

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОСЕВА СТЕРНЕВЫМИ СЕЯЛКАМИ

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF SOWING BY STUBBLE SEEDERS

С.Г. ЛОПАРЕВА
Ю.Н. МЕКШУН, к.т.н.
А.В. ФОМИНЫХ, д.т.н.
Д.В. ЛОПАРЕВ

Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева, Курган, Россия,
 kshapgs@yandex.ru

S.G. LOPAREVA
YU.N. MEKSHUN, PhD in Engineering
A.V. FOMINYKH, DSc in Engineering
D.V. LOPAREV

Kurgan State Agricultural Academy n.a. T.S. Maltsev, Kurgan,
 Russia, kshapgs@yandex.ru

Основой парка посевных машин являются стерневые сеялки СЗС-2.1, СКП-2.1. Недостатком таких сеялок является нерациональное использование площади питания по причине неравномерного распределения посевного материала. Совершенствование технологического процесса посева возможно путем установки на лаповые сошники распределителей семян. Предложена схема лапового сошника с пассивным распределителем семян, каждая сторона которого состоит из двух плоскостей, установленных под разными углами. Расчетная схема и математическая модель позволили исследовать процесс распределения семян, выявить влияние конструктивных параметров сошника и двухплоскостного распределителя на траекторию частицы, определить рациональные параметры распределителя. В Mathcad разработана программа, моделирующая траекторию движения частицы по стойке сошника и в ограниченном подлаповом пространстве, что позволило провести расчетные исследования процесса распределения семян сошником с двухплоскостным распределителем. Данная программа позволяет определять геометрические и кинематические параметры полета зерновки, отраженной от распределителя и потолочной поверхности сошника (траектория, дальность полета, направление вектора скорости при падении на землю и др.), при варьировании углов наклона плоскостей отражателя, высоты падения частицы и ее физико-механических свойств. Расчет включает в себя определение параметров полета зерновки вдоль вертикальной прямой на первом этапе полета, по «баллистической» кривой после каждого отражения. Результаты расчета выдаются в виде графического изображения траекторий движения частиц и таблиц с числовыми значениями координат траектории и дальности отскока. Для подтверждения достоверности результатов теоретических исследований и определения равномерности посева проведены лабораторные испытания лаповых сошников с двухплоскостными распределителями семян. Определены конструктивные параметры двухплоскостных распределителей, обеспечивающие максимальную равномерность распределения семян по ширине сошниками стерневых сеялок. Оснащение лаповых сошников двухплоскостными распределителями обеспечивает посев с более высокими качественными показателями по равномерности и повышению продуктивности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: посев, распределение семян, лаповые сошники, стерневые сеялки.

The basis of the seeding machine fleet is the stubble seeders SZS-2.1, SKP-2.1. A disadvantage of such seeders is the irrational use of the area of feeding due to the uneven distribution of the seed. Improvement of the technological process of sowing is possible by installing seed spreaders on the paw coulters. A scheme of a paw coulters with a passive seed distributor is proposed, each side of which consists of two planes installed at different angles. The calculation scheme and mathematical model allowed to study the process of seed distribution, to reveal the influence of constructive parameters of the coulters and the two-plane distributor on the trajectory of the particle, to determine the rational parameters of the distributor. In Mathcad, a program has been developed that simulates the trajectory of the particle movement along the coulters stand and in the limited under-paw space, which allowed the calculation of the seed distribution process with a coulters with a two-plane distributor. This program allows you to determine the geometric and kinematic parameters of the grain flight reflected from the distributor and the ceiling surface of the opener (trajectory, flight range, direction of the velocity vector when falling to the ground, etc.) when varying the inclination angles of the reflector planes, the incidence of the particle and its physical and mechanical properties. The calculation includes determining the flight parameters of the grain along the vertical straight line in the first stage of the flight, along the "ballistic" curve after each reflection. The results of the calculation are given in the form of a graphical representation of particle trajectories and tables with numerical values of the coordinates of the trajectory and the range of the rebound. To confirm the reliability of the results of theoretical studies and to determine the uniformity of sowing, laboratory tests of paw coulters with two-plane seed spreaders were carried out. The design parameters of two-plane distributors are determined, which ensure the maximum uniformity in the distribution of seeds along the width of the coulters of stubble seeders. Equipping the paw coulters with two-plane spreaders provides seeding with higher quality indices on uniformity and will ensure an increase in the productivity of agricultural crops.

Keywords: seeding, seed distribution, paw coulters, stubble seeders.

Введение

На рынке посевной техники существует большое многообразие посевных комплексов отечественного и зарубежного производства. Тем не менее, из всего сеялочного парка основную долю в настоящее время составляют стерневые сеялки прямого посева СЗС-2.1, СКП-2.1. По данным департамента сельского хозяйства по Курганской области, доля таких сеялок составляет более 80 % от всего парка посевных комплексов, зерновых и стерневых сеялок (рис. 1). Анализ динамики наличия посевной техники за 2015–2017 гг. показывает, что и в будущем данные сеялки будут составлять основу парка посевных машин в АПК области.

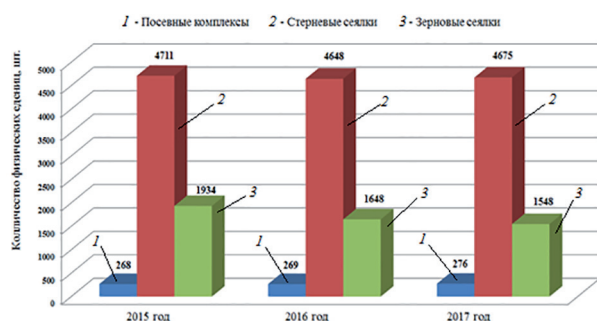


Рис. 1. Наличие посевных комплексов и сеялок в Курганской области за 2015–2017 гг.

Основным недостатком сеялок-культиваторов является большая ширина междурядий в пределах 22...23 см, что приводит к неравномерному распределению посевного материала по ширине засеваемой полосы и нерациональному использованию площади питания.

Цель исследования

Целью исследования является совершенствование технологического процесса посева стерневыми сеялками.

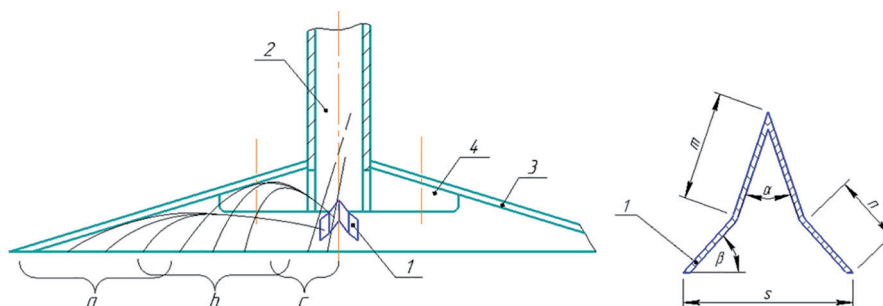


Рис. 2. Схема сошника с двухплоскостным распределителем:

1 – распределитель; 2 – стойка семяпровода квадратного сечения; 3 – стрельчатая лапа; 4 – пятка

Материалы, методы исследования и обсуждение результатов

Совершенствование технологического процесса посева зерновых культур стерневыми сеялками с механическим высевом возможно путем установки на лаповые сошники распределителей семян, обеспечивающих их равномерное распределение по всей ширине сошника. Предложена схема лапового сошника. Под поллой стойкой квадратного сечения установлен пассивный распределитель, каждая сторона которого состоит из двух плоскостей, установленных под разными углами (рис. 2) [1].

При посеве семена из семяпровода по стойке сошника падают вниз и, ударяясь о поверхности распределителя, отражаются от них. Ударившись о верхние грани (зона *m*), семена отражаются и падают на средний участок *b* дна борозды. Семена, которые ударяются о нижние грани (зона *n*), отражаются по более высокой траектории и падают на дальний участок *a*. На участок *c* падают семена, которые пролетают мимо распределителя. Такое взаимодействие с распределителем обеспечит равномерное распределение по всей ширине сошника [1–5].

Для определения влияния различных параметров на процесс распределения семян двухплоскостным распределителем составлена расчетная схема (рис. 3) и разработана математическая модель, включающая аналитические зависимости и численные методы расчета. В Mathcad разработана программа, моделирующая траекторию частицы по стойке сошника и в ограниченном подлаповом пространстве. Данная программа позволяет определять геометрические и кинематические параметры полета зерновки, отраженной от распределителя и потолочной поверхности сошника (траектория, дальность полета, направление вектора скорости при падении на землю и др.), при варьировании углов наклона двух плоскостей отражателя.

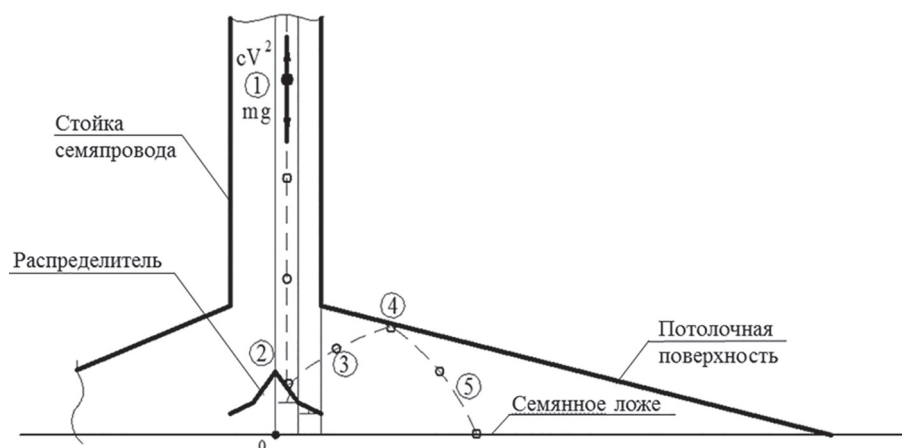


Рис. 3. Расчетная схема по определению траектории частицы

В программе производится расчет параметров полета зерновки вдоль вертикальной прямой на первом этапе полета, по (баллистической) кривой после каждого отражения, а также определение параметров движения зерновки в результате удара о поверхность, которое выполняли с использованием гипотезы вязкого трения [2–5].

Расчетная схема (рис. 3) включает 5 различных этапов расчета траекторий и взаимодействий частицы от стойки семяпровода до семенного ложа с учетом влияния потолочной поверхности сошника:

1 этап – траектория движения частицы от семяпровода до отражающей поверхности (вертикальное падение);

2 этап – взаимодействия частицы с отражающей поверхностью;

3 этап – траектории движения частицы от отражающей поверхности распределителя до потолочной поверхности сошника или семенного ложа;

4 этап – взаимодействия частицы с потолочной поверхностью сошника;

5 этап – траектории движения частицы после взаимодействия с потолочной поверхностью сошника до семенного ложа.

При моделировании процесса распределения семян и дальности их отскока L , представленной в виде функции $L = f(H, \alpha_1, \alpha_2, m, K, \lambda, \varphi)$, в программу вводятся физико-механические свойства семян (K – коэффициент восстановления скорости; λ – коэффициент мгновенного трения) и геометрические параметры сошника (H – высота стойки сошника, α_1, α_2 – углы верхней и нижней плоскостей распределителя, φ – координаты расположения потолочной поверхности).

Программа численного расчета характеристик полета частицы в Mathcad выполнена в виде блок-схемы. Результатом расчета является информация, которая выдается в виде графического изображения траекторий движения частиц и таблиц с числовыми значениями координат траектории и дальности отскока [5, 6].

Процесс распределения в правой и левой частях сошника одинаков, поэтому в расчетной схеме представлена только половина сошника. Принято допущение, что частица имеет сферическую форму и обладает физико-механическими свойствами реальной зерновки, на которую действует сила тяжести и которая падает внутри стойки сошника без взаимодействия с ее стенками и друг с другом. Верхняя и нижняя плоскости распределителя имеют равную ширину – по 1 см. Предполагается, что частицы падают по стойке сошника на плоскости распределителя на расстоянии друг от друга, равном 2 мм, поэтому на графическом изображении результатов расчета траектории частицы представлено 10 различных траекторий. Программа выдает результаты расчета в виде таблиц с числовыми значениями координат траектории частицы и в виде графического изображения траектории [5].

На рис. 4 и 5 представлены частные случаи результатов расчета траектории частицы в программе Mathcad: траектории частиц при взаимодействии с потолочной поверхностью лапы сошника (рис. 4) и без взаимодействия (рис. 5).

Основное влияние на траекторию частицы, отраженной от плоскости распределителя, оказывают высота падения частицы, углы наклона плоскостей распределителя и возможное взаимодействие с потолочной поверхностью сошника. Зависимости этих факторов на дальность отскока частицы представлены на рис. 6 и 7 [2–6].

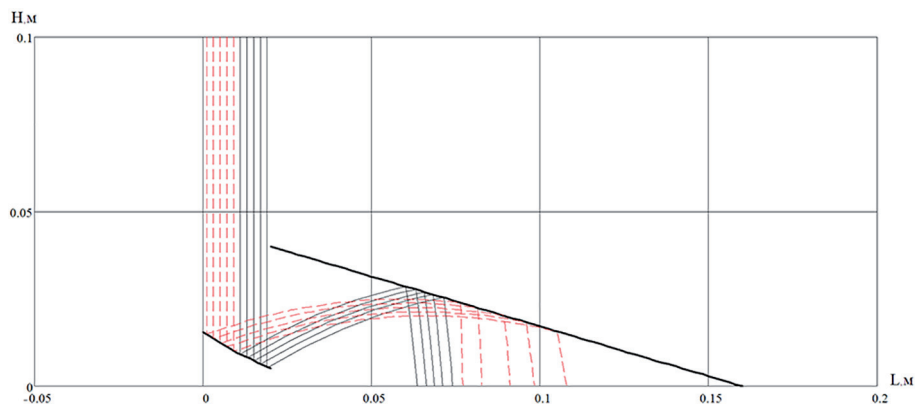


Рис. 4. Результаты расчета траектории частицы в программе Mathcad (угол нижней плоскости 25°, угол верхней плоскости 30°):

--- траектория движения от верхней плоскости распределителя;
 — траектория движения от нижней плоскости распределителя

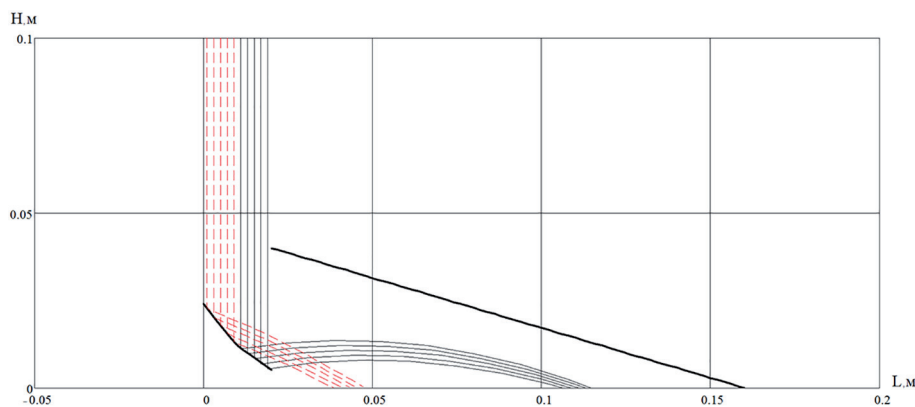


Рис. 5. Результаты расчета траектории частицы в программе Mathcad (угол нижней плоскости 35°, угол верхней плоскости 50°):

--- траектория движения от верхней плоскости распределителя;
 — траектория движения от нижней плоскости распределителя

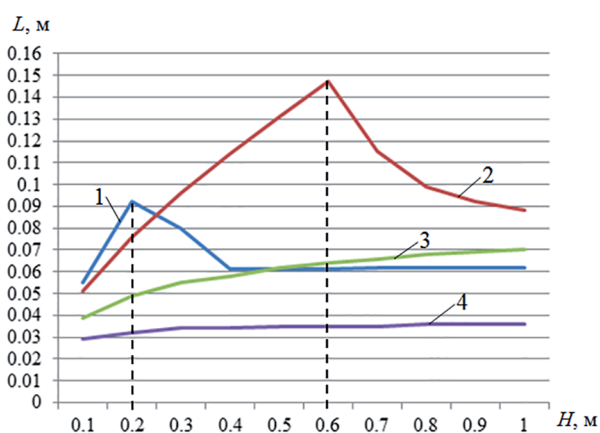


Рис. 6. График зависимости дальности полета частицы от высоты падения с учетом влияния потолочной поверхности:

1 – угол отражающей поверхности 25°;
 2 – угол отражающей поверхности 35°;
 3 – угол отражающей поверхности 45°;
 4 – угол отражающей поверхности 55°

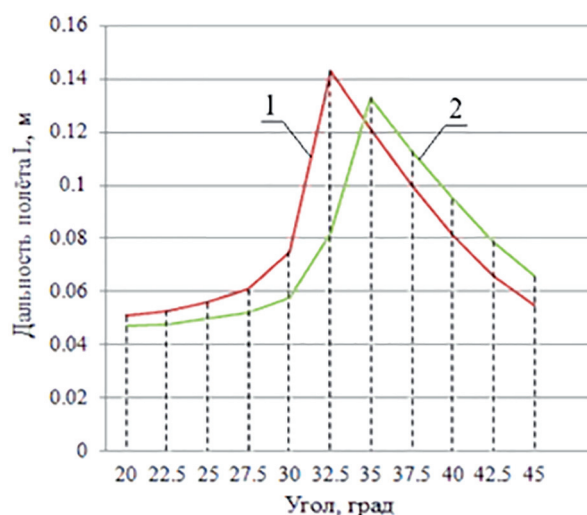


Рис. 7. График зависимости дальности полета частицы от углов наклона плоскостей распределителя при высоте падения $h = 0,55$ м:

1 – нижняя плоскость распределителя;
 2 – верхняя плоскость распределителя

Полученные зависимости позволяют сделать вывод: при определенном сочетании величины угла отражательной поверхности и высоты падения частицы происходит взаимодействие с потолочной поверхностью сошника, что приводит к снижению дальности полета [3–5].

Графики показывают, что при увеличении углов плоскостей распределителя наблюдается рост дальности полета частицы. При достижении значений угла наклона нижней плоскости, близких к 33, а верхней плоскости – к 35 градусам, (при высоте падения $h = 0,55$ м) наблюдается снижение дальности полета частицы. Причиной снижения дальности полета является взаимодействие с потолочной поверхностью сошника.

Для подтверждения теоретических предположений и определения эффективности посева лаповым сошником с двухплоскостным распределителем разработана, сконструирована и изготовлена лабораторная установка, моделирующая технологический процесс реального посева пшеницы (рис. 4).

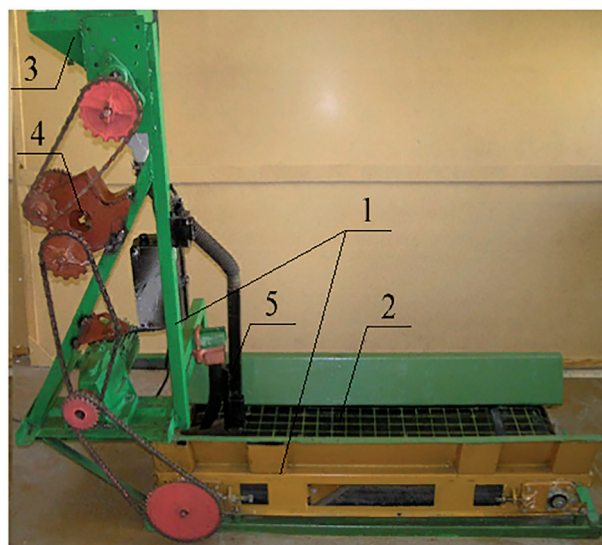


Рис. 8. Лабораторная установка:

- 1 – рама с кронштейном для установки сошника;
- 2 – ленточный конвейер; 3 – бункер;
- 4 – механизм привода; 5 – сошник

Для проведения лабораторных исследований использовали лаповые сошники стерневых сеялок-культиваторов СЗС-2.1М, СКП-2.1 и экспериментальный сошник со стойкой квадратного сечения с шириной захвата 270 мм (рис. 9). В подлаповом пространстве сошников закрепляли двухплоскостные распределители семян с различными углами наклона плоско-

стей. По результатам испытаний определяли по методу Е.П. Огрызкова [7] равномерность распределения семян по площади питания и ширине сошника.

Лабораторная установка позволяет менять в необходимом диапазоне конструктивные и технологические параметры, позволяющие исследовать процесс посева семян лаповыми сошниками с распределительными устройствами.

Исследованиями подтверждено влияние конструктивных параметров лапового сошника с двухплоскостным распределителем на равномерность распределения семян, выявленных теоретическими исследованиями. На рис. 10 представлен график зависимости распределения семян по ширине сошника сеялки СКП-2.1, оснащенным двухплоскостным распределителем.

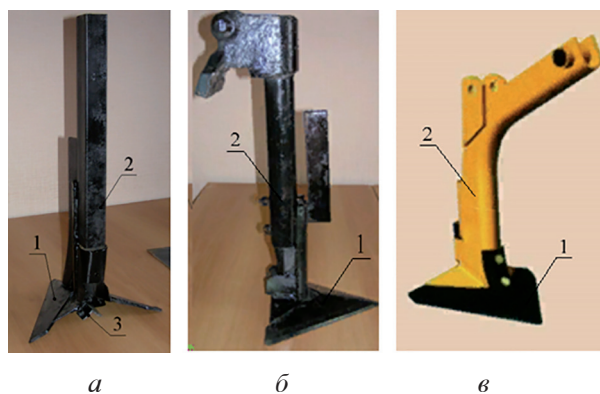


Рис. 9. Используемые в испытаниях сошники:

- а – экспериментальный сошник; б – сошник сеялки СЗС-2.1; в – сошник сеялки СКП-2.1;
- 1 – стрельчатая лапа; 2 – стойка сошника;
- 3 – двухплоскостной распределитель семян

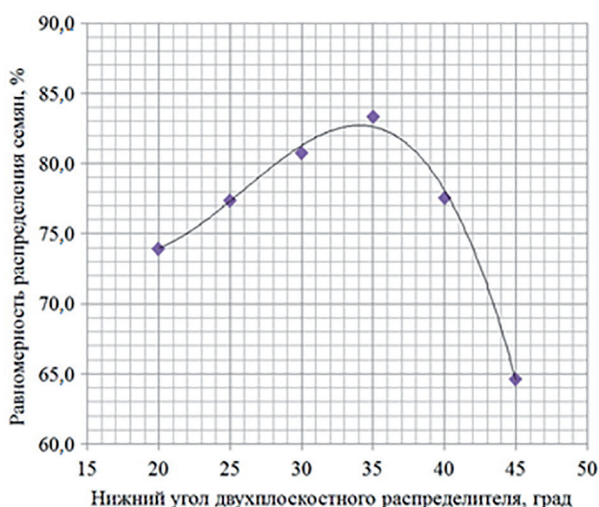


Рис. 10. График зависимости распределения семян по ширине сошника от угла наклона нижней плоскости распределителя сошника СКП-2.1

Характер кривых распределения семян для всех исследуемых сошников практически одинаков. Максимальная равномерность распределения семян по ширине сошника составляет от 75 до 83 %. Такая равномерность распределения достигается при угле наклона верхних плоскостей 45° для всех исследуемых сошников. Рациональными углами нижних плоскостей распределителя для экспериментального сошника являются углы $37...42^\circ$, для сошников сеялки СЗС-2.1 М – углы $30...35^\circ$ и для сошников сеялки СКП-2.1 – углы $40...45^\circ$.

Выводы

1. Разработанная математическая программа, моделирующая траекторию частицы по стойке сошника и в ограниченном подлаповом пространстве, позволяет на этапе проектирования определять влияние конструктивных параметров сошников, оснащенных пассивным двухплоскостным распределителем, на процесс распределения семян.

2. Оснащение лаповых сошников стерневых сеялок с механическим высевом семян двухплоскостными распределителями обеспечит посев с более высокими качественными показателями по равномерности, а созданные благоприятные условия для произрастания семян и развития растений обеспечат повышение продуктивности сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Архипов А.А., Лопарева С.Г., Мекшун Ю.Н., Оплетев С.И. Сошник для подпочвенно-разбросного посева: патент на полезную модель 165587, Российская Федерация. Опубликовано 27.10.2016. Бюл. № 30.
2. Лопарева С.Г. Исследование процесса посева семян пассивным плоскостным рассеивателем // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции. Курган: КГСХА, 2016. С. 456–459.
3. Лопарева С.Г., Мекшун Ю.Н., Лопарев Д.В. Подпочвенно-разбросной посев сеялкой-культиватором с механическим высевом семян // Материалы международной научно-практической конференции «Научное обеспечение реализации государственных программ АПК и сельских территорий». Лесниково: Изд-во Курганской ГСХА, 2017. С. 438–442.
4. Мекшун Ю.Н., Лопарева С.Г., Родионов С.С. Изучение процесса взаимодействия зерновки с

наклонным отражателем // Вестник Курганской ГСХА. 2016. № 3 (19). С. 71–73.

5. Lopareva S.G., Mekshun Yu.N., Ovchinnikov D.N., Loparev D.V. The results of theoretical research on seed distribution by coulter drills with a two-layered seed distributor // BRITISH JOURNAL OF INNOVATION IN SCIENCE AND TECHNOLOGY. 2017. Vol. 2. No. 3. P. 13–19.
6. Мекшун Ю.Н., Лопарева С.Г., Фоминых А.В., Лопарев Д.В. Анализ конструкций сошников для подпочвенно-разбросного посева семян зерновых культур с механическим высевом // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Техническое обеспечение технологий производства сельскохозяйственной продукции». Лесниково: Изд-во Курганской ГСХА, 2017. С. 87–91.
7. Огрызков Е.П., Огрызков В.Е., Огрызков П.В. Теория нового технологического процесса сошника // Техника в сельском хозяйстве. 2003. № 5. С. 36–37.

References

1. Arkhipov A.A., Lopareva S.G., Mekshun Yu.N., Opletaev S.I. Soshnik dlya podpochvennorazbrosnogo poseva [Coulter for sub-soil spreading]: patent na poleznuyu model' No 165587, Rossiyskaya Federatsiya. Opublikovano 27.10.2016. Byul. No 30.
2. Lopareva S.G. Investigation of seed sowing by a passive planar spreader. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Current state and prospects for the development of the agro-industrial complex: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Kurgan: KGSKhA Publ., 2016, pp. 456–459 (in Russ.).
3. Lopareva S.G., Mekshun Yu.N., Loparev D.V. Subsoil-spreading seeding with a seeder-cultivator with mechanical seed sowing. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauchnoe obespechenie realizatsii gosudarstvennykh programm APK i sel'skikh territoriy» [Materials of the International Scientific and Practical Conference «Scientific Provision of Implementation of State Agroindustrial Complex Programs and Rural Territories»]. Lesnikovo: Izd-vo Kurganskoy GSKhA Publ., 2017, pp. 438–442 (in Russ.).
4. Mekshun Yu.N., Lopareva S.G., Rodionov S.S. Study of the process of interaction between grains with an inclined reflector. Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2016. No 3(19), pp. 71–73 (in Russ.).

5. Lopareva S. G., Mekshun Yu. N., Ovchinnikov D. N., Loparev D. V. The results of theoretical research on seed distribution by coulter drills with a two-layered seed distributor. BRITISH JOURNAL OF INNOVATION IN SCIENCE AND TECHNOLOGY. 2017. Vol. 2. No. 3, pp. 13–19.
6. Mekshun Yu. N., Lopareva S. G., Fominykh A. V., Loparev D. V. Analysis of coulter designs for subsoil-spread seeding of grain crops with mechanical seeding. Materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Tekhnicheskoe obespechenie tekhnologiy proizvodstva sel'skokhozyaystvennoy produkcii» [Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference «Technical Support of Agricultural Production Technologies»]. Lesnikovo: Izd-vo Kurganskoy GSKhA Publ., 2017, pp. 87–91 (in Russ.).
7. Ogryzkov E. P., Ogryzkov V. E., Ogryzkov P. V. The theory of a new coulter process. Tekhnika v sel'skom khozyaystve. 2003. No 5, pp. 36–37 (in Russ.).