Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Махаева Наталья Юрьевна
Должность: проректор по учебной и воспитательной работе, молодежной политике ФГБОУ ВО "Ярославский ГАУ"
Дата подписания: 02.02.2024 11:01:58
Уникальный программный ключ:
fa349ae3f25a45643d89cfb67187284ea10f48e8

Научная статья
УДК 631.362.3
doi:10.35694/YARCX.2022.59.3.011

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ПЕРФОРИРОВАННОЙ ТРУБЫ ДЛЯ БЕЗУДАРНОГО ПОПАДАНИЯ ДРАЖЕ В ОТВЕРСТИЕ

Владимир Анатольевич Николаев[1], Ирина Витальевна Кряклина[2]
[1]Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Россия
[2]Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, Ярославль, Россия
[1]nikolaev53@inbox.ru
[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. Перемещение драже из перфорированной трубы в отверстие должно быть таким, чтобы исключить выпадение из него драже обратно в перфорированную трубу. Одним из условий правильного посева является обеспечение оптимального безударного попадания драже в отверстие перфорированной трубы. Путём моделирования и расчётов установлена корреляция скорости агрегата с диаметром перфорированной трубы. Определены диаметры перфорированной трубы при разных скоростях движения комбинированного агрегата для обеспечения безударного попадания драже в отверстие перфорированной трубы.

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

DETERMINATION OF PERFORATED PIPE DIAMETER FOR NONIMPACT ENTRY OF DRAGEE INTO HOLE

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

Abstract. A combined unit for tillage and sowing ensuring optimal placement of seeds in the soil is proposed. An important element of the seed placement device is the perforated pipe. The movement of the dragee from the perforated pipe into the hole must be such as to prevent the dragee from falling out of it back into the perforated pipe. One of the conditions for proper sowing is to ensure optimal nonimpact entry of the dragee into the hole of the perforated pipe. By modeling and calculations, the correlation between the speed of the unit with the diameter of the perforated pipe was established. The diameters of the perforated pipe were determined at different speeds of movement of the combined unit to ensure nonimpact entry of the dragee into the hole of the perforated pipe.

Keywords: *combined tillage and sowing unit, optimal placement of seeds in the soil, seed placement device, perforated pipe*

Введение. Для создания оптимальных условий прорастания семян и развития растений необходимо обеспечить им 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 [3]. Важным элементом устройства размещения семян является перфорированная труба [4]. 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 пер-

вым и вторым сбрасывателем. На основании проведённых исследований [4] предварительно определён оптимальный наружный диаметр, количество отверстий в поперечном сечении перфорированной трубы и угол между осями этих отверстий. Одним из условий правильного посева является обеспечение оптимального безударного попадания драже в отверстие перфорированной трубы.

Целью данной работы является определение диаметров перфорированной трубы при разных скоростях движения комбинированного агрегата для обеспечения безударного попадания драже в отверстие перфорированной трубы.

Методика. Перемещение драже из перфорированной трубы в почву включает четыре этапа [3; 4]:

– перемещение из перфорированной трубы в отверстие так, чтобы исключить выпадение из него обратно в перфорированную трубу;

– перемещение в отверстии;

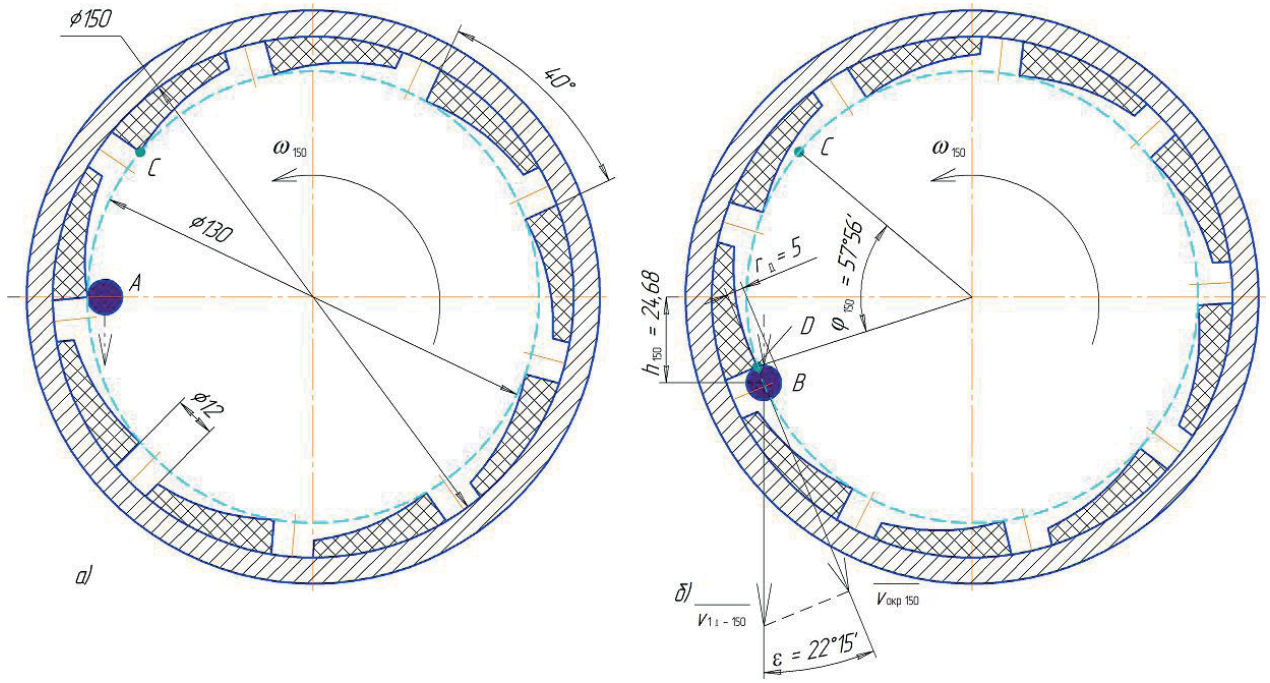
– выпадение из отверстия в сошник;

– перемещение по сошнику в почву.

При вращении перфорированная труба увлекает драже воздействием отверстий и силы трения. Сбрасыватели также не только смещают драже вдоль перфорированной трубы, но и способствуют их пересыпанию в перфорированной трубе. Поэтому драже в перфорированной трубе совершают движения, которые сложно проанализировать теоретически. Так как сложно установить вектор начальной скорости драже в момент начала его перемещения в отверстие перфорированной трубы, то есть в начале первой фазы, то примем начальную скорость драже равной нулю. Допустим, на драже в момент начала попадания в отверстие перфорированной трубы не влияют другие семена. То есть каждое драже в этот момент независимо от другого драже.

Чтобы драже раньше начало движение в отверстие, выполним жёлоб в перфорированной трубе, ось которого расположена в плоскости, перпендикулярной оси перфорированной трубы. Жёлоб начинается от предыдущего, по ходу вращения, отверстия перфорированной трубы. Максимальная глубина жёлоба у рассматриваемого отверстия превышает радиус драже $r_д$.

Допустим, пространство внутри перфорированной трубы достаточно заполнено драже. Оптимальным будет вариант, при котором перемещение драже в отверстие начнётся в точке A, соответствующей положению драже на горизонтальной оси перфорированной трубы, в момент, когда начало жёлоба также расположено на горизонтальной оси перфорированной трубы (рис. 1). Окончание первой фазы перемещения драже в отверстие в точке B. В этой точке стенка отверстия догоняет драже. При этом центр драже должен быть на траектории внутреннего диаметра перфорированной трубы. Если центр драже не достигнет траектории внутреннего диаметра перфорированной трубы, оно перфорированной трубой будет выброшено внутрь неё и не попадёт в сошник.



а) начало падения; б) конец падения.

Рисунок 1 – Путь драже при оптимальном перемещении в отверстие перфорированной трубы внутренним диаметром 130 мм

Предположим, что драже переместится в отверстие перфорированной трубы на глубину радиуса драже $r_д$ = 5 мм. Выполнив построения, определим путь драже при оптимальном перемещении в отверстие перфорированной трубы. За время падения драже точка C перфорированной трубы переместится в положение D. Соединив точки C и D с центром вращения перфорированной трубы, определим угол φ_i, на который повернётся перфорированная труба. Выполним аналогичные построения для перфорированных труб других диаметров.

Уравнение, описывающее падение драже, без учёта сопротивления воздуха,

$$h_i \geq \frac{g\tau_{1i}^2}{2}; \text{ допустим, } h_i = \frac{g\tau_{1i}^2}{2},$$

где h_i – высота падения драже в течение первой фазы из рисунка 1 h_{150} = 0,02468 $м$;

τ_{1i} – время падения в течение первой фазы.

Отсюда время падения

$$\tau_{1i} = \sqrt{\frac{2h_i}{g}}; \quad (1)$$

$$\tau_{1-150} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}02468}{9{,}8}} \approx 0{,}071\ с.$$

Конечная скорость драже

$$v_{1\,\partial i} = g\,\tau_{1i}; \quad (2)$$

$$v_{1\,\partial-150} = 9{,}8 \cdot 0{,}071 \approx 0{,}696\ м/с.$$

Для безударного контакта драже со стенкой отверстия проекция его конечной скорости во время падения на касательную к окружности, соответствующей внутреннему диаметру перфорированной трубы (на рис. 1 штриховая основная линия), в точке D должна быть равна окружной скорости внутренней поверхности перфорированной трубы

$$v_{\partial i} \cos\varepsilon = v_{окрi}. \quad (3)$$

$$v_{окр\,150} = 0{,}696 \cdot \cos 22{,}25° \approx 0{,}65\ м/с$$

Угловая скорость перфорированной трубы:

$$\omega_i = \frac{v_{окрi}}{r_i}. \quad (4)$$

Так как внутренний радиус перфорированной трубы r_{150} = 65 мм, то

$$\omega_{150} = \frac{0{,}65}{0{,}065} = 10\ рад/с.$$

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

$$n_c = \frac{\omega_i}{2\pi} n_{o-i}. \quad (5)$$

Если наружный диаметр перфорированной трубы 150 мм, то за один её оборот будет высеяно в рядок 9 семян. Тогда за одну секунду будет высеяно семян в один рядок:

$$n_{c-150} = \frac{10}{2 \cdot 3\ 14} \cdot 9 \approx 14{,}33\ шт.$$

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

$$v_{агрр} = c n_{o-i}. \quad (6)$$

Если наружный диаметр перфорированной трубы 150 мм, то расчётная скорость агрегата:

$$v_{агрр} = 0{,}04 \cdot 14{,}33 \approx 0{,}57\ м/с.$$

Результаты. Аналогичные расчёты при различном диаметре перфорированной трубы сведём

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

Наруж. диаметр перф. трубы, мм	Высота падения драже, м	Время падения драже, с	Конеч. скорость, м/с	Окруж. скорость, м/с	Внутр. радиус перф. трубы, м	Угл. скор. перф. трубы, рад/с	К-во отв., шт.	К-во семян в рядке за секунду, шт.	Скорость агрегата, м/с
150	0,02468	0,071	0,6958	0,65	0,065	10	9	14,33	0,57
175	0,02828	0,076	0,7448	0,694	0,0775	8,95	13	18,53	0,74
200	0,03039	0,079	0,7742	0,729	0,09	8,1	18	23,21	0,93
225	0,0324	0,081	0,7938	0,754	0,1025	7,35	23	26,94	1,08
250	0,03428	0,084	0,8232	0,786	0,115	6,83	29	31,56	1,26
275	0,03604	0,086	0,8428	0,809	0,1275	6,34	36	36,37	1,45

в таблицу 1. На рисунках 2–5 представлены зависимости между параметрами при безударном контакте драже со стенкой отверстия.

Зависимости между параметрами при безударном контакте драже со стенкой отверстия можно аппроксимировать уравнениями, показанными на полях графиков.

Вывод. В результате моделирования и расчётов определены диаметры перфорированной трубы при разных скоростях движения комбини-

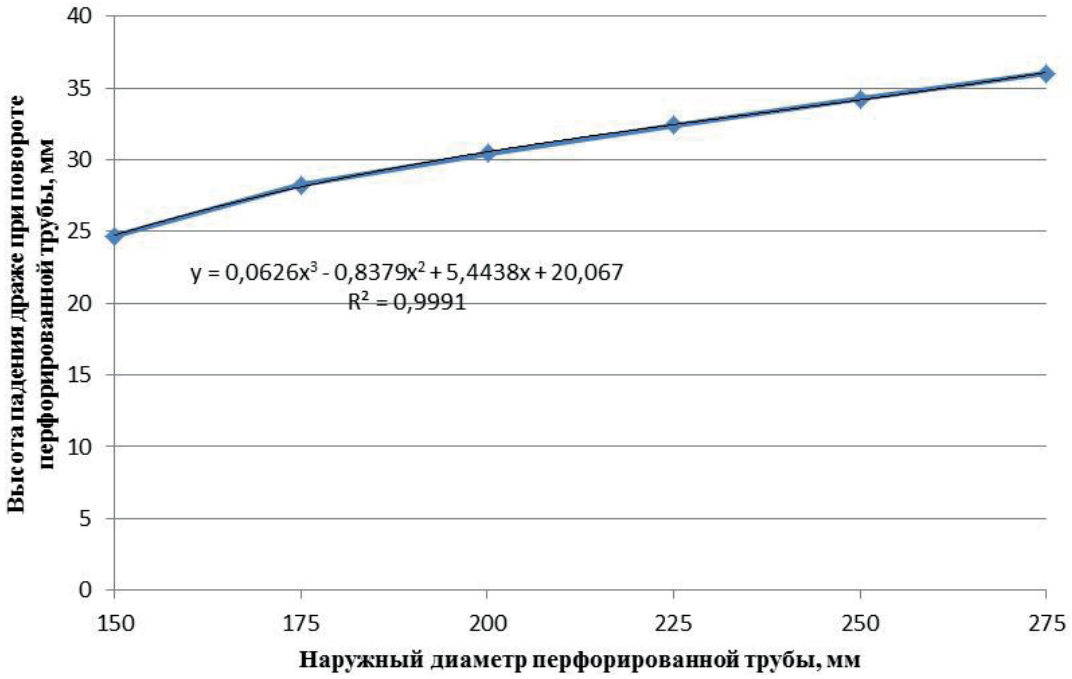


Рисунок 2 – Зависимость высоты падения драже при оптимальном перемещении в отверстие и при безударном контакте драже со стенкой отверстия от наружного диаметра перфорированной трубы

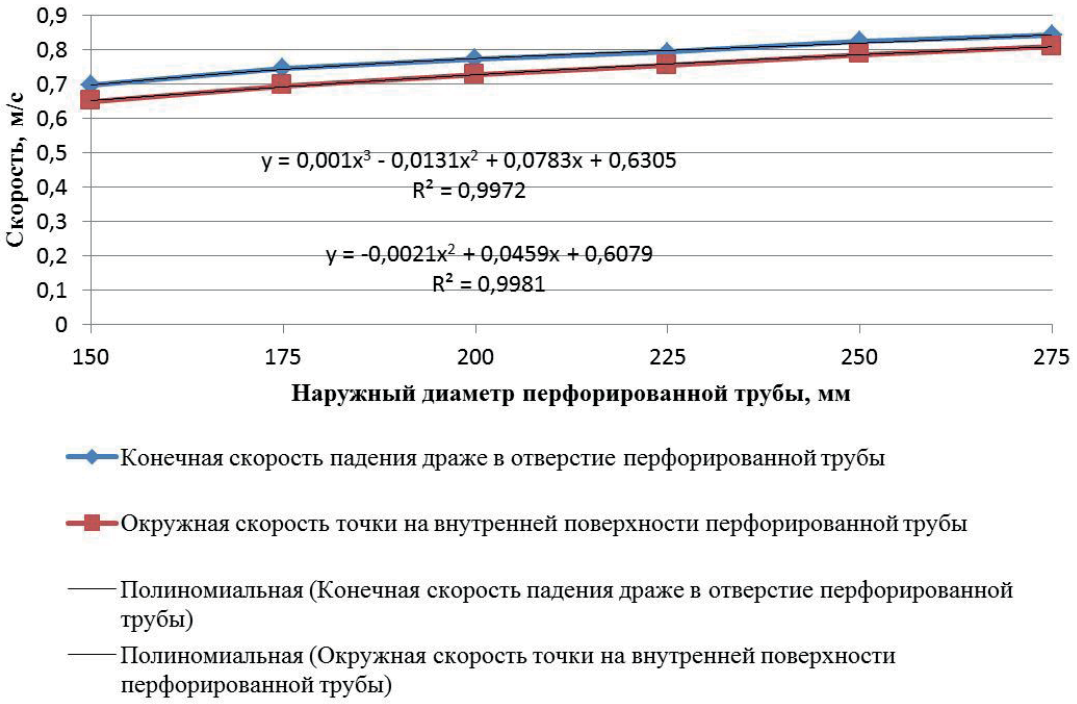


Рисунок 3 – Зависимость конечной скорости падения драже и окружной скорости точки на внутренней поверхности перфорированной трубы при оптимальном перемещении в отверстие и при безударном контакте драже со стенкой отверстия от наружного диаметра перфорированной трубы

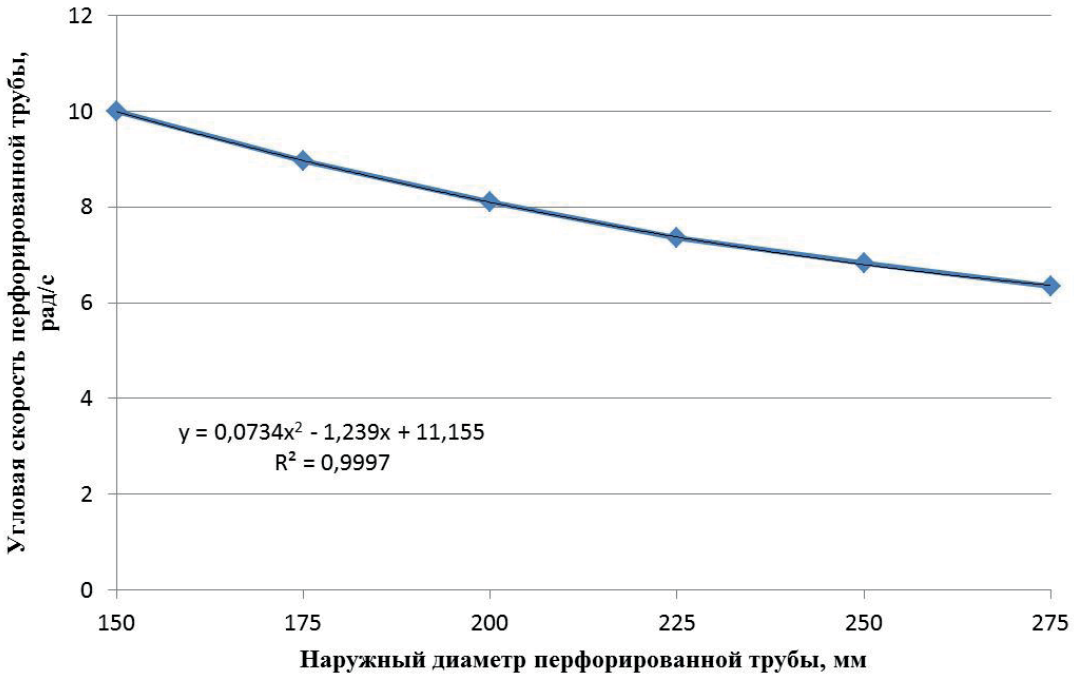


Рисунок 4 – Зависимость угловой скорости перфорированной трубы при оптимальном перемещении в отверстие и при безударном контакте драже со стенкой отверстия от наружного диаметра перфорированной трубы

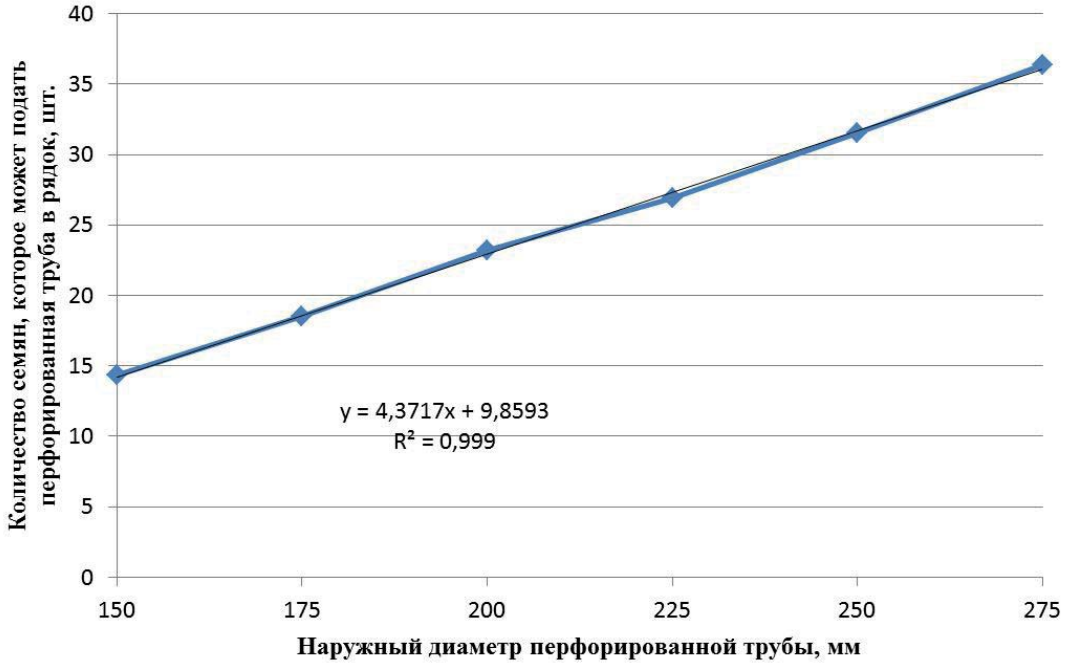


Рисунок 5 – Зависимость количества семян, которое может подать перфорированная труба в рядок при оптимальном перемещении в отверстие и при безударном контакте драже со стенкой отверстия, от наружного диаметра перфорированной трубы

рованного агрегата для обеспечения безударного попадания драже в отверстие перфорированной трубы.

При агрегатировании с трактором ХТЗ-17221 и полной подаче топлива в двигатель скорость агрегата на первом диапазоне, согласно технической характеристике: на первой передаче – 0,93 м/с, на второй – 1,06 м/с, на третьей – 1,25 м/с, на четвёртой – 1,66 м/с. Скорость агрегата на втором диапазоне, соответственно: 2,27 м/с; 2,66 м/с; 3,15 м/с; 3,58 м/с. Из таблицы 1 и рисунков видно, что безударный контакт драже со стенкой отверстия возможен, если агрегат движется на первой передаче первого диапазона, когда наруж-

ный диаметр перфорированной трубы 200 мм; на второй передаче первого диапазона, когда наружный диаметр перфорированной трубы 225 мм; на третьей передаче первого диапазона, когда наружный диаметр перфорированной трубы 250 мм или 275 мм.

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. СПб. : 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. Пат. 2407259 C1 Российская Федерация, МПК A01 49/06 (2006.01), A01B 49/06 (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. 14 с.

4. Николаев В. А., Кряклина И. В. Выбор диаметра перфорированной трубы устройства размещения семян в почве // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 1 (57). С. 62–67. ISBN 1998-1635.

References

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

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

3. Pat. 2407259 S1 Rossijskaja Federacija, MPK A01 49/06 (2006.01), A01V 49/06 (2006.01). Ustrojstvo dlja obrabotki pochvy i poseva i sposob obrabotki pochvy / Nikolaev V. A. ; patentoobladatel' FGOU VPO «Jaroslavskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija». № 2009112969/21 ; zajavl. 06.04.2009 ; opubl. 27.12.2010, Bjul. № 36. 14 s.

4. Nikolaev V. A., Kryaklina I. V. Vybor diametra perforirovannoj truby ustrojstva razmeshhenija semjan v pochve // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. 2022. № 1 (57). S. 62–67. ISBN 1998-1635.

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, доцент кафедры механизации сельскохозяйственного производства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 3671-5289.

Information about the authors

Vladimir A. Nikolaev – Doctor of Technical Sciences, Docent, Associate 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, Associate Professor of the Department of Agricultural Production Mechanization, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agricultural Academy", spin-code: 3671-5289.

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