

Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 2 (50). С. 79–86

Vestnik Kurganskoj GSNA. 2024; 2(50): 79–86

Научная статья

УДК 631.331.52

Код ВАК 4.3.1

EDN: IINYRL

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДПОЧВЕННО-РАЗБРОСНОГО ПОЛОСОВОГО ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Даба Нимаевич Раднаев¹, Андрей Александрович Абидуев², Александр Сергеевич Пехутов³, Александр Викторович Кузьмин⁴, Наталья Ивановна Овчинникова⁵

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

^{4, 5} Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Иркутск, Россия

¹ daba01@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6539-650X>

² abana47@mail.ru

³ pekhutov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6757-8574>

⁴ kuzmin_burgsha@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5669-2232>

⁵ Nata54@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2331-2050>

Аннотация. Цель исследования – изучение процесса взаимодействия семян с поверхностью распределителя в подсошниковом пространстве лапового сошника, обеспечивающей равномерное размещение семян в почве в горизонтальной плоскости. При теоретическом исследовании процесса взаимодействия семян с поверхностью распределителя в подсошниковом пространстве лапового сошника использованы основные законы классической механики и прикладной математики с применением кинематики материальной точки и твердого тела, математической физики. Также в работе применялись аналитические и экспериментальные методы исследования с применением общей теории систем, системно-структурного анализа сложных объектов и технологических процессов. На равномерность распределения семян по площади оказывает влияние характер размещения их одним сошником по ширине открываемой борозды. Качество распределения семян под сошником зависит от конструкции распределительных устройств. Выявлено, что зерно в своем абсолютном движении отстает от скорости сошника, то есть почва, пересыпающаяся через сошник, встретится с зерном до того, как оно достигнет дна борозды, что нарушит равномерность распределения семян в бороздке. Отмечено, что для равномерного поперечного рассеивания семян отражатель должен иметь криволинейную форму, к поверхности которого можно провести ряд касательных под различными углами. Обосновано применение принципов технологической совместимости, почвозащитной целесообразности и экологической адаптивности в связи рассмотрением конструкции сошника культиваторного типа. Предложенный подход к обоснованию разбросного посева сопровождается приведением принципов проектирования технологических процессов, отличающихся тем, что они состоят из утверждений, имеющих иерархическое строение, где от уровня к уровню степень детализации целей возрастает.

Ключевые слова: лаповый сошник, подпочвенно-разбросной посев, распределитель семян, криволинейный распределитель.

Для цитирования: Раднаев Д.Н., Абидуев А.А., Пехутов А.С., Кузьмин А.В., Овчинникова Н.И. Исследование подпочвенно-разбросного полосового посева зерновых культур // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 2 (50). С. 79–86. EDN: IINYRL.

Scientific article

RESEARCH ON INTRASOIL BROADCAST STRIP SOWING OF GRAIN CROPS

Daba N. Radnaev¹, Andrey A. Abiduev², Alexander S. Pekhutov³, Alexander V. Kuzmin⁴, Natalya I. Ovchinnikova⁵

^{1, 2, 3} Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Philippov, Ulan-Ude, Russia

^{4, 5} Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

¹ daba01@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6539-650X>

² abana47@mail.ru

³ pekhutov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6757-8574>

⁴ kuzmin_burgsha@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5669-2232>

⁵ Nata54@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2331-2050>

Abstract. The purpose of the research is to study the process of interaction of seeds with the surface of the distributor in under tine space of the V-shape coultter, which ensures uniform distribution of seeds in the soil in a horizontal plane. In the theoretical study of the process of seeds interaction with the surface of the distributor in the under tine space of the V-shape coultter, the basic laws of classical mechanics and applied mathematics using kinematics of a mass point and a solid body, mathematical physics are used. Analytical and experimental research methods using the general system theory, system and structural analysis of compound objects and technological processes were also used in the work. The uniformity of seeds distribution over an area is influenced by the nature of their placement with one coultter along the width of the furrow to be opened. The quality of seed distribution under the coultter depends on the design of the distribution devices. It was revealed that the grain in its absolute movement lags behind the speed of the coultter, that is, the soil pouring over the coultter will meet the grain before it reaches the bottom of the furrow, which will disrupt the uniformity of seeds distribution in the furrow. It is noted that for uniform transverse scattering of seeds, the reflector must have a curved shape, to the surface of which a number of tangents can be drawn at different angles. The application of the principles of technological compatibility, soil protection expediency and environmental adaptability in connection with consideration of the cultivator-type coultter design is substantiated. The proposed approach to substantiating broadcast seeding is accompanied by the conditioning the principles of technological processes design engineering, their characteristic feature is that they consist of statements having a hierarchical structure, where the degree of goals particularization increases from level to level.

Keywords: V-shape coultter, intrasoil broadcast sowing, seed distributor, curved distributor.

For citation: Radnaev D.N., Abiduev A.A., Pekhutov A.S., Kuzmin A.V., Ovchinnikova N.I. Research on intrasoil broadcast strip sowing of grain crops. Vestnik Kurganskoy GSXA. 2024; 2(50): 79–86. EDN: IINYRL. (In Russ).

Введение. Одним из важнейших мероприятий, направленных на дальнейший подъем урожайности зерновых культур, является изыскание способов сева, которые создают наиболее благоприятные условия роста и развития растений и способствуют более полному использованию основных факторов 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 развитие их [1; 2].

Экспериментальные данные научно-исследовательских учреждений, а также производственные результаты сельскохозяйственных предприятий показывают, что равномерное размещение растений обеспечивает повышение урожайности в среднем на 16–18 %. 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 урожайность [3; 4].

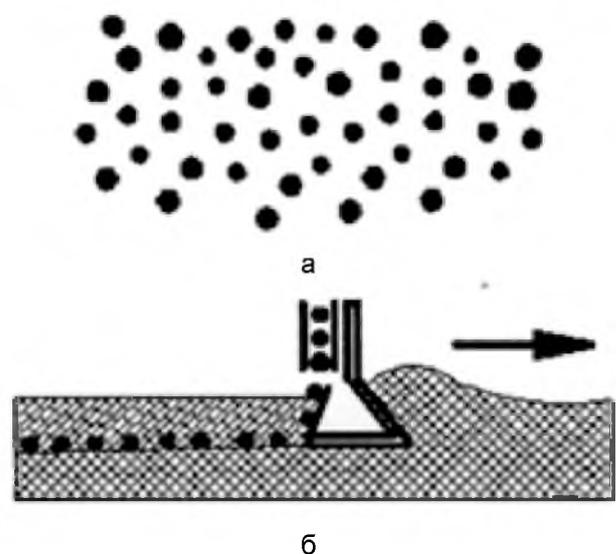
Применяемые в настоящее время сеялки во многом не удовлетворяют возросшим требованиям агротехники. Распространенные системы сеялок как с анкерными, так и с дисковыми сошниками дают неравномерное размещение семян в почве. Для каждого отдельного растения отводятся неодинаковые площади питания, обычно представляющие собой вытянутые прямоугольники, длина которых превышает ширину заделки и укладки семян. Глубина заделки и укладки семян также неудовлетворительные. Высеянные семена укладываются на рыхлое ложе, при этом некоторая часть семян зачастую остается не заделанной в почву [5–7].

В последние годы было предложено большое количество конструкций сеялок для разбросного подпочвенного сева зерновых культур. Одни предназначены только для сева, другие – для культивации и сева. Сеялки разбросного подпоч-

венного сева имеют преимущество по сравнению с существующими рядовыми сеялками массового производства в том отношении, что стабильность размещения семян по площади этими сеялками более высокого качества, чем при посеве рядовыми и узкорядными сеялками [8–10].

Целью работы является необходимость обоснования конструкции распределителя сошника, обеспечивающей равномерное размещение семян в почве в горизонтальной плоскости.

Материалы и методы. При разбросном подпочвенном способе сева семена зерновых культур распределяются по площади в почве, близкой к оптимальной, в подсошниковом пространстве сошника. При таком размещении семян их конкуренция сведена к минимуму, а каждому растению обеспечивается оптимальная площадь питания, что приводит к улучшению полевой всхожести семян, и значительно увеличивается урожайность с единицы площади (рисунок 1).



а – вид сверху; б – вид сбоку
Рисунок 1 – Подпочвенный разбросной ленточный способ сева

Все проведенные исследования процесса взаимодействия семян с поверхностью распределителя

теля лапового сошника при разбросном подпочвенном севе зерновых культур выполнены в соответствии с основными законами классической механики и прикладной математики с применением кинематики материальной точки и твердого тела, математической физики. В работе применялись аналитические и экспериментальные методы исследования с применением общей теории систем, системно-структурного анализа сложных объектов и технологических процессов [8; 9].

Экспериментальные посевы семян проводились сеялкой СЗС-2,1 с опытными сошниками на полях учебного полигона Бурятского ГСХА в период с 2017 по 2019 годы. Изучалось влияние конструктивных размеров распределительного устройства сошника и скорости его поступательного движения на стабильность размещения семян по площади посева по ОСТ 10.5.1-2000 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей [11].

Обработка полученных экспериментальных данных производилась при помощи методов математической статистики в программе Microsoft Excel «Статистический анализ данных».

Результаты исследования и их обсуждение. В основу формы сошника для подпочвенного разбросного сева была положена плоскорезная культиваторная лапа, которая при надлежущей предпосевной обработке почвы вполне удовлетворительно справляется с задачей переноса почвы через верхние плоскости и позволяет при соответствующих изменениях в конструкции сошника произвести достаточно стабильное размещение семян по площади (рисунок 2) [12; 13].

Геометрическая форма наральника сошника определяется следующими основными параметрами: углом раствора 2γ , углом постановки плоскости крыла к дну борозды β , шириной захвата сошника B , углом вхождения по носку сошника α , шириной крыла B и высотой наральника h . Высота

наральника сошника находится в следующей зависимости от угла и ширины крыла B :

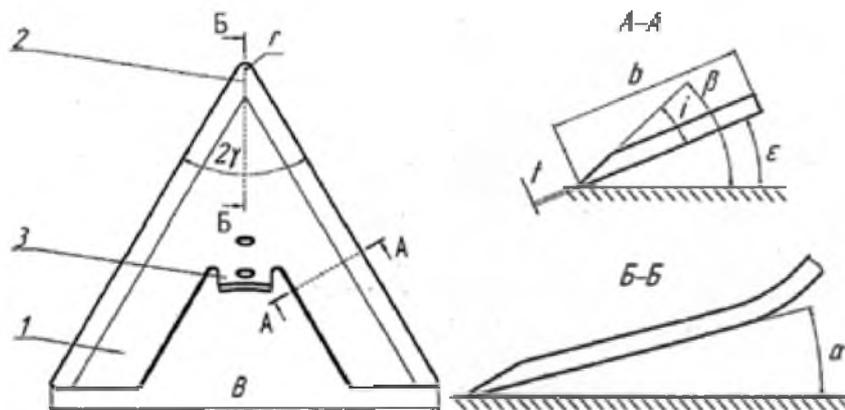
$$h = B \sin \beta. \quad (1)$$

От величины угла крошения в значительной степени зависит характер деформации почвы, распространяющейся в поперечном направлении от хода сошника. При больших значениях угла крошения почва смещается в стороны, и дно борозды оголяется.

Благодаря крутой постановке крыльев сошника происходит перемещение частиц почвы из одного горизонта в другой, в результате чего нижележащие слои почвы выносятся на поверхность поля, образуя гребни по сторонам борозды. Поэтому наибольшую высоту h возможно получить за счет увеличения ширины крыла. Кроме того, у сошников с большим углом крошения отмечалось усиленное залипание почвы.

Плоскости крыльев сошника, расположенные под большими углами к линии их движения, создают меньшие возможности для скольжения по ним встречающихся частичек почвы. Последние в этом случае с большим усилием прижимаются к рабочим поверхностям сошника, а растительные остатки, находящиеся в почве, еще больше сдерживают скольжение почвы по рабочим поверхностям. С уменьшением угла β при одном и том же значении h увеличивается вертикальная составляющая усилия, действующего на сошник, что способствует лучшей заглубляемости и устойчивости хода сошника.

Трудность в обосновании разбросного посева состоит в том, что сошники ее должны стабильно размещать семена на единицу площади поля. На стабильное размещение семян на единицу площади оказывает влияние характер размещения их одним сошником по ширине открываемой борозды. Качество распределения семян сошником зависит от конструкции распределительных устройств. При разработке конструкции распреде-



1 – крыло; 2 – носок; 3 – хвостовик; А-А – обозначение разреза крыла ;
Б-Б – линии обозначения разреза носка

Рисунок 2 – Плоскорезная культиваторная лапа

лительных устройств нами проводились исследования, где испытывались неподвижные распределители, когда размещение семян осуществляется за счет рассеивания их после отражения от поверхности, имеющей ту или иную форму.

Конструкция распределительных устройств в значительной мере определяется размерами и геометрическими параметрами сошника. Для определения геометрической формы и размеров распределителя семян нами были проведены исследования по изучению движения зерна при отражении его от плоского распределителя. При этом рассматривалось одно зерно как материальная точка массы m , совершающей движение под действием трех сил: веса G , нормальной реакции N и силы трения F , причем влияние формы зерна, его вращения, сопротивления среды и многих других факторов не учитывалось (рисунок 3).

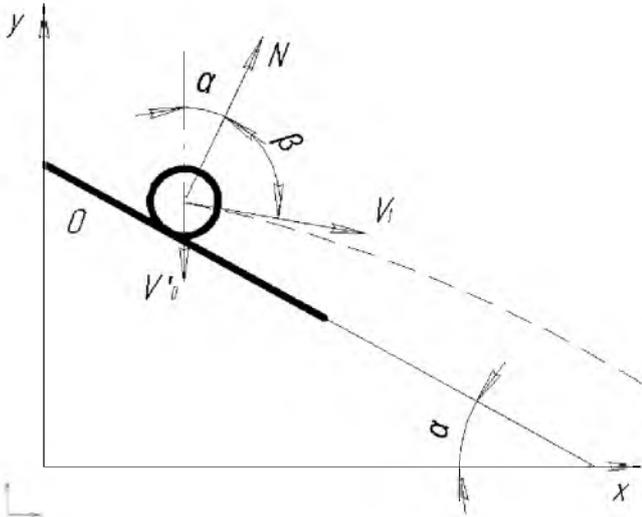


Рисунок 3 – Схема удара зерновки о поверхность плоского распределителя

При посеве семена из бункера по семяпроводу поступают в воронку сошника. Имея некоторую начальную скорость, они попадают на распределитель, после отражения от которого рассеиваются в пространстве и попадают в бороздку, открытую наральником сошника.

Скорость семян на выходе из стойки сошника можно определить из уравнения

$$v_0 = \sqrt{v_0'^2 + 2gS(\sin\alpha - f\cos\alpha)}, \quad (2)$$

где v_0' – начальная скорость движения зерна;
 S – путь, проходимый зерном;

α – угол наклона стойки сошника;

f – коэффициент трения движения семян.

При выходе из приемной воронки сошника семена падают на распределитель семян. В

какой-то момент времени зерно, имея скорость v_0' , образующую с нормалью к распределителю угол α , встретится с преградой. По прошествии малого промежутка времени зерно отскакивает от распределителя со скоростью v_1 .

Скорость отскакивания зерна после удара есть геометрическая сумма двух составляющих: направленной перпендикулярно к плоскости удара

$$v_{1n} = lv_0 \cos\alpha \quad (3)$$

и направленной параллельно плоскости удара

$$v_{1t} = v_0 \sin\alpha - k \cos\alpha(1+l), \quad (4)$$

где l – коэффициент модуля упругости;

k – коэффициент мгновенного трения;

α – угол наклона распределителя.

Коэффициент мгновенного трения (восстановления) зависит от угла трения и может иметь разные значения:

$$k = l \frac{\operatorname{tg}\beta}{\operatorname{tg}\alpha}. \quad (5)$$

Зная величину и направление скорости после удара, можно определить траекторию движения и длину отскакивания зерна.

Движение зерна в плоскости выражается уравнениями:

$$x = v_1 \cos\beta t, \quad (6)$$

$$y = v_1 \sin\beta t - 0,5gt^2. \quad (7)$$

Исключив из этих уравнений время, получим траекторию движения зерна:

$$y = x \operatorname{tg}\beta - \frac{gx^2}{2v_1^2 \cos^2\beta}. \quad (8)$$

Полученное уравнение показывает, что траектория движущегося зерна – парабола. Если учесть сопротивление среды, то траектория движения несколько изменится и будет трансцендентной кривой.

При изменении угла β от 0 до $\pi/2$ мы получим различные параболы, параметры которых зависят от угла β . Таким образом, для равномерного поперечного рассеивания семян плоский отражатель должен иметь криволинейную форму, к поверхности которого можно провести ряд касательных под различными углами.

Пользуясь уравнениями (6 и 7), можно определить место падения зерна в бороздку после отражения его от распределителя по отношению к сошнику.

Так как сошник находится в движении, то координата x изменяется на какую-то величину Δx при условии, что начало координат взято в точке удара зерна о распределительную пластинку. Ве-

личина Δx зависит от скорости движения сеялки и будет равна

$$\Delta x = vt,$$

где t – время полета зерна.

Таким образом, координата точки падения зерна в бороздку выразится уравнением:

$$x = \frac{v_1^2 \sin 2\beta}{g} - vt. \quad (7)$$

Следовательно, зерно в своем абсолютном движении отстает от сошника, что видно из последнего уравнения.

Поэтому возможен случай, когда почва, пересыпающаяся через сошник, встретится с зерном до того, как оно достигнет дна борозды, что нарушит равномерность распределения семян в бороздке. В связи с этим необходимо продлить верхнюю плоскость назад настолько, чтобы предотвратить возможную встречу пересыпающейся через сошник почвы с зерном в его свободном движении от распределителя до дна бороздки [14].

Результаты широких теоретико-экспериментальных исследований в области разработки технологий растениеводства позволяют сформулировать наиболее важные принципы и их построение.

«Принцип почвозащитной целесообразности и экологической адаптивности приемов и технологий обработки почвы и посева направлен на предупреждение эрозии и защиту почвы или уменьшение их до нормативных пределов влияния на почву и окружающую среду.

Утверждение 1. Минимальное воздействие на почву предусматривает уменьшение вероятности возникновения дефляции и деградации почвы за счет оставления на поверхности поля стерневых остатков или мульчирующего слоя и уменьшения проходов по полю.

Утверждение 2. Уменьшение механического воздействия на почву достигается чередованием отвальных обработок с плоскорезными и поверхностными, совмещением нескольких технологических операций путем применения комбинированных почвообрабатывающих агрегатов и посевных комплексов.

Утверждение 3. Оптимальным вариантом из множества технологий будет тот, который обеспечивает наименьшую технологическую себестоимость с учетом экологических ограничений.

Принцип технологической совместимости характеризует совокупность объектов, которые могут быть объединены в одну систему, если обеспечивается их совместное функционирование как единого целого в соответствии с заданными агротехническими требованиями. Так, обработка почвы и посев совместимы, если форма и размеры трубки сошника культиваторного типа соответствуют

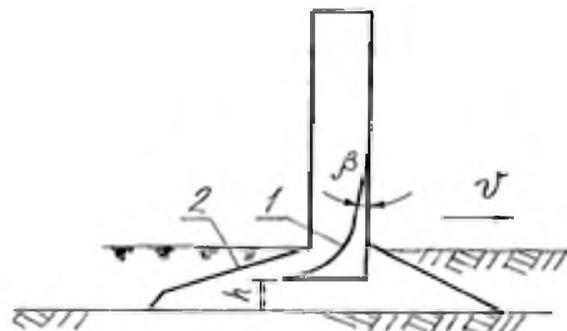
форме и размерам семяпровода сеялки. Операции технологического процесса совместимы, если состояние почвы на выходе одной операции будет исходным для другой.

Утверждение 1. Объединение в систему элементов, не совместимых по одному или нескольким видам связи, осуществляется путем введения специальных звеньев-посредников. Так, вентилятор является звеном-посредником между прицепным бункером и культиватором посевного комплекса, предназначенного для транспортирования семян по семяпроводу от бункера к лапам-сошникам, с учетом наличия одного или двух распределительных устройств.

Утверждение 2. Оптимальным среди множества вариантов будет такой вариант совместимости, который обеспечивает заданные агротехнические требования при минимальных суммарных затратах на узлы и детали, выполняющие функции совместимости.

Утверждение 3. Оптимальным среди множества допустимых вариантов технологических процессов будет такой, который обеспечивает минимальные суммарные затраты на совместимость системы с окружающей средой, выполнение заданных функций и затраты на модернизацию за период эксплуатации» [15].

Использование данных принципов и утверждений позволило на кафедре механизации сельскохозяйственных процессов Бурятской ГСХА разработать экспериментальный образец сошника подпочвенного разбросного сева зерновых колосовых культур (рисунок 4).



1 – распределитель семян; 2 – лаповый сошник; β – угол наклона образующей; h – высота установки распределителя семян от дна борозды

Рисунок 4 – Сошник СЗС-2,1

Для проведения полевых испытаний в условиях учебного полигона Бурятской ГСХА была изготовлена экспериментальная сеялка. Испытания проводили с опытным образцом сеялки, оборудованным сошниками с распределителем семян

в виде сегмента с углом при вершине, переходящий снизу в криволинейные поверхности (рисунок 5) по сравнению с серийной сеялкой СЗС-2,1. Данный способ позволяет проводить посев шириной полосы до 17 см в подсошниковом пространстве с распределением семян по площади питания близкой оптимальной. При этом значительно увеличивается площадь использования поля по сравнению рядковым посевом.



Рисунок 5 – Распределитель семян в виде сегмента с углом при вершине, переходящий к низу в криволинейные поверхности

Основные узлы и детали этих сеялок, т. е. рама, ходовые колеса, семенной ящик, механизм подъема сошника, передача на высевальные аппараты, такие же, как и у зерновой сеялки СЗС-2,1. Оборудуются они девятью сошниками, производящими равномерное распределение семян по площади и заделку их на заданную глубину. Ширина захвата одного сошника 27 см. Сошники на сеялке расположены в три ряда. Расстояние между сошниками 50 см. Высев семян из семенного ящика происходит обычным способом, как и в производственных сеялках. Для прикатывания и выравнивания поверхности почвы после прохода сеялки применяются кольчато-шпоровые катки.

Для агротехнической оценки эффективности способа сева в сравнении с рядовым в 2021–2023 годах нами были произведены опытные посевы на полях сельскохозяйственных предприятий Республики Бурятия.

Участки для посевов отводились на полях севооборота с преобладающими каштановыми почвами. Семенной материал имел рекомендуемую местную сортность и отвечал требованиям установленного стандарта.

В таблице приведены данные по урожайности зерна в зависимости от способа сева.

Как видно из таблицы, при посеве экспериментальной сеялкой подпочвенного разбросного сева полученная урожайность в среднем на 15 % выше, по сравнению с серийной сеялкой СЗС-2,1. При разбросном севе отмечены наибольшая полевая всхожесть семян, наименьшая гибель растений в течение вегетационного периода, лучшее общее развитие растений и более мощная корневая система. Необходимо также подчеркнуть, что абсолютный вес зерна в колосе был выше, чем при рядовом севе.

Заключение. Из теоретических исследований следует, что для равномерного рассеивания семян в полости под сошником необходимо установить отражатель семян, который имеет криволинейную форму, к поверхности которого можно провести ряд касательных под различными углами.

Выявлено, что зерно в своем абсолютном движении отстает от скорости сошника, то есть почва, пересыпающаяся через сошник, встретится с зерном до того, как оно достигнет дна борозды, что нарушит равномерность распределения семян в бороздке. В связи с этим необходимо продлить верхнюю плоскость назад настолько, чтобы предотвратить возможную встречу пересыпающейся через сошник почвы с зерном в его свободном движении от распределителя до дна бороздки.

Экспериментальные данные подтвердили предположение о том, что при разбросном полосовом севе за счет более рационального использования площади, то есть за счет размещения на единице площади большего числа растений, урожайность с единицы площади увеличивается. Все это говорит о перспективности разбросного способа сева, который должен занять одно из ведущих мест в деле повышения урожайности.

Таблица – Урожайность в зависимости от способа сева

Место постановки опыта	Культура	Урожай зерна, ц/га	
		Рядовой посев (шириной 3–4 см) с междурядьем 22,8 см	Разбросной подпочвенный полосовой посев (шириной 15–17 см) с междурядьем 22,8 см
ОПХ «Байкальский»	пшеница	12,6	14,5
	ячмень	12,4	14,3
СПК «Твороговский»	пшеница	13,2	15,2
	ячмень	13,6	15,7

Список источников

1. Коротченя В.М. Научные подходы к стратегии комплексного развития сельскохозяйственных технологий // АПК: экономика, управление. 2021. № 8. С. 44-51. DOI: 10.33305/218-44. EDN: PLFXUK.

2. Маслов Г.Г., Юдина Е.М. Концепция нового подхода к механизации возделывания полевых культур // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 1(21). С. 39-47. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-39-47. EDN: IQNKPL.

3. Кем А.А., Чекусов М.С., Шмидт А.Н. Влияние работы комбинированного сошника на качество и урожайность зерна // Тракторы и сельхозмашины. 2020. № 6. С. 72-77. DOI: 10.31992/0321-4443-2020-6-72-77. EDN: ZWSMHP.

4. Иванов А.Л., Дридигер В.К. Обеспечение технологии прямого посева техническими средствами отечественного производства // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 3. С. 50-56. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_3_50/ EDN: PQKFJX.

5. Кобяков И.Д., Шевченко А.П., Евченко А.В. Зерновая сеялка для полосного посева // Сельский механизатор. 2019. № 12. С. 12. EDN: DSIRAZ.

6. Обоснование выбора материала рассеивателя дискового сошника / С.С. Калашников [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 5. С. 69-74. DOI: 10.31857/2500-2082/2022/5/69-74. EDN: KABQQT.

7. Chekusov M.S., Kem A.A., Schmidt A.N., Keruchenko L.S. Experimental determination of field microrelief ridgeness after secondary tillage with Stepnyak 7.4 cultivator // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. P. 012015. DOI: 10.1088/1755-1315/954/1/012015. EDN: REMEKI.

8. Полевые исследования работы комбинированного сошника / М.С. Чекусов [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 1. С. 77-80. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/1/77-80. EDN: OKSXWW.

9. Исследования протравливателя Mobitox super, оснащенного двухдисковым распределяющим устройством и двухуровневым отражающим устройством / А.В. Мачнев [и др.] // Нива Поволжья. 2019. № 4(53). С. 129-133. DOI: 10.36461/NP.2019.52.3.019. EDN: NGSTSA.

10. Сеялка для разноглубинного посева зерновых и внесения минеральных удобрений /

А.А. Кем [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 2. С. 62-68. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-62-68. EDN: JLMQFS.

11. ОСТ 10.5.1-2000 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей. М.: Росинформагротех, 2000. 72 с.

12. Коротченя В.М., Личман Г.И. Приоритеты развития почвообрабатывающих технологий // Техника и оборудование для села. 2023. № 2(308). С. 2-6. DOI: 10.33267/2072-9642-2023-2-2-6. EDN: LVNHAV.

13. Reasoning a construction diagram and parameters of tillers for primary cultivation / Z. Rakhimov [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13. No. S11. P. 8812-8818. DOI: 10.3923/jeasci.2018.8812.8818. EDN: MZNMLB.

14. Согласование времени полёта зерна в подсошниковом пространстве после удара о распределитель с временем открытия борозды / С.Г. Лопарева [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 1(29). С. 54-58. EDN: GCTURE.

15. Раднаев Д.Н. Методологические основы разработки технологий и технических средств посева при возделывании зерновых культур в условиях Забайкалья: автореф. дис... докт. техн. наук: 05.20.01. Улан-Удэ, 2013. 40 с. EDN: ZOPEPZ.

References

1. Korotchenya V.M. Nauchnye podkhody k strategii kompleksnogo razvitiya sel'skokhozyaistvennykh tekhnologii [Scientific approaches to the strategy for the integrated development of agricultural technologies]. *AIC: economics, management*. 2021; (8): 44-51. DOI: 10.33305/218-44. EDN: PLFXUK. (In Russ).

2. Maslov G.G., Yudina E.M. Kontseptsiya novogo podkhoda k mekhanizatsii vozdelevaniya polevykh kul'tur [The concept of a new approach to the mechanization of field crop cultivation]. *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2020; 1(21): 39-47. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-39-47. EDN: IQNKPL. (In Russ).

3. Kem A.A., Chekusov M.S., Shmidt A.N. Vliyaniye raboty kombinirovannogo soshnika na kachestvo i urozhainost' zerna [The influence of the combined opener on the quality and yield of grain]. *Tractors and agricultural machinery*. 2020; (6): 72-77. DOI: 10.31992/0321-4443-2020-6-72-77. EDN: ZWSMHP. (In Russ).

4. Ivanov A.L., Driediger V.K. Obespecheniye tekhnologii pryamogo poseva tekhnicheskimi sredstvami otechestvennogo proizvodstva [Providing direct sowing technology with domestically produced technical

means]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2023; 37(3): 50-56. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_3_50. EDN: PQKFJX. (In Russ).

5. Kobyakov I.D., Shevchenko A.P., Evchenko A.V. Zernovaya seyalka dlya polosnogo poseva [Grain seeder for strip sowing]. *Selskiy Mehanizator*. 2019; (12): 12. EDN: DSIRAZ. (In Russ).

6. Kalashnikov S.S. et al. Obosnovanie vybora materiala rasseivatel'nykh diskovogo soshnika [Justification for the choice of disc coulter diffuser material]. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2022; (5): 69-74. DOI: 10.31857/2500-2082/2022/5/69-74. EDN: KA-BQQT. (In Russ).

7. Chekusov M.S., Kem A.A., Schmidt A.N., Keruchenko L.S. Experimental determination of field microrelief ridgeness after secondary tillage with Stepnyak 7.4 cultivator. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022: 012015. DOI: 10.1088/1755-1315/954/1/012015. EDN: REMEKI.

8. Chekusov M.S. et al. Polevye issledovaniya raboty kombinirovannogo soshnika [Field studies of the operation of a combination opener]. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2023. (1): 77-80. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/1/77-80. EDN: OK-CXWW. (In Russ).

9. Machnev A.V. et al. Issledovaniya protravlivatelya Mobitox super, osnashchennogo dvukhdiskovym raspredelyayushchim ustroystvom i dvukhurovnevym otrazhayushchim ustroystvom [Studies of the Mobitox super treater equipped with a double-disc distributing device and a two-level reflective device]. *Volga Region Farmland*. 2019; 4(53): 129-133. DOI: 10.36461/NP.2019.52.3.019. EDN: NGSTSA. (In Russ).

10. Kem A.A. et al. Seyalka dlya raznoglubinnogo poseva zernovykh i vneseniya mineral'nykh udobrenii [Seeder for multi-depth sowing of grain and application of mineral fertilizers]. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2022; 16(2): 62-68. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-62-68. EDN: JLMQFS. (In Russ).

11. OST 10.5.1-2000 Ispytaniya sel'skokhozyaystvennoi tekhniki. Mashiny posevnye. Metody otsenki funktsional'nykh pokazatelei [Testing of agricultural machinery. Sowing machines. Methods for assessing functional indicators]. M.: Rosinformagrotekh; 2000. 72 p. (In Russ).

12. Korotchenya V.M., Lichman G.I. Prioritety razvitiya pochvoobrabatvyvayushchikh tekhnologii [Priorities for the development of tillage technologies]. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2023; 2(308): 2-6. DOI: 10.33267/2072-9642-2023-2-2-6. EDN: LVN-HAV. (In Russ).

13. Rakhimov Z. et al. Reasoning a construction diagram and parameters of tillers

for primary cultivation. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018; 13(S11): 8812-8818. DOI: 10.3923/jeasci.2018.8812.8818. EDN: MZMLB.

14. Lopareva S.G. et al. Soglasovanie vremeni poleta zerna v podsoshnikovom prostranstve posle udara o raspredelitel' s vremenem otkrytiya borozdy [Coordination of flight time of grain in the rest space after the impact of the distributor with the time of opening the rib]. *Vestnik Kurganskoy GSXA*. 2019; 1(29): 54-58. EDN: GCTURE. (In Russ).

15. Radnaev D.N. Metodologicheskie osnovy razrabotki tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv poseva pri vozdeleyvanii zernovykh kul'tur v usloviyakh Zabaikal'ya [Methodological basis for the development of technologies and technical means of sowing for the cultivation of grain crops in the conditions of Transbaikalia]: abstract for the degree of Doctor of Technical Sciences. Ulan-Ude; 2013. EDN: ZOPEPZ. (In Russ).

Информация об авторах

Д.Н. Раднаев – доктор технических наук, доцент; AuthorID 770057.

А.А. Абидуев – доктор технических наук, доцент; AuthorID 253284.

А.С. Пехутов – доктор технических наук, доцент; AuthorID 408053.

А.В. Кузьмин – доктор технических наук, доцент; AuthorID 617286.

Н.И. Овчинникова – доктор технических наук, профессор; AuthorID 399050.

Information about the author

D.N. Radnaev – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; AuthorID 770057.

A.A. Abiduev – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; AuthorID 253284.

A.S. Pekhutov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; AuthorID 408053.

A.V. Kuzmin – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; AuthorID 617286.

N.I. Ovchinnikova – Doctor of Technical Sciences, Professor; AuthorID 399050.

Статья поступила в редакцию 30.01.2024; одобрена после рецензирования 11.03.2024; принята к публикации 13.06.2024.

The article was submitted 30.01.2024; approved after reviewing 11.03.2024; accepted for publication 13.06.2024.