

Научная статья

УДК 631.331

doi: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-122-129

## Катушечный высеваящий аппарат зерновой сеялки и факторы, влияющие на высеv заданных норм

Алий Халисович Габаев<sup>✉1</sup>, Владислав Хасенович Мишхожев<sup>2</sup>

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

<sup>✉1</sup>alii\_gabaev@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1973-9804>

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

**Аннотация.** В общем комплексе технологических операций и приемов при возделывании зерновых культур очень важное значение имеет посев. Известно, что урожай сельскохозяйственных культур на 25-30% зависит от качества посева. Основная цель посева заключается в обеспечении условий прорастания семян, и в дальнейшем развития растений, которые в основном зависят от оптимального сочетания трех факторов: водно-воздушного, воздушного и теплового. Учитывая широкое распространение рядового посева, исследование процесса посева семян катушечными высеваящими аппаратами является весьма актуальной задачей. Судить о равномерности посева семян только по равномерности зерновой струи, выходящей из аппарата, недостаточно, ибо при перемещении по семяпроводу и сошниковой трубке семена несколько изменяют взаимное положение. Влияние семяпровода сказывается в сторону выравнивания струи, если она из выбрасывающего аппарата выходит неравномерно. Но в том и в другом случае необходимо располагать каким-либо критерием для суждения о равномерности зерновой струи, выходящей как из аппарата непосредственно, так и из сошника. В данной статье рассмотрены факторы, влияющие на равномерность заданных норм семенного материала катушечными высеваящими аппаратами, изученные в научно-исследовательской лаборатории кафедры «Механизация сельского хозяйства» Кабардино-Балкарского ГАУ. Определение этих факторов позволяет выявить основные закономерности движения и падения семян, скорости семян, необходимые для решения проблемы выбора основных конструктивных параметров высеваящего аппарата, семяпровода, распределителя семян. Выбрасывать сыпучий материал можно непрерывной струей или прерывно, то есть большими или малыми порциями или отдельными зернами. Наибольшее распространение получил выбранный нами катушечный высеваящий аппарат со сдвигаемой катушкой. ГОСТом предусмотрен выпуск нескольких видов (размеров) аппаратов для посева семян зерновых и мелких семян трав. Вращающаяся желобчатая катушка захватывает и выбрасывает из аппарата не только семена, находящиеся в желобках, но также семена, лежащие вблизи, увлекаемая их за счет сил трения. В статье представлены результаты исследования равномерности посева катушечными высеваящими аппаратами при посеве заданных норм.

**Ключевые слова:** высеваящий аппарат, катушка, сошник, зерно, семенной материал, объемный вес, сыпучесть, урожай, норма посева

**Для цитирования.** Габаев А. Х., Мишхожев В. Х. Катушечный высеваящий аппарат зерновой сеялки и факторы, влияющие на высеv заданных норм // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. №3(37). С. 122–129. doi: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-122-129

Original article

## Reel seeding unit of a grain seeder and factors affecting seeding of set rates

Aliy Kh. Gabaev<sup>✉1</sup>, Vladislav Kh. Mishkhozhev<sup>2</sup>

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

<sup>✉1</sup>alii\_gabaev@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1973-9804>

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

**Abstract.** Sowing is very important in the general complex of technological operations and methods in the cultivation of grain crops. It is known that the yield of agricultural crops by 25-30% depends on the quality of sowing. The main purpose of sowing is to provide optimal conditions for seed germination, and further development of plants, which mainly depend on the optimal combination of three factors: water-air, air and heat. The study of the process of sowing seeds with reel sowing machines is a very urgent task considering the widespread use of row sowing. It is not enough to judge the uniformity of sowing seeds only by the uniformity of the grain stream leaving the apparatus, because when moving along the seed tube and the coulter tube, the seeds somewhat change their relative position. The influence of the seed tube affects the alignment of the jet, if it comes out unevenly from the ejector. But in both cases, it is necessary to have some criterion for judging the uniformity of the grain streams coming out of the apparatus directly and from the coulter. This article discusses the factors influencing the uniformity of the given norms of seed material by coil sowing machines, carried out in the research laboratory of the Department of Agricultural Mechanization of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University. The determination of these factors makes it possible to identify the main patterns of movement and fall of seeds, the speed of seeds necessary to solve the problem of choosing the main design parameters of the sowing machine, seed tube, seed distributor. Bulk material can be thrown out in a continuous stream or discontinuously, that is, in large or small portions or individual grains. The reel metering unit with a shiftable reel, which we have chosen, has received the greatest distribution. GOST provides for the production of several types (sizes) of devices for sowing grain seeds and small grass seeds. The rotating grooved coil captures and ejects from the device not only the seeds located in the grooves, but also the seeds lying nearby, entraining them due to friction forces. The article presents the results of a study of the uniformity of sowing by coil sowing machines when sowing given norms.

**Keywords:** sowing machine, reel, coulter, grain, seed material, bulk density, swelling, yield, seeding rate

**For citation.** Mishkhozhev V.Kh., Gabaev A.Kh. Coil sowing machine of a grain seeder and factors influencing the sowing of given rates. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2022;3(37):122–129. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-122-129

**Введение.** Посев семян различных сельскохозяйственных культур на полях сельскохозяйственных предприятий в различных климатических зонах страны производится тремя основными типами сеялок – разбросными, рядовыми и гнездовыми. Для посева семян зерновых культур наиболее широко применяется рядовой посев. Это обусловлено не только повышением урожая, но и экономией дорогостоящего посевного материала. Кроме того облегчается в последующем уход за посевами. Учитывая широкое распространение рядового посева, исследование процесса высева семян катушечными высевающими аппаратами является весьма актуальной задачей. Подготовленный семенной материал загружается в бункер, из которого семена поступают в семенную коробку высевающего аппарата, из нее в определенном количестве забираются катушкой того или иного вида и направляются в воронку семяпровода, далее – через семяпровод в раструб сошника и укладываются в борозду, образованную последним.

По своим механическим свойствам – форме, весу и размерам отдельных зерен, объемному весу, сыпучести – семенной материал оказывается весьма различным, зависящим не только от культуры, но и от вида, сорта и даже от года и места сбора урожая, от способа и качества очистки и сортирования семян.

Наряду с этим каждый из видов культурных растений требует для своего произрастания различного пространства, а следовательно, и различного количества для засева единицы площади поля [1].

Если, например, отметить главные механические свойства таких важных культур, как зерновые хлеба, хлопок, кукуруза, то можно заметить резкую разницу по объемному весу, среднему весу 1000 зерен, размерам, а также нормам высева, и тогда вопрос об устройстве аппарата, одинаково пригодного для высева таких семян, естественно, отпадает. Практика решает задачу сева устройством специальных отличных по

конструкции, а часто и способу действия выбрасывающих аппаратов [2].

**Цель работы** заключается в оценке неравномерности подачи семян зерновых культур и определении факторов влияющих на равномерность при высеве заданных норм высевальными аппаратами экспериментальной зерновой сеялки.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Важным фактором, влияющим на высева заданных норм, является равномерность высева семян.

Следует отметить, что методика расчета количества и равномерности высева семян катушечными высевальными аппаратами известна. Необходимым условием для высококачественного посева является правильная установка высевальных аппаратов машины, при которой каждый аппарат высевает одинаковое количество семян. Работа данного высевального аппарата на общем фоне процесса высева семян достаточно глубоко изучена и не влияет на дальнейшее формирование потока семян. Однако, начиная с момента выброса семян из желобка катушки характер падения семян в ячейку семяпровода, движения семян в семяпроводе, а также скорость поступления семян на конусный рассекатель полностью влияет на закономерность распределения семян и скатывания их на дно сформированных бороздок. Поэтому выявление этих факторов имеет существенное значение при конструировании и создании нового высевального аппарата.

При рассмотрении процесса движения зерна важны основные факторы, влияющие на изменение характера движения семян, начиная с семенного ящика вплоть до скатывания их по стенкам бороздки на дно и защемления (заделки) в почву.

Определение этих факторов позволяет выявить основные закономерности движения и падения семян, величину скорости семян, необходимую для решения проблемы выбора основных конструктивных параметров высевального аппарата, семяпровода, распределителя семян, разбрасывателя, формы и размеров бороздок, образуемых посевной машиной.

В выбранной нами конструктивной схеме сеялки высева семян из семенного ящика осуществляется катушечным высевальным

аппаратом, который достаточно изучен и обеспечивает удовлетворительное качество и равномерность высева семян. Однако для исследования конструкции разбрасывателя следует рассмотреть характер и потенциал высева семян и по ходу исследования найти необходимые конструктивные решения с параметрами новой посевной машины.

Выбрасывать сыпучий материал можно непрерывной струей или прерывно, то есть большими или малыми порциями или отдельными зернами. Наибольшее распространение получил выбранный нами катушечный высевальный аппарат со сдвигаемой катушкой. ГОСТом предусмотрен выпуск нескольких видов (размеров) аппаратов для высева семян зерновых и мелких семян трав. Вращающаяся желобчатая катушка захватывает и выбрасывает из аппарата семена, находящиеся в желобках, а также семена, лежащие вблизи, увлекая их за счет сил трения. Высевальный аппарат, снабженный подвижным дном, позволяет устанавливать расстояние, приближая либо отдаляя его относительно катушки в зависимости от высеваемых семян, для более крупных семян, промежутков между дном высевального аппарата и катушкой увеличивается, для более мелких семян, соответственно, этот промежуток уменьшается. Подвижное дно высевального аппарата снабжается предохранительной пружиной, позволяющей ему опускаться и пропускать семена в том случае, если по какой-либо причине в наиболее узком пространстве между дном и катушкой образовался затор, благодаря этому семена также предохраняются от повреждения.

Выходное окно, через которое семенной материал из семенного ящика перетекает в семенную коробку высевального аппарата, располагается в боковой стенке семенного ящика.

Значения основных конструктивных параметров высевального аппарата, такие как пространство между катушкой и дном семенной коробки, длина дна в коробке, охватывающего катушку, в полной мере еще не выявлено, однако результаты исследований показывают, что при увеличении уклона на  $15^\circ$  при одинаковой скорости движения агрегата количество высеваемого семенного материала увеличивается. Аналогичный ха-

рактор носит изменение количества высеваемого материала при изменении угла охвата катушки дном семенной коробки, то есть если дно укорочено, тем самым уменьшен угол охвата им катушки, количество высеянных семян растёт.

Подводящее отверстие семенного ящика должно иметь такие параметры, чтобы семенной материал без заторов и гарантированно мог заполнить семенную коробку, попадая непосредственно на катушку, располагаясь при этом в семенной коробке под углом естественного откоса в направлении от входного отверстия.

Для установки сеялки на высев заданной нормы семян на единицу площади поля необходимо прежде всего учитывать ее рабочую ширину захвата. Так как высев семян происходит рядами, то за один проход сеялка обрабатывает полосу, шириной равной сумме расстояний между крайними сошниками и половин двух соседних междурядий. Отсюда вытекает, что если обозначить через  $a$  ширину междурядья, а через  $N$  – число сошников, то рабочая ширина сеялки  $B$  составит:

$$B = (N - 1)a + 2\frac{a}{2} = aN.$$

Для нашей экспериментальной сеялки с двадцатью четырьмя сошниками при ширине междурядья 15 см рабочая ширина захвата соответственно составит 3,6 м.

Если требуется высеять  $M$  кг семенного материала на 1 га, при рабочей ширине захвата сеялки равной  $B=a \cdot N$  и диаметре ходовых колес  $D$  м, за один оборот ходового колеса сеялка будет засеять площадь  $\pi DB = \pi DaN$ .

Отсюда определяем число оборотов колеса сеялки для засева 1 га ( $10000 \text{ м}^2$ ):

$$\frac{10000}{\pi DaN}.$$

Количество же семян, которое будет высеиваться за один оборот колеса сеялки при норме высева  $M$  кг/га, составит:

$$m = \frac{M\pi DaN}{10000}$$

Пользуясь приведенными выражениями для экспериментальной сеялки, диаметр ко-

леса которой равен 1,2 м, при норме высева 150 кг/га получим  $m=0,204$  кг.

Ввиду незначительности полученного количества установку ведем не на один оборот колеса, а на 15 оборотов. В таком случае требуемое количество семян при заданной норме составит  $m=3,06$  кг. Определив эту величину, устанавливаем экспериментальную сеялку на ровной поверхности на подставках, чтобы опорные колеса могли свободно вращаться, заправляем семенные ящики семенами, которыми собираемся производить посев, ищем положение установочного рычага, при котором за 15 оборотов колеса высеивается расчетное количество 3,06 кг семенного материала. На экспериментальной сеялке имеются рычаги для регулировки высева отдельно для каждой половины высеивающих аппаратов. Поэтому проверку ведем для каждой половины сеялки отдельно на расчетное количество семян, равное 0,5 т.

**Результаты исследования.** Проанализировав агротехнические требования к нормам высева, можно сделать вывод, что основные хлеба высеиваются в зависимости от района и сорта в пределах от 60 до 150 кг на гектар, в некоторых случаях приходится доходить и до 170 кг на гектар.

В зависимости от величины междурядья  $a$  (см) количество семян, распределяемых рядовой сеялкой на каждом погонном метре отдельной борозды, будет меняться для заданной нормы высева в прямом отношении [3, 4].

Ходовые размеры междурядья для дисковых сеялок обычно определяются величиной  $a = 15$  см, для сеялок с анкерными сошниками эта величина устанавливается от 10 до 12 см. Узкорядный метод сева требует 6,5-7,5 см.

Обозначив через  $m_1$  количество (в граммах) семян, высеиваемых на один метр бороздки, при норме высева  $M$  кг/га при ширине междурядья  $a$  см, можно определить, что

$$m_1 = \frac{Ma}{1000} \text{ (г/м)}, \quad (1)$$

то есть величина  $m_1$  возрастает как с увеличением нормы  $M$ , так и с увеличением междурядья  $a$ .

Обозначим средний вес 1000 зерен  $\delta$ , в этом случае среднее число семян, высеиваемое на каждый метр ряда, будет

$$\mu_1 = \frac{Ma \text{ шт. зерен}}{\delta \text{ на 1 м}}. \quad (2)$$

Анализируя выражение (2), можно сделать вывод, что чем шуплее семена, тем больше их (по количеству) необходимо высеивать, чтобы соответствовать заданной агротехнической норме высева и междурядью.

Отсюда следует, что если использовать хорошие семена пшеницы со средним индивидуальным весом  $\delta=35$  г на 1000 зерен и норму  $M=150$  кг/га, то для междурядья  $a=15$  см получим следующее значение количества пшеницы, в среднем распределяемое на погонном метре отдельного ряда:

$$m_1 = \frac{150 \cdot 15}{1000} = \frac{2,25 \text{ г}}{\text{м}};$$

$$\mu_1 = \frac{150 \cdot 15}{35} = 64 \text{ шт. зерен пшеницы на 1 м.}$$

Соответственно, для узкорядного посева с шириной междурядья 7,5 см на одном погонном метре борозды зерен пшеницы будет 32 штуки, что обеспечит лучшее распределение семян по площади питания.

Выбрасывание семян у зерновых сеялок осуществляется преимущественно высеивающими аппаратами с желобчатыми катушками или ячеистыми дисками, равномерно вращающимися при помощи зубчатой передачи от опорных колес зерновой сеялки [5].

Если диаметр опорных колес зерновой сеялки обозначим  $D$  и передаточное число от оси опорного колеса на валик высеивающих аппаратов –  $i$ , т. е.

$$i = \frac{n_g}{n_{\text{кол}}}, \quad (3)$$

где:

$n_g$  – число оборотов вала высеивающих аппаратов;

$n_{\text{кол}}$  – число оборотов опорного колеса сеялки.

Таким образом, легко определить количество зерен, проходящих при одном обороте катушки высеивающего аппарата. На самом деле при одном обороте опорного колеса се-

ялки она передвинется на  $\pi D$  м, и каждая катушка выбросит  $m_1 \pi D$  грамм или  $\mu_1 \pi D$  штук зерен. При этом сама катушка сделает  $i$  оборота; соответственно, число семян, высеиваемых катушкой при ее одном полном обороте, будет:

$$m_0 = \frac{M_1 \pi D}{i} = \frac{Ma \pi D}{1000 i}; \quad (4)$$

грамм  
на 1 оборот катушки

$$\mu_0 = \frac{\mu_1 \pi D}{i} = \frac{Ma \pi D}{i \delta}; \quad (5)$$

штук зерен  
на 1 оборот катушки

или сокращенно:

$$m_0 i = m_1 \pi D = M_0, \quad (6)$$

$$\mu_0 i = \mu_1 \pi D = M_0' \quad (7)$$

где:

$D$  – диаметр опорного колеса сеялки,  $D=1,2$  до  $1,6$  м;

$m_1$  (или  $\mu_1$ ) – количество семян высеиваемых на один метр бороздки.

Таким образом, правую часть равенств (6) и (7) можно выразить с заданной величиной  $M_0$  или  $M_0'$ .

Тогда искомыми величинами остаются:  $m_0$  (или  $\mu_0$ ) и  $i$ . Для определения этих величин зададимся дополнительным условием, которое связано с конструкцией высеивающего аппарата.

Обозначим объемный вес семян  $\gamma$ , то есть вес  $1 \text{ дм}^3$  в килограммах или вес  $1 \text{ см}^3$  в граммах, отношение  $\frac{M_0}{\gamma} = V_0$  будет представлять собой объем, занимаемый семенами массой  $M_0$  грамм.

В таком случае имеем:

$$m_0 i = \gamma V_0 \quad (8)$$

или

$$m_0 = \gamma \frac{V_0}{i} = \gamma v_0, \quad (9)$$

где:

$\frac{V_0}{i} = v_0$  определяет рабочий объем самой катушки в кубических  $\text{см}^3$ , следовательно, равенство (6) принимает вид:

$$v_0 i = V_0. \quad (10)$$

Объем  $v_0$  является объемом, приходящимся на семена, высеянные за один оборот катушки высевающего аппарата, этот объем определен нами по объемному весу семян в общей их массе. Следует отметить, что объем, занимаемый ( $\mu_0$ ) семенами в самом высевающем аппарате, может несколько отличаться, в зависимости от формы рабочих элементов высевающего аппарата, расположения семян в семенной коробке, так, например, принудительное перемещение семян в высевающем аппарате приводит к некоторому уплотнению их в семенной коробке и, следовательно, меняет их объемный вес [6–9]. Уплотнение семян в семенной коробке высевающего аппарата может достигать для пшеницы до 4%, для проса до 3,5%, для овса до 5%.

Чтобы перейти к расчетам размеров катушки и семенной коробки, обеспечивающих выбрасывание семян в количестве  $M_0$  грамм (или  $M_0'$  штук) на длине борозды соответствующей одному полному обороту ходового колеса сеялки, необходимо еще одно дополнительное условие, определяющее величину  $i$ .

Это условие определяется оптимальной линейной скоростью  $w_k$  катушки, отнесенной к ее наружному диаметру. Практика и опыт устанавливают некоторые пределы для этих скоростей, при которых перемещение семян происходит наиболее удовлетворительно и создается более или менее равномерная струя зерна, которая обеспечивает достаточное постоянство высева при посеве на установившихся режимах [10–13].

Взаимосвязь между  $w_k$  и передаточным числом может быть выражена в следующей форме:

$$n_g = \frac{w_k 60}{\pi d}, \quad (11)$$

$$n_k = \frac{w_c 60}{\pi D}, \quad (12)$$

$$i = \frac{n_g}{n_k} = \frac{D w_k}{d w_c}, \quad (13)$$

где:

$w_c$  – поступательная скорость сеялки.

Отношение скоростей  $\frac{w_k}{w_c} = A$  у зерновых сеялок находится в пределах 0,017–0,05.

При посеве семян зерновых культур в нормальных условиях

$$i = (0.017 \dots 0.05) \frac{D}{d}.$$

Если иметь в виду катушечный аппарат сдвигаемого типа, то диаметр  $d$  сдвигаемой катушки в сеялках совершенно не меняется, оставаясь равным 50 мм или близким к этому размеру.

Для этого случая отношение

$$\frac{D}{d} \frac{120}{5} \dots \frac{160}{5},$$

или

$$\frac{D}{d} = 24 \dots 32,$$

а передаточное число  $i = 0,4$ – $1,6$ .

Отношение длины  $L$  рабочей части катушки (при полном открытии) к диаметру  $d$  колеблется у разных сеялок в пределах:

$$\frac{L}{d} = 0,5 \dots 0,7.$$

**Вывод.** Таким образом, резюмируя изложенное можно сделать вывод, что преимущество сдвигаемых катушек заключается в удобстве регулирования количества высева и в простоте приспособлений, применяемых для этой цели.

Аппараты с несдвигаемыми катушками представляют возможность регулирования нормы высева за счет изменения скорости вращения катушки или за счет смены катушек с желобками одного размера, или вида, на другой. В этом отношении высевающие аппараты с несдвигаемыми катушками менее удобны и требуют более сложных манипуляций при регулировании высевающего аппарата на заданную норму высева. В качестве примера можно рассмотреть сеялку снабженную коробкой скоростей, которая позволяет небольшими ступенями изменять скорость вала выбрасывающих аппаратов в широких пределах. В конструктивном отношении данное устройство является решением задачи, но в то же время оно усложняет конструкцию, снижает надежность и повышает стоимость посевной машины.

Список литературы

1. Кравченко И. Н., Зорин В. А., Пучин Е. А. Основы надежности машин. Часть 2. Москва: Изд-во ВТУ при Федеральном агентстве специального строительства, 2006. 260 с.
2. Хахов М. А., Каскулов М. Х. Исследование процесса работы ребристых катков посевной машины // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2003. № 1(9). С. 31–34.
3. Горячкин В. П., Гранвуане А. Х. Теоретическое обоснование сеялок-культиваторов. Москва: Колос, 1986. 358 с.
4. Патент RU C1 А№2511237 01С7/20. Устройство для посева семян зерновых культур / М. Х. Каскулов, А. Х. Габаев, А. К. Апажев, И. А. Атурзаев, Ш. М. Гаев, А. Ш. Тешев, В. Х. Мишхожев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарская ГСХА». № 2012153090/13; заявл. 2012.12.07; опубл. 10. 04. 2014
5. Shekikhachev Yu.A., Mishkhozhev V.H., Shekikhacheva L.Z., Zhigunov R.H., Mishhozhev Kan V., Mishhozhev Kaz.V. Modeling of disk sowing apparatus operation process // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 548(2). 2020. 022004. doi: 10.1088/1755-1315/548/2/022004.
6. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Хажметов Л.М. Модернизация зерновой сеялки для работы в условиях повышенной влажности почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3(43). С. 238–245.
7. Габаев А. Х. Влияние свойств почвы на процесс образования бороздки для семян // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2013. № 2. С. 67–71.
8. Габаев А. Х., Нам А. К. Математическая модель работы бороздообразующего рабочего органа посевной машины и определение его оптимальных конструктивных параметров методом многофакторного эксперимента // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 43. С. 317–321.
9. Любушко Н. И., Эволинский В. К. Зерновые сеялки на рубеже XXI века // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2001. № 2. С. 4–7.
10. Мерецкий С. В., Скурятин Н. Ф. Способ посева зерновых на склонах // Техника в сельском хозяйстве. 2010. № 2. С. 49–50.
11. Гидаев А. И., Каскулов М. Х., Алоев В. З. Обоснование параметров высевающего аппарата зерновой сеялки для разбросного посева // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. № 3. С. 8–9.
12. Каскулов М. Х., Нотов Р. А. Совершенствование технологии работы посевных машин в условиях повышенной влажности почв // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 10. С. 51–52.
13. Каскулов М. Х., Каздохов Х. К. Исследование работы дискового рассеивающего аппарата для семян сельскохозяйственных культур // Сборник научных трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции «Инженерное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса России». Нальчик, 2019. С. 124–128.

References

1. Kravchenko I.N., Zorin V.A., Puchin E.A. *Osnovy nadezhnosti mashin*. [Fundamentals of machine reliability]. Moscow: Izd-vo VTU pri Federal'nom agentstve special'nogo stroitel'stva, 2006. 260 p. (In Russ.)
2. Khakhov M.A., Kaskulov M.H. Investigation of the operation process of the ribbed rollers of the sowing machine. *News of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the RAS*. 2003;1(9):31–34. (In Russ.)
3. Goryachkin V.P., Granvuane A.H. *Teoreticheskoe obosnovanie seyalok-kul'tivatorov* [Theoretical substantiation of seeders-cultivators]. Moscow: Kolos, 1986. 358 p. (In Russ.)
4. Patent RU C1 А№2511237 01С7/20. Device for sowing seeds of grain crops / M.Kh. Kaskulov, A.Kh. Gabaev, A.K. Apazhev, I.A. Atmurzaev, Sh.M. Gaev, A.Sh. Teshev, V.Kh. Mishkhozhev; applicant and patent holder FGBOU VO "Kabardino-Balkarian State Agricultural Academy". No. 2012153090/13; dec. 2012.12.07; publ. 10. 04. 2014
5. Shekikhachev Yu.A., Mishkhozhev V.H., Shekikhacheva L.Z., Zhigunov R.H., Mishhozhev Kan.V., Mishhozhev Kaz.V. Modeling of disk sowing apparatus operation process. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 548(2). 2020. 022004. doi: 10.1088/1755-1315/548/2/022004.
6. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Hazhmetov L.M. Modernization of the grain seeder for work in the conditions of the increased humidity of soils. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2016;3(43):238–245. (In Russ.)

7. Gabaev A.H. Influence of soil properties on the process of seed furrow formation. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2013;(2):67–71. (In Russ.)
8. Gabaev A.H., Nam A.K. Mathematical model of work of borozdoobrazuyushchy working body of the sowing car and determination of his key design data as method of multiple-factor experiment. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2016;(43):317–321. (In Russ.)
9. Lyubushko N. I., Evolinskij V. K. Zernovye seyalki na rubezhe XXI century. *Traktory i sel'skohozyajstvennyye mashiny* [Tractors and agricultural machines]. 2001;(2):4–7.
10. Mereckij S.V., Skuryatin N.F. Method of sowing cereals on the slopes. *Tekhnika v sel'skom hozyajstve* [Agricultural machinery]. 2010;(2):49–50. (In Russ.)
11. Gidaev A.I., Kaskulov M.H., Alov V.Z. Substantiation of the parameters of the sowing machine of a grain seeder for broadcast sowing. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva* [Mechanization and electrification of agriculture]. 2008;(3):8–9. (In Russ.)
12. Kaskulov M.H., Notov R.A. Improvement of seeding machinery operation technology in conditions of increased soil moisture. *Tractors and agricultural machinery* [Tractors and agricultural machines]. 2013;(10):51–52. (In Russ.)
13. Kaskulov M.H., Kazdohov H.K. Investigation of the operation of a disk scatterer for seeds of agricultural crops. *Sbornik nauchnih trudov VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Inzhenernoe obespechenie innovacionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossij»*. 2019. P. 124–128. (In Russ.)

---

#### Сведения об авторах

**Габаев Алий Халисович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механизация 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

**Мишхожев Владислав Хасенович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механизация 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

#### Information about the authors

**Aliy Kh. 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

**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

---

**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.

**Author's 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 19.08.2022;  
одобрена после рецензирования 02.09.2022;  
принята к публикации 06.09.2022.*

*The article was submitted 19.08.2022;  
approved after reviewing 02.09.2022;  
accepted for publication 06.09.2022.*