

Научная статья

УДК 631.362.34

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-100-107

Теоретическое исследование рабочего процесса высевающего аппарата зерновой сеялки

Вячеслав Барасбиевич Дзуганов¹, Алий Халисович Габаев^{✉2}

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

¹dzuganovv55@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4286-1733>

^{✉2}alii_gabaev@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1973-9804>

Аннотация. В данной работе приведены результаты теоретического исследования рабочего процесса катушечного высевающего аппарата зерновой сеялки. Целью исследования являлось установление степени влияния основных параметров катушки (размеров, частоты вращения, числа и форм ее желобков) высевающего аппарата зерновой сеялки на действительную толщину условного слоя, формирующегося при движении семян в активном потоке. При установлении факторов, связанных с расчетом катушечного высевающего аппарата на высев заданных норм, учитываются условия работы посевного агрегата и агротехнические требования, предъявляемые к ней как к машине сельскохозяйственного назначения. Важное значение также имеют и характерные особенности посевного материала. По физико-механическим свойствам (форме, весу, геометрическим параметрам отдельных зерен, объемному весу, свойствам сыпучести) семенной материал может сильно отличаться и зависеть не только от вида и сорта культуры, но и от года сбора урожая, местности произрастания культуры, качества очистки и сортирования семенного материала. В результате проведенного исследования установлено, что с увеличением рабочей длины катушки толщина условного активного слоя семян увеличивается и, наоборот, с увеличением частоты вращения катушки толщина условного активного слоя уменьшается. При этом изменения происходят в незначительной степени.

Ключевые слова: сеялка, семенная коробка, желобок, опорное колесо, почва, семена, катушка, борозда, высев, частота, сопротивление, усилие

Для цитирования. Дзуганов В. Б., Габаев А. Х. Теоретическое исследование рабочего процесса высевающего аппарата зерновой сеялки // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 100–107. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-100-107

Original article

Theoretical study of the working process of the sowing apparatus of a grain seeder

Vyacheslav B. Dzuganov¹, Aliy Kh. Gabaev^{✉2}

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

¹dzuganovv55@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4286-1733>

^{✉2}alii_gabaev@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1973-9804>

Abstract. This paper presents the results of a theoretical study of the working process of a reel seeding unit of a grain seeder. The purpose of the study was to establish the degree of influence of the main parameters of the reel (dimensions, rotation speed, number and shapes of its grooves) of the seeding unit of a grain seeder on the actual thickness of the conditional layer formed during the movement of seeds in an active flow. When establishing the factors associated with the calculation of the reel seeding unit for sowing specified norms, the operating conditions of the seeding unit and the agrotechnical requirements imposed on it as an agricultural machine are taken into account. The characteristic features of the seed material are also important. In terms of physical and mechanical properties (shape, weight, geometric parameters of individual grains, bulk density, flowability properties), seed material can vary greatly and depend not only on the type and variety of crop, but also on the year of harvest, the growing area of the crop, the quality of cleaning and sorting of seed material. As a result of the conducted research it was established that with the increase of the working length of the coil, the thickness of the conventional active layer of seeds increases and, conversely, with the increase of the frequency of rotation of the coil, the thickness of the conventional active layer decreases. In this case, the changes occur to an insignificant extent.

Keywords: seeder, seed box, groove, support wheel, soil, seeds, reel, furrow, sowing, frequency, resistance, force

For citation. Dzuganov V.B., Gabaev A.Kh. Theoretical study of the working process of the sowing apparatus of a grain seeder. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):100–107. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-100-107

Введение. По своим физико-механическим свойствам, таким как форма, вес, геометрические параметры отдельных зерен, объемный вес, свойства сыпучести, семенной материал может отличаться и зависит это не только от вида и сорта культуры, но и от площади питания. Соответственно, при выполнении этого агротехнического требования для засева единицы площади поля расходуется разное количество семян.

Для этих целей на зерновых сеялках используются катушечные высевающие аппараты, конструкции которых позволяют регулировать норму высева семян двумя способами: изменением желобчатой части (рабочей длины) катушки и частоты ее вращения. Заданную норму высева семян желательнее устанавливать изменением длины рабочей части катушки с возможно меньшей частотой ее вращения. Следует подчеркнуть, что с увеличением частоты вращения катушки ухудшается равномерность высева и повышается повреждаемость семян. Это влияет на урожайность возделываемой культуры. Частоту вращения катушки регулируют, изменяя передаточное отношение зубчатой или цепной передачи редуктора (механизма передач или коробки скоростей) [1, 2].

Рассматривая физико-механические свойства различных сельскохозяйственных культур, можно наблюдать значительную разницу

даже только по таким основным параметрам как средний вес 1000 зерен, геометрическим размерам, объему, а также по норме высева. И, соответственно, вопрос конструкции высевающего аппарата, одинаково подходящего для посева таких семян, естественно, невыполним. Наука и практика решают данную задачу разработкой и выпуском специальных сеялок кукурузных, хлопковых и так далее, кардинально отличающихся по конструкции, а зачастую и по способу действия высевающих аппаратов от высевающих аппаратов, предназначенных для посева хлебных злаков [3].

Рассмотрим взаимодействие рабочей части катушки с потоком зерна. Если зазор между катушкой и дном корпуса достаточно велик, то этот слой может не распространяться до дна, то есть остаётся «мертвый» слой, как его назвал В. П. Горячкин.

Таким образом, семенной материал, находящийся в корпусе высевающего аппарата можно условно разбить на следующие зоны, где:

- семена движутся под действием силы тяжести;
- семена, попавшие в желобки катушки, перемещаются принудительно вместе с ней;
- активный слой, движение семян вызывается силами внутреннего трения, которые создаются рёбрами катушки и передаются от одного слоя семян другому (рис. 1) [1].

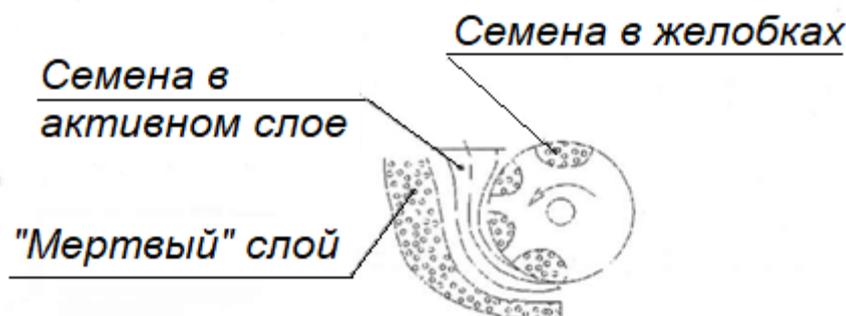


Рисунок 1. Схема рабочего процесса высева семян
Figure 1. Scheme of the seed sowing workflow

При настройке сеялки на норму высева требуется учитывать наличие активного слоя, который можно оценить по его толщине.

Условный активный слой S отличается от толщины действительного активного слоя S_0 , но при определенных условиях соотношение толщин этих слоев сохраняется постоянной. Таким образом, влияние на действительную толщину S_0 активного слоя конструктивных параметров катушки, таких как размеры, скорость вращения, число и форма ее желобков, можно наблюдать по изменению приведенной толщины S слоя.

Цель исследования – установление степени влияния основных параметров катушки (размеров, частоты вращения, числа и формы ее желобков) высевающего аппарата зерновой сеялки на действительную толщину условного слоя, формирующегося при движении семян в активном потоке.

Материалы, методы и объекты исследования. При проведении работы рассматривался высевающий аппарат катушечного типа для зерновой сеялки с использованием теории движения семенного материала в полости семенной коробки.

Норма высева семян зерновых культур в различных почвенно-климатических зонах страны в зависимости от района, а также сорта культуры колеблется в довольно широких пределах, начиная от 60 кг/га в районах с мягким климатом и благоприятными условиями для развития и дальнейшего роста всходов до 140 кг/га для районов с менее комфортными почвенно-климатическими условиями, а в иных случаях возникает необходимость повышать норму высева вплоть до 170 кг/га.

В зависимости от ширины междурядий, при заданной норме высева семян рядовой зерновой сеялкой количество зерен на одном метре длины ряда меняется прямо пропорционально.

Результаты исследования. Рассмотрим возможность осуществления заданного количества высева V_0 на длину пути, равную длине окружности опорного колеса сеялки. Количество семян на длине борозды, равной длине окружности колеса сеялки, может различаться в зависимости от заданной нормы высева, вида и сорта культуры.

$$v_0 i = V_0, \quad (1)$$

где:

v_0 – скорость посевного агрегата;

i – передаточное отношение от приводного колеса к валу высевающего аппарата.

Из выражения (1) видно, что V_0 зависит от v_0 и i и, соответственно, V_0 может меняться за счет изменения каждого из этих параметров. К высевающим аппаратам, в которых изменение количества V_0 обеспечивается изменением v_0 при постоянном i , относятся высевающие аппараты со сдвигаемым типом катушек, которые позволяют менять рабочий объем катушки [3].

Сеялка, снабженная коробкой скоростей, позволяет небольшими ступенями изменять частоту вращения вала высевающих аппаратов в широких пределах. В конструктивном отношении данное устройство является решением задачи, но в то же время устройство усложняет конструкцию, снижает надежность и повышает стоимость посевной машины.

Рассмотрим более подробно высевающие аппараты со сдвигаемыми катушками как

наиболее распространенные для посева зерновых культур.

Прежде всего, отметим некоторые особенности в перемещении семенного материала за счет непосредственного воздействия на него со стороны вращающейся катушки. Как известно, при вращении катушка своими желобами перемещает по направлению вращения не только семена, находящиеся в желобках, но и определенный слой семенного материала, находящегося в непосредственной близости к ней. Этот слой семян толщиной C называется активным слоем. Если расстояние между катушкой и дном семенной коробки высевающего аппарата больше, чем толщина активного слоя, то между стенкой семенной коробки и активным слоем формируется неподвижный слой семенного материала, так называемый «мертвый слой» [4].

Исследования показывают, что семена, находящиеся непосредственно в желобках катушки, передвигаются со скоростью, равной окружной скорости катушки или близкой к ней за счет некоторого скольжения семенного материала по рабочей поверхности катушки, в зависимости от формы и размеров последнего.

В связи с тем, что при перемещении друг относительно друга между семенами возникает сила трения, которая задерживает их движение, слой семян, расположенный вне желобков катушки, продвигается с убывающей скоростью по толщине, достигая нуля на стыке слоев между активным и мертвым слоями.

Таким образом, при вращении катушка своими желобками создает область, в пределах которой семенной материал перемещается, образуя активный слой. Форма активного слоя близка к кольцеобразному потоку толщиной C_0 , которая почти постоянна в области ниже горизонтальной оси катушки [5, 6].

Применительно к семенам различных сельскохозяйственных культур толщину активного слоя C_0 , образующуюся при работе катушек различного размера и с различным числом желобков и различных форм исполнения, целесообразно рассматривать в условном выражении C , а именно в виде условного слоя, формирующегося при движении семян в активном потоке со скоростью $w_{кат}$, соответствующей окружной скорости катушки [7, 8].

Условный активный слой C отличается от толщины действительного активного слоя C_0 , но при определенных условиях соотношение толщин этих слоев сохраняется постоянной. Таким образом, влияние на действительную толщину C_0 активного слоя конструктивных параметров катушки, таких как размеры, скорость вращения, число и форма ее желобков, можно наблюдать по изменению приведенной толщины C слоя.

Чтобы подтвердить утверждение неизменности соотношения C/C_0 при определенных условиях, рассмотрим поперечное сечение активного слоя, проходящего через ось катушки высевающего аппарата, где поток принимает установившийся характер, то есть в этом месте семена из активного потока не переходят на сторону мертвого слоя и из последнего к активному слою не присоединяются новые семена. В этом случае через данное сечение и через любое другое последующее, распложенное ниже уровня оси катушки, будет проходить одинаковое количество семян или, другими словами, одинаковый объем семенного материала за единицу времени. Если L – рабочая длина катушки, w_{cp} – средняя скорость семян, то секундный объем семенного материала, проходящий через указанное сечение, можно определить по следующему выражению:

$$V = LC_0 w_{cp}. \quad (2)$$

Такой же объем семенного материала проходит через сечение активного слоя приведенной толщины, то есть:

$$C: V = LCw_{кат}. \quad (3)$$

Таким образом, после некоторых преобразований получим:

$$C_{0wcp} = Cw_{кат}. \quad (4)$$

Отсюда

$$\frac{C}{C_0} = \frac{w_{cp}}{w_{кат}}. \quad (5)$$

Очевидно, что соотношение C/C_0 будет постоянным при условии постоянства отношения скоростей $w_{cp}/w_{кат}$, а постоянство соотношения названных скоростей возможно в том случае, когда скорость w_{cp} сохранится в любом сечении установившегося потока.

Можно утверждать, что при сохранении распределения скоростей семян в различных сечениях потока выражение (5) не изменит своего значения, даже если толщина слоя в разных сечениях будет неодинакова [9, 10].

В самом деле, если допустить отсутствие скольжения семени по поверхности желобка, скорость семян будет равняться окружной скорости катушки. Для семян, расположенных на некотором расстоянии x (в радиальном направлении) от поверхности катушки, скорость будет меньше, и она будет уменьшаться по мере увеличения расстояния от поверхности катушки, а на расстоянии C_0 скорость семян равна нулю.

Таким образом, изменение скорости семян в поперечном сечении активного слоя можно будет выразить функцией:

$$w = f(x).$$

Функция $f(x)$ является убывающей и удовлетворяет следующему условию:

- 1) при $x=0$, $w=w_{кат}$;
- 2) при $x=C_0$, $w=0$.

Среднюю скорость семян $w_{ср}$ можем определить из выражения:

$$w_{ср} = \frac{1}{C_0} \int_0^{C_0} f(x) dx. \quad (6)$$

Вид функции $f(x)$ неизвестен. Однако, если удастся опытным путем получить значения $w=w_1, w_2, \dots, w_n$ на соответствующих расстояниях $x=x_1, x_2, \dots, x_n$, то путем интерполяции всегда можно подобрать кривую $w=f_a(x)$, сколь угодно близко подходящую к точкам $(w_1, x_1), (w_2, x_2) \dots (w_n, x_n)$.

В этом случае подходит парабола m -го порядка:

$$w = w_{кат} \left(1 - \frac{x}{C_0}\right)^m = f_a(x). \quad (7)$$

Данный порядок распределения скоростей в поперечных сечениях удовлетворяет приведенному выше условию, то есть для $x=0$; $w=w_{кат}$, а для $x=C_0$; $w=0$.

Показатель m – положительное число, которое не должно равняться нулю, и определяет характер распределения скоростей [11, 12].

Если, используя выражение (7), определить значение средней скорости $w_{ср}$ по формуле (6), то выражение примет следующий вид:

$$w_{ср} = \frac{w_{кат}}{C_0} \int_0^{C_0} \left(1 - \frac{x}{C_0}\right)^m dx = \frac{w_{кат}}{m+1}. \quad (8)$$

Отсюда

$$\frac{w_{ср}}{w_{кат}} = \frac{1}{m+1} = \frac{C}{C_0}. \quad (9)$$

Таким образом, если в разных поперечных сечениях активного слоя семян характер распределения скоростей сохраняется, то есть сохраняется значение m , то, соответственно, сохраняется значение соотношения скоростей $w_{ср}/w_{кат}$ вне зависимости от действительной толщины активного слоя семян.

Если же характер распределения скоростей в различных сечениях установившейся части активного слоя оказывается существенно различным, что может быть оценено различными значениями m , то отношение $w_{ср}/w_{кат}$ также не сохранит постоянства.

Однако нет достаточных оснований предполагать, что в части установившегося потока характер распределения скоростей может существенно меняться от сечения к сечению; отклонения, если их удастся заметить, должны быть практически столь незначительны, что величина их может лежать в пределах точности измерений [13, 14].

На этом основании можно сделать вывод, что выражение (5) соответствует действительности.

Значение показателя m экспериментально нами не определялось, но из формулы (8) видно, что влияние на C_0 таких факторов, как параметры катушки, форма и число желобков, частота вращения катушки и так далее, исследуя изменения величины C , можно определить по объемному выходу семян из высевающего аппарата за один оборот катушки:

$$C = \frac{v_0 m}{L w_{кат} 60}, \quad (10)$$

где параметры v_0 , L и $w_{кат}$ могут быть получены путем непосредственных замеров.

В качестве иллюстрации к изложенному приведем данные, полученные опытным путем, выясняющие влияние на толщину активного слоя рабочей длины L и частоты вращения катушки.

На рисунке 2 видно характерное изменение приведенной толщины C активного слоя

семян ржи объемным весом $N=0,708 \text{ г/см}^3$ в зависимости от частоты вращения катушки и ее рабочей длины L . С увеличением рабочей длины L катушки толщина активного слоя

увеличивается, причем это увеличение крайне незначительно, с уменьшением частоты вращения катушки – толщина активного слоя незначительно уменьшается.

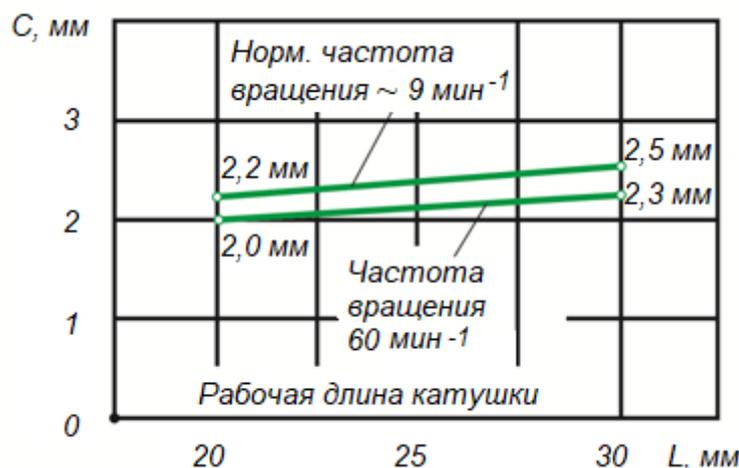


Рисунок 2. Толщина C приведенного слоя ржи для катушечного высевального аппарата
Figure 2. Thickness C of the reduced layer of rye for a bobbin sowing machine

Таким образом, если увеличить частоту вращения катушки в 7 раз, то C снижается на 1/10, а увеличение L на 50% увеличивает C на 10%.

Частота вращения катушки оказывает незначительное влияние на величину ее рабочего объема.

Несомненно, что величина C для разных видов семян будет различной и, кроме того, эта величина будет зависеть также и от некоторых конструктивных форм деталей и размеров высевального аппарата, его катушки и геометрических размеров семенной коробки.

Выводы. 1. Преимущество сдвигаемых катушек заключается в удобстве регулирования количества высеваемых семян и в простоте приспособлений, применяемых для этой цели. Аппараты с несдвигаемыми катушками имеют возможность регулирования нормы высева за счет изменения частоты вращения

катушки или смены катушек с желобками одного размера или вида на другие. В этом отношении высевальные аппараты с несдвигаемыми катушками менее удобны и требуют более сложных манипуляций при регулировании высевального аппарата на заданную норму высева.

2. В результате проведенного исследования установлено, что с увеличением рабочей длины катушки толщина условного активного слоя семян увеличивается и, наоборот, с увеличением частоты вращения катушки толщина условного активного слоя уменьшается. При этом изменения происходят в незначительной степени.

При увеличении длины катушки на 50% толщина условного активного слоя для ржи увеличивается на 10%, а увеличение частоты вращения в 7 раз уменьшает толщину условного активного слоя на 1/10.

Список литературы

1. Кленин Н. И., Сагун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Москва: Колос, 1994. 751 с.
2. Халанский В. М., Горбачев И. В. Сельскохозяйственные машины : учебник для студентов вузов по агрономическим специальностям. Санкт-Петербург: ООО «Квадро», 2014. 624 с. EDN: YSKGZL
3. Матущенко А. Е., Сарксян М. Д. Агротехнические требования и оценка работы сеялок для пропашных культур // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 4(102). С. 152–158. EDN: REHDLP

4. Филатов М. И., Большаков Е. В., Абдокаева А. Ф. Значение адаптивных рабочих органов в реализации адаптивно-ландшафтного земледелия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 3(101). С. 116–121. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-101-3-116-121. EDN: ACFCLK
5. Габаев А. Х. Исследование различных типов катушек высевальных аппаратов на равномерность подачи зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 1 (207). С. 118–121. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-207-1-95-99. EDN: LTWLJB
6. Габаев А. Х. Влияние различных факторов на норму высева катушечным высевальным аппаратом // Известия Оренбургского государственного университета. 2022. № 5(97). С. 118–121. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-97-5-118-121. EDN: WLZWPH
7. Габаев А. Х. Исследование высевальных аппаратов зерновых сеялок на равномерность высева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 5(91). С. 100–104. EDN: RJRRCA
8. Каскулов М. Х., Габаев А. Х. Теоретическое исследование процесса высева и заделки семян в почву посевной секцией сеялки с магнитным высевальным аппаратом // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2013. № 2(2). С. 77–82. EDN: SHVJLL
9. Кравченко И. Н., Зорин В. А., Пучин Е. А. Основы надежности машин. Ч. II. Москва: Изд-во ВТУ при Федеральном агентстве специального строительства, 2006. 260 с.
10. Хахов М. А., Каскулов М. Х. Исследование процесса работы ребристых катков посевной машины // Известия КБНЦ РАН. 2003. № 1(9). С. 31–34.
11. Горячкин В. П., Гранвуане А. Х. Теоретическое обоснование сеялок-культиваторов. Москва: Колос, 1986. 358 с.
12. Пат. 2511237 С1, Российская Федерация, МПК А01С 7/00, А01С 7/20. Устройство для посева семян зерновых культур / М. Х. Каскулов, А. Х. Габаев, А. К. Апажев, И. А. Азмурзаев, Ш. М. Гаев, А. Ш. Тешев, В. Х. Мишхожев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарская ГСХА». № 2012153090/13; заявл. 07.12.2012; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 10
13. 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. EDN: WWHGIT
14. Апажев А. К., Шогенов Ю. Х., Шекихачев Ю. А. Исследование процесса работы устройства для высева семян разбросным способом // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 2 (40). С. 76–83. DOI: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-76-83. EDN: SRTZMO

References

1. Klenin N.I., Sakun V.A. *Sel'skokhozyaystvennyye i meliorativnyye mashiny* [Agricultural and melioration machines]. Moscow: Kolos, 1994. 751 p. (In Russ.)
2. Khalansky V.M., Gorbachev I.V. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny: uchebnyk dlya studentov vuzov po agronomicheskim spetsial'nostyam* [Agricultural machines: a textbook for university students majoring in agronomy]. Saint Petersburg: OOO Quadro, 2014. 624 p. (In Russ.). EDN: YSKGZL
3. Matushchenko A.E., Sarksyun M.D. Agrotechnical requirements and assessment of the performance of seeders for row crops. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023;4(102):152–158. (In Russ.). EDN: REHDLP
4. Filatov M.I., Bolshakov E.V., Abdyukaeva A.F. The value of adaptive working bodies in the implementation of adaptive landscape agriculture. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023;3(101):116–121. (In Russ.). DOI: 10.37670/2073-0853-2023-101-3-116-121. EDN: ACFCLK
5. Gabaev A.Kh. Study of different types of seed-wheels for uniform grain feeding. *Bulletin of Altai state agricultural university*. 2022;1(207):118–121. (In Russ.). DOI: 10.53083/1996-4277-2022-207-1-95-99. EDN: LTWLJB
6. Gabaev A.Kh. Influence of various factors on the seeding rate of the coil sowing machine. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;5(97):118–121. (In Russ.). DOI: 10.37670/2073-0853-2022-97-5-118-121. EDN: WLZWPH
7. Gabaev A.Kh. Study of seeding machines of grain seeders on the uniformity of seeding. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;5(91):100–104. (In Russ.). EDN: RJRRCA
8. Kaskulov M.Kh., Gabaev A.Kh. Theoretical researches of planting and seeding processes of the sowing section of seeding-machine with magnetic sowing element. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2013;2(2):77–82. (In Russ.). EDN: SHVJLL

9. Kravchenko I.N., Zorin V.A., Puchin E.A. *Osnovy nadezhnosti mashin. Ch. II*. [Fundamentals of machine reliability. Part II]. Moscow: Izd-vo VTU pri Federal'nom agentstve spetsial'nogo stroitel'stva, 2006. 260 p.
10. Khahov M.A., Kaskulov M.Kh. 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.)
11. Goryachkin V.P., Granvoine A.Kh. *Teoreticheskoye obosnovaniye seyalok-kul'tivatorov* [Theoretical justification of seeders-cultivators]. Moscow: Kolos, 1986. 358 p. (In Russ.)
12. Pat. 2511237 C1 Russian Federation, Int. Cl. A01C 7/00, A01C 7/20. Device for planting grain crop seeds. 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 of the Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie Vysshego professional'nogo obrazovaniya Kabardino-Balkarskaya gosudarstvennaya sel'skokhozhajstvennaya akademiya imeni V.M. Kokova. No. 2012153090/13; appl. 07.12.2012; publ. 10.04.2014, Bull. No.10. (In Russ.)
13. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M. Modernization of a grain seeder for operation in conditions of high soil moisture. *Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2016;3(43):238–245. (In Russ.). EDN: WWHGIT
14. Apazhev A.K., Shogenov Y.Kh., Shekikhachev Y.A. Study of the operating process of a device for sowing seeds in a scattered way. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2023;2(40):76–83. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-76-83. EDN: SRTZMO

Сведения об авторах

Дзуганов Вячеслав Барасбиевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Агроинженерия», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 3358-4604, Scopus ID: 57219486929

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

Information about the authors

Vyacheslav B. Dzuganov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3358-4604, Scopus ID: 57219486929

Aliy 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 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 were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read 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 18.07.2024;
одобрена после рецензирования 02.08.2024;
принята к публикации 12.08.2024.*

*The article was submitted 18.07.2024;
approved after reviewing 02.08.2024;
accepted for publication 12.08.2024.*