

Оригинальное исследование

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-678124>

EDN: CJUDBB



Совершенствование молотилок для обмолота и сепарации зернобобовых культур

З.А. Годжаев¹, А.В. Колесников²¹ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия;² Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова, Луганск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Опираясь на анализ и систематизацию научных исследований и передового опыта в области создания и применения машин и технологий, упор сделан на решении актуальной задачи — увеличении эффективности и качества работы молотильно-сепарирующих устройств (МСУ) стационарных молотилок и передвижных комбайнов для уборки зернобобовых культур, используя инновационные машины и технологии. Особое внимание уделено преодолению проблем, связанных с несоблюдением агротехнических, экономических требований, а также недостаточных качественных показателей, демонстрируемых серийными моделями техники. Новая система механизации обеспечивает более эффективное производство продукции растениеводства согласно расчётным технико-экономическим показателям.

Цель работы — определение оптимальных конструкционных решений и технологических параметров, обеспечивающих минимальные потери зерна и максимальную производительность обмолота зернобобовых культур.

Материалы и методы. Опираясь на обширный массив научных данных и прогрессивный опыт в сфере разработки и применения техники и технологий в растениеводстве, в частности, в семеноводстве, предпринята попытка изучения и выявления существующих проблем, а также определения стратегии для повышения качества продукции по сравнению с текущими требованиями. Ключевым исследовательским инструментом выступает анализ и систематизация имеющихся достижений в области совершенствования машинных технологий в семеноводстве.

Результаты. Анализ полученных данных и аргументация в пользу сделанных заключений демонстрируют, что наиболее многообещающими устройствами оказываются молотилки, принцип действия которых основан на сочетании ударного воздействия рабочих органов и перетирающим с применением эластичных элементов, что позволяет свести к минимуму механические повреждения семян при обмолоте и сепарации, то есть повысить эффективность выделения зерна семенного целевого назначения.

Заключение. В данной работе проведено изучение и оценка эффективности молотильных устройств, применяемых в комбайнах, разработанных специально для уборки зернобобовых культур. Рассмотрены различные типы молотильных аппаратов, их конструктивные особенности и влияние на качество обмолота. Особое внимание уделено анализу факторов, влияющих на травмирование зерна в процессе обмолота, а также способам снижения этих повреждений. Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования конструкции зернобобовых комбайнов и повышения эффективности уборки урожая.

Ключевые слова: молотилка; молотильно-сепарирующее устройство; система механизации; эффективность; косвенные потери; многокритериальная модель.

Как цитировать:

Годжаев З.А., Колесников А.В. Совершенствование молотилок для обмолота и сепарации зернобобовых культур // Тракторы и сельхозмашины. 2025. Т. 92, № 2. С. 168–175. DOI: 10.17816/0321-4443-678124 EDN: CJUDBB

Original Study Article

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-678124>

EDN: CJUDBB

Improvement of Threshers for Threshing and Separation of Grain Legumes

Zakhid A. Godzhaev¹, Aleksei V. Kolesnikov²¹ Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia;² Luhansk Voroshilov State Agricultural University, Luhansk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Based on the analysis and systematization of scientific research and advanced experience in the field of development and application of machines and technologies, the emphasis is placed on solving the relevant problem — increasing the efficiency and quality of operation of threshing and separating devices (TSD) of stationary threshers and mobile combine harvesters for harvesting grain legumes and other crops, using innovative machines and technologies. Particular attention is paid to overcoming the problems associated with non-compliance with agrotechnical, economic and other requirements, as well as insufficient quality indicators demonstrated by serial models of machinery. The new mechanization system ensures more efficient production of crop products according to the calculated technical and economic indicators.

AIM: Determination of optimal design solutions and technological parameters that ensure minimal grain losses and maximum productivity of grain legumes threshing.

MATERIALS AND METHODS: Based on an extensive array of scientific data and progressive experience in the field of development and application of machinery and technologies in crop production, in particular, in seed production, an attempt was made to study and identify existing problems, as well as to determine the strategy for improving the quality of products compared to current requirements. The key research tool is the analysis and systematization of existing achievements in the field of improving machine technologies in seed production.

RESULTS: The analysis of the obtained data and arguments in favor of the conclusions made demonstrate that the most promising devices are threshing machines, the operating principle of which is based on a combination of the impact of the working bodies and grinding with the use of elastic elements, which allows minimizing mechanical damage to seeds during threshing and separation. That means to increasing the efficiency of grain separating for the intended purpose.

CONCLUSION: This paper contains study and evaluation of the efficiency of threshing devices used in threshing machines designed specifically for harvesting including grain legumes. Various types of threshing machines, their design features and impact on the quality of threshing are considered. Particular attention is paid to the analysis of factors affecting grain damage during threshing, as well as ways to reduce this damage. The results of the study can be used to improve the design of threshing machines, grain legume combine harvesters and to increase the efficiency of harvesting.

Keywords: thresher; threshing and separating device; mechanization system; efficiency; indirect losses; multi-criteria model.

To cite this article:

Godzhaev ZA, Kolesnikov AV. Improvement of Threshers for Threshing and Separation of Grain Legumes. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2025;92(2):168–175. DOI: 10.17816/0321-4443-678124 EDN: CJUDBB

ОБОСНОВАНИЕ

Зернобобовые культуры обладают значительным потенциалом и играют важную роль в экономике страны. При условии точного соблюдения агротехнических требований и правил уборки, они способны приносить существенную прибыль, обеспечивать население необходимыми продуктами питания, положительно влиять на состояние почвы, обогащая ее, а также улучшать качество кормов для сельскохозяйственных животных. Однако, уборка урожая зачастую все еще осуществляется традиционным двухфазным методом, включающим обмолот и очистку зерна с помощью комбайнов. Такой подход нередко приводит к значительным потерям урожая, как прямым, так и косвенным. Дробление и травмирование семян при уборке превышает допустимые значения и в целом ограничивает, и затрудняет выполнение селекционно-семеноводческих работ по созданию районированных сортов сельскохозяйственных культур, в том числе зернобобовых культур. Теоретическому и экспериментальному исследованию технологического процесса, выполняемого молотильно-сепарирующим устройством (МСУ), посвящены работы современных учёных: Сичкаря В.И., Алдошина Н.В., Золотова А.А., Зотикоав В.И., Полухина А.А., Ушакова Д.А., Орбинского В.И., Присяжной И.М. и др., которые в основном ведутся в направлении разработки и совершенствования классической схемы с бильным и штифтовым молотильным барабаном, совершенствовании двухбарабанной схемы МСУ при уборке сельскохозяйственных культур [1, 2, 3, 4, 5, 6].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определение оптимальных конструкционных решений и технологических параметров, обеспечивающих минимальные потери зерна и максимальную производительность обмолота зернобобовых культур.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опираясь на обширный массив научных данных и прогрессивный опыт в сфере разработки и применения техники и технологий в растениеводстве, в частности, в семеноводстве, предпринята попытка изучения и выявления существующих проблем, а также определения стратегий для повышения качества продукции по сравнению с текущими стандартами.

Ключевым исследовательским инструментом выступает анализ и систематизация имеющихся достижений в области совершенствования машинных технологий в семеноводстве. В рамках данной работы рассматриваются современные методы выращивания и уборки сельскохозяйственных культур, их соответствие научно обоснованным системам земледелия для конкретных агроэкологических условий, а также новейшим разработкам в области

механизации производства и семеноводства. Особое внимание уделяется энергетической эффективности применяемых машин, их соответствию экономическим критериям и влиянию на качество выполняемых работ и получаемой продукции в сравнении с зарубежными аналогами.

Уборка урожая зернобобовых культур, в частности, мягкостебельного гороха и жёсткостебельной сои, зачастую осуществляется традиционным способом — с использованием комбайнов для обмолота и сепарации зерна. Это приводит к значительным потерям урожая (до 12%) и удлинению сроков уборочной компании. Повреждение зерна молотильно-сепарирующими устройствами барабанного типа классического исполнения значительно превышает показатели роторных аналогов. [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В России действует около 250 опытных аграрных учреждений. Оснащённость их средствами для работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве зерновых и зернобобовых культур составляет 40–45%, изношенность парка — 65–70%. Современное состояние механизации селекционно-семеноводческой деятельности, характеризующееся малой насыщенностью специальной техникой, что приводит к неоправданно большим затратам труда и средств, снижению точности и качества работ и в конечном счёте — к увеличению сроков выведения новых сортов до 8–11 лет. Общая потребность в оборудовании для производства семян в требуемых объёмах составляет по 400–1500 единиц техники каждого наименования, при этом ориентацию на зарубежную технику нельзя назвать эффективной, так как одна из важных характеристик техники отечественного выпуска — преимущество по соотношению цены и качества [8].

В настоящее время селекционными и семеноводческими предприятиями для уборки зернобобовых культур, в частности, мягкостебельного гороха и жёсткостебельной сои, с опытных селекционных делянок — прямым комбайнированием применяют селекционные комбайны, например, Wintersteiger Classic, Sampo SR 2010 и др., с барабанной системой обмолота и клавишной системой сепарации. Такие агрегаты, в первую очередь разрабатывались для уборки зерновых культур, а при уборке гороха и сои удобны в использовании только при благоприятных погодных условиях и низком содержании влаги в зёрнах.

Для обмолота гороха и сои стационарным способом используются серийные сноповые и пучковые молотилки, как выпускаемые отечественным производством, например: МТПУ-500 (ФГБНУ ФНАЦ «ВИМ»), МСС-1 (ООО ГСКБ «Зерноочистка»), МПС(С) – 1М (Омский Экспериментальный завод на ООО «Омсктехмаш») и др., так и снятые с производства: МС-400, МТПУ-300, МПСУ-500 и др., в зависимости от их технического состояния, загруженности проведения работ и наличия на конкретном предприятии. Также используют лабораторные и колосовые молотилки

Haldrup LT-21, Haldrup LT-50, Wintersteiger Hege 16 и др., для проведения более тщательного лабораторного анализа растений.

Молотилка-тёрка пучковая МТПУ-500 — стационарная (ФГБНУ ФНАЦ «ВИМ»). Имеет барабаны двух типов: бичевой и тёрочный, диаметром 500 мм. Обмолот производится эластичными рабочими органами при сравнительно малых значениях повреждения семян.

Молотилка пучково-сноповая МСС-1 — стационарная (ООО ГСКБ «Зерноочистка»). Молотильный аппарат имеет молотильные барабаны с решётчатыми подбарабаньями. В данном аппарате преобладает перетирающее воздействие в сочетании с ударным. Имеется отдельно устанавливаемый пульт управления, обеспечивающий частотное регулирование оборотов барабанов, что упрощает настройку на оптимальный режим работы.

Молотилка пучково-сноповая МПС(С)-1М — стационарная (ООО «Омсктехмаш»). Молотильный аппарат имеет молотильные барабаны с эластичными бичами, сетчатые подбарабанья. Обмолот производится эластичными рабочими органами, что позволяет свести к минимуму механические повреждения семян.

Молотилка пучково-сноповая МПСУ-500 — стационарная (снята с производства). Молотильный аппарат имеет штифтовые барабаны с решётчатыми подбарабаньями. Обмолот производится эластичными рабочими органами, что позволяет свести к минимуму механические повреждения семян. В данном аппарате преобладает перетирающее воздействие в сочетании с ударным.

Молотилка-тёрка пучковая МТПУ-300 — стационарная (снята с производства). К молотилке прилагаются барабаны двух типов: бичевой четырехлопастной диаметром 350 мм и тёрочный трехлопастной, тип подбарабанья — сетчатое. Обмолот производится эластичными рабочими органами, что позволяет свести к минимуму механические повреждения семян.

Молотилка сноповая МС-400 — стационарно-передвижная (снята с производства). Имеет тип молотильного аппарата — ротационный, штифтовый с диаметром барабана по концам зубьев 400 мм. Подбарабанье изготовлено из стального листа толщиной 6 мм, поверхность подбарабанья образована по кривой, близкой к окружности барабана. На подбарабанье жёстко закреплены укороченные зубья клиновидного типа. В данном аппарате преобладает ударное воздействие в сочетании с перетирающим.

Анализ конструкций рассмотренных селекционных молотилок приведен в табл. 1.

Анализ машин, приведённый в табл. 1, целесообразно проводить при помощи эффективного метода системного анализа — метода расстояния к цели.

Его суть заключается в обосновании идеала и оценке меры приближения к нему каждого из вариантов.

Идеальный вариант характеризует такую систему, для которой каждый из критериев достигает своего потенциально возможного наилучшего значения. Такие

значения могут быть обоснованы теоретически или отвечать лучшей реально достигнутой величине.

Сравнительную оценку рассматриваемых типов молотилок выполняем по следующим показателям: удельной материалоемкости, удельной энергоёмкости и коэффициенту универсальности применительно к обмолоту различных культур.

Удельные показатели материалоемкости M_y находят по формуле [9]:

$$M_y = \frac{M}{Q}, \text{ кг} \cdot \text{ч/т}, \quad (1)$$

где M — вес молотилки, кг; Q — производительность молотилки, т/ч.

Удельную энергоёмкость находят по формуле:

$$\mathcal{E}_y = \frac{N}{Q}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}, \quad (2)$$

где N — паспортная мощность рассматриваемой молотилки, кВт.

Коэффициент универсальности обмолачиваемых культур находится по формуле:

$$K_y = 1/n, \quad (3)$$

где n — количество культур, обмолачиваемых молотилкой.

Данные показатели сведём к одинаковым числовым значениям по правилам нормирования критериев, когда соответствующий критерий улучшается уменьшением:

$$M_{y, \text{норм.}}, \mathcal{E}_{y, \text{норм.}}, K_{y, \text{норм.}}$$

$$u_{in}^{\text{норм.}} = \frac{u_i}{u_{i \text{ onm.}}} \cdot u_{i \text{ onm.}}, \quad (4)$$

где $u_{i \text{ onm.}}$ — критерий оптимального варианта.

Для каждого оцениваемого решения задаются параметры оценки, которые отображаются на радиальных осях координат (x, y, z). Ориентация шкал такова, что улучшение показателя направлено к центру (нулевой точке).

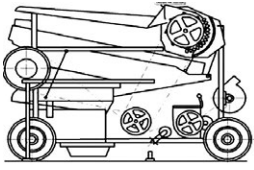
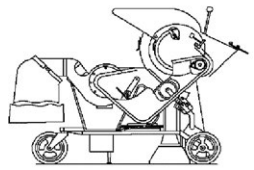
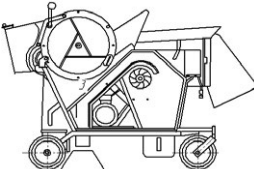
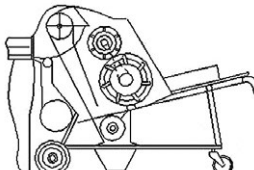
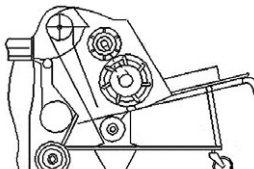
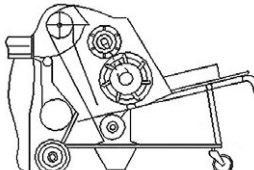
Соединив отметки на осях, соответствующие i -му решению, формируется многоугольник. Аналогично, строится многоугольник для идеального решения, представляющего собой наилучшие значения по всем критериям. Обобщенный показатель близости к идеалу μ_i рассчитывается как отношение площади многоугольника i -го решения к площади многоугольника идеального решения:

$$\mu_i = \frac{S_i}{S_o} \leq 1, \quad (5)$$

где S_i, S_o — соответственно площади многоугольников i -го и оптимального вариантов, мм².

Графическое построение по методу расстояния к цели применительно к исследуемым молотилкам (см. табл. 1) представлена на рис. 1.

Таблица 1. Анализ селекционных молотилок зернобобовых культур**Table 1.** Analysis of batch threshers for grain legumes

Схема молотилки, марка	Рабочий орган	Преимущества	Недостатки	Критерии оценки			
				$\mathcal{E}_y$, кВт·ч/т	$\mathcal{E}_y^{норм}$	$M_y^{норм}$	$K_y^{норм}$
 МС-400	Штифты	1. Надёжность. 2. Устойчивость работы. 3. Возможность подключения к ВОМ трактора.	1. Низкая производительность. 2. Травмированность семян.	47,06	1,82	3,26	1,25
 МТПУ-300	Штифты обрезающих (эласт.)	1. Надёжность. 2. Устойчивость работы. 3. Простота работы и настройки.	1. Низкая производительность.	42,86	1,62	2,68	1,25
 МТПУ-500 (ФГБНУ ФНАЦ «ВИМ»)	Штифты обрезающих (эласт.)	1. Надёжность. 2. Универсальность. (наличие 2-х сменных барабанов и 5 подбарабанов).	1. Низкая производительность. 2. Сложность работы и настройки	31,43	1,17	3,48	1
 МПСУ-500	Штифты. (2 барабана и 2 подбар.)	1. Устойчивость работы. 2. Надёжность.	1. Сложность работы и настройки 2. Травмированность семян. 3. Ограниченная область применения.	25,88	1	1,02	2,50
 МСС-1 (ООО ГСКБ «Зерноочистка»)	Штифты. (2 барабана и 2 подбар.)	1. Удобство настройки. 2. Устойчивость работы. 3. Надёжность.	1. Травмированность семян. 2. Низкая производительность.	32,35	1,25	1,02	2,50
 МПС(С)-1М (ООО «Омсктехмаш»)	Эластичные бичи. (2 барабана и 2 подбар.)	1. Устойчивость работы. 2. Надёжность.	1. Ограниченная область применения. 2. Низкая производительность	25,88	1	1	2,50

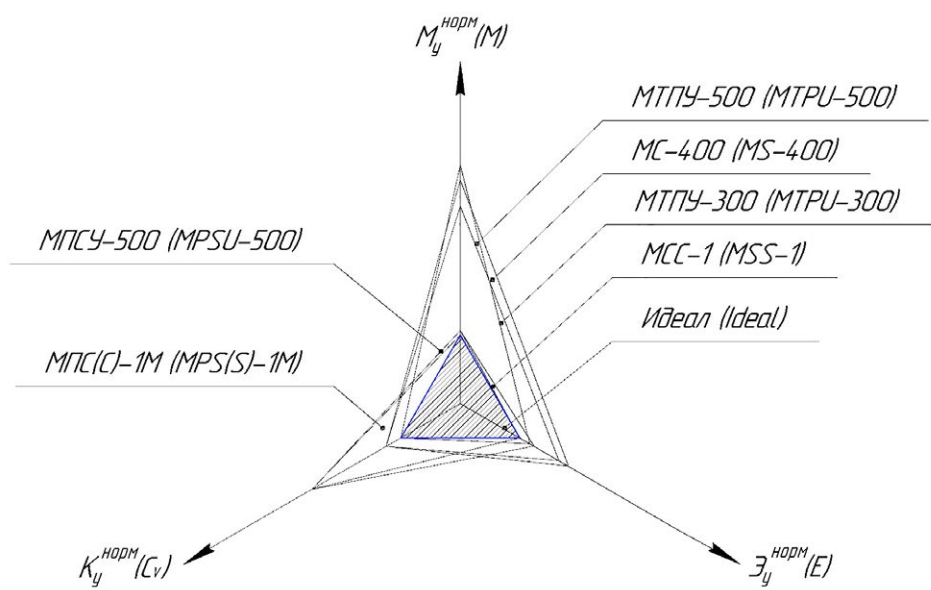


Рис. 1. Многокритериальная оценочная модель исследуемых молотилок серийного производства.
Fig. 1. Multi-criteria evaluation model of the studied in-series threshers (according to specific criteria of energy intensity: E , material intensity: M , and versatility coefficient: C_v).

В результате построения многокритериальной оценочной модели были рассчитаны площади многоугольников (табл. 2), что позволило определиться с выбором идеального устройства и прототипа оптимальной конструкции молотилки.

Анализ полученных данных и аргументация в пользу сделанных заключений демонстрируют, что наиболее перспективным для рассмотрения устройством оказываются молотилка МПС(С)-1М, принцип действия которой основан на сочетании ударного воздействия рабочих органов и перетирающим с применением эластичных элементов, что позволяет свести к минимуму механические повреждения семян при обмолаоте и сепарации, то есть повысить эффективность выделения зерна семенного целевого назначения.

Разработанная на кафедре «Технический сервис в АПК» ФГБОУ ВО Луганского ГАУ молотилка АРПМСУ с молотильно-сепарирующим устройством (МСУ), которое

вписано в конструкцию серийной молотилки МС-400, исследовано в лабораторных условиях [10, 11]. Аксиально-роторное планетарное молотильно-сепарирующее устройство (АРПМСУ) имеет привод планетарного ротора через клиноременной вариатор, ограждённый защитным кожухом (рис. 2) от электродвигателя или посредством карданной передачи через ВОМ трактора класса 9,0 кН.

Устройство, в дальнейшем молотилка, относится к технологическим аппаратам для дифференцированного обмола снопов зерновых, зернобобовых и других сельскохозяйственных культур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе проведено изучение и оценка эффективности молотильных устройств, применяемых в молотилках, разработанных специально для уборки в том числе и зернобобовых культур. Рассматриваются

Таблица 2. Результаты расчёта показателя расстояния до цели
Table 2. Results of calculation of the distance to the target indicator

Тип и марка машины	Критерии оценки		
	Расчётная площадь S_p , мм ²	Идеальная площадь S_o , мм ²	Критерий расстояния к цели, μ_i
Молотилка-тёрка пучковая МТПУ-500	94,41	32,48	1,78
Молотилка сноповая МСС-1	74,80		2,30
Молотилка пучково-сноповая МПС(С)-1М	64,95		2,00
Молотилка-тёрка пучковая МТПУ-300	113,19		3,49
Молотилка пучково-сноповая МПСУ-500	65,71		2,02
Молотилка сноповая МС-400	132,97		4,09

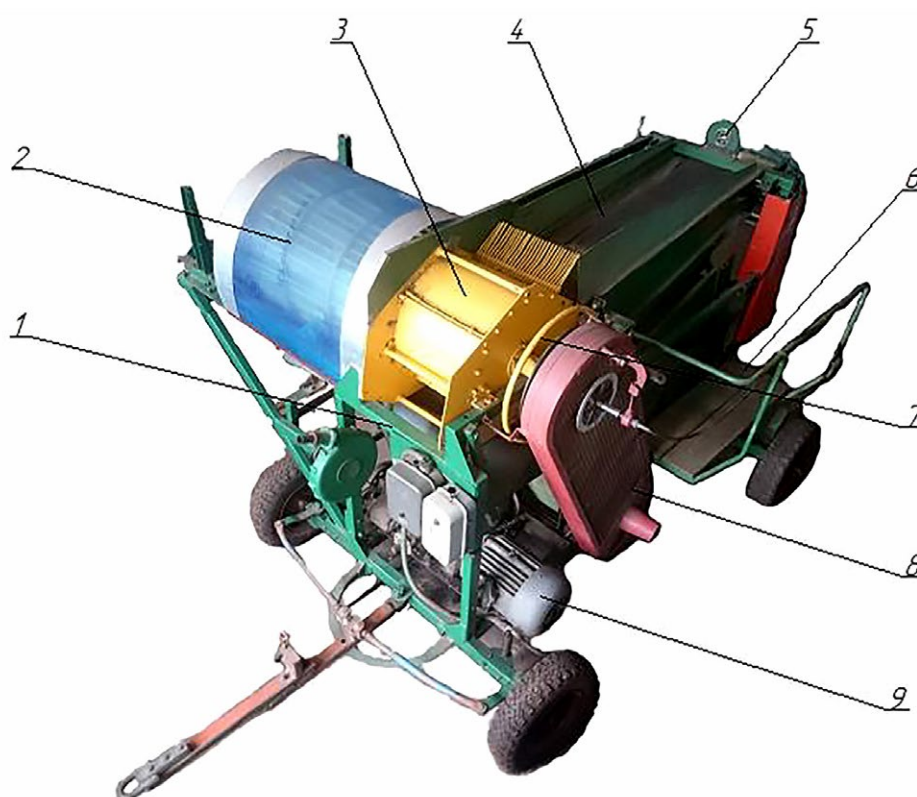


Рис. 2. Молотилка АРПМСУ: 1 — основание; 2 — молотильно-сепарирующее устройство; 3 — шнек-питатель; 4 — подающий транспортер; 5 — тахометр контроля оборотов ротора; 6 — площадка оператора; 7 — штурвал регулирования оборотов ротора; 8 — защитный кожух клиноременного вариатора; 9 — электродвигатель.

Fig. 2. The ARPTSD thresher: 1: frame; 2: threshing and separating device; 3: auger feeder; 4: feed conveyor; 5: rotor velocity control tachometer; 6: operator platform; 7: rotor velocity control steering wheel; 8: protective cover of the V-belt continuously variable transmission; 9: electric motor.

различные типы молотильных аппаратов, их конструктивные особенности и влияние на качество обмолота. Особое внимание уделяется анализу факторов, влияющих на травмирование зерна в процессе обмолота, а также способам снижения этих повреждений. Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования конструкций молотилок, зернобобовых комбайнов и повышения эффективности уборки урожая.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. З.А. Годжаев — обзор литературы, анализ литературных источников, редактирование статьи; А.В. Колесников — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Неприменимо.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные)

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: Z.A. Godzhaev: literature review, analysis of literary sources, editing of the article; A.V. Kolesnikov: literature review, collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the article. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Ethics approval: Not applicable.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities or interests for the last three years related with for-profit or non-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: In creating this work, the author did not use previously published information (text, illustrations, data).

Data availability statement: Editor's policy in terms of collective use of data is not applicable to this paper, any new data are neither collected nor created.

Generative AI: Generative AI technologies were not used for this article creation.

Provenance and peer-review: The paper was submitted to the journal in a proactive way and was reviewed according to the standard procedure. Two external reviewers, a member of the editorial board and the scientific editor of the journal took part in the review.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Sichkar VI, Khukhlaev II. *Peas: biological characteristics, varieties and modern cultivation technologies. Methodical recommendations*. Odessa: SGI — NAC SEIS; 2006. (In Russ.)
2. Zotikov VI, Polukhin AA, Gryadunova DN. Development of innovative technologies in crop production based on selection achievements. *Grain legumes and cereal crops*. 2023(2):5–9. (In Russ.) doi: 10.24412/2309-348X-2023-2-5-9 EDN: GGAMMB
3. Ushakov DA, Maslov GG. Promising system of mechanization of cultivation of field crops. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. 2020(158):54–67. (In Russ.) doi: 10.21515/1990-4665-158-005 EDN: RWZIWZ
4. Orobinsky VI, Vorokhobin AV, Kornev AS, et al. The influence of the fractional composition of the grain heap on the level of injury and sowing qualities of seeds. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(3):12–17. (In Russ.) doi: 10.53914/issn2071-2243_2021_3_12 EDN: YCNSXI
5. Prisyazhnaya IM, Prisyazhnaya SP. Study of the process of threshing, separation and mechanical damage to soybean grain along the length of the thresher of a two-phase threshing combine. *Agroscience*. 2023;1(4):78–88. doi: 10.24412/2949-2211-1-4-78-88 (In Russ.) EDN: KZJYKW
6. Kang J, Wang X, Xie F, et al. Experiments and analysis of the differential threshing cylinder for soybean with different maturities. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2023;39(1):38–49. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.202206166 (In Chinese.)
7. Ermak VP, Kolesnikov AV. Classification of threshing methods and analysis of leguminous crop thresher designs. *Scientific Bulletin of Luhansk National Agrarian University. Series: Technical Sciences*. Luhansk: LNAU; 2012;(41):83–90. (In Russ.)
8. Goltapiin VY. To help the breeder. *AgroBusiness*. 2021(3):26–28. (In Russ.) EDN: OVSCEK
9. Volvak SF. *Methodical instructions for conducting practical classes and independent preparation in the discipline "Justification of engineering solutions"*. Luhansk: LNAU; 2006. (In Russ.)
10. Ermak VP, Kolesnikov VA, Kolesnikov AV. Optimization of energy consumption of the device for differentiated threshing of leguminous crops. *Innovations in agriculture*. 2016;(3):299–308. (In Russ.) EDN: WGYHUF
11. Ermak VP, Kolesnikov VA, Kolesnikov AV. Substantiation of optimum parameters of the threshing-separating device for differentiated threshing legumes. *Bulletin of the Don State Agrarian University*. 2016;(1-1):51–60. (In Russ.) EDN: VVRHWL

ОБ АВТОРАХ

* **Колесников Алексей Владимирович**,
старший преподаватель кафедры «Технический
сервис в АПК»;
адрес: Россия, 291008, Луганск, тер. ЛНАУ, 1 к.
инженерного факультета;
ORCID: 0009-0001-2492-3307;
eLibrary SPIN: 7794-9925;
e-mail: ya.aleks88@yandex.ru

Годжаев Захид Адыгезалович,
д-р техн. наук, профессор, член-корр. РАН,
заместитель директора по инновационной
и внедренческой деятельности;
ORCID: 0000-0002-1665-3730;
eLibrary SPIN: 1892-8405;
e-mail: fic51@mail.ru

AUTHORS' INFO

* **Aleksei V. Kolesnikov**,
senior lecturer of the Technical Service in the Agricultural Industry
Department;
address: 1, unit of the Engineering Faculty, ter. LNAU, Luhansk,
Russia, 291008;
ORCID: 0009-0001-2492-3307;
eLibrary SPIN: 7794-9925;
e-mail: ya.aleks88@yandex.ru

Zakhid A. Godzhaev,
Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences;
Deputy Director for Innovational and Implemental Activities;
ORCID: 0000-0002-1665-3730;
eLibrary SPIN: 1892-8405;
e-mail: fic51@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author