

Научная статья

УДК. 631.354.2

doi: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-84-90

## Удаление семян сорняков при уборке зерновых культур комбайном с конвейерной очисткой

Аламахад Дошаевич Бекаров<sup>1</sup>, Владислав Хасенович Мишхожев<sup>2</sup>,  
Гумар Аламахадович Бекаров<sup>3</sup>, Алий Халисович Габаев<sup>✉4</sup>

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект  
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

<sup>1</sup>alamahad@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2484-1747>

<sup>2</sup>mvkkkk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1157-3771>

<sup>3</sup>gumar02@mail.ru

<sup>✉4</sup>alii\_gabaev@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1973-9804>

**Аннотация.** В статье рассматривается одна из особенностей конвейерной очистки зерноуборочного комбайна, позволяющая экологично бороться с распространением сорняков при уборке урожая колосовых культур. Ввиду того, что современное комбайностроение ориентировано на выпуск уборочных машин без копнителей, а солома и солома разбрасываются по полю, вместе с содержащимися в этой массе семенами сорняков, создавая проблему сорняковой засоренности полей на будущие годы. Для решения данной проблемы предлагается перспективная, на наш взгляд, конвейерная очистка, которая в основном не выделяет семена сорняков при очистке зернового вороха и, как показали полевые испытания комбайна, оснащенного конвейерной очисткой, большая их часть, поступающая на очистку, остаётся в бункерном ворохе. И в последующем выделяются при стационарной очистке зерна на зерноочистительном пункте. Удаление с поля семян сорняков важно с экологической точки зрения, так как снижает в последующие годы засоренность поля сорняками и избавляет от необходимости использовать для их уничтожения гербициды или иные неэкологичные средства борьбы. Испытания зерноуборочного комбайна, на котором вместо ветрорешетной была смонтирована конвейерная очистка, показали, что конвейерная очистка обеспечивает чистоту бункерного вороха 87-97% в зависимости от вида убираемой культуры, состояния хлебостоя, его изначальной засоренности сорняками, а также влажности как убираемой культуры, так и сорняков. А в большинстве опытов этот показатель оказался на уровне 90-93%. Экспериментально установлено, что 40% по весу от примесей, остающихся в бункерном ворохе после обработки на конвейерной очистке – семена сорняков. А в целом конвейерная очистка позволяет удалять с убираемого поля 88,19% семян сорняков, поступивших на очистку во время уборочных работ. Таким образом, комбайн, оснащенный конвейерной очисткой, позволяет попутно со своей основной задачей в значительной степени решать весьма важную экологическую проблему.

**Ключевые слова:** комбайн, очистка, ворох, солома, семена, сорняки, экология, производительность, анализ, гербициды

**Для цитирования.** Бекаров А. Д., Мишхожев В. Х., Бекаров Г. А., Габаев А. Х. Удаление семян сорняков при уборке зерновых культур комбайном с конвейерной очисткой // 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

Original article

## Removal of weed seeds when harvesting grain crops with a combine harvester with conveyor cleaning

Alamakhad Doshievich Bekarov<sup>1</sup>, Vladislav Khasenovich Mishkhozhev<sup>2</sup>,  
Gumar Alamakhadovich Bekarov<sup>3</sup>, Aliy Khalisovich Gabaev<sup>✉4</sup>

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,  
Russia, 360030

<sup>1</sup>alamahad@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2484-1747>

<sup>2</sup>mvkkkk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1157-3771>

<sup>3</sup>gumar02@mail.ru

<sup>✉4</sup>alii\_gabaev@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1973-9804>

**Abstract.** The article discusses one of the features of the conveyor cleaning of a combine harvester, which makes it possible to deal with the spread of weeds in an environmentally friendly way when harvesting cereal crops. In view of the fact that modern combine construction is focused on the production of harvesters without hoists, and straw and chaff are scattered across the field, along with weed seeds contained in this mass, creating a problem of weed infestation of fields for future years. To solve this problem, a promising, in our opinion, conveyor cleaning is proposed, which basically does not emit weed seeds when cleaning a grain heap and, as field tests of a combine equipped with conveyor cleaning showed, most of them entering the cleaning remain in the bunker heap. And subsequently stand out during stationary cleaning of grain at the grain cleaning station. The removal of weed seeds from the field is important from an environmental point of view, as it reduces the infestation of the field with weeds in subsequent years and eliminates the need to use herbicides or other environmentally unfriendly means of control to destroy them. Tests of a grain harvester, on which a conveyor cleaning was mounted instead of a wind screen, showed that conveyor cleaning provides a cleanliness of the bunker heap of 87-97%. And in most experiments, this figure was at the level of 90-93%. 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. And in general, conveyor cleaning allows you to remove from the harvested field 88.19% of weed seeds received for cleaning during harvesting. Thus, a harvester equipped with conveyor cleaning allows, along with its main task, to a large extent to solve a very important environmental problem.

**Keywords:** harvester, cleaning, heap, chaff, seeds, weeds, ecology, productivity, analysis, pesticides

**For citation.** 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

**Введение.** Как известно, сорная растительность на полях, находящихся в сельскохозяйственном обороте, забирает значительную часть питательных веществ из почвы, тем самым создавая дефицит в них для посевов. В результате это приводит к существенному недобору урожая. Поэтому с сорняками ведут борьбу, и методы этой борьбы различны.

Один из распространенных методов – использование севооборотов. При севообороте почти ежегодно на полях сменяются высеваемые сельскохозяйственные культуры.

Поскольку каждая культура имеет свои особенности технологии возделывания, а следовательно, и технологии обработки почвы, ухода за посевами, уборки, и это все практически ежегодно меняется, то определенная часть сорняков искореняется с поля, так как такая смена технологий возделывания на поле создает «трудности» для выживания и распространения сорняков.

Другой метод – использование гербицидов. Гербициды – это ядохимикаты избирательного действия, которые при обработке

ими посевов приводят к гибели сорняков, а на культурные растения не оказывают влияния. Метод этот ныне довольно распространен, но наряду со своей эффективностью имеет и целый ряд недостатков. В этом отношении следует отметить дороговизну самих гербицидов, необходимость использования специальных агрегатов и связанных с этим затрат, строгость требований к концентрации рабочих растворов и к норме обработки, ну и, конечно, то, что часть этих ядохимикатов остается в почве.

Механический метод применим в основном на полях, засеянных пропашными культурами (кукуруза, подсолнечник, картофель и т. д.). Междурадия пропашных культур достаточно широки для проведения междурядной обработки культиваторами-растениепитателями. Установка на этих агрегатах стрельчатых и односторонних плоскорежущих лап (бритв) позволяет уничтожать сорняки в междурадиях, а использование спаренных игольчатых дисков, пружинных боронок, лап-отвальчиков – в пределах защитных зон. Метод этот экологически чист, и за период вегетации растений такую обработку проводят неоднократно (например, при возделывании кукурузы – два-три раза), что, конечно, сопряжено с определенными затратами на эксплуатацию агрегата. Использование этого метода при возделывании сельскохозяйственных культур с малой шириной междурадий не представляется возможным.

В идеале, полагаем, было бы оптимальным, когда выполнение любой основной операции технологии возделывания сельскохозяйственной культуры сопровождалось бы одновременно какой-либо формой борьбы с сорняками.

Современные зерноуборочные комбайны, как известно, в большинстве своем не имеют копнителев [1], а солому или измельчают и разбрасывают по полю в качестве мульчи, или укладывают ее в валок для последующего подбора и прессования. Полова и в том, и в другом случае разбрасывается по полю, хотя она по кормовой ценности приближается к ценным видам кормов [2] для животноводства. Практика разбрасывания полова на убираемом комбайном поле имеет два негативных момента. Во-первых, весьма ценный

корм, каковым является полова, не используется для животноводства, что, по меньшей мере, бесхозяйственно. А во-вторых, по полю рассеиваются выделенные очисткой и содержащиеся в полове семена сорняков, тем самым усугубляя положение дел с засоренностью сорняками на этом поле в последующие годы. Для борьбы с ними придется использовать самые различные методы, в том числе химические, что, как известно, неэкологично и сопряжено со значительными затратами: стоимость самих гербицидов, стоимость средств механизации, затраты на топливо-смазочные материалы и заработную плату механизатора.

В связи с изложенным, полагаем, было бы целесообразно попавшие при уборке в комбайн семена сорняков удалять с поля. Эту проблему, в частности, мог бы решить половосборник, предложенный НИПТИ-МЭСХ НЗ (Павловск Ленинградской области) более сорока лет назад [3, 4]. В этом устройстве предусматривалось весь сход с ветрорешетной очистки (а это полова, содержащая в том числе и семена сорняков) собирать в емкость, монтируемую на крыше молотилки комбайна в ее задней части перед копнителем.

Однако отечественные машиностроители данной разработкой не заинтересовались и распространения это устройство не получило. А полова с семенами сорняков все эти годы как рассеивалась, так и рассеивается при уборке зерновых по полю.

Использование в зерноуборочном комбайне клинцового (разновидность штифтового) молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) и соломосепаратора, имеющего четыре соломоочесных барабана [1, 3–5], обеспечивает повышение пропускной способности, а соответственно, и производительности комбайна и практически сводит к нулю потери зерна «недомолотом» и «свободным зерном в соломе». Вместе с тем использование этих рабочих органов приводит к повышенному измельчению стеблей убираемой культуры. В результате ворох, поступающий на очистку (сепаратор мелкого зернового вороха), нередко имеет засоренность (содержание примесей) до 50% по массе, а порой и более того.

**Цель исследования** – определение оптимальных параметров и режимов работы перспективной, конвейерной очистки – рабочего органа для сепарации зернового вороха в зерноуборочном комбайне. Составной частью этой цели стало исследование структуры и состава различных фракций вороха, образующихся при обработке зернового вороха на конвейерной очистке в зерноуборочном комбайне при его лабораторно-полевых испытаниях.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Материалами для исследования явились фракции вороха, образующиеся в результате его обработки на конвейерной очистке в зерноуборочном комбайне. Исследования проведены с использованием стандартных и частных методик анализа зернового вороха.

**Результаты исследования.** Испытания зерноуборочного комбайна с таким МСУ и соломосепаратором, на котором вместо ветрорешетной была смонтирована конвейерная очистка [6–12], в Ленинградской области на уборке ржи, ячменя и овса показали, что конвейерная очистка обеспечивает чистоту бункерного вороха 87–97% в зависимости от вида убираемой культуры, состояния хлебостоя, его изначальной засоренности сорняками, а также влажности как убираемой культуры, так и сорняков. А в большинстве опытов этот показатель оказался на уровне 90–93%. Получается, что при таком сочетании рабочих органов зерноуборочного комбайна до агротехтребований, предъявляемых к комбайнам общего назначения, показатели конвейерной очистки не дотягивают, а получаемый при этом ворох можно рассматривать как высокообогащенную «невейку». Однако производительность комбайна, оснащенного конвейерной очисткой, при этом была выше параллельно работавшего комбайна с такими же рабочими органами, но с серийной очисткой. Кроме того, нужно отметить, потери по вине конвейерной очистки оказались мизерными (десятые, а то и сотые доли процента от поступившего на очистку количества), а у комбайна с серийной доходили до 2,0–2,5%.

Вместе с тем лабораторный анализ примесей, оставшихся в бункерном ворохе, полученном после конвейерной очистки, показал, что в среднем 40% этих примесей по массе – семена сорняков. Большинство видов

семян сорняков, сопутствующих зерновым культурам, сопоставимы по размерам, массе и аэродинамическим свойствам с семенами зерновых культур, отличаются от них формой и состоянием поверхности. Поэтому такие семена сорняков и остаются с зерном при обработке на конвейерной очистке.

Учесть в полевых опытах все количество семян сорняков, поступивших в молотилку комбайна, не представляется возможным. Однако ту их часть, которая поступает на очистку, учесть можно при лабораторно-полевых опытах, обрабатывая сходовую с очистки фракцию, а также фракции вороха, поступающие в зерновой и колосовой шнеки комбайна.

Данные по распределению семян сорняков по фракциям представлены в таблице 1.

Из таблицы видно, что в среднем по пятнадцати опытам 88,19% от всего количества семян сорняков, поступивших на конвейерную очистку, остаются с зерном основной культуры, то есть в бункерном ворохе, 8,57% от поступившего количества выделяются воздушным потоком и попадают в полову, и только 3,24% идут в сходовую фракцию.

Если иметь в виду технологию со сбором и использованием половы, то получается, что без малого 97% семян сорняков, поступивших на очистку, будет удалено с поля и только немногим более 3% останутся на нем.

А при технологии уборки без применения половосборника конвейерная очистка и в этом случае позволит удалять с поля 88,19% поступивших на нее семян сорняков. В этом варианте уборки на поле останется менее 12% от поступившего на очистку количества семян, что тоже неплохо.

Отмечаем, что бункерный ворох, полученный от комбайна, оснащенного конвейерной очисткой, без каких-либо проблем очищается стационарными ворохоочистителями (например, ОВП-20) при однократном пропуске до 98-процентной чистоты. Это тоже установлено экспериментально. Выделяемые на стационаре из вороха примеси (а это оставшиеся в нем полова и семена сорняков) можно скормить скоту после запаривания. Запаривать рекомендуется из тех соображений, чтобы семена сорняков потеряли всхожесть, так как известно, что эти семена, не будучи запарены, даже пройдя пищеварительный тракт крупного рогатого скота, сохраняют свою всхожесть. Из-

вестная рекомендация вносить перепревший (а не свежий) навоз на поля в качестве органического удобрения имеет одной из своих целей ограничить возможность поступления на удобряемое поле семян сорняков. А пока навоз

преет, семена сорняков еще в навозохранилище или перегниют, или дадут всходы. В обоих случаях будет исключена возможность засорения сорняками удобряемых полей.

**Таблица 1.** Распределение поступивших в конвейерную очистку семян сорняков по фракциям (основная культура – рожь)

**Table 1.** Distribution of weed seeds received in the conveyor cleaning by fractions (the main crop is rye)

№ опытов	Всего поступило в очистку семян сорняков за опыт (100%)	Осталось в конечном продукте сепарации семян сорняков		Всего содержится примесей в продукте сепарации (кг) и в том числе семян сорняков		Выделено воздушным потоком		Осталось сходовой фракции семян сорняков	
	кг	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
1	1,340	1,160	86,1	3,140	37,0	0,139	10,4	0,047	3,5
2	1,730	1,510	87,2	3,900	38,6	0,166	9,6	0,055	3,2
3	1,910	1,680	88,1	4,280	39,2	0,176	9,2	0,052	2,7
4	4,050	3,670	90,4	8,860	41,4	0,300	7,4	0,089	2,2
5	3,080	2,790	90,6	6,680	41,7	0,219	7,1	0,071	2,3
6	1,750	1,540	88,1	3,940	39,1	0,159	9,1	0,049	2,8
7	2,910	2,590	88,9	6,510	39,8	0,253	8,7	0,253	2,4
8	4,450	3,610	81,2	8,590	42,0	0,472	10,6	0,365	8,2
9	4,230	3,810	90,1	9,530	40,0	0,317	7,5	0,102	2,4
10	1,780	1,580	88,7	3,960	39,8	0,155	8,7	0,046	2,6
11	5,600	4,970	88,8	12,410	39,9	0,465	8,3	0,162	2,9
12	1,150	1,040	90,3	2,580	40,4	0,068	5,9	0,044	3,8
13	3,060	2,660	87,0	6,990	38,1	0,288	9,4	0,110	3,6
14	2,340	1,970	84,0	5,050	39,0	0,290	12,4	0,084	3,6
15	5,590	5,220	93,1	11,860	44,0	0,114	4,2	0,134	2,4
Среднее значение			88,19		40,0		8,57		3,24

**Вывод.** Исходя из изложенного, следует сделать вывод: используя на комбайне конвейерную очистку, можно удалять с поля в среднем 88,19% семян сорняков, поступивших с ворохом на очистку, и тем самым вести вполне эффективную борьбу с засоренностью полей сорняками без применения для этих целей гербицидов. Экспериментально

установлено, что 40% по весу от примесей, остающихся в бункерном ворохе после обработки на конвейерной очистке, – это семена сорняков. Таким образом, предложенный метод борьбы более экологичный и более экономичный по сравнению с большинством используемых ныне методов.

#### Список литературы

1. Липовский М. И., Перекопский А. Н. Зерноуборочный комбайн: из прошлого – к новому поколению. Санкт-Петербург: ИАЭП, 2015. 316 с.
2. Елин А. Г. Сравнительное изучение различных способов уборки зерновых культур в Северо-Западной зоне. Записки ЛСХИ. Т. 88. Ленинград–Пушкин, 1962.

3. 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.
4. 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.
5. Серый Г. Ф., Косилов Н. М., Ярмашев Ю. Н., Русанов А. И. Зерноуборочные комбайны. М.: Агропромиздат, 1986, 248 с.
6. Бекаров А. Д. Комбайновые сепараторы зернового вороха. Нальчик: КБГАУ, 2003. 113 с.
7. Бекаров А. Д., Тешев А. Ш., Мишхожев В. Х., Бекаров А. Д., Габаев А. Х. Определение кинематических параметров вибратора конвейерной очистки комбайна // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 4(38). С. 98–104.
8. Бекаров А. Д. К вопросу технологического расчета сыпучих материалов конвейерного типа // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 3(33). С. 90–93.
9. Бекаров А. Д., Бекаров Г. А., Габаев А. Х., Мишхожев А. А. Толщина слоя вороха на решете и ее влияние на полноту выделения примесей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6(86). С. 160–163.
10. Бекаров А. Д., Бекаров Г. А. Тенденции развития комбайновых сепараторов зернового вороха. Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2019. № 3(25). С. 69–72.
11. Бекаров А. Д., Озрокова Т. Г. Параметры пассивного встряхивателя (вибратора) решета конвейерной очистки зерноуборочного комбайна // АгроЭкоИнфо. 2018. № 4(34). С. 59.
12. Бекаров А. Д. Параметры движения частиц зернового вороха, подброшенных конвейерным решетом комбайнового ворохоочистителя. Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2018. № 1(19). С. 21–25.

#### References

1. Lipovskiy M.I., Perekopskiy A.N. *Zernouborochnyy kombayn: iz proshlogo – k novomu pokoleniyu* [Combine harvester: from the past to a new generation.]. Saint Petersburg: IAEP, 2015. 316 p. (In Russ.)
2. Elin A.G. Comparative study of various methods of harvesting grain crops in the North-West zone. *Zapiski LSKHI*. Leningrad–Pushkin. 1962;88. (In Russ.)
3. Antipin V.G. On the use of rotary threshing and separating organs in conditions of increased moisture and uneven terrain. *Nauchnye trudy NIPTIMESKH NZ*. Leningrad. 1973;13:106–114. (In Russ.)
4. Antipin V.G. *Nauchnyye osnovy razrabotki sistemy i konstruktсии zernouborochnykh mashin dlya Severo-Zapadnoy zony SSSR* [Nauchnyye osnovy razrabotki sistemy i konstruktсии zernouborochnykh mashin dlya Severo-Zapadnoi zona SSSR]: *dis. ... dokt. tekhn. nauk*. Leningrad–Pushkin, 1962. 480 p.
5. Seryj G.F., Kosilov N.M., Yarmashev Yu.N., Rusanov A.I. *Zernouborochnyye kombajny* [Combine harvesters]. Moscow: Agropromizdat, 1986. 248 p.
6. Bekarov A.D. *Kombajnovyye separatory zernovogo voroha* [Combine separators of grain heap]. Nalchik: KBGAU, 2003. 113 p.
7. Bekarov A.D., Teshev A.Sh., Mishkhozhev V.Kh., Bekarov G.A., Gabaev A.Kh. Determination of the parameters of the kinematics of the vibrator of the conveyor cleaning of the combine. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;4(38):98–104. (In Russ.)
8. Bekarov A.D. To the question of technological calculation of the conveyor-type bulk material separator. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;3(33):90–93. (In Russ.)
9. Bekarov A.D., Bekarov G.A., Gabaev A.H., Mishkhozhev A.A. Thickness of the heap layer on the sieve and its impact on the complete separation of impurities. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020;6(86):160–163. (In Russ.)
10. Bekarov A.D., Bekarov G.A. Trends in the development of combine grain heap separators. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2019;3(25):69–72. (In Russ.)
11. Bekarov A.D., Ozrokov T.G. Parameters of a passive shaker (vibrator) of a sieve for conveyor cleaning of a grain harvester. *AgroEcoInfo*. 2018;4(34):59. (In Russ.)
12. Bekarov A.D. Parameters of movement of grain perox particles crushed by conveyor sieve of combine wiper cleaner. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2018;1(19):21–25. (In Russ.)

---

**Сведения об авторах**

**Бекаров Аламахад Дошаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации сельского хозяйства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 9046-0656, Author ID: 799840

**Мишхожев Владислав Хасенович** – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации сельского хозяйства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 9119-3664, Author ID: 386453

**Бекаров Гумар Аламахадович** – кандидат экономических наук и магистр агроинженерии, доцент кафедры экономики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», Author ID: 271651

**Габаев Алий Халисович** – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации сельского хозяйства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1264-0376, Author ID: 835404

**Information about the authors**

**Alamakhad D. Bekarov** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Agricultural Mechanization», Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 9046-0656, Author ID: 799840

**Vladislav Kh. Mishkhozhev** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Agricultural Mechanization», Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 9119-3664, Author ID: 386453

**Gumar A. Bekarov** – Candidate of Economic Sciences and Master of Agroengineering, Associate Professor of the Department of Economics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Author ID: 271651

**Alii H. Gabaev** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Agricultural Mechanization», Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1264-0376, Author ID: 835404

---

**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 have 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 15.05.2023;  
одобрена после рецензирования 31.05.2023;  
принята к публикации 09.06.2023.*

*The article was submitted 15.05.2023;  
approved after reviewing 31.05.2023;  
accepted for publication 09.06.2023.*