

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2023. № 4 (73). С. 141–149.

Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov. 2023;4(73):141–149.

**ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АПК
TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT
FOR AGROINDUSTRIAL SECTOR**

Научная статья

УДК 631.33.024:633.1

doi: 10.34655/bgsha.2023.73.4.017

**ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО СОШНИКА
НА АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

Д.Н. Раднаев¹, Б.Е. Дамбаева², А.А. Абидуев³, А.С. Пехутов⁴, П.А. Болоев⁵

^{1,2,3,4,5}Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, Улан-Удэ, Россия

⁵Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова, Улан-Удэ, Россия

¹daba01@mail.ru, ORCID 000-0001-6539-650X

²baira86@mail.ru

³abana47@mail.ru

⁴pekhutov@mail.ru

⁵pboloev@mail.ru

Аннотация. В зерносеющих районах Республики Бурятия актуальным является вопрос гарантированного урожая при возделывании зерновых культур, как в зоне рискованного земледелия. Анализ исследований по данной тематике показывает, что равномерное размещение растений по площади и глубине залегания семян почти на треть обеспечивает повышение урожайности зерновых культур. Предлагается схема полосового посева с прикатыванием и одновременным рыхлением посредством сошниковой секции сеялки СЗУ-3,6. Данная схема осуществляет образование семенного ложе шириной до 7,5 см между дисками сошника; рассеивание семенного потока; прикатывание с одновременным рыхлением и выравниванием покрывающего семена слоем почвы. При обосновании конструкции и режимов работы применялись методы корреляционного анализа и математической статистики. С учетом необходимости обеспечения равномерности размещения семян по глубине залегания было получено аналитическое выражение, описывающее закон взаимосвязи между показателем неравномерности заделки семян по глубине и скорости движения сошника в виде уравнения регрессии второго порядка. Определена форма прикатывающего катка, обеспечивающая прямолинейность движения и необходимую плотность почвы покрывающего слоя семена. Каток должен иметь вид однополостного гиперболоида вращения. Рыхление и выравнивание покрывающего слоя семян осуществляется рыхлитель-выравнивателем. Для определения равномерности распределения растений в полевых опытах применялись стандартные методики. Обработка полученных результатов методом математической статистики заключалась в определении среднего числа семян в квадратах, их среднеквадратического отклонения, а также коэффициента вариации, характеризующих равномерность распределения семян по площади. Целью работы является исследование

скорости модернизированного узкорядного дискового сошника, обеспечивающего рациональное размещение семян в почве на единицу площади и равномерную глубину залегания семян.

Ключевые слова: узкорядный дисковый сошник, усовершенствованный сошник, полосовой посев, прикатывание с рыхлением, распределение семян.

Original article

INFLUENCE OF THE SPEED OF MOVEMENT OF THE RENEWED COULTER ON THE AGROTECHNICAL REQUIREMENTS FOR SOWING OF GRAIN CROPS

Daba N. Radnaev¹, Bairma E. Dambaeva², Andrey A. Abiduev³, Alexander S. Pekhutov⁴, Petr A. Boloev⁵

^{1,2,3,4}Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, Ulan-Ude, Russia

⁵Buryat State University named after Dorzhi Banzarov, Ulan-Ude, Russia

¹daba01@mail.ru, ORCID 000-0001-6539-650X

²baira86@mail.ru

³abana47@mail.ru

⁴pekhutov@mail.ru

⁵pboloev@mail.ru

Abstract. In the grain-sowing regions of the Republic of Buryatia, the issue of a guaranteed harvest when cultivating grain crops under conditions of risky farming is topical. The analysis of studies on the topic shows that the uniform distribution of plants over the area and depth of seeds by almost a third ensures an increase in the yield of grain crops. A scheme of strip sowing with rolling and simultaneous loosening by means of the coulter section of the SZU-3.6 seeder is proposed. This scheme performs a number of functions: the formation of a seed bed up to 7.5 centimeters wide between the coulter discs; dispersion of the seed flow; rolling with simultaneous loosening and leveling of the soil covering the seeds. When substantiating the design and operating modes, the methods of correlation analysis and mathematical statistics were used. Taking into account the need to ensure uniform distribution of seeds in depth, an analytical expression was obtained that describes the law of the relationship between the indicator of uneven placement of seeds in depth and the speed of the coulter in the form of a second-order regression equation. The determined shape of the press roller ensures the straightness of movement and the necessary density of the soil covering the seeds. The roller must have the form of a hyperboloid of revolution of one nappe. Loosening and leveling of the covering layer of seeds is carried out by a ripper-leveler. To determine the uniformity of plant distribution in field experiments, standard methods were used. The obtained results were processed with the usage of the method of mathematical statistics and consisted in determining the average number of seeds in squares, their standard deviation, as well as the coefficient of variation, characterizing the uniformity of the distribution of seeds over the area. The aim of the research is to study the speed of the renewed narrow-row disc coulter equipped with a roller with a ripper, which ensures rational placement of seeds in the soil per a unit of area and uniform seed depth.

Keywords: narrow-row disc coulter, renewed coulter, strip sowing, rolling with loosening, seed distribution.

Введение. Одним из важнейших мероприятий, направленных на дальнейший подъем урожайности зерновых культур, является изыскание более совершенных способов сева, которые создают наиболее благоприятные условия роста и развития растений и способствуют более полному использованию основных факто-

ров произрастания света, тепла, влаги. Для того чтобы удовлетворить это требование агротехники, необходимо равномерное распределение семян в почве как в горизонтальной, так и вертикальной плоскости. Только при этом условии обеспечивается дружное появление всходов и нормальное их развитие [1, 2, 3, 4, 5].

Опытные данные научно-исследовательских учреждений, а также производственные данные многих сельскохозяйственных предприятий показывают, что равномерное размещение растений обеспечивает повышение урожайности, в среднем, на 1618%. Установлено, что по конфигурации площадь питания одного растения должна приближаться к кругу или квадрату с соотношением сторон 1:1. Улучшение конфигурации дает возможность разместить на единице площади большее число растений, следовательно, и увеличить урожай [6].

Применяемые в настоящее время сеялки во многом не удовлетворяют возросшим требованиям агротехники [7]. Распространенные системы сеялок как с анкерными, так и с дисковыми сошниками дают неравномерное размещение семян

в почве. Для каждого отдельного растения отводятся неодинаковые площади питания, обычно представляющие собой вытянутые прямоугольники, длина которых превышает ширину в несколько раз. Глубина заделки и укладки семян также неудовлетворительные. Высеянные семена укладываются на рыхлое ложе, при этом некоторая часть семян зачастую остается незаделанной [8, 9, 10, 11].

Цель работы – исследование скорости модернизированного узкорядного дискового сошника, обеспечивающего рациональное размещение семян в почве на единицу площади и стабильную глубину залегания семян.

Условия и методика исследования. Для достижения цели исследования выбран прототип узкорядный дисковый сошник сеялки СЗУ-3,6 (рис. 1).

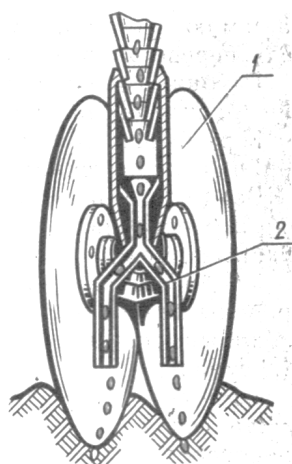


Рисунок 1. Дисковый сошник для узкорядного посева: 1 – правый диск; 2 – делительная воронка

В начале работы узкорядный сошник 1 образует два углубления на поверхности почвы. Затем из семяпровода семена через делительную воронку 2 распределяют на глубину залегания с расстоянием между рядков 7,5 см.

Методы исследования базируются на результатах анализа конструктивных особенностей технического средства для посева зерновых культур. В зависимости от влажности почвы глубину заделки семян необходимо было выдерживать 7 сантиметров. Глубина укладки семян (для дисковых сошников) находится для отдельного ряда сошников (переднего и зад-

него) в двух смежных проходах сеялки каждого опыта по блеклой части растения. Расстояние от зерновки до места среза растения у поверхности почвы является фактической глубиной заделки. Для каждого ряда с двух смежных проходов сеялки определяется глубина заделки семян не менее чем у 100 растений.

При обработке экспериментальных данных использованы методы корреляционного анализа и математической статистики.

Результаты исследования и их обсуждение. Недостатком прототипа выявлено то, что загущенное распреде-

ление семян вдоль ряда с агротехнической точки зрения является крайне нежелательным [12, 13]. Объектом исследова-

ния является усовершенствованный узкорядный дисковый сошник сеялки СЗУ-3,6 [14] (рис. 2).

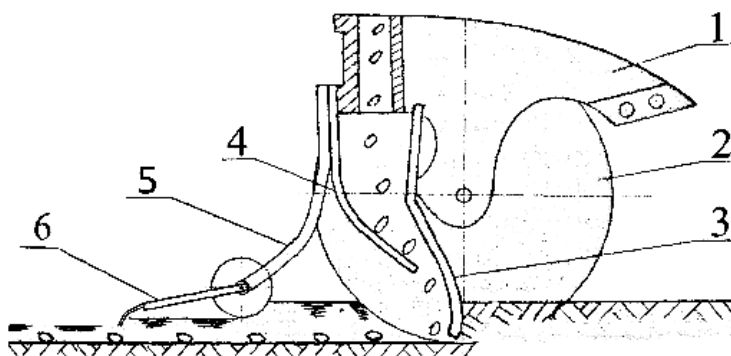


Рисунок 2. Усовершенствованный узкорядный дисковый сошник: 1 – корпус; 2 – диск; 3 – приспособление для образования семенного ложа; 4 – распределительное устройство семян; 5 – каток, имеющий вогнутую поверхность; 6 – рыхлитель-выравниватель

При работе диски 2 образуют два углубления с расстоянием между рядками 7,5 см. Приспособление 3, расположенное между дисками, формирует семенную полосу, сдвинув гребень почвы с междурядья к дискам на глубину залегания семян. Из семяпровода семена достигают скатного устройства, которое распределяет их на глубине залегания полосой до 6,5 см. После прохода катка 5 образуется засеянная полоса, имеющая выпуклую, уплотненную форму. Затем происходит рыхление и выравнивание засеянной полосы набором заостренных зубьев, установленных на корпусе рыхлитель-выравнивателя 6 (рис. 2).

При исследовании взаимодействия выбранных факторов, влияющих во время процесса работы усовершенствованного сошника, использовали методы корреляционного анализа и математической статистики [15, 16, 17]. Во время установления количественной связи между явлениями характерна корреляционная связь. Как при корреляционной, так и статистической связи отдельному значению аргумента равно несколько значений результатов (зависимой переменной). Например, при увеличении уровня нестабильности размещения семян по глубине залегания, как правило, повышается урожайность сельскохозяйственных культур. Однако, прирост урожайности у отдельных

сельскохозяйственных культур бывает различным при одинаковой нестабильности размещения семян по глубине залегания. Определенная зависимость внутри нестабильного размещения семян по глубине залегания и урожайности сельскохозяйственных культур проявится, если взять достаточно большой массив наблюдений и сопоставить усредненные значения эффективных признаков. Таким образом, корреляционная связь – это неполная связь внутри признаков, которая возникает при рассмотрении достаточно массива наблюдений (при сравнении усредненных значений), тем не менее позволяет дать числовую оценку взаимной связи между параметрами.

Корреляционное отношение находится как отношение дисперсии между группами к общей дисперсии:

$$\eta = \sigma_{\text{ме } \partial} / \sigma_{\text{об } \partial}, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{ме } \partial}$ – дисперсия между групп показывает отдельные усредненные значения конкретного параметра, определяемые для нужного интервала с усредненным значением класса непохожего параметра;

$\sigma_{\text{об } \partial}$ – общая дисперсия, она отражает средние показатели конкретного па-

раметра, найденные для необходимого интервала с усредненным значением класса непохожего параметра.

При исследовании влияния скорости движения посевной машины на стабильность размещения семян по глубине ско-

рость движения корректировали в интервале от 1,5 до 4,0 м/с. Глубину залегания замеряли по этиолированной зоне растения после обнаружения не менее 75 % появления всходов по ширине после двух проходов сеялки (рис. 3).

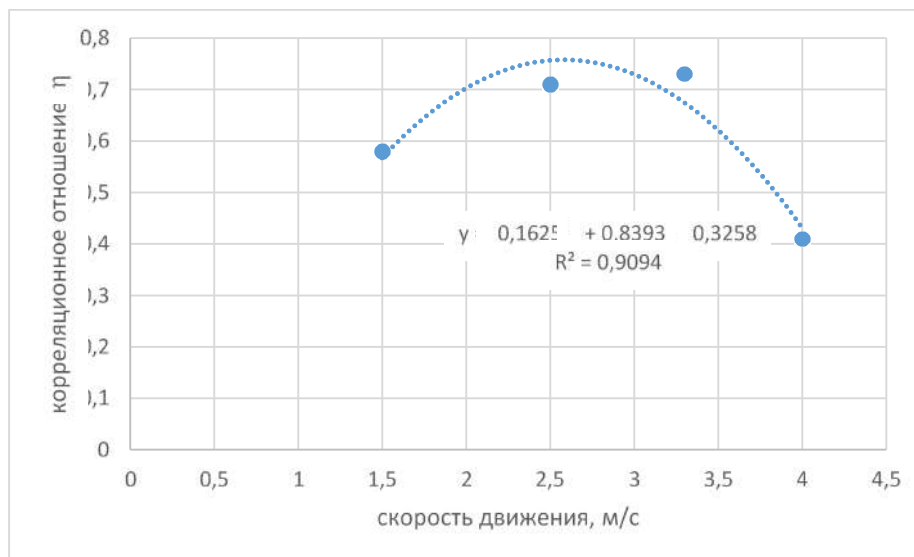


Рисунок 3. График показателя значимости связи (η), характеризующий нестабильную глубину залегания семян от скорости передвижения сошника (V , м/с)

Взаимосвязь между показателем нестабильности заделки семян по глубине (η)

и скорости агрегата (V , м/с) проявляется уравнением следующего вида (рис. 3):

$$y = -0,1625x^2 + 0,8393x - 0,3258 \text{ при } R^2 = 0,9094 \quad (4.4)$$

Из анализа полученной зависимости можно сделать выбор, что скорость значительно воздействует на стабильность залегания семян на глубине. Рациональные значения скорости посевной машины следует рекомендовать интервал от 2,5

до 3,3 м/с, дальнейшее повышение скорости приводит к сильному увеличению нестабильности заделки семян на глубине (рис.1).

Далее приведены данные распределения семян по площади в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение семян по площади

Тип сошника	Расчетное число растений на 0,05 ² м/шт	Количество квадратов с расчетным числом растений, %	Процентное содержание 0,05 ² м с числом растений						
			0	1	2	3	4	5	6
Серийный сошник	1	8,1	70,1	9,3	6,3	6,5	4,9	1,8	1,1
Экспериментальный сошник	1	21,3	52,7	26,7	12,5	5,9	1,1	0,7	0,4

На рисунке 4 приводится наглядная картина распределения семян по площади.

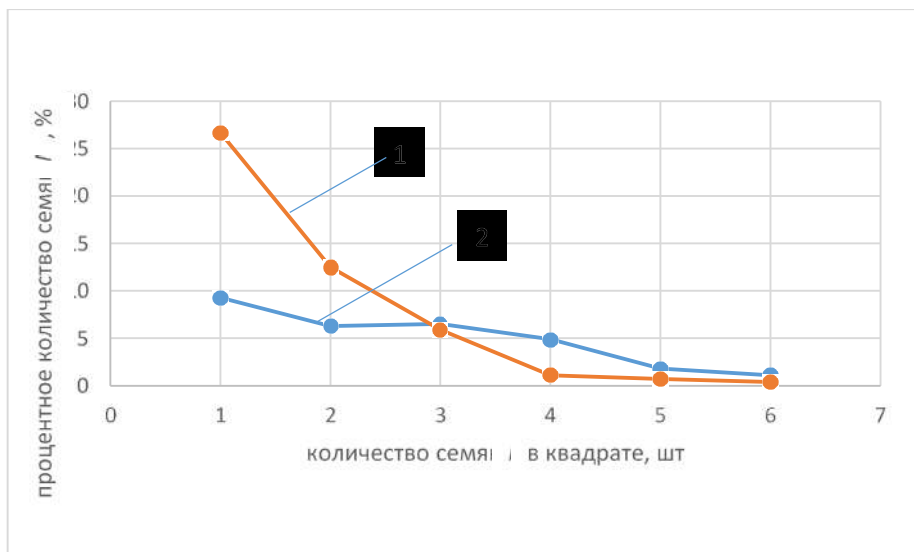


Рисунок 4. Картина распределения семян по площади:
1 – экспериментальный сошник; 2 – серийный сошник

По содержанию прямоугольников $0,05 \times 0,05$ м с усредненным расчетным числом растений модернизированный сошник в 2,6 раза превосходит серийный сошник сеялки СЗУ-3,6. Наличие свободных прямоугольников $0,05 \times 0,05$ м у модернизированного сошника в 1,3 раза меньше, чем у серийного. Это связано с присутствием скатной пластины между дисками сошника – устройства для рассеивания семян у экспериментального сошника.

Экспериментальные исследования показывают, что скорость движения сошника ($v=3,0$ м/с) значительно влияет на стабильность глубины залегания семян, взаимосвязь составляет $\eta \approx 0,75$ (рис. 3). Это подтверждает, что характер взаимосвязи сильный. При средней глубине заделки семян, равной $\bar{a} = 6,96$ см, дисперсия между группами составляет $\sigma_{\text{Ме } \bar{a}} = 0,72$ см, а общая дисперсия – $\sigma_{\text{об } \bar{a}} = 0,9$ см, то есть подтверждает агротехнические требования (± 1 см).

Выводы:

1. Статистические данные экспериментальных исследований показывают, что скорость движения сошника значительно влияет на стабильность глубины залегания семян. При рекомендуемой

скорости движения сошника 3,0 м/с средняя глубина заделки семян равна $\bar{a} = 6,96$ см, дисперсия между группами составляет $\sigma_{\text{Ме } \bar{a}} = 0,72$ см, а общая дисперсия – $\sigma_{\text{об } \bar{a}} = 0,9$ см, то есть подтверждает агротехнические требования (± 1 см). При данной глубине хода сошников экспериментальной сеялки среднее квадратическое отклонение составило 0,87 см, коэффициент вариации – 13%. Глубина хода сошников серийной сеялки СЗУ-3,6 – 6,83 см, среднее квадратическое отклонение – 1,28 см, коэффициент вариации – 21%.

2. Картина распределения семян по площади показывает, что по содержанию прямоугольников $0,05 \times 0,05$ м с усредненным расчетным числом растений модернизированный сошник в 2,6 раза превосходит серийный сошник. Свободных прямоугольников $0,05 \times 0,05$ м у модернизированного сошника в 1,3 раза меньше, чем у серийного. Это связано с наличием скатной пластины между дисками сошника – устройства для рассеивания семян у экспериментального сошника.

Список источников

1. Габаев А.Х., Мишхожев А.А. Устойчивость и глубина хода дискового сошника // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (88).

С. 91-94. EDN: ИМВЕКА

2. Бабицкий Л.Ф., Москалевич В.Ю., Белов А.В. Обоснование параметров сошниковой секции зерновой сеялки с прикатыванием семян // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 5 (60). С. 68-72. EDN: ZGRSWL

3. Поляков Г.Н., Шуханов С.Н., Яковлев Д.А. Распределение семян по глубине при посеве различными типами сошников // Актуальные вопросы аграрной науки. 2019. № 31. С. 13-22. EDN: ALTTNA

4. Калашников С.С. Разработка и обоснование параметров рассеивателя семян дискового сошника для посева зерновых культур : дис.... канд. техн. наук. Улан-Удэ, 2018. 179 с. EDN: YNRIKT

5. Поляков Г.Н., Яковлев Д.А. Выбор и обоснование сошников посевных машин // Актуальные вопросы аграрной науки. 2016. № 20. С. 43-49. EDN: ХНХОТД

6. Болоев П.А., Поляков Г.Н., Шуханов С.Н. Оценка глубины заделки семян зерновых культур посевными комплексами // Пермский аграрный вестник. 2016. № 1 (13). С. 45-50. EDN: VPMGPF

7. Раднаев Д.Н., Калашников С.С. Оптимизация технологических процессов растениеводства // Инженерно-технические системы и энергосберегающие технологии в АПК: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию БГСХА и 55-летию инженерного факультета. Улан-Удэ, 01–05 июня 2016 года. Улан-Удэ: Издательство БГСХА имени В.Р. Филиппова, 2016. С. 35-39. EDN: ТСОНКЗ

8. Болоев П.А., Шуханов С.Н., Поляков Г.Н. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в условиях Восточной Сибири // Аграрный научный журнал. 2015. № 10. С. 31-34. EDN: ULZYHR

9. Демчук Е.В., Демчук Ю.В. Определение качества распределения семян зерновых культур двухленточным сошником // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2013. № 5. С. 41-42. EDN: QCBRKD

10. Мухаметдинов А.М., Аминов Р.И. Анализ современных технических средств для посева по почвозащитным технологиям // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Уфа: Башкирский ГАУ, 2016. С. 240-246. EDN: YGVLED

11. Мударисов С.Г., Фархутдинов И.М., Юсупов Р.Ф. Результаты полевых экспери-

ментов по энергетической и качественной оценке секции сеялки для посева по нулевой технологии // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (38). С. 80-84. EDN: WDZFYZ

12. Габаев А.Х. Работа двухдисковых сошников в условиях повышенной влажности почвы // Современные научные исследования и разработки: научный центр «Олимп» (Астрахань). 2017. № 2 (10). С. 280-282. EDN: YODIPZ

13. Яковлев Н.С., Колинко П.В. Распределение семян под лапой сошника посевной машины // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2015. № 3 (244). С. 90-97. EDN: UABWZL

14. Патент на полезную модель № 209248 U1 Российская Федерация, МПК А01С 7/00, А01С 7/20. Усовершенствованный сошник: № 2021112614: заявл. 28.04.2021; опубл. 09.02.2022 / Д.Н. Раднаев, А.С. Пехутов, Б.Е. Дамбаева, С.С. Калашников; заявитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова. EDN: PLНОМА

15. Яковлев Н.С. Определение коэффициента восстановления скорости семян при ударе о рассекатель сошника // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2015. № 1 (242). С. 101-105. EDN: ТКQDAL

16. Лопарева С.Г. Экспериментальные исследования двухплоскостных распределителей семян сошников стерневых сеялок / Ползуновский вестник. 2017. № 4. С. 76-80. EDN: YLWWLO

17. Сравнительный анализ агротехнических характеристик посевных комплексов, оборудованных лаповыми сошниками / Е.В. Демчук, В.В. Мяло, А.А. Кем, Д.А. Голованов и др. // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2016. № 3 (6). С. 13. EDN: WZJYDV.

References

1. Alii H. Gabaev, Azamat A. Mishkhozhev Stability and travel depth of the disc cutter. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;2(88):91-94 (In Russ.)

2. Babitsky L.F., Moskalevich V.Yu., Belov A.V. Justification of the parameters of vomer section of a seed drill with seed packing. *Agricultural science Euro-North-East*. 2017;5(60):68-72 (In Russ.)

3. Polyakov G.N., Shukhanov S.N., Yakovlev D.A. Distribution of seeds in depth during various different types of owners. *Actual issues of agrarian science*. 2019;31:13-22 (In Russ.)
4. Kalashnikov S.S. Development and justification of the parameters of the seed disperser of a disc coulter for sowing grain crops. Candidate's dissertation. Ulan-Ude, 2018. 179 p. (In Russ.)
5. Polyakov G.N., Yakovlev D.A. Selection and justification coulters of seeding machines. *Actual issues of agrarian science*. 2016;20:43-49 (In Russ.)
6. Boloev P.A., Poliakov G.N., Shukhanov S.N. Estimation of grain crops seeding-down depth with sowing systems. *Perm agrarian journal*. 2016;1(13):45-50 (In Russ.)
7. Radnaev D.N., Kalashnikov S.S. Optimization of technological processes of crop production. *Engineering and technical systems and energy-saving technologies in agriculture*. Proc. of the Int. Sci. and Pract. Conf. Ulan-Ude, June 01-05, 2016. Ulan-Ude, 2016. Pp. 35-39 (In Russ.)
8. Boloev P.A., Shukhanov S.N., Polyakov G.N. Resource-saving technologies of cultivation of grain crops in the conditions of Eastern Siberia. *The agrarian scientific journal*. 2015;10:31-34 (In Russ.)
9. Demchuk Ye.V., Demchuk Yu.V. Quality assessment of cereals seeds distribution with a two-band ploughshare. *Tractors and agricultural machinery*. 2013;5:41-42.
10. Mukhametdinov A.M., Aminov R.I. Analysis of modern technical means for sowing by soil protection technologies. Proc. of the All-Russian Sci. and Pract. Conf. Ufa, 2016. Pp. 240-246 (In Russ.)
11. Mudarisov S., Farkhutdinov I., Yusupov R. Field experiment results of energy and quality assessment of the section of the planter for seeding with zero tillage technology. *Vestnik of Bashkir state agrarian university*. 2016;2(38):80-84 (In Russ.)
12. Gabaev A.H. Operation of two-disc coulters in conditions of high soil humidity. *Modern scientific research and development: scientific center "Olympus"*. 2017;2(10):280-282 (In Russ.)
13. Yakovlev N.S., Kolinko P.V. Distribution of seeds under the blade of opener of seeding machine. *Siberian herald of agricultural science*. 2015;3(244): 90-97 (In Russ.)
14. Utility Model Patent No. 209248 U1 Russian Federation, IPC A01C 7/00, A01C 7/20. Improved coulter : No. 2021112614 : application 28.04.2021 : publ. 09.02.2022 / D.N. Radnaev, A.S. Pekhutov, B.E. Dambaeva, S.S. Kalashnikov; Applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Buryat State Agricultural Academy named after V. Philippov" (In Russ.)
15. Yakovlev N.S. Determining the velocity restoring factor in seeds stricken against the opener splitter. *Siberian herald of agricultural science*. 2015;1 (242):101-105 (In Russ.)
16. Lopareva S.G. Experimental studies of two-plane seed distributors of coulters of stubble seeders. *Polzunovskiy vestnik*. 2017;4:76-80 (In Russ.)
17. Demchuk E., Myalo V., Kem A., Golovanov D., Soyunov A., Golovin A., Prokopov S. A comparative analysis of agro-technical characteristics of sowing complexes equipped with tine coulters. *Electronic scientific and methodological journal of the Omsk state agrarian university*. 2016;3(6):13 (In Russ.)

Информация об авторах

Даба Нимаевич Раднаев – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Механизация сельскохозяйственных процессов»;

Баирма Ефимовна Дамбаева – ассистент кафедры «Механизация сельскохозяйственных процессов»;

Андрей Александрович Абидуев – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технический сервис в АПК и общеинженерные дисциплины»;

Александр Сергеевич Пехутов – доктор технических наук, доцент, кафедра «Технический сервис в АПК и общеинженерные дисциплины»;

Петр Антонович Болоев – доктор технических наук, профессор, кафедра машиноведения.

Information about the authors

Daba N. Radnaev – Doctor of Science (Engineering), Associate Professor, Professor, Chair of Mechanization of Agricultural Processes;

Bairma E. Dambaeva – Assistant, Chair of Mechanization of Agricultural Processes;

Andrey A. Abiduev Doctor of Science (Engineering), Associate Professor, Head of the Chair of Technical Service in the Agro-Industrial Sector and General Engineering Disciplines;

Alexander S. Pekhutov – Doctor of Science (Engineering), Associate Professor, Chair of Technical Service in the Agro-Industrial Sector and General Engineering Disciplines;

Petr A. Boloev Doctor of Science (Engineering), Professor, Chair of mechanical engineering.

Статья поступила в редакцию 28.09.2023; одобрена после рецензирования 08.11.2023; принята к публикации 14.11.2023.

The article was submitted 28.09.2023; approved after reviewing 08.11.2023; accepted for publication 14.11.2023.