Научная статья
УДК 631.362.3
doi:10.35694/YARCX.2023.63.3.011

РАСЧЁТ ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМАЛЬНОГО НЕБЕЗУДАРНОГО ПОПАДАНИЯ ДРАЖЕ В ОТВЕРСТИЕ ПЕРФОРИРОВАННОЙ ТРУБЫ

Владимир Анатольевич Николаев[1], Ирина Витальевна Кряклина[2]
[1]Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Россия
[2]Ярославскай государственный аграрный университет, Ярославль, Россия
[1]nikolaev53@inbox.ru, ORCID 0000-0001-7503-6612
[2]i.kryaklina@yarx.ru, ORCID 0000-0002-2573-9712

Реферат. Предложен комбинированный агрегат обработки почвы и посева, обеспечивающий оптимальное размещение семян в почве. Важным элементом устройства размещения семян является перфорированная труба. В результате расчётов и пространственного моделирования ранее были выявлены зависимости: количества драже между первым и вторым сбрасывателем от наружного диаметра перфорированной трубы, максимального количества отверстий от наружного диаметра перфорированной трубы, исходя из геометрии перфорированной трубы и возможного количества драже между первым и вторым сбрасывателем. На основании проведённых исследований предварительно определён оптимальный наружный диаметр, количество отверстий в поперечном сечении перфорированной трубы и угол между осями этих отверстий. Ранее путём моделирования и расчётов установлена корреляция скорости агрегата с диаметром перфорированной трубы при безударном попадании драже в отверстие перфорированной трубы. Однако для правильной конструктивной компоновки высевающего устройства следует рассмотреть другие варианты. Поэтому рассчитаны параметры оптимального посева семян при небезударном контакте драже со стенкой отверстия и выведены зависимости параметров от наружного диаметра перфорированной трубы.

Ключевые слова: *комбинированный агрегат обработки почвы и посева, оптимальное размещение семян в почве, устройство размещения семян, перфорированная труба, наружный диаметр, небезударное попадание*

CALCULATION OF THE POSSIBILITY OF OPTIMAL NON-IMPACT HIT OF THE DRAGEE INTO THE HOLE OF THE SLOTTED PIPE

Vladimir A. Nikolaev[1], Irina V. Kryaklina[2]
[1]Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia
[2]Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia
[1]nikolaev53@inbox.ru, ORCID 0000-0001-7503-6612
[2]i.kryaklina@yarx.ru, ORCID 0000-0002-2573-9712

Abstract. A combined tillage and sowing unit has been proposed, which ensures optimal placement of seeds in the soil. An important element of the seed placement device is the slotted pipe. As a result of calculations and spatial modeling, the dependencies were previously identified: the number of dragee between the first and second tripper diverter on the outer diameter of the slotted pipe, the maximum number of holes from the outer diameter of the slotted pipe, based on the geometry of the slotted pipe and the possible number of dragee between the first and second tripper diverter. Based on the research carried out, the optimal outer diameter, the number of holes in the cross-section of the slotted pipe and the angle between the axes of these holes were preliminarily determined. Earlier, by modeling and calculations, a correlation of the speed of the unit with the diameter of the slotted pipe was established in case of non-impact hit of dragee into the hole of the slotted pipe. However, other options should be considered for proper design of the seeding device. Therefore, the parameters of optimal sowing of seeds for non-impact contact of the dragee with the wall of the hole were calculated and the dependences of the parameters on the outer diameter of the slotted pipe were derived.

Keywords: *combined tillage and sowing unit, optimal placement of seeds in the soil, seed placement device, slotted pipe, outer diameter, non-impact hit*

Введение. Для создания оптимальных условий прорастания семян и развития растений необходимо обеспечить их оптимальную площадь питания [1; 2]. Она представляет квадрат со сторонами приблизительно 40×40 *мм*. Такое размещение семян в почве может обеспечить комбинированный агрегат обработки почвы и посева. Конструкции комбинированных агрегатов обработки почвы и посева различных культур предлагались многими авторами [3; 4; 5; 6; 7]. Важным элементом данного устройства размещения семян является перфорированная труба [8; 9]. В результате расчётов и пространственного моделирования выявлены зависимости: количества драже между первым и вторым сбрасывателем от наружного диаметра перфорированной трубы, максимального количества отверстий от наружного диаметра перфорированной трубы, исходя из геометрии перфорированной трубы и возможного количества драже между первым и вторым сбрасывателем. На основании проведённых исследований [9; 10] предварительно определён оптимальный наружный диаметр, количество отверстий в поперечном сечении перфорированной трубы и угол между осями этих отверстий, условие оптимального безударного попадания драже в отверстие перфорированной трубы. Однако для правильной конструктивной компоновки высевающего устройства следует рассмотреть не только безударное попадание драже в отверстие перфорированной трубы, но и другие варианты. Вызывает теоретический и практический интерес условие оптимального небезударного попадания драже в отверстие перфорированной трубы. Целью данной работы является определение скорости агрегата при определённом диаметре перфорированной трубы для создания оптимальных условий прорастания семян.

Методика. Угловая скорость перфорированной трубы наружным диаметром 150 мм $\omega_{150} = 10\ рад/с$, исходя из допустимой для безударного попадания драже в отверстие перфорированной трубы окружной скорости внутренней поверхности перфорированной трубы, $v_{окр\,i} = 0{,}65\ м/с$ [10]. Определим угловую скорость перфорированной трубы исходя из её угла поворота φ_{1i} (рис. 1):

$$\omega_{1-i} = \frac{\varphi_{1i}}{\tau_{1i}}, \qquad (1)$$

где τ_{1i} – время поворота перфорированной трубы.

Аналогично рисунку 1 выявлены углы поворота перфорированной трубы различного диаметра, соответственно: $\varphi_{1-150} = 1{,}01\ рад$; $\varphi_{1-175} = 0{,}79\ рад$; $\varphi_{1-200} = 0{,}637\ рад$; $\varphi_{1-225} = 0{,}546\ рад$; $\varphi_{1-250} = 0{,}475\ рад$; $\varphi_{1-275} = 0{,}421\ рад$. Время поворота перфорированной трубы соответствует времени падения драже. Так, если использована перфорированная труба наружным диаметром 150 мм, $\tau_{1i} = 0{,}071\ с$. Угловая скорость (1):

$$\omega_{1-150} = \frac{1{,}01}{0\ 071} \approx 14{,}2\ рад/с.$$

При такой угловой скорости перфорированной трубы контакт драже со стенкой отверстия не будет безударным.

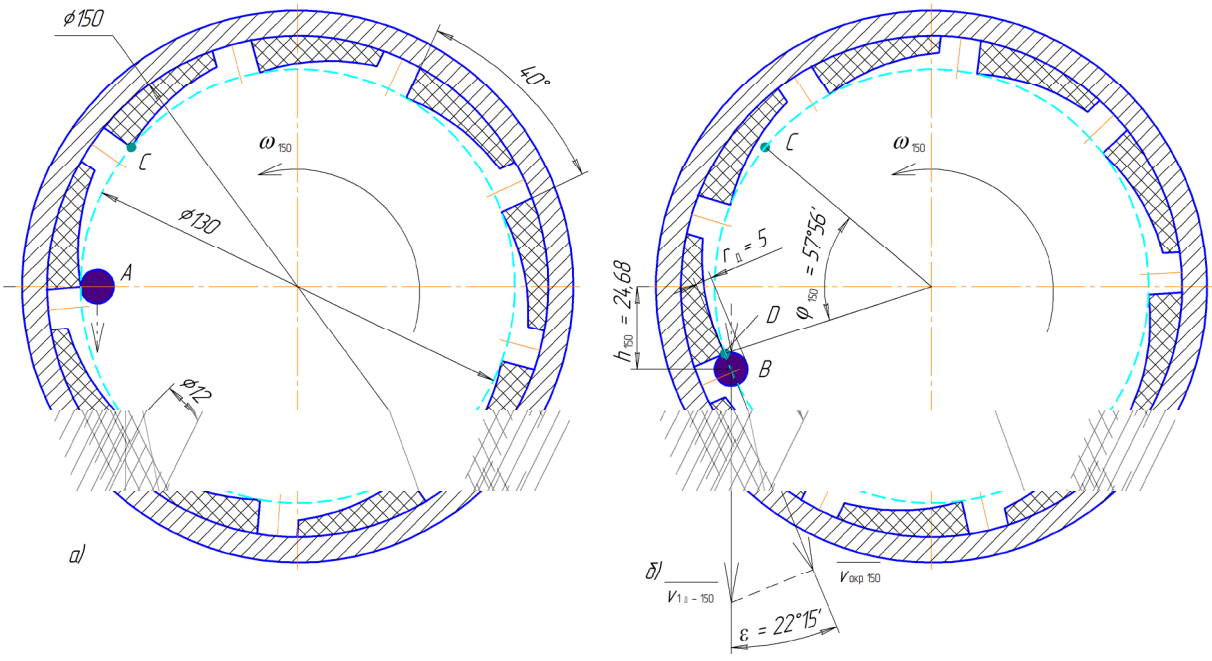

Рисунок 1 – Путь драже при оптимальном перемещении в отверстие перфорированной трубы внутренним диаметром 130 мм: а) начало падения; б) конец падения

Расчёт возможности оптимального небезударного попадания драже в отверстие перфорированной трубы

За один оборот перфорированной трубы будет высеяно в рядок n_{o-i} семян. За одну секунду будет высеяно семян в один рядок:

$$n_c = \frac{\omega_i}{2\pi} n_{o-i}. \quad (2)$$

Так как расстояние между семенами $c = 0{,}04$ *м*, то расчётная скорость агрегата:

$$v_{агр\,р} = c n_{o-i}. \quad (3)$$

Результаты. По формулам (1), (2), (3) вычислим расчётную скорость агрегата. Результаты вычислений представлены в таблице 1.

На рисунках 2–4 представлены зависимости между параметрами при небезударном контакте драже со стенкой отверстия. Зависимости между параметрами при небезударном контакте драже со стенкой отверстия можно аппроксимировать уравнениями, показанными на полях графиков.

На рисунке 5 показана зависимость скорости агрегата при оптимальном перемещении в отверстие и при безударном и небезударном контакте драже со стенкой отверстия от наружного диаметра перфорированной трубы.

Изменение скорости агрегата в зависимости от наружного диаметра перфорированной трубы можно аппроксимировать с высокой точностью линейными зависимостями:

– при безударном контакте драже со стенкой отверстия: $v_a = 0{,}1749 d_{n\,н} + 0{,}3944$;

– при небезударном контакте драже со стенкой отверстия: $v_a = 0{,}0614 d_{n\,н} + 0{,}7442$.

Таблица 1 – Расчёт параметров при оптимальном варианте посева семян и небезударном контакте драже со стенкой отверстия

Наружный диаметр перф. трубы, мм	Время падения драже, с	Угол поворота перф. трубы, рад	Угловая скорость перф. трубы, рад/с	Количество отверстий в перф. трубе, шт.	Количество семян в рядке за секунду, шт.	Скорость агрегата, м/с
150	0,071	1,01	14,22	9	20,38	0,82
175	0,076	0,79	10,39	13	21,52	0,86
200	0,079	0,637	8,063	18	23,11	0,92
225	0,081	0,546	6,74	23	24,69	0,99
250	0,084	0,475	5,65	29	26,11	1,04
275	0,086	0,421	4,89	36	28,06	1,12

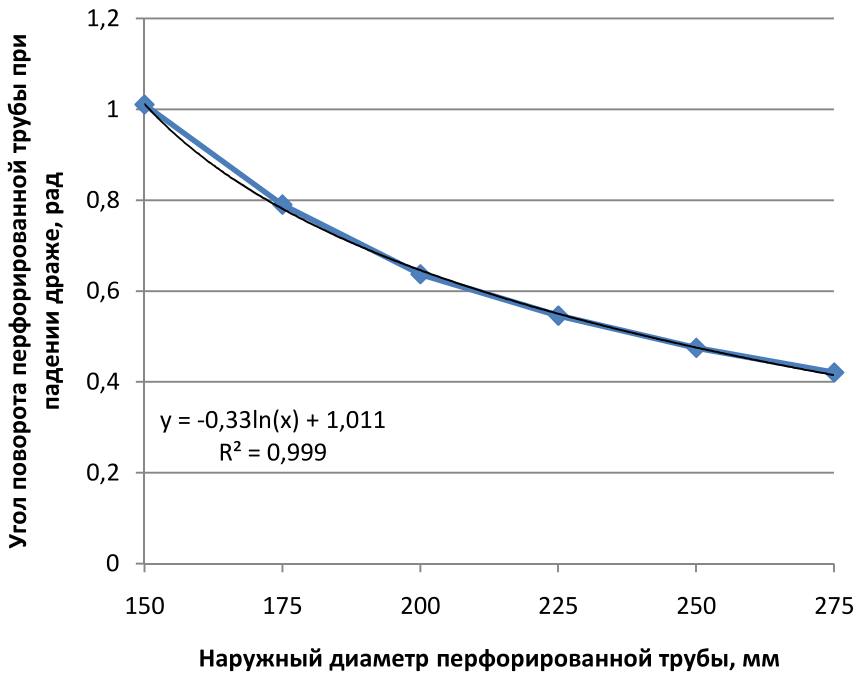

Рисунок 2 – Зависимость угла поворота перфорированной трубы при оптимальном перемещении в отверстие и при небезударном контакте драже со стенкой отверстия от наружного диаметра перфорированной трубы

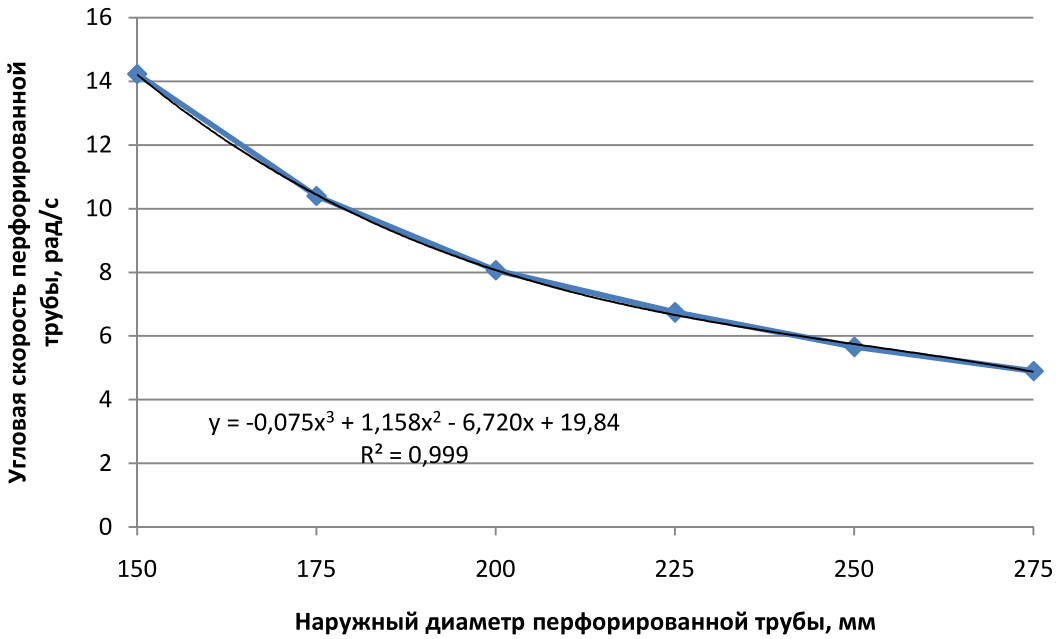

Рисунок 3 – Зависимость угловой скорости перфорированной трубы при оптимальном перемещении в отверстие и при небезударном контакте драже со стенкой отверстия от наружного диаметра перфорированной трубы

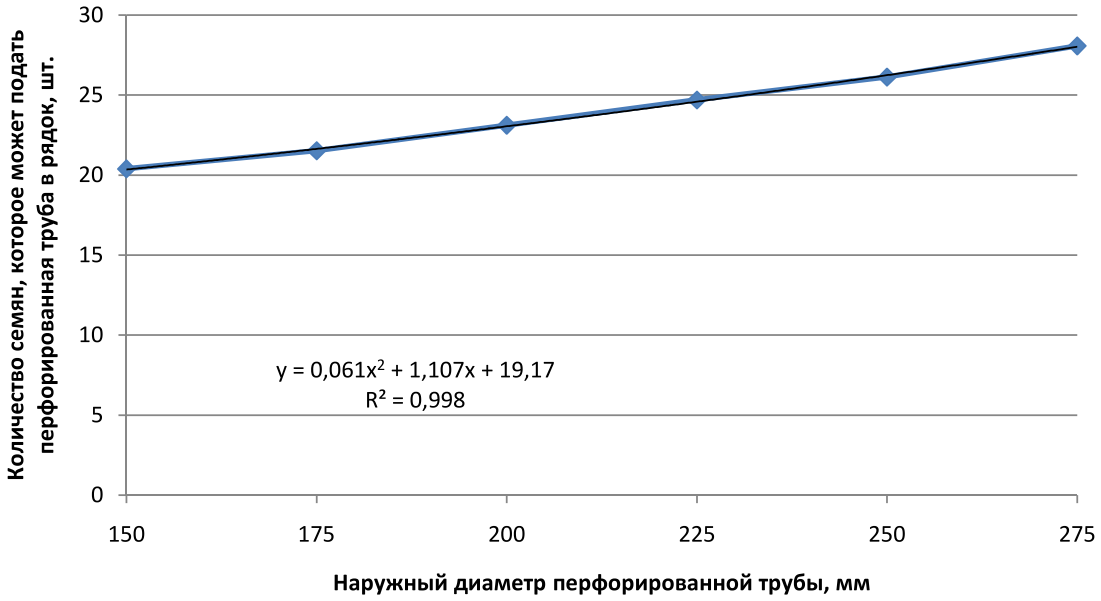

Рисунок 4 – Зависимость количества семян, которое может подать перфорированная труба в рядок при оптимальном перемещении в отверстие и при небезударном контакте драже со стенкой отверстия, от наружного диаметра перфорированной трубы

Выводы:

– при такой конструкции перфорированной трубы применение высевающего устройства с наружным диаметром менее 200 мм невозможно;

– если наружный диаметр перфорированной трубы 200 мм, агрегат может двигаться на первой передаче первого диапазона со скоростью 0,93 м/с при безударном контакте драже со стенкой отверстия;

– размещение семян по полю на первой передаче первого диапазона при безударном контакте драже со стенкой отверстия возможно с понижен-

Расчёт возможности оптимального небезударного попадания драже в отверстие перфорированной трубы

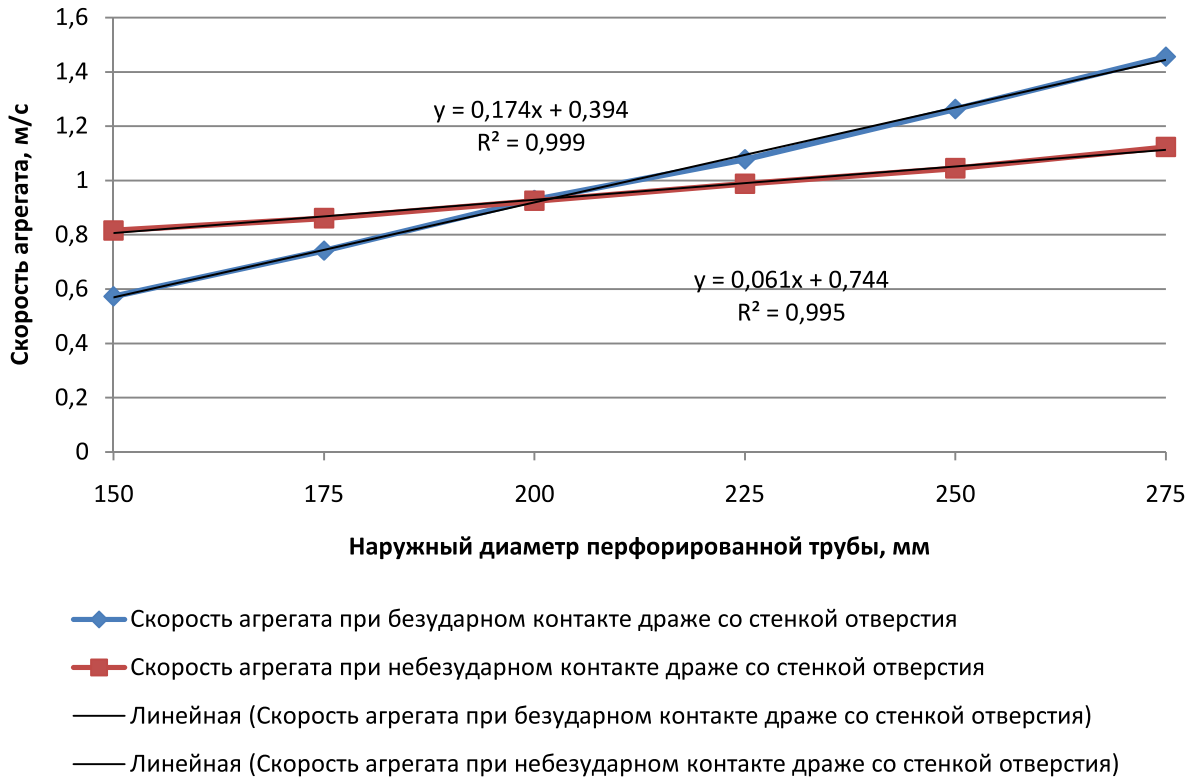

Рисунок 5 – Зависимость скорости агрегата при оптимальном перемещении в отверстие при безударном и небезударном контакте драже со стенкой отверстия от наружного диаметра перфорированной трубы

ной угловой скоростью коленчатого вала двигателя, если наружный диаметр перфорированной трубы 225 мм, 250 мм, 275 мм;

– если наружный диаметр перфорированной трубы 225 мм, 250 мм, 275 мм при движении агрегата с номинальной угловой скоростью коленчатого вала двигателя на первой передаче первого диапазона, размещение семян по полю возможно только при небезударном контакте драже со стенкой отверстия перфорированной трубы.

Список источников

1. Новиков М. А., Смелик В. А., Теплинский И. З. [и др.] Сельскохозяйственные машины. Технологические расчеты в примерах и задачах : учебное пособие / под ред. М. А. Новикова. Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2011. 208 с.

2. Устинов А. Н. Машины для посева и посадки сельскохозяйственных культур. М. : Агропромиздат, 1989. 159 с. ISBN 5-10-001178-5.

3. Альт В. В., Щукин С. Г., Вальков В. А. Концепция развития посевных машин // Достижения науки и техники. 2008. № 9. С. 44–48. ISSN 0235-2451.

4. Скурятин Н. Ф., Мерецкий С. В., Бондарев А. В. Посевная секция зернотуковой сеялки // Достижения науки и техники. 2008. № 9. С. 48–50. ISSN 0235-2451.

5. Ахалая Б. Х., Шагенов Ю. Х., Старовойтов С. И., Шогенов Ф. Х. Многооперационная комбинированная машина // Техника и оборудование для села. 2022. № 10 (304). С. 14–17. DOI 10.33267/2072-9642-2022-10-14-17.

6. Федоренко В. Ф., Петухов Д. А., Сердюк В. В. Формирование конструкций многофункциональных почвообрабатывающе-посевных агрегатов // Техника и оборудование для села. 2016. № 5. С. 35–41. ISSN 2072-9642.

7. Бричагина А. А., Степанов Н. В., Пальвинский В. В. Комбинированный агрегат для посева семян рапса // Актуальные вопросы аграрной науки. 2023. № 46. С. 6–13. eISSN 2411-6483.

8. Пат. 2407259 С1 Российская Федерация, МПК A01B 49/06 (2006.01), A01B 79/02 (2006.01). Устройство для обработки почвы и посева и способ обработки почвы / Николаев В. А. ; патентообладатель ФГОУ ВПО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. № 2009112969/21 ; заявл. 06.04.2009 ; опубл. 27.12.2010, Бюл. № 36. 16 с.

9. Николаев В. А., Кряклина И. В. Выбор диаметра перфорированной трубы устройства размещения семян в почве // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 1 (57). С. 62–67. DOI 10.35694/YARCX.2022.57.1.010.

10. Николаев В. А., Кряклина И. В. Определение диаметра перфорированной трубы для безударного попадания драже в отверстие // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 3 (59). С. 82–87. DOI 10.35694/YARCX.2022.59.3.011.

References

1. Novikov M. A., Smelik V. A., Teplinskij I. Z. [i dr.] Sel'skohozyajstvennye mashiny. Tekhnologicheskie raschety v primerah i zadachah : uchebnoe posobie / pod red. M. A. Novikova. Sankt-Peterburg : Prospekt Nauki, 2011. 208 s.

2. Ustinov A. N. Mashiny dlya poseva i posadki sel'skohozyajstvennyh kul'tur. M. : Agropromizdat, 1989. 159 s. ISBN 5-10-001178-5.

3. Al't V. V., Shchukin S. G., Val'kov V. A. Koncepciya razvitiya posevnyh mashin // Dostizheniya nauki i tekhniki. 2008. № 9. S. 44–48. ISSN 0235-2451.

4. Skuryatin N. F., Mereckij S. V., Bondarev A. V. Posevnaya sekciya zernotukovoj seyalki // Dostizheniya nauki i tekhniki. 2008. № 9. S. 48–50. ISSN 0235-2451.

5. Akhalaya B. Kh., Shagenov Yu. Kh., Starovojtov S. I., Shogenov F. Kh. Mnogooperacionnaya kombinirovannaya mashina // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2022. № 10 (304). S. 14–17. DOI 10.33267/2072-9642-2022-10-14-17.

6. Fedorenko V. F., Petuhov D. A., Serdyuk V. V. Formirovanie konstrukcij mnogofunkcional'nyh pochvoobrabatyvayushche-posevnyh agregatov // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2016. № 5. S. 35–41. ISSN 2072-9642.

7. Brichagina A. A., Stepanov N. V., Pal'vinskij V. V. Kombinirovannyj agregat dlya poseva semyan rapsa // Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki. 2023. № 46. S. 6–13. eISSN 2411-6483.

8. Pat. 2407259 S1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01V 49/06 (2006.01), A01V 79/02 (2006.01). Ustrojstvo dlya obrabotki pochvy i poseva i sposob obrabotki pochvy / Nikolaev V. A. ; patentoobladatel' FGOU VPO «Yaroslavskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya. № 2009112969/21 ; zayavl. 06.04.2009 ; opubl. 27.12.2010, Byul. № 36. 16 s.

9. Nikolaev V. A., Kryaklina I. V. Vybor diametra perforirovannoj truby ustrojstva razmeshcheniya semyan v pochve // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2022. № 1 (57). S. 62–67. DOI 10.35694/YARCX.2022.57.1.010.

10. Nikolaev V. A., Kryaklina I. V. Opredelenie diametra perforirovannoj truby dlya bezudarnogo popadaniya drazhe v otverstie // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2022. № 3 (59). S. 82–87. DOI 10.35694/YARCX.2022.59.3.011.

Сведения об авторах

Владимир Анатольевич Николаев – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры строительных и дорожных машин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный технический университет», spin-код: 8865-0397.

Ирина Витальевна Кряклина – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры механизации сельскохозяйственного производства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 3671-5289.

Information about the authors

Vladimir A. Nikolaev – Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of the Department of Construction and Road Machines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Technical University", spin-code: 8865-0397.

Irina V. Kryaklina – Candidate of Technical Sciences, Docent, Professor of the Department of the Department of Agricultural Production Mechanization, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 3671-5289.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.