

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Научная статья
УДК 631.362.34
DOI 10.24888/2541-7835-2024-32-123-130

РАСЧЕТ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫСЕВ ЗАДАННЫХ НОРМ

Габаев Алий Халисович¹✉

¹Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова,
Кабардино-Балкарская республика, Нальчик, Россия
¹alii_gabaev@bk.ru✉

Аннотация. В данной работе приведены результаты теоретических исследований, а также расчета рабочего процесса высевающего аппарата зерновой сеялки. Добиться высокого качества посева и дружных всходов можно только при работе на заведомо исправной, обкатанной и достаточно хорошо отрегулированной сеялке. Одинаковость высева семян всеми катушками определяется точностью сборки высевающих аппаратов, то есть одинаковостью длин рабочей части катушек. При этом нельзя допускать, чтобы длины рабочей части катушек различались более чем на 0,5 мм. При установлении факторов, связанных с расчетом катушечного выбрасывающего аппарата на высев заданных норм, необходимо иметь в виду, что помимо условий работы посевного агрегата и агротехнических требований, предъявляемых к нему как к машине сельскохозяйственного назначения, также следует учитывать и характерные особенности посевного материала, с которым посевной агрегат оперирует. По своим физико-механическим свойствам, таким как форма, вес, геометрические параметры отдельных зерен, объемный вес, свойства сыпучести, семенной материал может очень сильно отличаться, и зависит это не только от вида и сорта культуры. Свойства посевного материала могут отличаться даже в зависимости от года собранного урожая и местности произрастания культуры. Кроме того, на физико-механические свойства может оказать влияние качество очистки и сортировка семенного материала. В результате проведенных теоретических исследований выявлены некоторые зависимости, влияющие на толщину активного слоя и особенности перемещения семян под действием вращающейся катушки у высевающих аппаратов со сдвигающимся типом катушки.

Ключевые слова: сеялка, семенная коробка, желобок, опорное колесо, почва

Для цитирования: Габаев А.Х. Расчет рабочего процесса высевающего аппарата зерновой сеялки и факторы, влияющие на высев заданных норм // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 2(32). С. 123-130. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-32-123-130>.

Original article

CALCULATION OF THE WORKING PROCESS OF THE SOWING APPARATUS OF A GRAIN SEEDER AND FACTORS INFLUENCING THE SOWING OF SPECIFIED RATES

Aliy Kh. Gabaev¹✉

¹Kabardino-Balkaria State Agrarian University named after V.M. Kokova,
Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Russia
¹alii_gabaev@bk.ru✉

Abstract. This paper presents the results of theoretical research, as well as the calculation of the working process of the sowing apparatus of a grain drill. It is possible to achieve high-quality sowing and

friendly seedlings only when working on a deliberately serviceable, run-in and well-adjusted seeder. The uniformity of seed sowing by all coils is determined by the accuracy of the assembly of the sowing machines, that is, the uniformity of the lengths of the working part of the coils. At the same time, it should not be allowed that the lengths of the working part of the coils differ by more than 0.5 mm. When determining the factors associated with the calculation of the coil ejector for sowing the specified norms, it must be borne in mind that in addition to the operating conditions of the sowing unit and the agrotechnical requirements imposed on it as an agricultural machine, the characteristic features of the seed material with which the sowing unit operates should also be taken into account. According to its physical and mechanical properties, such as shape, weight, geometric parameters of individual grains, bulk weight, flowability properties, seed material can vary greatly, and it depends not only on the type and variety of culture. The properties of the seed material may differ even depending on the year of harvest and the area where the crop grows. In addition, the physico-mechanical properties may be affected by the quality of cleaning and sorting of seed material. As a result of the theoretical studies carried out, some dependencies have been identified that affect the thickness of the active layer and the peculiarities of seed movement under the action of a rotating coil in sowing machines with a shifting coil type.

Key words: *seeder, seed box, groove, support wheel, soil*

For citation: *Gabaev A.Kh. Calculation of the working process of the sowing apparatus of a grain seeder and factors influencing the sowing of specified rates. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 2(32), pp. 123-130. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-32-123-130>.*

Введение

Посев семян различных сельскохозяйственных культур на полях сельскохозяйственных предприятий производится тремя основными типами сеялок – разбросными, рядовыми и гнездовыми. Для посева семян зерновых культур наиболее широко применяется рядовой посев. Преимущество рядового посева по сравнению с разбросным очевидно, и оно достигается не только из-за повышения урожайности, но и за счет экономии посевного материала, а также удобства последующего ухода за посевами.

Учитывая широкое распространение рядового посева, исследование процесса высева семян катушечными высевающими аппаратами является весьма актуальной задачей.

Процесс посева зерновых культур осуществляется таким образом, что подготовленный семенной материал загружается в семенной ящик сеялки, из которого семена поступают в семенную коробку высевающего аппарата. Далее, в строго определенном количестве, семена забираются катушкой того или иного вида и направляются в воронку семяпровода, а затем через семяпровод в раструб сошника, которым подаются в борозду, образованную последним. Равномерное распределение семян по площади питания благоприятно сказывается на их прорастании и дальнейшем развитии всходов.

По своим физико-механическим свойствам, таким как, форма, вес, геометрические параметры отдельных зерен, объемный вес, свойства сыпучести, семенной материал может очень сильно отличаться и зависит это не только от вида и сорта культуры. В зависимости от указанных факторов, каждый вид семян сельскохозяйственных растений необходимо обеспечить соответствующей площадью питания. Соответственно при выполнении этого агротехнического требования для засева единицы площади поля расходуется разное количество семян.

Рассматривая физико-механические свойства различных сельскохозяйственных культур, можно наблюдать значительную разницу даже 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, трудновыполним. Наука и практика решают данную задачу разработкой и выпуском специальных сеялок – кукурузных, хлопковых и т.д., кардинально отличающихся по конструкции, а зачастую и по способу действия высевающих аппаратов от высевающих аппаратов, предназначенных для посева хлебных злаков [1].

Цель исследования заключается в определении и обосновании факторов, влияющих на толщину активного слоя и характера движения семенного материала непосредственно в полости семенной коробки высевающего аппарата.

Материалы и методы исследований.

Следует отметить, что расчетом количества и равномерности высева семян зерновых культур в разные годы занимались известные отечественные ученые: А.С. Абашкин, М.К. Амирханов, А.И. Беднов, Г.К. Демидов, М.Б. Ероков и многие другие. Необходимым условием для высококачественного посева является правильная установка высевающих аппаратов машины, при которой каждый аппарат высеивает одинаковое количество семян.

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 заземления (заделки в почву). Определение этих факторов позволяет выявить основные закономерности движения семян, величину их скорости, необходимой для решения проблемы выбора основных конструктивных параметров высевающего аппарата.

В целях оценки неравномерности зерновой струи в научно-исследовательской лаборатории кафедры «Агроинженерия» Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета в 2023 году проводились теоретические и лабораторные исследования, для осуществления которых была разработана лабораторная установка, в которой зерновой поток принимается на бумажную липкую ленту, равномерно перемещающуюся со скоростью, соответствующей рабочей скорости зерновой сеялки.

Каждое зерно, попавшее на липкую ленту, остается на том же месте (удерживается клеем ленты), где оно и выпало. Таким образом, остается рассмотреть распределение зерен на липкой ленте и охарактеризовать его каким-либо показателем.

Нормы высева семян основных хлебов в различных почвенно-климатических зонах страны в зависимости от района, а также сорта культуры колеблются в довольно широких пределах, начиная от шестидесяти килограммов на гектар в районах с мягким климатом с благоприятными условиями для развития и дальнейшего роста всходов до ста сорока килограммов на гектар для районов с менее комфортными почвенно-климатическими условиями. А в иных случаях повышают норму высева вплоть до ста семидесяти килограммов на гектар.

В зависимости от ширины между рядами при заданной норме высева семян рядовой зерновой сеялкой количество зерен на одном погонном метре ряда меняется прямо пропорционально.

Результаты исследований и их обсуждение

Рассмотрим возможность осуществления заданного количества высева V_0 на длину пути M_0 , равную длине окружности опорного колеса сеялки. Количество семян на длине борозды равной длине окружности колеса сеялки может различаться в зависимости от заданной нормы высева и культуры.

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

Из выражения видно, что V_0 зависит от v_0 и i и, соответственно, V_0 может меняться за счет изменения каждого из этих параметров. Изменение количества V_0 за счет изменения v_0 при постоянном i характерно для высевающих аппаратов со сдвигаемым типом катушек, которые позволяют менять рабочий объем катушки [1].

Рассмотрим более подробно высевающие аппараты со сдвигаемыми катушками, как наиболее распространенными 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 желоб-

ках, 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 [2].

Исследования показывают, что семена, находящиеся непосредственно в желобках катушки, передвигаются со скоростью, равной скорости вращения 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, расположенной ниже горизонтальной оси катушки [3, 4].

Применительно к семенам различных сельскохозяйственных культур толщину активного слоя C_0 , образующуюся при работе катушек различного размера с различным числом желобков, целесообразно рассматривать в условном выражении C , а именно в виде условного слоя, формирующегося при движении семян в активном потоке со скоростью $w_{кат}$, соответствующей скорости катушки [5].

Условный активный слой C отличается от толщины действительного активного слоя C_0 , но при определенных условиях соотношение толщин этих слоев сохраняется постоянным. 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, расположенное ниже уровня оси катушки, будет проходить одинаковое количество семян или, другими словами, одинаковый объем семенного материала за единицу времени. Если l – рабочая часть катушки, w_{cp} – средняя скорость семян, то секундный объем семенного материала, проходящий через указанное сечение, можно определить по следующему выражению:

$$V = lC_0w_{cp}, \quad (2)$$

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

$$CV = lCw_{кат}, \quad (3)$$

Таким образом, после преобразования выражение примет вид:

$$C_0w_{cp} = Cw_{кат}, \quad (4)$$

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 $\frac{w_{cp}}{w_{кат}}$, 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 [6, 7].

В самом деле, если допустить отсутствие скольжения семени по поверхности желобка, скорость семян будет равняться 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 x :

$$w = f(x).$$

Об этой функции $f(x)$ можно сказать, что она является убывающей и удовлетворяет следующему условию:

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

Среднюю скорость семян w_{cp} можем определить по выражению:

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

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 , для приведенного случая – это положительное число, также оно не должно равняться нулю и определяет параболу, соответственно выражает характер распределения скоростей [8].

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

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

отсюда

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

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 $\frac{w_{cp}}{w_{кат}}$ 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 $\frac{w_{cp}}{w_{кат}}$ также не сохранит постоянства. Например, если в одном сечении распределение скоростей определяется показателем $m=2$, а в другом – $m=1$, то отношение скоростей в первом случае будет определяться величиной $\frac{1}{3}$, а в другом – $\frac{1}{2}$.

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 [9, 10].

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

Значение показателя m экспериментально нами не определялось. Однако из формулы (8) видно, что влияние на C_0 таких факторов, как параметры катушки, форма и число желобков, скорость вращения катушки можно определить, исследуя изменения величины C . Величину C определяем по формуле (10) для объемного выхода семян из высевающего аппарата за один оборот катушки:

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

где v_0 , l и $w_{кат}$ могут быть непосредственно измерены.

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

На рисунке 1 можно видеть характерное изменение приведенной толщины C активного слоя катушки для ржи объемным весом $N=0,7082/см^3$ в зависимости от скорости вращения катушки и ее рабочей длины L .

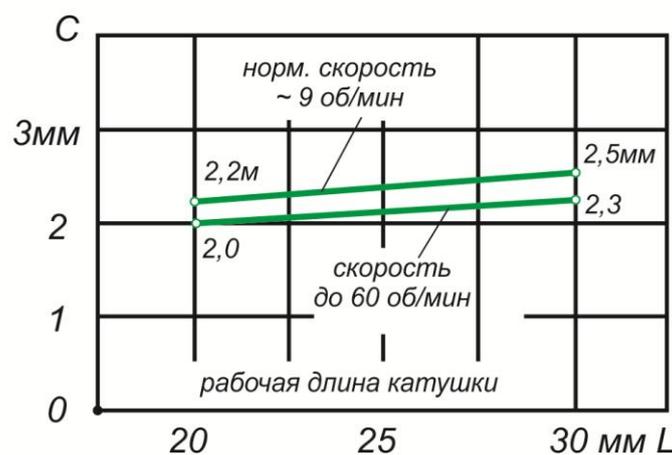


Рисунок 1. Толщина C приведенного слоя ржи для катушечного высевающего аппарата

Эти данные показывают, что толщина активного слоя не остается без изменения. C увеличением рабочей длины L катушки толщина C увеличивается, причем это увеличение крайне незначительно. C уменьшением скорости катушки незначительно уменьшается.

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

Эти показатели указывают на незначительное влияние скорости катушки на величину v_0 – ее рабочего объема.

Длина же катушки L влияет на C несколько больше. Если следовать опытными данным, то зависимость C от L можно было бы представить в линейной форме:

$$C = a + bl, \quad (11)$$

Насколько существенно опытное значение коэффициента b (см. табл. 1), учитывающего влияние длины L , можно привести из опытов с сеялкой СЗ-3,6.

Таблица 1. Значения коэффициентов a и b для исследуемых культур

Культура	a	b
Пшеница	1,5	0,03
Рожь	1,7	0,02

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 высевающего аппарата, его катушки и геометрических размеров семенной коробки.

Выводы

Анализируя вышеизложенное, можно сделать вывод:

1. Преимущество сдвигаемых катушек заключается в удобстве регулирования количества высева и в простоте приспособлений, применяемых для этой цели.

2. Аппараты с несдвигаемыми катушками позволяют регулировать 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 устройство усложняет конструкцию, снижает надежность и повышает стоимость посевной машины.

Список источников

1. Апажев А.К. Модернизация зерновой сеялки для работы в условиях повышенной влажности почв / А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев, Л.М. Хажметов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (43). С. 238-245.
2. Габаев А.Х. Влияние различных факторов на норму высева катушечным высевающим аппаратом / А.Х. Габаев // Известия Оренбургского государственного университета. 2022. №5 (97). С. 118-121.
3. Горячкин В.П. Теоретическое обоснование сеялок-культиваторов / В.П. Горячкин, А.Х. Гранвуане. Москва: Колос, 1986. 358 с.
4. Каскулов М.Х., Габаев А.Х. Теоретическое исследование процесса высева и заделки семян в почву посевной секцией сеялки с магнитным высевающим аппаратом / М.Х. Каскулов, А.Х. Габаев // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2013. №2(2). С. 77-82.
5. Кравченко И.Н. Основы надежности машин. Ч. II. / И.Н. Кравченко, В.А. Зорин, Е.А. Пучин. Москва: Изд-во ВТУ, 2006. 260 с.
6. Любушко Н.И. Зерновые сеялки на рубеже XXI века / Н.И. Любушко, В.К. Эволинский // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2001. № 2. С. 4-7.

7. Матущенко А.Е. Агротехнические требования и оценка работы сеялок для пропашных культур / А.Е. Матущенко, М.Д. Сарксян // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (102). С. 152-158.

8. Мерецкий С.В. Способ посева зерновых на склонах / С.В. Мерецкий, Н.Ф. Скурятин // Научн. теоретич. журнал «Техника в сельском хозяйстве». 2010. № 2. С. 49-50.

9. Филатов М.И. Значение адаптивных рабочих органов в реализации адаптивно-ландшафтного земледелия / М.И. Филатов, Е.В. Большаков, А.Ф. Абдюкаева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. №3 (101). С. 116-121.

10. Хахов М.А. Исследование процесса работы ребристых катков посевной машины / М.А. Хахов, М.Х. Каскулов // Известия КБНЦ РАН. №1 (9). Нальчик, 2003. С. 31-34.

References

1. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M. Modernization of a grain seeder for operation in conditions of high soil moisture. News Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Nauka i higher professional education, 2016, no. 3 (43), pp. 238-245.

2. Gabaev A.H., The influence of various factors on the seeding rate by a coil seeding machine. Proceedings of the Orenburg State University, 2022, no. 5 (97), pp. 118-121.

3. Goryachkin V.P., Granvoine A.H. Theoretical justification of cultivator seeders. Moscow: Kolos Publ., 1986. 358 p.

4. Kaskulov M.H., Gabaev A.H. Theoretical study of the process of sowing and embedding seeds in the soil by the sowing section of a seeder with a magnetic seeding apparatus. News Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 2013, no. 2(2), pp. 77-82.

5. Kravchenko I.N., Zorin V.A., Puchin E.A. Fundamentals of machine reliability. Part II. Moscow: VTU Publishing House at the Federal Agency for Special Construction Publ., 2006. 260 p.

6. Lyubushko N.I., Volchinsky V.K. Grain seeders at the turn of the XXI century. Tractors and agricultural machinery, 2001, no. 2, pp. 4-7.

7. Matyushchenko A.E., Sargsyan M.D. Agrotechnical requirements and evaluation of the work of seeders for row crops. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University, 2023, no. 4 (102), pp. 152-158.

8. Meretskiy S.V., Skuryatin N.F. Method of sowing grain on slopes. Scientific theoretical journal «Technology in agriculture», 2010, no. 2, pp. 49-50.

9. Filatov M.I., Bolshakov E.V., Abdyukaeva A.F. The importance of adaptive working bodies in the implementation of adaptive landscape agriculture. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University, 2023, no. 3 (101), pp. 116-121.

10. Akhokhov M.A., Kaskulov M.H. Investigation of the process of operation of ribbed rollers of the sowing machine. News KBNTS RAS, no. 1 (9), Nalchik, 2003, pp. 31-34.

Информация об авторах

А.Х. Габаев – кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерия».

Information about the authors

A.H. Gabaev – Candidate of technical sciences, associate professor of the department «Agricultural Mechanization».