

Научная статья
УДК 631.331
DOI: 10.66783/2782-3172.2026.27.1.015

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАССИВНЫХ КОНУСНЫХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ ГОЛОВКИ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПОСЕВНОГО КОМПЛЕКСА

Виктор Ефимович Саитов¹, Ринат Габдуллович Гатауллин², Алексей Викторович Саитов¹, Алексей Русланович Мустафин¹

¹Вятский государственный агротехнологический университет, Киров, Россия

²Малмыжский ремзавод, Кировская область, Малмыж, Россия

Автор, ответственный за переписку: Виктор Ефимович Саитов, vicsait-valita@e-kirov.ru

Аннотация

Для определения геометрических параметров пассивных конусных отражателей головки вертикального распределителя пневматического посевного комплекса использован графоаналитический метод. Получены зависимости для построения и изготовления пассивных конусных отражателей с образующими боковыми поверхностями разных размеров кривизны для проведения последующих экспериментальных исследований по оптимизации конструкции конусного распределителя использованием высеваемого зернового материала.

Ключевые слова: посевной комплекс, распределитель семян, пассивный конусный отражатель семян, логарифмическая спираль

Финансирование: исследование, на основе результатов которого написана данная статья, финансировалось за счет собственных средств автора

GRAPHIC-ANALYTICAL DETERMINATION OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF PASSIVE CONE REFLECTORS OF A VERTICAL DISTRIBUTOR HEAD FOR A PNEUMATIC SEEDING COMPLEX

Victor E. Saitov¹, Rinat G. Gataullin², Alexey V. Saitov¹, Alexey R. Mustafin¹

¹Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia

²Malmyzh repair plant, Malmyzh, Russia

Corresponding author: Victor E. Saitov, vicsait-valita@e-kirov.ru

Abstract

The graphic-analytical method has been used to determine the geometric parameters of passive cone deflectors for a vertical distributor head for a pneumatic seeding system. The authors have obtained the dependencies for designing and manufacturing passive cone deflectors with lateral surfaces of varying curvatures for subsequent experimental studies in order to optimize the design of cone distributors using seeded grain.

Keywords: seeding complex, seed distributor, passive cone seed reflector, logarithmic spiral

Funding: the study on which this article is based was funded by the authors' own funds

Введение. В настоящее время для посева зерновых культур широкое распространение получили скоростные посевные комплексы пневматического типа. В пневмотранспортную систему данных посевных комплексов входит распределитель семян, выполненный, например, в виде трубы круглого сечения с присоединённым коллектором [3, 13].

Одним из основных показателей оценки качества работы распределителя является равномерность распределения семян по сошникам посевного комплекса, который оценивается коэффициентом вариации [2].

Проведенный анализ конструкций распределителей семян пневматических посевных комплексов показывает, что головка этих распределителей оборудуется пассивным плоским отражателем. В результате движущийся поток аэросмеси ударяется в имеющий относительно высокое аэродинамическое сопротивление пассивный плоский отражатель под прямым углом, при этом резко теряя кинетическую энергию, что обуславливает неравномерное распределение, а также резкое снижение скорости аэросмеси в радиально установленных патрубках коллектора. В связи с этим, соответственно, снижается и скорость высеваемого материала, поступающего в сошники посевного комплекса. В результате низкой скорости высеваемого материала не обеспечивается требуемая ширина полосы высева под культиваторными лапами, приводящая к прореженным посевам. Для преодоления высокого аэродинамического сопротивления пассивного плоского отражателя и обеспечения необходимой ширины полосы высева требуется увеличивать скорость вращения колеса вентилятора, что приводит к лишним энергозатратам при выполнении технологического процесса высева посевного материала, а также к увеличению вероятности травмирования семян зерновых культур об конструктивные элементы распределителя при движении аэросмеси с повышенной скоростью [8, 10, 11, 12].

Поэтому решением проблемы неравномерного распределения семян по ширине захвата посевного агрегата является совершенствование конструкции распределителя [6, 9].

В соответствии с этим разработана новая конструкция вторичного распределителя пневматического посевного комплекса, в которой головка снабжена пассивным конусным отражателем, предназначенным для обеспечения более равномерного распределения семян по ширине захвата посевного агрегата [4].

При этом для качественного функционирования разработанного вторичного распределителя пневматического посевного комплекса требуется определение геометрических параметров образующей поверхности пассивного конусного отражателя.

Цель исследования – определение геометрических параметров образующей поверхности пассивных конусных отражателей головки вертикального распределителя пневматического посевного комплекса.

Материал и методы. Для улучшения качества распределения высеваемого материала вторичным распределителем, снижения процента дробления высеваемых семян и снижения энергетических затрат на прохождение аэросмеси через этот распределитель решено образующую боковой поверхности пассивных конусных отражателей вторичного распределителя посевного комплекса выполнить в виде логарифмической кривой (эта спираль относится к уникальным математическим объектам, существует в природе повсюду от растительного до животного мира и даже в строении галактик в космосе [14]).

В качестве образца для оптимизации образующей боковой поверхности пассивных конусных отражателей взят вторичный распределитель от посевного комплекса «Агратор-8500» [5, 7, 15], в котором отсутствует распределительный конус в головке распределителя, что существенно влияет на качество распределения высеваемого материала по семяпроводам сошников, а также на травмируемость семян от прямого удара, особенно семян ржи. Для этого был определен конструктивный радиус основания конуса с учетом технологического зазора для его свободного и быстрого снятия. Проведенные измерения внутренней камеры головки вторичного распределителя показали, что конструктивный диаметр основания конуса должен равняться $124 \pm 0,50$ мм, следовательно, его радиус составляет 62 мм с допуском $\pm 0,25$ мм.

Для определения геометрических параметров пассивных конусных отражателей головки вертикального распределителя для пневматического посевного комплекса в виде логарифмической спирали использован графоаналитический метод.

Результаты и обсуждение. Исходя из проведенных измерений размера внутренней камеры головки вторичного распределителя посевного комплекса «Агратор-8500», графически построена логарифмическая спираль, общий вид которой представлен на рисунке 1.

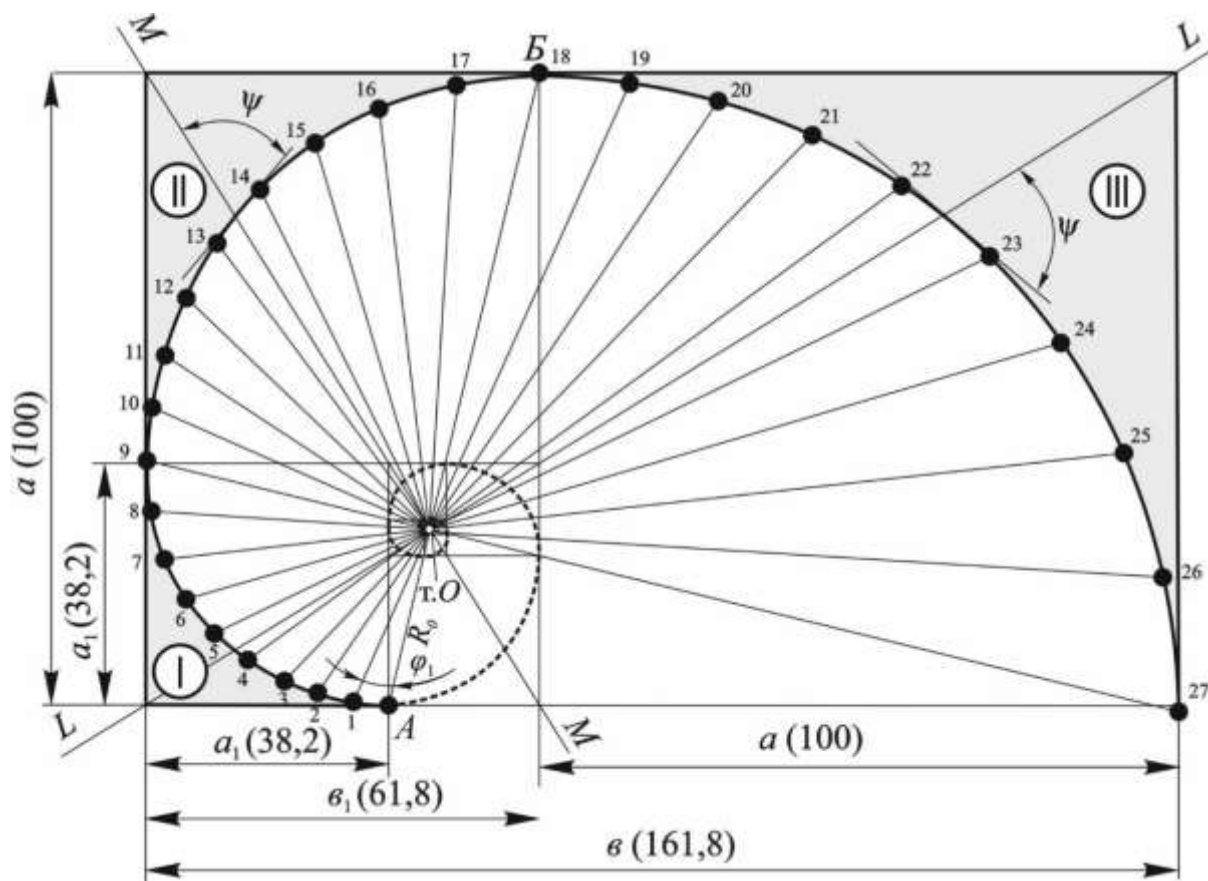


Рисунок 1. Общий вид построения логарифмической спирали на основании принципа золотого прямоугольника

В построении логарифмической спирали использовался принцип золотого сечения, или точнее принцип золотого прямоугольника [1], на основании которого построен прямоугольник со сторонами a и b , соотношение которых соответствует равенству: $b/a = 1,618$.

Согласно рисунку 1 принимаем наименьшую сторону a прямоугольника 100 мм. Тогда, исходя из принципа золотого сечения, большая сторона прямоугольника составит $b = 1,618a = 161,8$ мм. В результате получен первый прямоугольник с соответствующими размерами.

Далее с правой стороны полученного первого прямоугольника откладывается расстояние $a = 100$ мм, в результате внутри этого прямоугольника получается второй прямоугольник с размером стороны $b_1 = b - a = 61,8$ мм.

Затем, по аналогии, внутри второго прямоугольника получаем третий прямоугольник, где длинная сторона прямоугольника равна $b_1 = 61,8$ мм, а наименьшая сторона будет равна $a_1 = (a - b_1) = 38,2$ мм.

От левого нижнего угла наибольшего (первого) прямоугольника откладываем в правую сторону расстояние 38,2 мм и ставим точку A , являющуюся исходной, то есть нулевой точкой для начала построения логарифмической кривой.

После этого проводим по диагоналям секущие линии $L-L$ и $M-M$ в первом и втором прямоугольниках соответственно. В пересечении этих секущих линий образуется точка O , являющаяся центром полюса радиусов R_i , для построения логарифмической кривой.

Также из точки A через центр полюса O проводим прямую линию, пересекающую правый верхний угол второго прямоугольника в точке B , что соответствует полуокружности на отрезке AB .

В виду того, что логарифмическая спираль является кривой, пересекающей все лучи, выходящие из центра полюса в точке O под одним и тем же углом, уравнение логарифмической спирали, для нашего частного случая, будет иметь вид [16]:

$$R_i = R_0 \cdot e^{ctg\psi \cdot \varphi}, \quad (1)$$

где R_0 – начальный радиус, мм;

e – основание натурального логарифма (число Эйлера), $e = 2,71828$;

ψ – угол между радиусом R_i и хордой спирали, град.;

φ – угол поворота радиуса R_i , град.

Начальный радиус R_0 был определен нами графическим способом из рисунка 2 и составляет $R_0 = AO = 28,3$ мм.

Угол ψ на основании предварительных проверочных графоаналитических методов был принят равным $\psi = 72,8^\circ = 72^\circ 48'$, являющийся постоянным для логарифмической кривой.

Тогда для удобства расчетов получаем округленное значение $ctg\psi = 72,8^\circ = 0,30955$.

Значения φ можно представить выражением

$$\varphi = \frac{\pi \cdot n}{18}, \quad (2)$$

где π – постоянная математическая величина, $\pi = 3,14$;

n – число частей, на которые поделена логарифмическая кривая, $n = 0, 1, 2, \dots, 27$;

18 – число, полученное делением значения угла полуокружности на условно принятое значение постоянного интервала $\varphi_1 = 10^\circ$, между радиусами (R_i): $180^\circ/10^\circ = 18$.

После подстановки в равенство (1) выражения (2) и округленного значения $ctg\psi = 0,30955$ получаем

$$R_i = R_0 \cdot e^{\frac{0,30955\pi \cdot n}{18}}. \quad (3)$$

После преобразования выражения (3) с учетом постоянной математической величины $\pi = 3,14$ и числа Эйлера $e = 2,71828$ получаем удобную расчетную формулу

$$R_i = R_0 \cdot 1,0555^n. \quad (4)$$

Следует отметить, что в равенстве (4) при $n = 0$ расчетный радиус будет равен $R_i = R_0 = AO = 28,3$ мм.

В соответствии с равенством (4) были получены значения радиусов R_i для последующих отметок на рисунке 1 точек n от 1 до 27, расчетные данные которых представлены в таблице 1.

Таблица 1. Расчетные значения радиусов логарифмической кривой

Радиус R_i	Значение радиуса R_i , мм	Радиус R_i	Значение радиуса R_i , мм	Радиус R_i	Значение радиуса R_i , мм
R_1	29,871	R_{10}	48,570	R_{19}	78,976
R_2	31,528	R_{11}	51,266	R_{20}	83,359
R_3	33,278	R_{12}	54,111	R_{21}	87,985
R_4	35,125	R_{13}	57,114	R_{22}	92,868
R_5	37,075	R_{14}	60,284	R_{23}	98,023
R_6	39,132	R_{15}	63,630	R_{24}	103,463
R_7	41,304	R_{16}	67,161	R_{25}	109,205
R_8	43,597	R_{17}	70,889	R_{26}	115,266
R_9	46,016	R_{18}	74,823	R_{27}	121,663

На основании расчетных данных из таблицы 1 и согласно рисунку 1 от центра полюса O были отмечены точки n от 1 до 27 с постоянным интервалом $\varphi_1 = 10^\circ$ между соседними радиусами R_i . Затем все 27 точек были соединены плавной линией, образовавшей искомую логарифмическую спираль с максимальным углом разворота $\varphi_{\max} = 270^\circ$ от исходной точки A .

В итоге согласно рисунку 1 логарифмическая кривая образовала три плоских шаблона I, II и III в виде рассечённых по осевой линии половинок конусов, выделенных темным цветом в углах большого прямоугольника, для изготовления опытных образцов пассивных конусных отражателей головки распределителя с образующими боковыми поверхностями разными размерами логарифмической кривой.

В результате дальнейшего анализа полученных шаблонов пассивных конусных отражателей, на основании графических материалов (рисунок 1), определились следующие закономерности:

$$R_B = a, \quad (5)$$

$$R_C = \frac{a^2}{b}, \quad (6)$$

$$R_M = \frac{a^3}{b^2}, \quad (7)$$

где R_B , R_C и R_M – радиусы образующих боковых поверхностей пассивных конусных отражателей головки распределителя, мм.

Подставляя принятые исходные данные $a = 100$ мм и $b = 161,8$ мм в выражения (5), (6) и (7), получаем радиусы $R_B = 100$ мм, $R_C = 61,8$ мм и $R_M = 38,2$ мм.

Графические обозначения полученных радиусов R_B , R_C и R_M представлены на рисунке 2 с соответствующими им центрами O_B , O_C и O_M .

Из рисунка 2 следует, что для изготовления радиусов образующих боковых поверхностей пассивных конусных отражателей головки распределителя семян пневматического посевного комплекса можно воспользоваться методом золотого прямоугольника и только полученными выражениями (5), (6) и (7) с достаточной степенью точности и без применения зависимостей (3) и (4), усложняющих расчеты и построение логарифмической кривой.

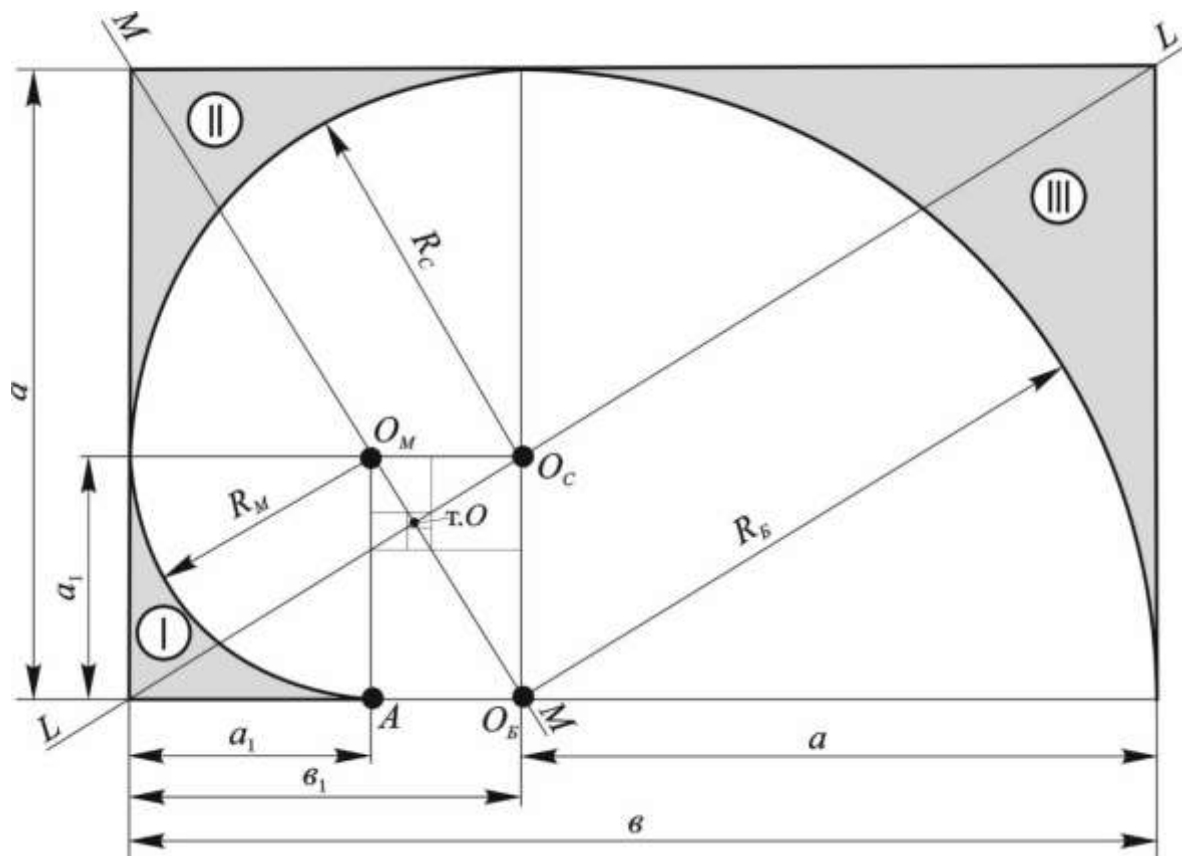


Рисунок 2. Графические обозначения полученных радиусов R_B , R_C и R_M с соответствующими им центрами O_B , O_C и O_M

Следовательно, упрощается получение образующих боковых поверхностей разных размеров пассивных конусных отражателей головки распределителя семян при токарной обработке заготовки или при печати на современных принтерах, используемых в машиностроительном производстве.

Схемы пассивных конусных отражателей головки вертикального распределителя с образующими боковыми поверхностями разными радиусами для пневматического посевного комплекса, полученные по выражениям (5), (6) и (7), приведены на рисунке 3.

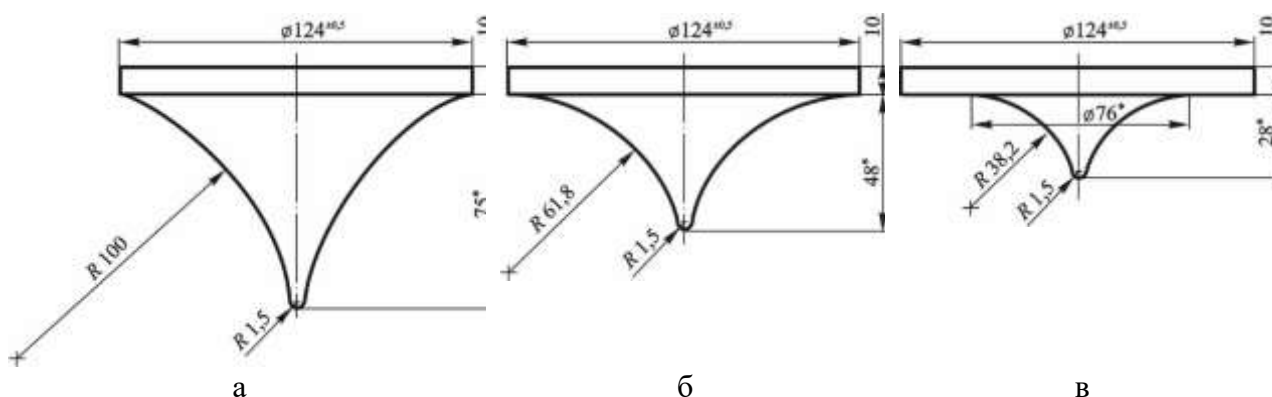


Рисунок 3. Схемы пассивных конусных отражателей головки вертикального распределителя с образующими боковыми поверхностями разными радиусами для пневматического посевного комплекса

- а – конусный отражатель с радиусом $R = 100$ мм;
- б – конусный отражатель с радиусом $R = 61,8$ мм;
- в – конусный отражатель с радиусом $R = 38,2$ мм

Согласно начальным условиям конструктивный диаметр основания конусов принимаем $124 \pm 0,50$ мм и адаптируем их окончательные геометрические параметры к этому размеру при изготовлении.

Заключение. Таким образом, в результате графоаналитических исследований была получена частная аналитическая зависимость, по которой была построена спиральная кривая с образованием шаблонов трех размеров пассивных конусных отражателей с образующей боковой поверхностью в форме логарифмической спирали применительно к вторичному распределителю семян посевного комплекса. Получены зависимости, упрощающие построение и изготовление пассивных конусных отражателей с образующими боковыми поверхностями разных размеров кривизны с целью проведения последующих экспериментальных исследований по оптимизации конструкции конусного распределителя с использованием высеваемого зернового материала.

Список источников

1. Большая советская энциклопедия : 30 т. Т. 14. Куна – Ломами / гл. ред. А. М. Прохоров. М. : Советская энциклопедия, 1973. С. 674.
2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для прикладного бакалавриата. 12-е изд. М. : Юрайт, 2015. 479 с.
3. Лачуга Ю. Ф. Новые технологии и техника для сельского хозяйства России // Техника в сельском хозяйстве. 2004. № 6. С. 4–8.
4. Патент № 223754 Российская Федерация, МПК A01C 7/20. Распределитель пневматической зерновой сеялки : № 2023130273 : заявл. 20.11.2023 : опубл. 01.03.2024 / Саитов В. Е., Гатауллин Р. Г., Саитов А. В., Мустафин А. Р. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный агротехнологический университет» (ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ).
5. Посевной комплекс «Agrator-8500». Руководство по эксплуатации. Муслюмово : ООО «ПК АГРОМАСТЕР», 2011. 45 с.
6. Саитов В. Е. Научно-технические разработки для сельскохозяйственного производства. Киров : Киров. обл. тип., 2018. 280 с.
7. Саитов В. Е., Гатауллин Р. Г., Савиных П. А. Разработка и исследование энергосберегающего посевного комплекса. Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. 166 с.
8. Саитов В. Е., Гатауллин Р. Г. Анализ конструкций энергосберегающих посевных комплексов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 8 (часть 4). С. 85–88.
9. Саитов В. Е., Гатауллин Р. Г. Повышение эффективности функционирования энергосберегающего посевного комплекса // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 12. С. 62–63.
10. Саитов В. Е., Гатауллин Р. Г., Мустафин А. Р. Анализ конструкций распределителей пневматических сеялок // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики : материалы XVI Международной научно-практической конференции «Наука – Технология – Ресурсосбережение». Киров, 2023. С. 245–248.
11. Саитов В. Е., Гатауллин Р. Г., Мустафин А. Р. Обзор основных рабочих схем пневматических посевных комплексов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства : Мосоловские чтения : материалы международной научно-практической конференции. Йошкар-Ола, 2023. Вып. XXV. С. 869–874.
12. Салапура Ю. Л. Анализ технических устройств для распределения посевного материала в пневматических высевальных системах // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2009. № 1 (43). С. 98–104.
13. Чеботарев В. П. Пневматические высевальные системы посевных машин: теория, расчет, эксперимент. Минск : БГАТУ, 2019. 224 с.

14. Что такое логарифмическая спираль и формула построения логарифмической спирали. URL: <https://fb.ru/article/553558/2023-chto-takoe-logarifmicheskaya-spiral-formula-i-postroenie-logarifmicheskoy-spirali> (дата обращения: 05.02.2026).
15. Широкозахватные посевные комплексы AGRATOR. URL: <https://pk-agromaster.ru/projects-archive/широкозахватные-посевные-комплексы-agrat/?ysclid=m7oo318hit818631888> (дата обращения: 05.02.2026).
16. Шлыгин В. В. Графические методы расчетов в машиностроении. Москва : Машиностроение, 1967. 288 с.

References

1. Prokhorov AM. (ed.) Bol'shaya sovetskaya entsiklopediya = The great soviet encyclopedia. Vol. 14. Kuna-Lomami. Moscow: Soviet Encyclopedia Publishing; 1973. 674 p. (In Russ.).
2. Gmurman VE. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika = Theory of probability and mathematical statistics. 12th ed. Moscow: Yurayt Publishing; 2015. 479 p. (In Russ.).
3. Lachuga YuF. New technologies and equipment for russian agriculture. Tekhnika v sel'skom khozyaystve. 2004;(6):4–8. (In Russ.).
4. Patent 223754 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01S 7/20. Raspredelitel' pnevmaticheskoy zernovoy seyalki: 2023130273: zayavlen 20.11.2023: opublikovan 01.03.2024. VE Saitov, RG Gataullin, AV Saitov, AR Mustafin; zayavitel' i patentoobladatel' Vyatskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskiiy universitet. (In Russ.).
5. Posevnoy kompleks «Agrator-8500». Rukovodstvo po ekspluatatsii = The seeding complex “Agrator-8500”. User manual. Muslyumovo: OOO PK AGROMASTER Publishing; 2011. 45 p. (In Russ.).
6. Saitov VE. Nauchno-tekhicheskiye razrabotki dlya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva = Scientific and technical developments for agricultural production. Kirov: Kirov Region Printing House; 2018. 280 p. (In Russ.).
7. Saitov VE, Gataullin RG, Savinykh PA. Development and research of an energy-saving seeding complex. Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing; 2016. 166 p. (In Russ.).
8. Saitov VE, Gataullin RG. Analysis of the structures of energy-saving seeding complexes. Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2014;(8)4:85–88. (In Russ.).
9. Saitov VE, Gataullin RG. Improving the efficiency of an energy-saving seeding complex. Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya. 2014;(12):62–63. (In Russ.).
10. Saitov VE, Gataullin RG, Mustafin AR. Analiz konstruktsiy raspredeliteley pnevmaticheskikh seyalk = Analysis of the designs of pneumatic seeders distributors. In: Uluchsheniye ekspluatatsionnykh pokazateley sel'skokhozyaystvennoy energetiki: materialy XVI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Nauka – Tekhnologiya – Resursosberezheniye = Improvement of the performance of agricultural energy: materials of the xvi international scientific and practical conference Science – Technology – Resource saving. Kirov: 2023. P. 245–248. (In Russ.).
11. Saitov VE, Gataullin RG, Mustafin A R. Obzor osnovnykh rabochikh skhem pnevmaticheskikh posevnykh kompleksov = Overview of the main working schemes of pneumatic seeding complexes. In: Aktual'nyye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaystva: Mosolovskiye chteniya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii = Actual issues of improving the technology of agricultural production and processing: Mosolov readings: proceedings of the international scientific and practical conference. Yoshkar-Ola, 2023. Vol. XXV. P. 869–874. (In Russ.).
12. Salapura YuL. Analysis of technical devices for seed distribution in pneumatic seeding systems. Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva. 2009;(1):98–104. (In Russ.).
13. Chebotarev VP. Pnevmaticheskiye vysewayushchiye sistemy posevnykh mashin: teoriya, raschet, eksperiment = Pneumatic seeding systems of sowing machines: theory, calculation, and experiment. Minsk: BGATU Publishing; 2019. 224 p. (In Russ.).
14. Chto takoye logarifmicheskaya spiral' i formula postroyeniya logarifmicheskoy spirali = What is

a logarithmic spiral and the formula for constructing a logarithmic spiral? URL: <https://fb.ru/article/553558/2023-chto-takoe-logarifmicheskaya-spiral-formula-i-postroenie-logarifmicheskoy-spirali>. [Accessed 05 February 2026]. (In Russ.).

15. Shirokozakhvatnyye posevnyye komplekсы AGRATOR = AGRATOR wide-area seeding complexes. URL: <https://pk-agromaster.ru/projects-archive/широкозахватные-посевные-комплексы-agrat/?ysclid=m7oo318hit818631888>. [Accessed 05 February 2026]. (In Russ.).

16. Shlygin VV. Graficheskiye metody raschetov v mashinostroyenii = Graphical methods of calculations in mechanical engineering. Moscow: Mashinostroyeniye Publishing; 1967. 288 p. (In Russ.).

Информация об авторах

Сайтов Виктор Ефимович, доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель РФ, профессор кафедры эксплуатации машин и технологического оборудования, ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», Октябрьский пр-т, д. 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017
e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

Гатауллин Ринат Габдуллович, кандидат технических наук, инженер-конструктор, АО «Малмыжский ремзавод», ул. Дружбы, д. 2, г. Малмыж, Кировская область, Российская Федерация, 612921
e-mail: rinat.gataullin.1970@mail.ru

Сайтов Алексей Викторович, аспирант, ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», Октябрьский пр-т, д. 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017
e-mail: alexeysaitov@yandex.ru

Мустафин Алексей Русланович, аспирант, ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», Октябрьский пр-т, д. 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017
e-mail: alekseiruslanovich@yandex.ru

Information about the authors

Victor E. Saitov, doctor of technical sciences, professor, honored inventor of the Russian Federation, professor of the Department of Machine Operation and Technological Equipment of Vyatka State Agrotechnological University, 133 October Avenue, Kirov, 610017, Russian Federation,
e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

Rinat G. Gataullin, candidate of technical sciences, design engineer at Malmyzh Repair Factory, 2 Druzhby Street, Malmyzh, Kirov Region, 612921, Russian Federation,
e-mail: rinat.gataullin.1970@mail.ru

Alexey V. Saitov, postgraduate student of Vyatka State Agrotechnological University, 133 October Avenue, Kirov, 610017, Russian Federation
e-mail: alexeysaitov@yandex.ru

Alexey R. Mustafin, postgraduate student of Vyatka State Agrotechnological University, 133 October Avenue, Kirov, 610017, Russian Federation
e-mail: alekseiruslanovich@yandex.ru

Конфликт интересов: автор заявил об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interest: the authors declared that there was no conflict of interest

Статья / The article

поступила в редакцию / was submitted

26.10.2025

одобрена после рецензирования / approved after reviewing

25.12.2025

принята к публикации / accepted for publication

25.02.2026