

Научная статья

УДК. 631.354.2.02

doi: 10.55196/2411-3492-2025-1-47-57-64

**Полнота выделения примесей из зернового вороха
конвейерной очисткой зерноуборочного комбайна****Аламахад Дошаевич Бекаров¹, Владислав Хасенович Мишхожев²,
Алий Халисович Габаев^{✉3}**Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030¹alamahad@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2484-1747>²mvkklk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1157-3771>³alii_gabaev@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1973-9804>

Аннотация. В статье рассматривается одна из проблем высокопроизводительной конвейерной очистки зерноуборочного комбайна, которой является недостаточная полнота выделения (отделения) примесей. Испытания комбайна, оснащенного конвейерной очисткой, в полевых условиях на уборке ржи, ячменя и овса показали, что во всех трех случаях полнота выделения примесей из зернового вороха возрастает до достижения толщины слоя вороха на решетке величины 3 см. Вместе с тем при достижении толщины слоя вороха значений 4-5 см и более потери зерна начинают увеличиваться. Установлено, что полнота выделения примесей может быть существенно повышена при условии обеспечения удаления мелких соломистых частиц длиной до 1-2 см. Для этого рекомендуется использовать секции конвейерного решета с меньшими, чем при испытании, размерами отверстий или усовершенствовать условия воздействия воздушного потока на обрабатываемый на очистке зерновой ворох. Это позволит достичь чистоты бункерного вороха 95% и выше. Экспериментально установлено, что 40% по весу от примесей, остающихся в бункерном ворохе после обработки на конвейерной очистке – семена сорняков, 88,19% которых удаляются с убираемого поля конвейерной очисткой. Таким образом, комбайн, оснащенный конвейерной очисткой, позволяет параллельно со своей основной задачей в значительной степени решать весьма важную экологическую проблему.

Ключевые слова: комбайн, очистка, ворох, примеси, зерно, полнота, выделение, секция, поток, содержание, чистота, потери

Для цитирования. Бекаров А. Д., Мишхожев В. Х., Габаев А. Х. Полнота выделения примесей из зернового вороха конвейерной очисткой зерноуборочного комбайна // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 1(47). С. 57–64.
doi: 10.55196/2411-3492-2025-1-47-57-64

Original article

**Completeness of separation of impurities from grain heap
by conveyor cleaning of grain harvester****Alamakhad D. Bekarov¹, Vladislav Kh. Mishkhozhev², Aliy Kh. Gabaev^{✉3}**Kabardino-Balkaria State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030¹alamahad@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2484-1747>²mvkklk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1157-3771>³alii_gabaev@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1973-9804>

Abstract. The article considers one of the problems of high-performance conveyor cleaning of a grain harvester, which is insufficient completeness of separation of impurities. Field tests of a combine equipped with conveyor cleaning during harvesting of rye, barley and oats showed that in all three cases the completeness of separation of impurities from the grain heap increases until the heap layer thickness on the sieve reaches 3 cm. At the same time, when the heap layer thickness reaches 4-5 cm or more, grain losses begin to increase. It was found that the completeness of separation of impurities can be significantly increased provided that small straw particles up to 1-2 cm in length are removed. For this purpose, it is recommended to use sections of the conveyor sieve with smaller hole sizes than during testing or to improve the conditions of the air flow effect on the grain heap processed during cleaning. This will allow achieving a purity of the bunker heap of 95% or more. It has been experimentally established that 40% by weight of the impurities remaining in the bunker heap after processing on the conveyor cleaning are weed seeds, 88.19% of which are removed from the harvested field by the conveyor cleaning. Thus, a combine equipped with a conveyor cleaning allows, in parallel with its main task, to a large extent to solve a very important environmental problem.

Keywords: combine, cleaning, heap, impurities, grain, completeness, separation, section, flow, content, purity, losses

For citation. Bekarov A.D., Mishkhozhev V.Kh., Gabaev A.Kh. Completeness of separation of impurities from grain heap by conveyor cleaning of grain harvester. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;1(47):57–64. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-1-47-57-64

Введение. Полнота выделения примесей характеризует любой сепаратор зернового вороха (или сепарирующий рабочий орган машины) в его способности выделить примеси из основного продукта, подвергаемого очистке. Применительно к зерноуборочному комбайну речь идет о выделении (отделении) из очищаемого зернового вороха различных примесей (половы, сбоины, семян и частей стеблей сопутствующих основной культуре сорняков). Полнота выделения примесей измеряется в долях единицы или в процентах. В первом случае за единицу принимается количество содержащихся в исходном ворохе примесей, а во втором это же количество принимается за 100%.

Математически полнота выделения выражается в первом случае уравнением:

$$\xi = \frac{\alpha'_{np} - \alpha''_{np}}{\alpha'_{np}},$$

а во втором[^]

$$\xi = \frac{(\alpha'_{np} - \alpha''_{np})}{\alpha'_{np}} \cdot 100,$$

где

α'_{np} и α''_{np} – содержание примесей в ворохе соответственно до и после его обработки на сепарирующем устройстве, %.

Полнота выделения примесей для данного сепарирующего устройства при его постоянных регулируемых параметрах зависит от подачи на очистку (кг/с), вида обрабатываемой культуры, исходной засоренности поступающего на очистку вороха, толщины слоя вороха на решете очистки во время его обработки.

Толщина слоя вороха на решете конвейерной очистки при постоянстве скорости решета (м/с) также зависит от вышеперечисленных факторов. Поэтому и полнота выделения примесей зависит от толщины слоя вороха, образующегося на решете во время его обработки и состоящего из зерна и перечисленных выше примесей.

Цель исследования – повышение производительности и снижение потерь зерна при очистке мелкого зернового вороха путем создания нового рабочего органа для зерноуборочного комбайна.

Материалы, методы и объекты исследования. Потребная производительность конвейерного решета определяется массой и составом мелкого вороха, который может поступить на решето после молотильно-сепарирующего устройства и соломоотделителя.

Масса выделяемого вороха зависит от ряда факторов: вида убираемой культуры (пшеница, рожь, овес и т.д.), ее урожайности, содержания в ней зерна и соломы, засоренности,

влажности зерна, соломы и сорняков, а также особенностей конструкции и работы молотильно-сепарирующего устройства и соломоотделителя комбайна.

Производительность ворохоочистительного устройства определена для наиболее неблагоприятных условий его работы – максимально возможного выхода мелкого зернового вороха с наибольшими, практически возможными влажностью и засорённостью (с содержанием попоны, сбины, семян и частиц стеблей сопутствующих культурных и сорных растений и т.д.).

Теоретически возможное поступление вороха на очистку в зерноуборочном комбайне рассчитано по методике профессора В. Г. Антипина [1, 2].

Объектом исследования является макетный образец конвейерной очистки, смонтированный в качестве рабочего органа на зерноуборочном комбайне вместо традиционной ветрорешетной очистки.

Материалы: зерновой ворох, его компоненты (масса, влажность, гранулометриче-

ский состав, процентное содержание компонентов).

Результаты исследования. Проведены лабораторно-полевые испытания конвейерной очистки, смонтированной в комбайне с двухбарабанным молотильно-сепарирующим устройством (МСУ) и роторным соломоотделителем, на уборке трех культур – ржи, ячменя и овса. Характеристика этих культур, составленная перед уборкой по методике, рекомендованной действующим ГОСТом, представлена в таблице 1.

Испытания провели при постоянных значениях регулируемых параметров (скорость конвейерного решета $V_{л} = 0,95-1,0$ м/с, динамический напор воздушного потока вентилятора $P_d = 72+10$ Па), ранее определенных как оптимальные по результатам экспериментов в лабораторных условиях. Переменный фактор – подача убираемой культуры в молотилку комбайна (а, следовательно, и подача зернового вороха на очистку). Этот фактор изменяли путем изменения поступательной скорости комбайна при каждом опыте.

Таблица 1. Характеристика культур, на уборке которых проводились испытания комбайна, оснащенного конвейерной очисткой

Table 1. Characteristics of crops, during the harvesting of which the combine equipped with a conveyor cleaning system was tested

Показатели	Рожь «Гибрид-173»	Ячмень «Московский-121»	Овес «Хадмерслебнер А.Г.»
Урожайность, т/га:			
а) на корню	2,55	4,79	2,75
б) при кондиционной влажности	2,30	3,71	2,38
Влажность на корню, %:			
а) зерна	22,1	34,6	20,6
б) стеблей	34,4	67,8	42,4
в) сорняков	74,2	66,2	59,8
Содержание зерна в убираемой культуре	0,34	0,55	0,53
Длина растений, см	116,7	74,6	84,3
Средняя высота расположения колосьев от поверхности, см	78	53,9	54,4
Количество колосьев, расположенных ниже 20 см от поверхности, %	-	-	3,0
Среднее расстояние от почвы до вершины стеблестоя, см	88,1	57,3	56,2
Полеглость	0,80	0,77	0,72
Засоренность срезанной культуры, %	33,7	4,0	6,0

Комбайн оснастили пробоотборниками, и содержимое каждого из них после опыта взвешивали, отбирали пробы (для последующего лабораторного анализа) и обрабатывали на лабораторной молотилке.

В результате обработки полученных экспериментальных данных выявили различную фактическую информацию по показателям качества работы конвейерной очистки (это, прежде всего, величины потерь, допускаемых этим рабочим органом, и чистота получаемого после него зернового вороха) при различных подачах на очистку.

Установили, что чистота получаемого бункерного вороха (содержание в нем зерна, которое для комбайнов общего назначения, согласно ГОСТу, должно быть, как известно, не ниже 95%) зависит от толщины слоя вороха на конвейерном решете. От этого же параметра зависит и другой важнейший параметр

качества работы очистки – величина потерь после неё.

Обработав на ЭВМ данных о толщине слоя вороха на решете, образующегося при каждом опыте, получили уравнения для полноты выделения примесей, содержащихся в исходном ворохе (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, на всех трех культурах полученные уравнения регрессии, отражающие влияние толщины слоя вороха на решете на полноту выделения очисткой примесей, имеют высокий коэффициент корреляции и малую величину ошибки уравнения регрессии. Ошибка уравнения регрессии у ячменя несколько выше (2,57), что объясняется более высокой, чем у ржи и овса, влажностью зерна и стеблей (см. табл. 1) и обилием выделяемых на очистку остей при обработке этой остистой культуры.

Таблица 2. Влияние толщины слоя вороха, образующегося на конвейерном решете (H_ϕ), на полноту выделения им примесей ξ на уборке различных колосовых культур

Table 2. The influence of the thickness of the heap layer formed on the conveyor sieve (H_ϕ) on the completeness of its separation of impurities ξ during the harvesting of various cereal crops

Вид культуры	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Ошибка коэффициента корреляции	Достоверность коэффициента корреляции	Ошибка уравнения регрессии
Рожь	$\xi = 0,476 \cdot e^{0,144H_\phi}$	0,95	0,047	19,81	0,03
Ячмень	$\xi = 35,13 - \frac{185,18}{H_\phi} + \frac{231,57}{H_\phi^2}$	0,91	0,089	10,09	2,57
Овес	$\xi = 0,367 \cdot e^{0,185H_\phi}$	0,87	0,117	7,407	0,08

Полученные уравнения (табл. 2) отражают зависимость полноты выделения примесей от толщины слоя вороха на решете. Их реализация представлена на рисунке 1.

На графике (рис. 1) наблюдается общая для всех трех культур тенденция роста показателя полноты выделения примесей соответственно увеличению толщины слоя вороха на конвейерном решете.

При малой толщине этого слоя (1-2 см) полнота выделения примесей низкая – всего 0,43-0,65 (или 43-65%), а при толщине слоя 3-5 см полнота выделения находится в интервале 0,70-0,98 (или 70-98%).

Для ветрорешетной очистки, используемой на серийных комбайнах, многие авторы (в частности, проф. С. А. Алферов и др. [3, 4] полагают оптимальной толщиной слоя вороха на решете очистки 3-4 см.

Применительно к конвейерной очистке такое мнение считаем также справедливым, так как (рис. 1) увеличение толщины слоя вороха на решете до 5 см существенно увеличивает полноту выделения примесей (с 77-85% до 93-98% в зависимости от культуры). Однако наблюдения показывают, что это сопровождается существенным ростом потерь с 0,03% при толщине слоя 3-4 см до 0,8-0,95 [5].

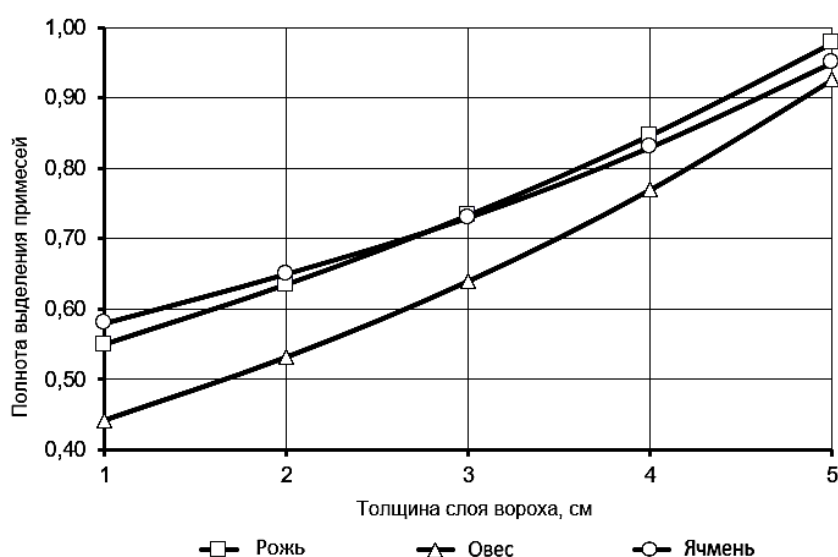


Рисунок 1. Зависимость полноты выделения примесей из обрабатываемого конвейерной очисткой зернового вороха от толщины его слоя на решете для трех культур – ржи, ячменя и овса

Figure 1. Dependence on the completeness of impurity removal from a grain heap processed by conveyor cleaning and the thickness of its layer on the sieve for three crops – rye, barley and oats

Увеличение полноты выделения примесей с увеличением толщины слоя вороха объясняется достаточно просто. При малой толщине слоя пространственная решетка, образующаяся на конвейерном решете из компонентов вороха, достаточно «жидкая» (в смысле разреженная), поэтому мелкие частицы половы легко проходят сквозь нее, тем самым увеличивая засоренность бункерного вороха и снижая показатель полноты выделения примесей [6, 7].

Разреженность пространственной решетки все более увеличивается по мере перемещения вороха от начала решета, где на него поступает основная доля вороха, к его концу за счет текущей сепарации на протяжении этого пути. А при большей величине толщины слоя вороха на решете даже с учетом текущей сепарации слой вороха к концу решета остается достаточной толщины, чтобы пространственная решетка из частиц вороха смогла задерживать мелкие частицы половы и даже некоторые зерна (поэтому и имеет место определенный рост потерь зерна и увеличение полноты выделения примесей) [8, 9].

Ранее на этапе экспериментов в лабораторных условиях провели анализ состава зернового вороха, поступающего на конвейерную очистку, и вороха, полученного после обработки на ней. В лабораторных экспери-

ментах использовали рожь сорта «Вятка», предварительно заготовленную в снопах. Рабочие органы экспериментального комбайна (двухбарабанное МСУ, один из барабанов которого был клинцовым, а другой – бильным, а также четырехсоломочесный роторный соломоотделитель) сильно измельчали листостебельную массу обрабатываемой культуры, что видно из приводимого материала результатов лабораторного анализа вороха (табл. 2), засоренность исходного вороха 48,525% (а бывало, что она доходила и до 50% в некоторых опытах). Следует обратить внимание, что 17,150% от массы исходного вороха – это мелкие частицы, имеющие длину до 1 см, и еще 6,125% от той же массы частицы длиной 1-2 см. Получается, что частицы длиной 2 см и меньше составляют 23,275% от массы исходного вороха, т. е. почти половину засорителей.

После очистки солоmistых примесей осталось 10,51% от массы полученного бункерного вороха, а в исходном ворохе было 48,52%, то есть их содержание снизилось более чем в 4,5 раз. Частицы, длина которых от 4 до 8 см, из исходного вороха конвейерная очистка выделила полностью. А частиц исходного вороха длиной от 3 до 4 см после очистки осталось всего 0,1% от массы вороха.

Таблица 2. Характеристика вороха ржи «Вятка», поступающего в конвейерную очистку и в бункер после очистки при проведении ее экспериментального исследования в лабораторных условиях

Table 2. Characteristics of the Vyatka rye heap entering the conveyor cleaning and into the bunker after cleaning during its experimental study in laboratory conditions

Содержание в ворохе	До очистки	После очистки
Фракции зерна, %	51,47	89,490
Соломистых примесей, %	48,52	10,510
В том числе примесей длиной, см до 1	17,15	7,26
1-2	6,12	2,09
2-3	7,35	1,05
3-4	8,97	0,10
4-5	4,25	0,00
5-6	2,50	0,00
6-7	1,57	0,00
7-8	0,60	0,00
	100	100

Из этого следует, что основную проблему для конвейерной очистки формируют соломистые частицы вороха длиной до 3 см, а более крупные частицы или полностью отделяются, или их остается мизерное количество (0,1%).

Отсюда можно сделать вывод: чтобы обеспечить более высокую полноту выделения примесей из зернового вороха (более близкую к 100%), необходимо использовать секции конвейерного решета, имеющие отверстия меньших размеров, или добиться более упорядоченную, а потому и более эффективную работу воздушного потока от вентилятора очистки.

На данный момент бункерный ворох, получаемый после обработки на конвейерной

очистке в комбайне с роторным соломоотделителем, имеет содержание зерна в пределах 87-93% и классифицируется как высокообогащенная «невейка», то есть не дотягивает в большинстве опытов до 95%, то есть до агротехнических требований, предъявляемых к зерноуборочным комбайнам. Предлагаемые меры, на наш взгляд, позволили бы конвейерной очистке преодолеть этот барьер.

Выводы. 1. Полнота выделения примесей из зернового вороха является комплексным показателем, характеризующим способность сепаратора зернового вороха отделять примеси от зерна.

2. В зависимости от ряда факторов (вид убираемой культуры, тип МСУ, наличие сорняков, подача в молотилку и т. д.) на решете комбайнового сепаратора зернового вороха формируется слой вороха различной толщины.

3. При малой толщине слоя вороха на решете (1-2 см) полнота выделения примесей конвейерной очисткой составляет в зависимости от обрабатываемой культуры всего 43-65%, что очень мало, а при толщине слоя 3-5 см достигает 70-98%.

4. При толщине слоя вороха более 4-4,5 см начинают расти потери зерна в сходах с очистки, сначала незначительные, но увеличивающиеся существенно по мере увеличения толщины слоя сверх указанной величины.

5. Основная проблема конвейерной очистки с чистотой бункерного вороха – мелкие примеси длиной 1-2 см, которые попадают в проходную фракцию вместе с зерном.

6. Повысить полноту выделения примесей конвейерной очисткой можно путем использования секций решета этой очистки с меньшими размерами отверстий или упорядочения воздействия воздушного потока в системе очистки. Эти меры обеспечат отделение из вороха, содержащего более 48% по массе соломистых примесей, ту долю этих примесей, которая имеет длину до 1 см и составляет по массе 17,15% от массы вороха.

Список литературы

1. Антипин В. Г. К применению роторных молотильно-сепарирующих органов в условиях повышенного увлажнения и неровного рельефа // Научные труды НИПТИМЭСХ НЗ. Вып. 13. Ленинград, 1973. С. 106–114.
2. Антипин В. Г. Научные основы разработки системы и конструкции зерноуборочных машин для Северо-Западной зоны СССР: дис. ... докт. техн. наук. Ленинград – Пушкин, 1962. 480 с.

3. Некоторые результаты сравнительных исследований воздушных потоков очисток комбайнов СК-6П «Колос» СССР и M-1600 Fahr ФРГ. В кн.: Комплексная механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства / С. А. Алферов, Е. С. Босой, Л. В. Шабанов [и др.]. Ростов-на-Дону, 1975.
4. Алферов С. А., Барашев С. М., Эйгер М. И. Сепарация мелкого зернового вороха на очистке с пространственным решетом // Труды ЧИМЭСХ. Вып. 48. Челябинск, 1970. С. 159–167.
5. Зерноуборочные комбайны / Г. Ф. Серый, Н. М. Косилов, Ю. Н. Ярмашев, А. И. Русанов. Москва: Агропромиздат, 1986. 248 с.
6. Липовский М. И., Перекопский А. Н. Зерноуборочный комбайн: из прошлого к новому поколению. Санкт-Петербург: ИФЭП, 2015. 316 с. EDN: TXDWWP
7. Липовский М. И., Перекопский А. Н. Перспективные молотильные аппараты зерноуборочных комбайнов. Санкт-Петербург: ИФЭП, 2023. 174 с. EDN: SOLQIG
8. Удаление семян сорняков при уборке зерновых культур комбайном с конвейерной очисткой / А. Д. Бекаров, В. Х. Мишхожев, Г. А. Бекаров, А. Х. Габаев // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 2(40). С. 84–90. DOI: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-84-90. EDN: WCDVVC
9. Бекаров А. Д., Габаев А. Х. Конвейерная очистка для комбайна с традиционной компоновкой рабочих органов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 3(95). С. 113–116. EDN: KAORLW

References

1. Antipin V.G. K primeneniju rotornyh molotil'no-separirujushhih organov v usloviyah povyshennogo uvlazhnenija i nerovnogo rel'efa. Nauchnye trudy NIPTIMJeSH NZ. Vyp. 13. Leningrad, 1973. Pp. 106–114. (In Russ.)
2. Antipin V.G. *Nauchnye osnovy razrabotki sistemy i konstrukcii zernouborochnyh mashin dlja Severo-Zapadnoj zony SSSR: dis. ... dokt. tehn. Nauk* [Scientific foundations for the development of a system and design of grain harvesting machines for the North-West zone of the USSR: diss. ... Doctor of Technical Sciences]. Leningrad – Pushkin, 1962. 480 p. (In Russ.)
3. Alferov S.A., Bosoj E.S., Shabanov L.V. [et al.]. *Nekotorye rezul'taty sravnitel'nyh issledovanij vozdušnyh potokov ochistok kombajnov SK-6II «Kolos» SSSR i M-1600 Fahr FRG. V kn.: Kompleksnaja mehanizacija i avtomatizacija sel'skhoz'jajstvennogo proizvodstva* [Some results of comparative studies of air flows of cleaning combines SK-6II "Kolos" USSR and M-1600 Fahr FRG. In the book. Complex mechanization and automation of agricultural production]. Rostov-on-Don, 1975. (In Russ.)
4. Alferov S.A., Barashev S.M., Jejger M.I. Separacija melkogo zernovogo voroha na ochistke s prostranstvennym reshetom. Trudy ChIMJeSH. Vyp. 48. Chelyabinsk, 1970. Pp. 159–167. (In Russ.)
5. Sery G.F., Kosilov N.M., Yarmashev Yu.N., Rusanov A.I. *Zernouborochnye kombajny* [Grain harvesters]. Moscow: Agropromizdat, 1986, 248 p. (In Russ.)
6. Lipovskij M.I., Perekopskij A.N. *Zernouborochnyj kombajn: iz proshlogo k novomu pokoleniju* [Grain harvester: from the past to the new generation]. Saint Petersburg: IFEP, 2015. 316 p. (In Russ.). EDN: TXDWWP
7. Lipovskij M.I., Perekopskij A.N. *Perspektivnye molotil'nye apparaty zernouborochnyh kombajnov* [Promising threshing units for grain harvesters]. Saint Petersburg: IFEP, 2023. 174 p. (In Russ.). EDN: SOLQIG
8. Bekarov A.D., Mishkhozhev V.Kh., Bekarov G.A., Gabaev A.Kh. Removal of weed seeds when harvesting grain crops with a combine harvester with conveyor cleaning. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2023;2(40):84–90. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-84-90. EDN: WCDVVC
9. Bekarov A.D., Gabaev A.H. Conveyor cleaning for a combine with a traditional piece of working bodies. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;3(95):113–116. (In Russ.). EDN: KAORLW

Сведения об авторах

Бекаров Аламахад Дошаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 9046-0656

Мишхожев Владислав Хасенович – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 9119-3664

Габаев Алий Халисович – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 1264-0376

Information about the authors

Alamakhad D. Bekarov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 9046-0656

Vladislav Kh. Mishkhozhev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 9119-3664

Alii Kh. Gabaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1264-0376

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Authors contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 04.02.2025;
одобрена после рецензирования 22.02.2025;
принята к публикации 04.03.2025.*

*The article was submitted 04.02.2025;
approved after reviewing 22.02.2025;
accepted for publication 04.03.2025.*