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:
fa349ae312ba4b4b43a89c4b81a7284ea10f48e8

Научная статья
УДК 631.362.3
doi:10.35694/YARCX.2022.57.1.010

ВЫБОР ДИАМЕТРА ПЕРФОРИРОВАННОЙ ТРУБЫ УСТРОЙСТВА РАЗМЕЩЕНИЯ СЕМЯН В ПОЧВЕ

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@yarcx.ru, ORCID 0000-0002-2573-9712

Реферат. Для создания оптимальных условий прорастания семян и развития растений необходимо обеспечить им оптимальную площадь питания. Она представляет квадрат со сторонами приблизительно 40 х 40 мм. Предложен комбинированный агрегат обработки почвы и посева, обеспечивающий оптимальное размещение семян в почве. В состав агрегата входит устройство размещения семян в почве. Важным элементом устройства размещения семян является перфорированная труба. 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 исходя из возможного количества драже между первым и вторым сбрасывателем. На основании проведённых исследований определён оптимальный наружный диаметр, количество отверстий в поперечном сечении перфорированной трубы и угол между осями этих отверстий.

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

SELECTION OF PERFORATED PIPE DIAMETER OF SEED PLACEMENT DEVICE IN THE SOIL

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@yarcx.ru, ORCID 0000-0002-2573-9712

Abstract. To create optimal conditions for seed germination and plant development, it is necessary to provide them with an optimal feeding area. It represents a square with sides of approximately 40 x 40 mm. A combined unit for tillage and sowing is proposed which ensures optimal placement of seeds in the soil. The unit includes a device for placing seeds in the soil. An important element of the seed placement device is a perforated pipe. As a result of calculations and spatial modeling, the following dependencies were revealed: the number of dragees between the first and second ejector from the outside diameter of the perforated pipe, maximum number of holes from the outside diameter of the perforated pipe, based on the geometry of the perforated pipe and based on the possible number of dragges between the first and second ejector. Based on the researches conducted the optimal outside diameter, the number of holes in the cross section of the perforated pipe and the angle between the axes of these holes were determined.

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

Введение. Основным направлением совершенствования сеялок является такое размещение семян в почве, при котором создаются оптимальные условия их прорастания и развития растений [1; 2]. Для этого техническое средство должно распределить семена на поле так, чтобы обеспечить оптимальную площадь питания каждого растения.

Методика. В среднем оптимальным удельным количеством зерновых культур является 600 растений на один квадратный метр площади поля [3]. Следовательно, площадь питания одного растения должна быть $1000000 : 600 \approx 1667\ мм^2$. Она представляет квадрат со сторонами приблизительно $40 \times 40\ мм$. Ни одна применяемая сеялка не обеспечивает такого распределения семян.

Сеялка должна обеспечить минимальное повреждение семян при их размещении в почве. Повреждение семян происходит при их дозировании и транспортировке от семенного ящика до почвы. Несмотря на попытки уменьшить повреждение семян, существенный прогресс в этом пока не достигнут. Решение проблемы равномерного распределения семян в почве и исключения при этом их повреждения трудноосуществимо без дражирования семян. При использовании дражированных семян появляется возможность как осуществить их точное дозирование, так и защиту от повреждений при дозировании и транспортировке от семенного ящика до почвы.

Дражирование заключается в покрытии каждого семени оболочкой, придание ему формы шара, сушке и калибровании. В состав оболочки можно включить компоненты, необходимые для питания растений в начальный период их развития, пестициды, защищающие растение от сорняков, вредителей и болезней. Чтобы не было деформирования семян зерновых культур при дражировании, драже должно быть диаметром не менее 10 мм. С целью уменьшения влияния климатического фактора для обеспечения поступления достаточного количества влаги к дражированным семенам необходимо:

а) осуществлять посев семян одновременно с предпосевной обработкой почвы;

б) равномерно распределять семена по поверхности поля;

в) одновременно с посевом уплотнять почву для увеличения площади её контакта с драже;

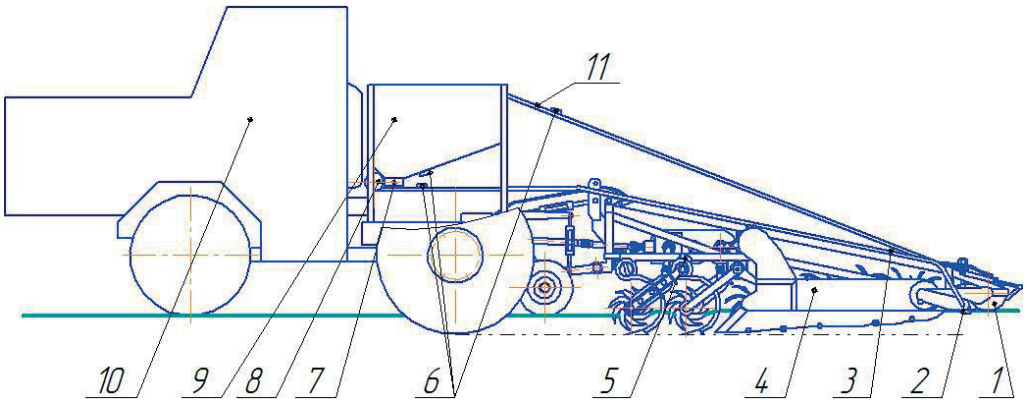
г) уменьшить темп испарения влаги из почвы после посева семян.

Этим требованиям удовлетворяет размещение на поле семян комбинированным агрегатом обработки почвы и посева (рис. 1) [4].

Комбинированный агрегат обработки почвы и посева содержит трактор 10, на технологической площадке которого размещён семенной ящик 9. Под семенным ящиком установлено дозирующее устройство 7 и вентилятор 8, соединённый трубой подачи 3 семян с устройством размещения семян 2. На семенном ящике, трубе подачи семян и трубе возврата 11 расположены датчики 6. На семенном ящике установлен датчик уровня, на трубе подачи – датчик подачи, а на трубе возврата – датчик возврата. В кабине трактора расположен блок управления и дисплей. К трактору присоединён первый модуль 5, к нему – второй модуль 4. Ко второму модулю, кроме устройства размещения семян, присоединён камнесборник 1. Вращающий момент от вала отбора мощности трактора передаётся на первый модуль, от него – на второй модуль.

Устройство размещения семян (рис. 2) содержит корпус с приваренными к нему сошниками [5]. В сошники вставлены кольца заделки семян. Внутри корпуса установлена перфорированная труба. Внутри неё, в промежутках между отверстиями «*Л*», установлены сбрасыватели (на рисунке не показаны), которые во взаимодействии с потоком воздуха подталкивают семена к отверстиям вращающейся перфорированной трубы. Поскольку частота вращения вала отбора мощности (ВОМ) фиксированная, агрегат должен перемещаться по полю на строго определённой передаче.

Первый модуль производит предварительную, а второй – окончательную обработку почвы. Корпус устройства размещения семян скользит по



1 – камнесборник; 2 – устройство размещения семян; 3 – труба подачи; 4 – второй модуль; 5 – первый модуль; 6 – датчики; 7 – дозирующее устройство; 8 – вентилятор; 9 – семенной ящик; 10 – трактор; 11 – труба возврата.

Рисунок 1 – Комбинированный агрегат обработки почвы и посева, вид слева

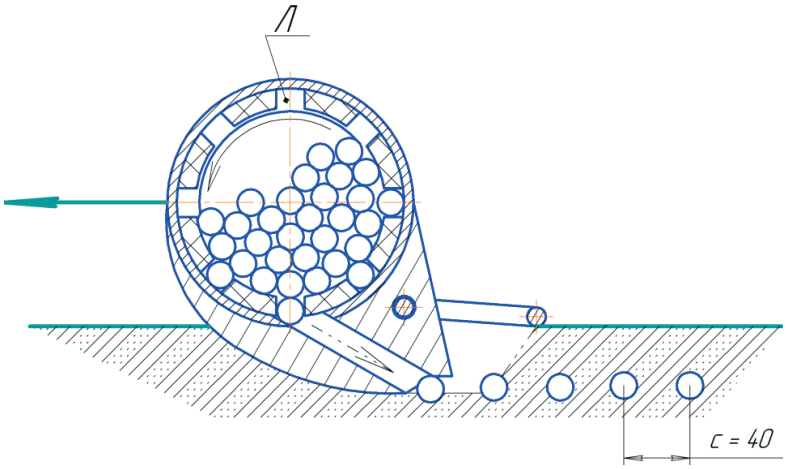


Рисунок 2 – Размещение дражированных семян в почве

поверхности почвы, копируя и слегка выравнивая её. Сошники раздвигают почву и уплотняют ложе для семян. Дражированные семена из семенного ящика через дозирующее устройство поступают к вентилятору, где их подхватывает воздушный поток и транспортирует по трубе подачи в устройство размещения семян. Из отверстий перфорированной трубы семена перемещаются в отверстие сошника под действием сил тяжести, инерции и избыточного давления в устройстве размещения семян, создаваемого вентилятором. Драже вылетают через отверстие сошника в почву, а кольцо заделки семян засыпает их почвой. Неиспользованные семена возвращаются в семенной ящик по трубе возврата. Количество возвращаемых семян должно быть минимальным. Количество подаваемых и возвращаемых семян контролируют датчики. Сигналы с датчиков поступают на блок управления. Он обрабатывает информацию. Информация о ходе процесса дозирования и наличии семян в семенном ящике выведена на дисплей.

Для равномерного распределения растений в почве расстояние между сошниками должно быть $b = 40\ мм$и расстояние между семенами в рядке также $c = 40\ мм$ [6]. Так как ширина захвата комбинированного агрегата обработки почвы $B = 2{,}4\ м$, количество сошников $n_{сош} = 59\ шт.$ Примем толщину перфорированной трубы 10 мм, соответствующую диаметру драже. Угловая скорость перфорированной трубы зависит от количества отверстий «*Л*» в ней. С одной стороны, количество отверстий «*Л*» должно быть максимальным, чтобы уменьшить угловую скорость, а, следовательно, изнашиваемость перфорированной трубы и травмируемость драже. С другой стороны, чрезмерное количество отверстий «*Л*» приведёт к потере прочности перфорированной трубы. Поэтому важнейшим параметром, который следует определить, является наружный диаметр перфорированной трубы.

Рассмотрим перфорированные трубы с наружным диаметром: $d_{н\,п} = 100$ мм, 125 мм, 150 мм, 175 мм, 200 мм, 225 мм, 250 мм, 275 мм, 300 мм. Из условия обеспечения жёсткости перемычка между отверстиями внутренней поверхности перфорированной трубы должна быть не менее $l_{пр} = 10\ мм$. Возможное максимальное количество отверстий в перфорированной трубе:

$$n_{o\,i} = \frac{\pi d_{в\,п}}{d_{отв} + l_{пр}}. \qquad (1)$$

В принятых к рассмотрению перфорированных трубах максимальное количество отверстий в поперечном сечении перфорированной трубы, соответственно, $n_o = 10, 15, 18, 22, 25, 28, 32, 36, 40$. Такое же количество драже с семенами перфорированная труба подаст в сошник за один оборот в один рядок. Угол между осями отверстий в перфорированной трубе, соответственно: 36°, 24°, 20°, 16,4°, 14,4°, 12,8°, 11,25°, 10°, 9°.

Для обеспечения необходимого количества семян, с целью размещения их в почве, драже должны быть в достаточном количестве во всех промежутках между отверстиями. Исключим воздействие потока воздуха и допустим, что на драже, расположенные в перфорированной трубе, действуют только сбрасыватели. Тогда количество драже между первым и вторым сбрасывателем должно быть достаточным для размещения семян в почве без пропусков по всей длине высевающего устройства. Допустим также, что за каждый оборот перфорированной трубы все драже между первым и вторым сбрасывателем перемещаются в промежуток между вторым и третьим сбрасывателем и так далее. Тогда необходимое количество драже между первым и вторым сбрасывателем, соответственно,

$$n_{н\,i} = n_o(n_{сош} - 1); \qquad (2)$$

$$n_{н\,100} = 580\ шт.;\ n_{н\,125} = 870\ шт.;$$

$n_{н\,150} = 1044\ шт.$; $n_{н\,175} = 1276\ шт.$;
$n_{н\,200} = 1450\ шт.$; $n_{н\,225} = 1624\ шт.$;
$n_{н\,250} = 1856\ шт.$; $n_{н\,275} = 2088\ шт.$;
$n_{н\,300} = 2320\ шт.$

На рисунке 3 показана зависимость ориентировочного количества драже между первым и вторым сбрасывателем от наружного диаметра перфорированной трубы.

Путём пространственного моделирования определим ориентировочное количество драже в перфорированной трубе в одном ряде. Без учёта драже в отверстиях и толщины сбрасывателей количество драже в ряде, соответственно: 54 шт., 93 шт., 135 шт., 191 шт., 262 шт., 334 шт., 424 шт., 520 шт., 629 шт.

Так как расстояние между сошниками 40 мм, то между сбрасывателями уместится условно

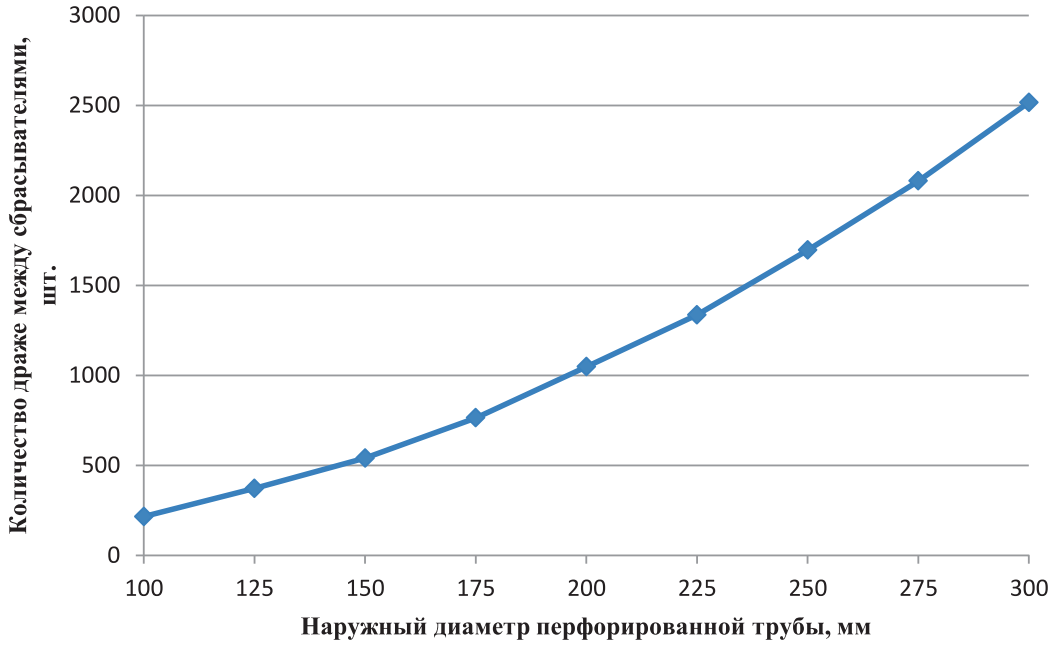


Рисунок 3 – Зависимость количества драже между первым и вторым сбрасывателем от наружного диаметра перфорированной трубы

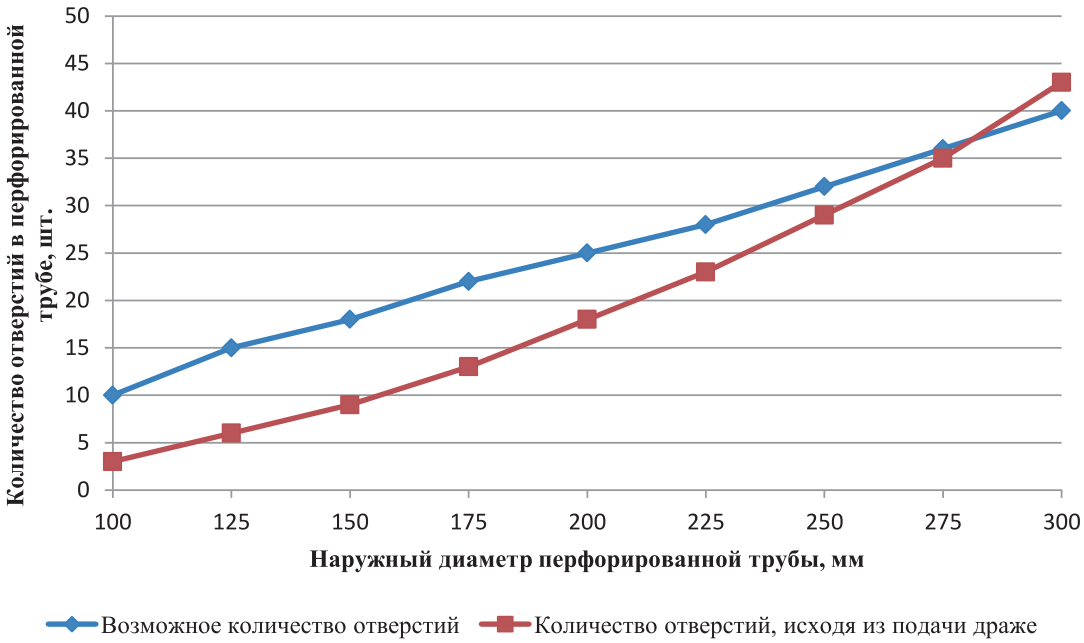


Рисунок 4 – Зависимости максимального количества отверстий от наружного диаметра перфорированной трубы, исходя из геометрии перфорированной трубы и исходя из возможного количества драже между первым и вторым сбрасывателем

4 ряда драже. Количество драже в четырёх рядах, соответственно: 216 шт., 372 шт., 540 шт., 764 шт., 1048 шт., 1336 шт., 1696 шт., 2080 шт. и 2516 шт. Исключив воздействие на драже потока воздуха и преобразовав формулу (2), определим количество отверстий в перфорированных трубах, исходя из возможного количества драже между первым и вторым сбрасывателем:

$$n_o = \frac{n_{1-2\,факт}}{n_{сош}-1}; \quad (3)$$

$$n_{o-100} = 3{,}7\ шт.;\ n_{o-125} = 6{,}4\ шт.;$$
$$n_{o-150} = 9{,}31\ шт.;\ n_{o-175} = 13{,}17\ шт.;$$
$$n_{o-200} = 18{,}06\ шт.;\ n_{o-225} = 23{,}03\ шт.;$$
$$n_{o-250} = 29{,}24\ шт.;$$
$$n_{o-275} = 35{,}86\ шт.;\ n_{o-300} = 43{,}38\ шт.$$

Округлим количество отверстий до целых чисел в сторону уменьшения. Построим зависимости возможного максимального количества отверстий от наружного диаметра перфорированной трубы, исходя из геометрии перфорированной трубы и исходя из возможного количества драже между первым и вторым сбрасывателем (рис. 4).

Вывод. Оптимальным является такой наружный диаметр перфорированной трубы, при котором значения на графике наиболее близки. Из графика видно, что оптимальной является перфорированная труба с наружным диаметром 275 мм. Примем 36 отверстий в поперечном сечении перфорированной трубы этого диаметра. Угол между осями отверстий 10°.

Список источников

1. Устинов, А. Н. Машины для посева и посадки сельскохозяйственных культур / А. Н. Устинов. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 159 с. – ISBN 5-10-001178-5. – Текст : непосредственный.

2. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные машины / Н. И. Кленин, С. Н. Киселев, А. Г. Левшин. – Москва : КолосС, 2008. – С. 6. (815 с.). – ISBN 978-5-9532-0455-2. – Текст : непосредственный.

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

4. Патент 2407259 С1, Российская Федерация, МПК A01B 49/06 (2006.01), A01B 49/06 (2006.01). Устройство для обработки почвы и посева и способ обработки почвы : № 2009112969/21 : заявлено 06.04.2009 : опубликовано 27.12.2010, Бюл. № 36 / Николаев В. А.; патентообладатель ФГОУ ВПО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия». – 14 с. – Текст : непосредственный.

5. Орлов, П. И. Основы конструирования. Кн. 2 / П. И. Орлов. – Москва : Машиностроение, 1988. – 542 с. – ISBN 5-217-00223-9. – Текст : непосредственный.

6. Турбин, Б. Г. Сельскохозяйственные машины. Теория и технологический расчет / Б. Г. Турбин, А. Б. Лурье, С. М. Григорьев [и др.] ; под ред. проф. Б. Г. Турбина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Машиностроение, 1967. – 583 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Ustinov, A. N. Mashiny dlja poseva i posadki sel'skohozjajstvennyh kul'tur / A. N. Ustinov. – Moskva : Agropromizdat, 1989. – 159 s. – ISBN 5-10-001178-5. – Tekst : neposredstvennyj.

2. Klenin, N. I. Sel'skohozjajstvennye mashiny / N. I. Klenin, S. N. Kiselev, A. G. Levshin. – Moskva : KolosS, 2008. – S. 6. (815 s.). – ISBN 978-5-9532-0455-2. – Tekst : neposredstvennyj.

3. Novikov, M. A. Sel'skohozjajstvennye mashiny. Tehnologicheskie raschety v primerah i zadachah : uchebnoe posobie / M. A. Novikov, V. A. Smelik, I. Z. Teplinskij [i dr.] ; pod red. M. A. Novikova. – Sankt-Peterburg : Prospekt Nauki, 2011. – 208 s. – Tekst : neposredstvennyj.

4. Patent 2407259 S1, Rossijskaja Federacija, MPK A01B 49/06 (2006.01), A01B 49/06 (2006.01). Ustrojstvo dlja obrabotki pochvy i poseva i sposob obrabotki pochvy : № 2009112969/21 : zajavleno 06.04.2009 : opublikovano 27.12.2010, Bjul. № 36 / Nikolaev V. A.; patentoobladatel' FGOU VPO «Jaroslavskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija». – 14 s. – Tekst : neposredstvennyj.

5. Orlov, P. I. Osnovy konstruirovanija. Kn. 2 / P. I. Orlov. – Moskva : Mashinostroenie, 1988. – 542 s. – ISBN 5-217-00223-9. – Tekst : neposredstvennyj.

6. Turbin, B. G. Sel'skohozjajstvennye mashiny. Teorija i tehnologicheskij raschet / B. G. Turbin, A. B. Lur'e, S. M. Grigor'ev [i dr.] ; pod red. prof. B. G. Turbina. – 2-e izd., pererab. i dop. – Leningrad : Mashinostroenie, 1967. – 583 s. – Tekst : neposredstvennyj.

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.

Официальный сайт
ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА:

www.yaragrovuz.ru

РУБРИКИ САЙТА:

Сведения об образовательной организации –
– Агросоветник – Образование – Абитуриенту –
– Наука и международная деятельность
(в том числе научный журнал «Вестник АПК Верхневолжья») –
– Дополнительное образование – Факультеты

Все выпуски журнала «Вестник АПК Верхневолжья» в полнотекстовом формате,
требования к оформлению рукописей, контакты на страничке:
http://yaragrovuz.ru/index.php/nauka-i-mezhdunarodnaya-deyatelnost/zhurnal-vestnik-apk-vekhnevolzhya