Zolotov A.A., Tsygutkin A.S. et al. Substantiation of technological parameters of harvesters for white lupine. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2015. Vol. 29. N1. 64-66 (In Russian). EDN: UYLIWJ.
15. Pogosyan V.M., Chaplygin M.E. Research into the dynamic characteristics of the planetary cobseparating device. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2021. Vol. 15.

N3. 41-47 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2021-15-3-41-47.
16. Boykov V.M., Startsev S.V., Pavlov A.V. et al. Complex

of machines for mechanical processing of corn residues. *Agrarian Scientific Journal*. 2021. N11. 84-86 (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2021i11pp84-86.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Заявленный вклад соавторов:

Погосян В.М. – научное руководство, разработка теоретических предпосылок, вывод формул, доработка текста, формирование общих выводов;
Соколенко О.Н. – редактирование рукописи статьи и литературный анализ;
Чаплыгин М.Е. – формулирование целей и задач исследования, корректировка формул, итоговая доработка статьи, формирование выводов, анализ литературных источников.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Coauthors' contribution:

Pogosyan V.M. – scientific supervision, development of the theoretical framework, derivation of formulas, revision of the manuscript, and formulation of the overall conclusions;
Sokolenko O.N. – editing of the manuscript and literature review;
Chaplygin M.E. – formulation of research aims and objectives, correction of formulas, final revision of the manuscript, formulation of conclusions, and analysis of literature sources.
The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
The paper was accepted for publication on

03.12.2025
24.02.2026