

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МАТЕРИАЛА РАССЕЙВАТЕЛЯ ДИСКОВОГО СОШНИКА

Сергей Сергеевич Калашников<sup>1</sup>, кандидат технических наук  
 Даба Нимаевич Раднаев<sup>1</sup>, доктор технических наук  
 Бэликто Батоевич Цыбиков<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук  
 Александр Александрович Кем<sup>2</sup>, кандидат технических наук  
 Дамдин Булатович Лабаров<sup>1</sup>, доктор технических наук

<sup>1</sup>Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова,  
 г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия

<sup>2</sup>Омский аграрный научный центр, г. Омск, Россия  
 E-mail: daba01@mail.ru

**Аннотация.** Одна из наиболее значимых проблем, возникающих при посеве зерновых культур, наряду с глубиной их заделки, — равномерное размещение семян по площади засеваемого поля. Был разработан двухдисковый сошник, позволяющий проводить полосовой посев, состоящий из основного корпуса и пары дисков, с установленным между ними рассеивателем семян. В работе описана методика выбора материала для изготовления рассеивателя дискового сошника зерновой сеялки и определения основных коэффициентов с использованием скоростной съемки. Представлен ход проведения теоретических исследований и однофакторного эксперимента, определяющий зависимость скорости полета зерновки после удара о рассеиватель от значения модуля упругости выбранного материала. Получены результаты теоретических и практических исследований для подтверждения выдвинутой ранее гипотезы о том, что последарная скорость, с которой летит семя, оказывает влияние на равномерное распределение (рассеивание) семян по засеваемой полосе междискового пространства. Для эксперимента использовали два вида наиболее распространенных в промышленности материала: алюминий-марганцевый сплав 3004 (ГОСТ 4784-97) и полиэтилентерефталат (ГОСТ 32686-2014). Установлено, что целесообразнее изготавливать клавишный рассеиватель из алюминий-марганцевого сплава, модуль упругости  $E = 0,7 \cdot 10^5$  МПа, который снижает последарную скорость полета семени с 3,7 м/с до 0,65 м/с. С помощью скоростной съемки выявлено, что движение семенного потока незначительно отличается от движения одной зерновки и подчиняется тем же законам, с допустимой погрешностью.

**Ключевые слова:** рассеиватель, сошник, модуль упругости, выбор материала, посев

## RATIONALE FOR THE CHOOSING OF DISC COULTER DIFFUSER MATERIAL

S.S. Kalashnikov<sup>1</sup>, PhD in Engineering Sciences  
 D.N. Radnaev<sup>1</sup>, Grand PhD in Engineering Sciences  
 B.V. Tsybikov<sup>1</sup>, PhD of Agricultural Sciences  
 A.A. Kem<sup>2</sup>, PhD in Engineering Sciences  
 D.B. Labarov<sup>1</sup>, Grand PhD in Engineering Sciences

<sup>1</sup>Philippov V.R the Buryat State Academy of Agriculture, Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia

<sup>2</sup>Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia  
 E-mail: daba01@mail.ru

**Abstract.** One of the most significant problems that arise during the process of sowing grain crops, along with the depth of their incorporation, is the uniform placement of grains in the sown field. A double-disk coulter was developed that allows strip sowing, which consists of a main body, a pair of discs, with a seed scatterer installed between them. The paper describes a technique that allows you to choose the material for manufacturing the diffuser of the disc coulter of a grain seeder and determine the main coefficients using high-speed shooting. The course of a number of theoretical studies and a one-factor experiment is presented, which determined the dependence of the flight speed of the grain after impact on the diffuser on the value of the elastic modulus of the selected material. The results of theoretical and practical studies have been obtained to confirm the previously put forward hypothesis that the post-shock seed flight speed affects their uniform distribution over the sown strip of the interdisk space. For the experiments, two materials most common in industry were determined: aluminum-manganese alloy 3004 (GOST 4784-97) and polyethylene terephthalate (GOST 32686-2014). As a result, it was found that it is more expedient to make a key diffuser from an aluminum-manganese alloy, with an elastic modulus  $E = 0.7 \cdot 10^5$  MPa, which reduces the post-impact seed flight speed from 3.7 m/s to 0.65 m/s. Conducted and processed high-speed shooting revealed that the movement of the seed flow does not differ significantly from the movement of one grain, its movement is subject to a similar law.

**Keywords:** diffuser, coulter, modulus of elasticity, material selection, seeding

Одна из наиболее значимых проблем при посеве зерновых культур, наряду с глубиной их заделки, — равномерное размещение семян по засеваемому полю. [2—4, 12] Для усовершенствования технологии посева требуется создание выгодных, с точки зрения экономики и экологии, перспективных механизированных средств, а также разработка, с последующим обоснованием

параметров рабочих органов посевных машин, которые смогут в полной мере обеспечить выполнение технологического процесса, основанного на современных агротехнических требованиях по защите почв и возделыванию сельскохозяйственных культур.

При создании новых посевных машин и орудий необходимо учитывать зональные условия, требова-

ния технологии и особенности посевного материала. Агробиологической наукой доказана эффективность полосного посева, который обеспечивает равномерное распределение семян по площади, тем самым оказывая положительное влияние на урожайность, создание универсальных рабочих органов, в том числе посевных машин, для работы со средствами химизации и внесения гранулированных минеральных удобрений одновременно с посевом при возделывании зерновых культур. [1, 5, 11, 13–15]

Основные условия посева зерновых культур – оптимальная, адаптивная для складывающегося типа погоды глубина заделки семян во влажную почву и равномерное их размещение по площади. В настоящее время применяют следующие способы посева: обычный рядовой, узкорядный, перекрестный или полосно-разбросной (полосной). Рядовой способ посева с междурядьями от 10 до 25 см (проводят двухдисковыми сошниками), получил наибольшее распространение в практике по отвальным фонам обработки почвы, обеспечивает заделку семян на оптимальную глубину, но не дает нужного размещения по площади. [6, 7] Недостаток дискового сошника – загущенность растений в рядах из-за слабого рассеивания семян по полю. Чтобы его исключить был разработан двухдисковый сошник, оснащенный клавишным рассеивателем, который состоит из набора упругих пластин по всей ширине междискового пространства, предназначенный для полосового посева. При работе сошника диски образуют две бороздки с междурядьем 6,5...7,0 см. Профилеобразователь, расположенный между дисками, формирует семенное ложе, сдвигая почву с междурядья к дискам на глубину заделки семян. Из семяпровода семенной поток поступает на рассеиватель и распределяется в междисковом пространстве шириной 6,0...6,5 см. [8, 10]

Для получения максимальной ширины полосы посева необходимо выбрать материал изготовления рассеивателя и должна быть выдержана соответствующая скорость зерновок в момент их соприкосновения с поверхностью распределителя и отскоком от него без повреждения. [9]

Цель работы – обеспечение равномерного распределения семян зерновых культур при посеве за счет подбора материала изготовления рассеивателя семян двухдискового сошника зерновой сеялки.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основная характеристика, определяющая коэффициент потери энергии на деформацию клавиши, – значение модуля упругости материала. После проведения предварительных экспериментов и расчетов теоретически была найдена рациональная область значения модуля упругости, в которой наблюдается наибольшее снижение скорости семени после удара. На основании полученных данных подобрали наиболее часто используемые в производстве материалы с необходимым значением модуля упругости.

Послеударная скорость зерновки (формула 1) также зависит от коэффициентов, которые учитывают упругие свойства материалов соударяющихся тел

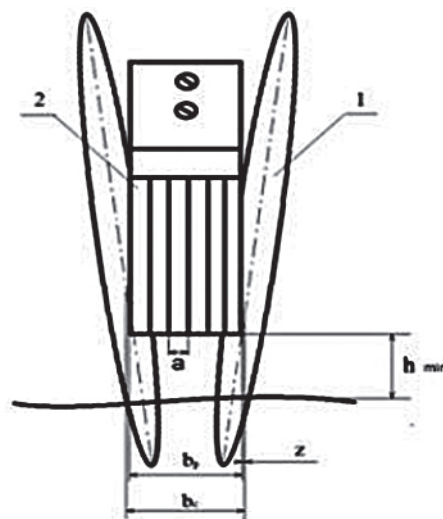


Рис. 1. Двухдисковый сошник с клавишным рассеивателем: 1 – диск; 2 – рассеиватель.

и потерю кинетической энергии на изгиб клавиш рассеивателя сошника. [7, 15]

Значения коэффициента восстановления  $K_B$  после совершения удара определяем с помощью формулы Галилея:

$$K_B = \sqrt{\frac{h}{H}}, \quad (1)$$

где  $H$  – высота падения зерновки, м;  $h$  – высота отскока зерновки, м.

Коэффициент, который показывает потерю энергии на деформацию одной клавиши рассеивателя, за-

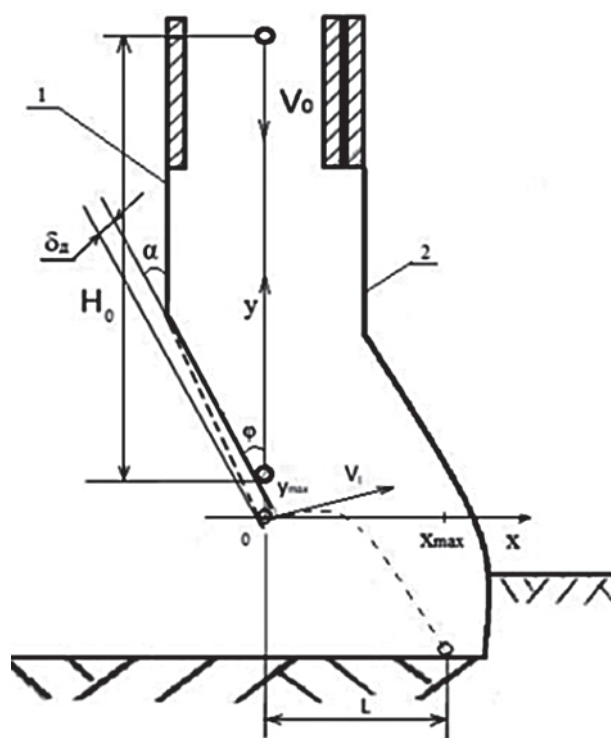


Рис. 2. Схема движение семян в сошнике: 1 – рассеиватель, 2 – профилеобразователь.

висит от статической  $\delta_c$  и динамической  $\delta_d$  деформации набора клавиш рассеивателя. Для подтверждения полученных данных провели экспериментальные исследования с использованием стальной горизонтальной поверхности, линейки (погрешность – 0,0005 м), камеры для высокоскоростной видеосъемки (1080p HD 240 к/с), семян пшеницы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для равномерного распределения семян по площади посева сеялкой, оборудованной двухдисковым сошником, разработан рассеиватель с набором клавиш (рис. 1).

После проведенного теоретического анализа движения семян необходимо выбрать материал для изготовления клавиши рассеивателя.

Из-за подвижности клавиш распределителя, при вычислении послееударной скорости зерновки, учитывается потеря энергии на деформацию рассеивателя, или на работу, которая совершается семенем на деформацию клавиши:

$$A = \delta_d \cdot N, \tag{2}$$

где  $\delta_d$  – перемещение тела в динамике; N – сила удара (рис. 2).

Формула для расчета перемещения тела в направлении удара [6]:

$$\delta_d = K_d \cdot \delta_c, \tag{3}$$

где  $\delta_c$  – деформация тела в статике, м;  $K_d$  – динамический коэффициент.

Коэффициент динамики вычисляется по формуле:

$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H_0}{\delta_c}}, \tag{4}$$

где  $H_0$  – высота падения семени, м.

Отклонение тела в статике рассчитывается:

$$\delta_c = \frac{Pl^3}{3EJ}, \tag{5}$$

где E – модуль упругости, МПа; P – вес семени, г; J – момент инерции; l – длина одной клавиши распределителя, м.

Момент инерции во время продольной деформации:

$$J_x = \frac{hb^3}{12}, \tag{6}$$

где h – ширина клавиши, м;

Работа, которая совершается зерновкой на деформацию клавиши рассеивателя:

$$A_c = \frac{4P^2l^3}{E \cdot a \cdot h^3} \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2H_0 \cdot E \cdot a \cdot h^3}{4P \cdot l^3}} \right), \text{ Дж}, \tag{7}$$

где длина клавиши, м; a – ширина клавиши, м; h – толщина клавиши, м;  $H_0$  – начальная высота падения зерновки, м; E – модуль упругости, МПа; P – вес зерновки, г.

Послеударная энергия семени определяется из выражения:

$$T_1 = T_0 - A_c, \text{ Дж}, \tag{8}$$

где  $T_0$  – энергия семени, полученная до удара, Дж.

Для вычисления энергии потерянной на деформацию клавиши рассеивателя необходимо ввести понятие коэффициента ( $K_{\delta d}$ ), который позволяет описать зависимость скорости полета зерновки после удара от потери энергии на изгиб рассеивателя:

$$K_{\delta d} = \sqrt{\frac{T_0 - A_c}{T_0}}. \tag{9}$$

Скорость полета семени после удара с учетом характеристик материала, а также потери энергии на деформацию клавиши можно выразить уравнением:

$$V_1 = V_o \cdot K_b \cdot K_{\delta d}. \tag{10}$$

Требуется установить влияние основных свойств материала, из которого планируется изготовление рассеивателя. Чтобы его выбрать провели теоретические исследования по выявлению зависимости скорости полета зерновки после удара от значения модуля упругости предполагаемого материала:

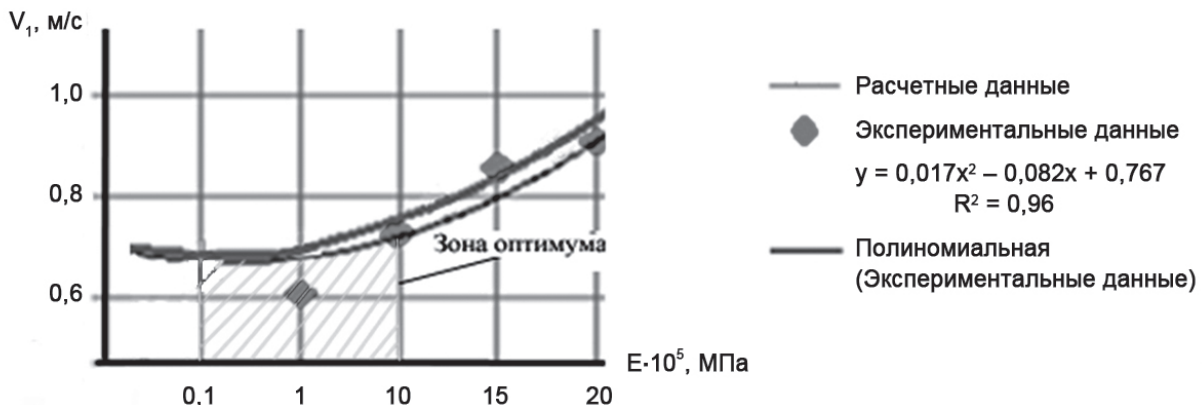


Рис. 3. Зависимость скорости движения зерновки после удара от значения модуля упругости выбранного материала.

**Таблица 1.**  
**Параметры материалов**

Материал	b, м	h, м	E, МПа	l, м
ГОСТ 4784-97 Аллюминиево-марганцевый сплав 3004	3·10 <sup>-4</sup>	0,01	0,7	0,1
ГОСТ 32686-2014 Полиэтилентерефталат	3·10 <sup>-4</sup>	0,01	1,1	0,1
ГОСТ Р 52204-2004 Листовая сталь	3·10 <sup>-4</sup>	0,01	21	0,1

**Таблица 2.**  
**Значения коэффициентов (экспериментальные)**

Материал	$\delta_d$ , м	$\delta_c$ , м	$K_{\text{дв}}$	$K_b$	$V_1$ , м/с
ГОСТ 4784-97 Аллюминиево-марганцевый сплав 3004	$16,1 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	0,51	0,34	0,65
ГОСТ 32686-2014 Полиэтилентерефталат	$14,5 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	0,68	0,36	0,90
ГОСТ Р 52204-2004 Листовая сталь	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0,83	0,54	1,65

$$V_1 = V_0 \cdot K_b \cdot K_{\text{дв}} \quad (11)$$

где  $V_0$  – скорость до удара, м/с;  $K_b$  – коэффициент восстановления при ударе;  $K_{\text{дв}}$  – коэффициент потери энергии на деформацию клавиши.

Эксперимент по определению  $K_b$  был проведен в следующем порядке: семя фиксировали на заданную высоту Н в зажим. В нужный момент времени зажим открывался, и семя под действием силы тяжести свободно падало. С помощью высокоскоростной видеосъемки фиксировали высоту отскока семени h после соударения о поверхность образца материала. По результатам рассчитывали среднеарифметическое значение высоты отскока семени от образца материала с учетом всех погрешностей.

Для определения динамической деформации клавиши использовали следующую методику: семя закрепляли на высоту Н, которая совпадает с расстоянием от бункера сеялки до рассеивателя семян. В установленный момент времени зажим открывался, и семя под действием силы тяжести начинало свободно падать. Скоростной видеосъемкой регистрировали максимальный изгиб клавиши. Эксперимент был проведен согласно последовательности, описанной в программе. В результате рассчитывали среднеарифметическое значение, на которое происходил прогиб клавиши для выбранного материала.

Статическую деформацию определяли, помещая одно семя на клавишу рассеивателя и измеряя величину, на которую происходил прогиб клавиши. По окончании эксперимента находили среднеарифме-

тическое значение статической деформации (величина прогиба) и подтверждали достоверность полученных данных.

Для того чтобы проверить как взаимодействует рассеиватель с потоком семян применяли высокоскоростную видеосъемку. Камеру направляли на междисковое пространство сошника, после чего снимали работу сошника во время движения агрегата в почвенном канале. Сделана выборка стоп-кадров, определившая траекторию полета отдельных семян в потоке. При наложении снимков графически отображена траектория движения потока семян. На основании расчетных данных выявлено среднее отклонение полученных результатов движения потока с единичной зерновкой.

Для того чтобы подтвердить данные провели однофакторный эксперимент, указывающий на зависимость скорости полета зерновки, совершившей удар о клавишу, от значения модуля упругости выбранного материала (рис. 3).

На графике видно, что оптимальная область модуля упругости варьирует в пределах от 0,1 до 10 МПа. Коэффициент детерминации ( $R^2 = 0,96$ ) подтверждает достоверность результатов.

На основании полученных теоретических данных, для проведения дальнейших экспериментов выбрали два типа материала, у которых значение модуля упругости соответствует оптимальной области (табл. 1).

Данные, полученные в результате проведенных экспериментов по нахождению статической и динамической деформации рассеивателя и коэффициента восстановления  $K_b$  представлены в таблице 2.

В таблице 3 указаны расчетные значения, полученные теоретическим способом.

Результаты имеют несущественные отклонения от расчетных и находятся в пределах допустимых погрешностей. Аллюминиево-марганцевый сплав ( $E = 0,7 \cdot 10^5$  Мпа) способен снижать скорость семени до 0,65 м/с, что характеризует его как наиболее подходящий материал.

Высокоскоростная съемка, проведенная для проверки взаимодействия рассеивателя с потоком семян, показала ясную картину траектории полета семенного потока (рис. 4) и выявила, что его движение не отличается от траектории полета одной зерновки и может быть рассчитано по тем же выражениям, но с допустимой погрешностью.

**Выводы.** В работе представлена методика, позволяющая выбрать материал для изготовления рассеивателя дискового сошника зерновой сеялки и определить основные коэффициенты с использованием скоростной съемки. В результате теоретических и практических исследований установлена зависимость послееударной скорости семян от потери кинетической энергии, затраченной на

**Таблица 3.**  
**Основные показатели и коэффициенты (расчетные значения)**

Материал	$V_0$ , м/с	$\delta_d$ , м	$\delta_c$ , м	$T_0$ , Дж	A, Дж	$K_{\text{дв}}$	$V_1$ , м/с
ГОСТ 4784-97 Аллюминиево-марганцевый сплав 3004	3,7	$15,96 \cdot 10^{-3}$	$3,14 \cdot 10^{-3}$	$2,74 \cdot 10^{-4}$	$6,36 \cdot 10^{-5}$	0,5143	0,652
ГОСТ 32686-2014 Полиэтилентерефталат	3,7	$14,28 \cdot 10^{-3}$	$2,89 \cdot 10^{-3}$	$2,74 \cdot 10^{-4}$	$4,21 \cdot 10^{-5}$	0,674	0,874
ГОСТ Р 52204-2004 Листовая сталь	3,7	$1,16 \cdot 10^{-3}$	$0,14 \cdot 10^{-3}$	$2,74 \cdot 10^{-4}$	$0,81 \cdot 10^{-5}$	0,821	1,58



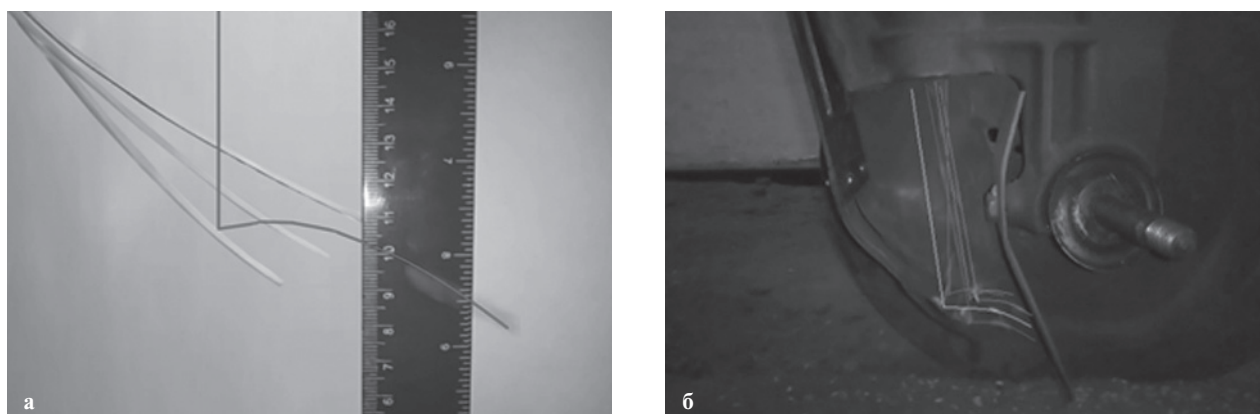


Рис. 4. Траектория движения (высокоскоростная съемка): а – одного семени; б –семенного потока.

прогибание клавиши рассеивателя дискового сошника. Изготавливать клавишный рассеиватель семян целесообразно из алюминиево-марганцевого сплава с модулем упругости  $E = 0,7 \cdot 10^5$  МПа, который снижает последударную скорость полета семени с 3,7 до 0,65 м/с, обеспечивая равномерное распределение семян зерновых культур при посеве по площади поля.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Блохин В.И., Шайхов М.К., Шайдуллин Х.Х. Эффективность полосного посева зерновых культур // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 6. С. 57–59.
2. Демчук Е.В., Голованов Д.А., Янковский К.А. К вопросам совершенствования технологии посева зерновых культур // Тракторы и сельскохозяйственные машины. № 6. 2016. С. 45–48.
3. Демчук Е.В., Мяло В.В., Голованов Д.А. и др. Сравнительный анализ эксплуатационных характеристик посевных комплексов в условиях Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2017. № 2(26). С. 99–105.
4. Измайлов А.Ю., Шогенов Ю.Х. Создание интенсивных машинных технологий и энергонасыщенной техники для производства основных групп продовольствия // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016. № 3. С. 2–5.
5. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шайхов М.К., Шайхов М.М. Универсальные зернотукотравяные сеялки полосного посева // Сельский механизатор. 2015. № 9. С. 6–8.
6. Кобяков И.Д., Шевченко А.П., Евченко А.В. Зерновая сеялка для полосного посева // Сельский механизатор. 2019. № 12. С. 12.
7. Найханов М.К., Шайдуллин Х.Х., Шайдуллин Р.Х. и др. Модернизация сеялок типа СЗ-3,6 для выполнения полосового посева // Достижения науки и техники в АПК. 2005. № 8. С. 16–17.
8. Раднаев Д.Н., Калашников С.С. Некоторые результаты исследования распределения семян по площади при посеве модернизированным дисковым сошником // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2015. № 2(39). С. 52–57.
9. Раднаев Д.Н., Калашников С.С., Калашников С.Ф. Теоретическое обоснование скорости падения семян с учетом деформации рассеивателя дискового сошника // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2016. № 2(43). С. 92–95.
10. Сергеев Ю.А., Тыскинеев Д.О., Зимица О.Г. Анализ процесса движения зерна по семяпроводной системе стерневой сеялки // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2017. № 2(47). С. 84–90.
11. Утенков Г.Л. Стратегия формирования машинных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Сибири // Вестник КрасГАУ. 2010. № 2. С. 123–127.
12. Чекусов М.С., Кем А.А., Юшкевич Л.В. Оценка эффективности машинных технологий возделывания яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири // Вестник Омского государственного университета 2019. № 4. С. 185–192.
13. Шайхов М.К., Габдуллин Г.Г., Пугачев П.М. и др. Модернизация универсальных рабочих органов сеялки для полосного посева зерновых и мелкосеменных культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 6. С. 24–26.
14. Singh K., Agrawal K., Jat D. et al. Design, development and evaluation of furrow opener for differential depth fertilizer application. Indian Journal of Agricultural Sciences. 2016. Т. 86. № 2. PP. 250–255.
15. Zaitsev A.M., Solodun V.I., Gorbunova M.S. Comparative evaluate on of seeding spring wheat methods when using different types of coulters IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 421. P. 62017.

#### REFERENCES

1. Blohin V.I., Shajhov M.K., Shajdullin H.H. Effektivnost' polosnogo poseva zernovykh kul'tur // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2017. № 6. S. 57–59.
2. Demchuk E.V., Golovanov D.A., Yankovskij K.A. K voprosam sovershenstvovaniya tekhnologii poseva zernovykh kul'tur // Traktory i sel'skohozyajstvennye mashiny. № 6. 2016. S. 45–48.
3. Demchuk E.V., Myalo V.V., Golovanov D.A. i dr. Sravnitel'nyj analiz ekspluatacionnykh harakteristik posevnykh kompleksov v usloviyah Zapadnoj Sibiri // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 2(26). S. 99–105.
4. Izmajlov A.Yu., Shogenov Yu.H. Sozdanie intensivnykh mashinnykh tekhnologij i energonasyschennoj tekhniki dlya proizvodstva osnovnykh grupp prodovol'stviya // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. 2016. № 3. S. 2–5.

5. Izmajlov A.Yu., Lobachevskij Ya.P., Shajhov M.K., Shajhov M.M. Universal'nye zernotukotravyanye seyalki polosnogo poseva // Sel'skij mekhanizator. 2015. № 9. S. 6–8.
6. Kobyakov I.D., Shevchenko A.P., Evchenko A.V. Zernovaya seyalka dlya polosnogo poseva // Sel'skij mekhanizator. 2019. № 12. S. 12.
7. Najhanov M.K., Shajdulin H.H., Shajdulin R.H. i dr. Modernizaciya seyalok tipa SZ-3,6 dlya vypolneniya polosovogo poseva // Dostizheniya nauki i tekhniki v APK. 2005. № 8. S. 16–17.
8. Radnaev D.N., Kalashnikov S.S. Nekotorye rezul'taty issledovaniya raspredeleniya semyan po ploshchadi pri poseve modernizirovannym diskovym soshnikom // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2015. № 2(39). S. 52–57.
9. Radnaev D.N., Kalashnikov S.S., Kalashnikov S.F. Teoreticheskoe obosnovanie skorosti padeniya semyan s uchetom deformacii rasseivatelya diskovogo soshnika // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2016. № 2(43). S. 92–95.
10. Sergeev Yu.A., Tyskineev D.O., Zimina O.G. Analiz processa dvizheniya zerna po semyaprovodnoj sisteme sternevoj seyalki // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2017. № 2(47). S. 84–90.
11. Utenkov G.L. Strategiya formirovaniya mashinnyh tekhnologij vzdelyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur v usloviyah Sibiri // Vestnik KrasGAU. 2010. № 2. S. 123–127.
12. Chekusov M.S., Kem A.A., Yushkevich L.V. Ocenka effektivnosti mashinnyh tekhnologij vzdelyvaniya yarovoj pshenicy v lesostepi Zapadnoj Sibiri // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo universiteta 2019. № 4. S. 185–192.
13. Shajhov M.K., Gabdullin G.G., Pugachev P.M. i dr. Modernizaciya universal'nyh rabochih organov seyalki dlya polosnogo poseva zernovyh i melkosemennyh kul'tur // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2010. № 6. S. 24–26.
14. Singh K., Agrawal K., Jat D. et al. Design, development and evaluation of furrow opener for differential depth fertilizer application. Indian Journal of Agricultural Sciences. 2016. T. 86. № 2. PP. 250–255.
15. Zaitsev A.M., Solodun V.I., Gorbunova M.S. Comparative evaluate on of seeding spring wheat methods when using different types of coulters IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 421. P. 62017.