Тип статьи: научная
УДК 631.347.3.012.3.001.2
DOI: 10.35887/2305-2538-2023-1-116-123

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ХОДОВОЙ СИСТЕМЫ «КУБАНЬ-ЛК1» ПРИ ЗАРАВНИВАНИИ КОЛЕИ

Анатолий Иванович Рязанцев [1]***, Александр Николаевич Зазуля*** [2]***, Евгений Юрьевич Евсеев*** [3]***, Алексей Игоревич Смирнов*** [4]***, Алексей Олегович Антипов*** [5]***, Игорь Валерьевич Малько*** [6]

[1] *Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский р-он, пос. Радужный, Россия*
[1]*Рязанский государственный агротехнологический университет П. А. Костычева, г. Рязань, Россия*
[1]ryazantsev.41@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9829-8196
[2] *Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Россия*
[2]zazulja_an@rambler.ru
[1,3,4,5,6]*Государственный социально-гуманитарный университет, Московская обл. г.о. Коломна, Россия*
[3]evseev.evgeniy.1995@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-6133-2661
[5]antipov.aleksei2010@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-4374-163X

Автор ответственный за переписку: Анатолий Иванович Рязанцев, ryazantsev.41@mail.ru
Corresponding author: Anatoly Ryazantsev, ryazantsev.41@mail.ru

Реферат. *Вопросы увеличения показателей надежности работы мелиоративных систем, на примере многоопорной дождевальной машины(ДМ) «Кубань-ЛК1», работающей в движении по кругу рассматриваются в работе. Установлено, что в следствие увеличенной массы конструкции ДМ, возникает необходимость оснащения ходовых систем, движителями с увеличенной шириной профиля. Использование дискового заравнивающего устройства предлагается для ликвидации отрицательного воздействия колеи от ходовых систем ДМ. Отмечается, что дождевальная машина «Кубань-ЛК», ходовые системы которой оснащены пневматическими шинами типоразмера 18.4R24, образует колею до 0.30 м и более. С учетом постоянного статического давления на почву ДМ, обоснован показатель движителей – несущая способность почвы, определяемый зависимостью профессора А.И. Рязанцева. По данным поисковых исследований выявлено, что с увеличением числа полных оборотов машины по орошаемой поверхности, значения несущей способности возрастают, в среднем в 3.5 раза, как с установленным заравнивающим устройством, так и без него, поэтому возникает необходимость установки движителей с увеличенным удельным давлением в сравнении с серийными образцами. Было установлено в ходе проведения лабораторных, а также лабораторно-полевых испытаний, что при движении ДМ «Кубань-ЛК1», на одно колесо её ходовой системы, приходится давление равное 16 кН, следовательно она должна быть оборудована увеличенными по профилю шинами. Экспериментально выявлено, что установка, движителей указанного типоразмера снижает показатели по потреблению мощности мотор-редукторами на 25-26%, а также обеспечивает снижение площади повреждения сельскохозяйственной продукции в среднем на 33%.*

Ключевые слова: *дождевальная машина, работающая по кругу; дисковое заравнивающее устройство; надежность движения; энергозатраты на передвижение; опорные свойства ходовой системы; пневмошины; увеличенный профиль.*

EVALUATION OF THE PARAMETERS OF THE RUNNING SYSTEM "KUBAN-LK1" WHEN LEVELING THE TRACK

Anatoly Ryazantsev [1], Alexander Zazulya [2], Evgeny Evseev [3], Alexey Smirnov [4], Alexey Antipov [5], Igor Malko [6]

[1]All-Russian Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow region, Kolomenskoye district, village Raduzhny, Russian Federation

[2]All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation

[1]Ryazan State Agrotechnological University of P. A. Kostychev, Ryazan, Russia

[1,3,4] State Social and Humanitarian University, Moscow region, Kolomna, Russian Federation

[1]ryazantsev.41@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9829-8196

[2]zazulja_an@rambler.ru

[3]evseev.evgeniy.1995@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-6133-2661

[5]antipov.aleksei2010@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-4374-163X

Abstract. *Issues of increasing the reliability of the operation of reclamation systems, using the example of a multi-support sprinkling machine (DM) "Kuban-LK1", operating in motion in a circle, are considered in the work. It has been established that due to the increased mass of the DM structure, it becomes necessary to equip the running systems with propellers with an increased profile width. The use of a disk leveling device is proposed to eliminate the negative impact of the track from the running systems of the DM. It is noted that the Kuban-LK sprinkling machine, whose running systems are equipped with pneumatic tires of size 18.4R24, forms a track of up to 0.30 m or more. Taking into account the constant static pressure on the soil DM, the indicator of movers is justified - the bearing capacity of the soil, determined by the dependence of Professor A.I. Ryazantsev. According to exploratory studies, it was revealed that with an increase in the number of full revolutions of the machine on an irrigated surface, the values of the bearing capacity increase, on average, by 3.5 times, both with and without a leveling device installed, so it becomes necessary to install propellers with an increased specific pressure in comparison with serial samples. It was found in the course of laboratory, as well as laboratory and field tests, that when the DM "Kuban-LK1" moves, one wheel of its running system has a pressure equal to 16 kN, therefore it must be equipped with tires enlarged in profile. It has been experimentally found that the installation of propellers of the specified size reduces the power consumption of gearmotors by 25-26%, and also reduces the area of damage to agricultural products by an average of 33%.*

Keywords*: sprinkler machine working in a circle; disk leveling device; traffic reliability; energy consumption for movement; supporting properties of the running system; pneumatic tires; enlarged profile.*

Для цитирования: Рязанцев А.И., Зазуля А.Н., Евсеев Е.Ю., Смирнов А.И., Антипов А.О., Малько И.В. Оценка параметров ходовой системы «КУБАНЬ-ЛК1» при заравнивании колеи // Наука в центральной России. 2023. Т. 61, № 1. С. 116-123. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-1-116-123.

For citation: Ryazantsev A., Zazulya A., Evseev E., Smirnov A., Antipov A., Malko I. Evaluation of the parameters of the running system “KUBAN-LK1” when leveling the track. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2023; 61(1): 116-123. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-1-116-123.

Введение.

Одной из самых востребованных и производительных дождевальных машин (ДМ), работающих в движении по кругу, является «Кубань-ЛК1», которая получила широкое распространение в мире благодаря своим техническим характеристикам. Проводимые работы по усовершенствованию ее характеристик, не устранили один из главных недостатков – высокую массу конструкции, что требует оснащения ходовых систем ДМ энергоэффективными пневматическими колесами с увеличенным профилем. Однако, установка таким движителей не исключает образования широкой и глубокой колеи, при многократности проходов дождевальной машины за поливной сезон. Негативное влияние колеи от движителей ДМ сказывается на

условиях работы уборочной техники, что приводит к возрастанию показателей сопротивления качению и значительно увеличивает повреждаемость сельскохозяйственных культур. Исходя из этого, актуальной задачей является устранение указанных недостатков, что требует разработки и проведения технических и технологических мероприятий с учетом снижения энергетических затрат, повышения несущей способности орошаемой площади, и соответственно, снижения материальных потерь.

Анализ работ известных ученых, таких как Гаврилица А.А., Рязанцев А.И., Салдаев А.М., Цымбаленко С.В. показал, что при движении дождевальной машины «Кубань-ЛК1», оснащенной различными по конструкции движителями, образуется колея, глубина которой составляет до 0.30 и более, что вызывает увеличение энергозатрат ДМ, снижение тягово-сцепных характеристик, а также образование поверхностного стока воды, в зоне движения ходовых систем.

Наиболее эффективным решением по снижению отрицательного эффекта от образования колеи, является оснащение ходовых систем ДМ дисковыми заравнивающими устройствами, с дальнейшим проведением лабораторных и лабораторно-полевых исследований по оценке несущей способности почвы, засыпанной в колею, с учетом многократности проходом ДМ за поливной сезон и высыханием почвенной поверхности за время межполивного периода.

Материалы и методы.

Во время работы ДМ в старт-стопном режиме, в тяжелых рельефных условиях, ее ходовая система, оказывает статическое давление на орошаемую поверхность, что значительно деформирует ее. Из чего следует, что при расчете параметров движителей ДМ необходимо учитывать максимальное значение прочности почвы, т.е. несущую способность.

Определить показатели несущей способности поверхности передвижения ($P_{0пп1}$), возможно по зависимости (1) профессора Рязанцева А.И.:

$$P_{0пп1} = [P_{0дп1} - (1.4 \times m_{дост.1}^{0.65} + 8 \times 1.01^{m_{ст.1}})] \quad (1)$$

где: $P_{0дп1}$ — несущая способность почвы до полива, кПа; $P_{0пп1}$ — несущая способность почвы после полива, кПа; $m_{дост.1}$,— достоковая норма полива, м^3/га, $m_{ст.1}$ – стоковая норма полива, м^3/га.

Процесс высыхания суглинистой почвы, после работы заравнивающего устройства происходит за межполивной период, при этом ее влажность W уменьшается с 50% до 10% (рисунок 1). По данных поисковых исследований, в начале второго прохода ДМ, несущая способность увеличивается в среднем со 100 до 1000 кПа (рисунок 2, линия 2) и определятся по зависимости (2):

$$P_{0дп2} = aW + b \quad (2)$$

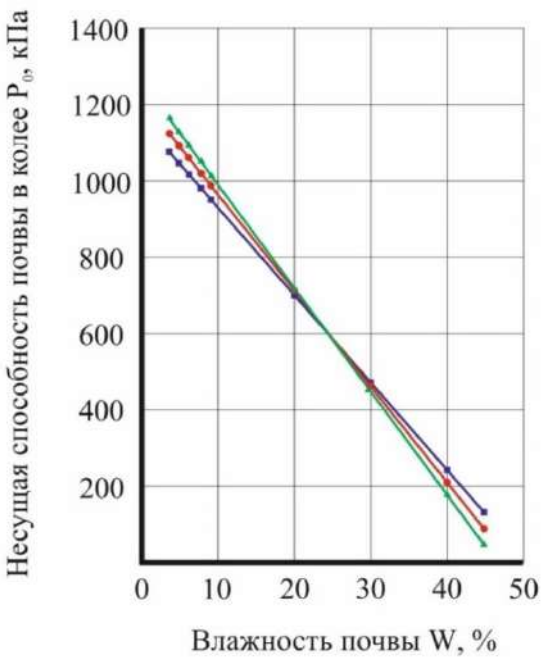
где: a и b - эмпирические коэффициенты.

Исходя из этого, во время второго прохода, показатели несущей способности поверхности передвижения снижаются до 340–360 кПа (линия 3 на рисунке 2) и определяется по выражению (3):

$$P_{0пп2} = [P_{0дп2} - (1.4 \times m_{дост.2}^{0.65} + 8 \times 1.01^{m_{ст.2}})] \quad (3)$$

где: $m_{дост.2}$,— достоковая норма полива после второго прохода, м^3/га, $m_{ст.2}$ – значение величины стока, после второго прохода, м^3/га.

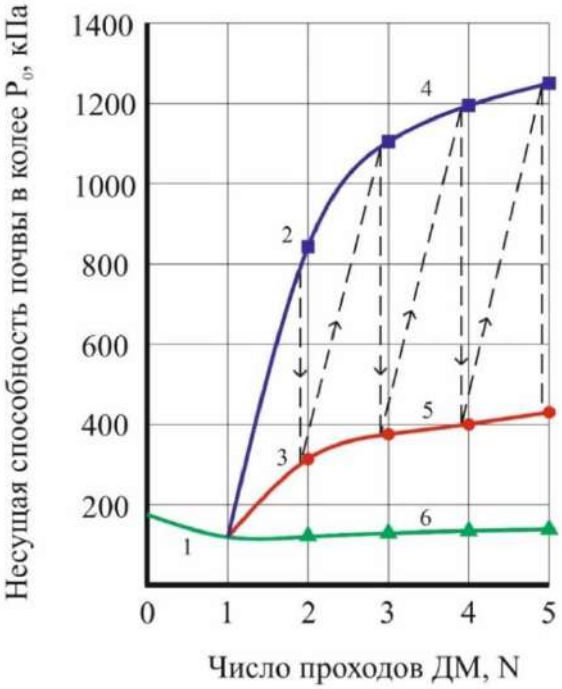
Исходя из выражения (3) можно заключить, что при последующих проходах дождевальной машины с установленным на ходовой системе заравнивающим устройством видно, что показатели несущей способности почвы возрастают (линии 4, 5 на рисунке 2 – с заравнивающим устройством, линия 6 на рисунке 2 – без заравнивающего устройства).



- опыт 1; - опыт 2; - опыт 3.

1, 2, 3 - повторности опытов

Рисунок 1 – Зависимость влажности почвы от несущей способности (показатели получены при лабораторно-полевых исследованиях в АО «Озёры» Московской обл.).



кривая 4 и 5 – с установленным заравнивающим устройством, кривая 6 – без него

Рисунок 2 - Зависимость несущей способности от числа проходов ДМ.

Возрастание показателей несущей способности поверхности орошаемого круга (после второго и последующих проходов), в среднем в 3.5 раза (340–360 кПа – с заравнивающим устройством, 80-100 – без него), дало возможность оснащать ходовые системы ДМ, движителями с увеличенным удельным давлением в сравнении с серийными образцами (например: шинами 11.2R24 с узким профилем).

Полевые исследования усовершенствованной ДМ «Кубань-ЛК1» проводились на предприятии ОА «Озеры» в Коломенском районе Московской области, на базовой модификации машины (10 тележек, длиной 474 м.), при поливе картофеля. В ходе исследований определялись показатели энергозатрат и параметров колеи ходовых систем ДМ, оборудованной различными пневматическими движителями.

В ходе подготовки к проведению исследований последняя тележка ДМ «Кубань-ЛК1» оснащалась серийными пневматическими шинами 18.4R24 и опытными образцами 11.2R44, с установленным, за соответствующим движителем, заравнивающим устройством (рисунок 3). В ходе проведения лабораторно-полевых испытаний, при определении изменения варьируемых величин использовались данные экспертной оценки, а также априорные данные и значения лабораторных испытаний.

а – движитель 18.4R24 б - движитель 11.2R44

Рисунок 3 – Ходовая система ДМ с установленным заравнивающим устройством.

Результаты и обсуждение. Один из показателей, определяемых в ходе лабораторно и лабораторно-полевых исследований, энергетические затраты на качение ДМ, ходовая система которой, оснащалась различными типоразмерами движителей. По экспериментальным данным, было выведено выражение регрессии (4), в котором многочлены определены из погрешности аппроксимации (до 5%), а также построена многофакторная зависимость (рисунок 4).

$$f = 0.6614 - 0.0004 \times B - 0.0035 \times P_0 + 2.4291E - 19 \times B^2 + 7.4074E - 7 \times B \times P_0 + 5.1111E - 6 \times P_0^2 \quad (4)$$

Наименьшие энергетические затраты (коэффициент сопротивления качению $f = 0.05 – 0.10$), как показатели исследования, обеспечиваются за счет повышения несущей способности почвы, так при заравнивании колеи $P_0 = 320 - 350$ кПа, без заравнивания $P_0 = 70 - 80$ кПа, что соответствует $f = 0.28 – 0.32$.

Благодаря значительному повышению несущей способности почвы, в зоне работы ДМ, и уменьшению энергетических затрат на движение, согласно рисунку 4, возможно оснащение

ходовых систем тележек пневмошинами 11.2R44 с шириной профиля (B) 300 мм., вместо серийных образцов типоразмера 18.4R24 с шириной профиля (B) 460 мм.

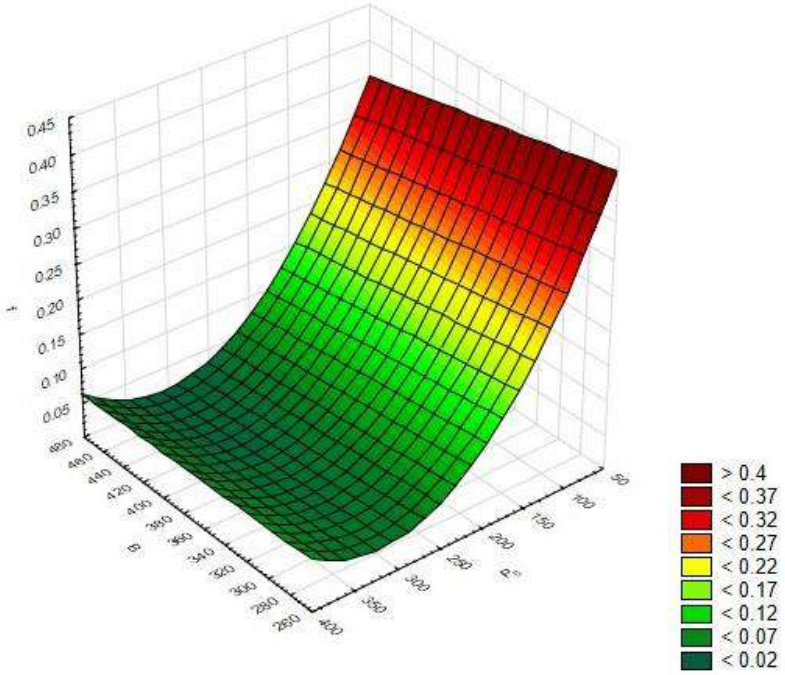


Рисунок 4 – Многофакторная зависимость коэффициента сопротивления качению от ширины профиля пневматических шин и несущей способности почвы после 5 прохода.

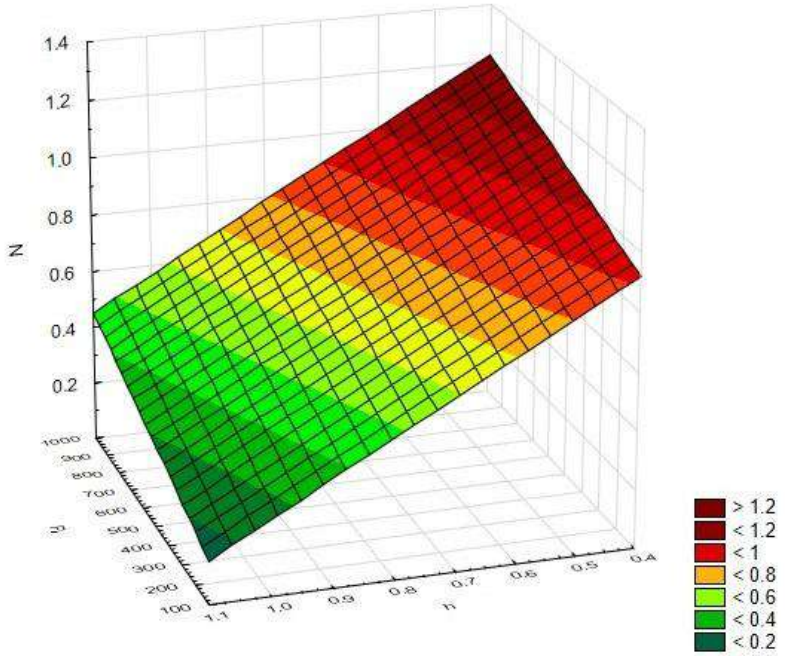


Рисунок 5 – Многофакторная зависимости мощности электроприводов ходовой системы ДМ от коэффициента сопротивления качению и КПД.

Зависимость на рисунке 5, а также регрессионное выражение (5), показывают снижение потребляемой мощности электроприводами ходовых систем ДМ. Данное понижение значений

связано с уменьшение коэффициента сопротивления качению при применении дискового заравнивающего устройства (с 10.0 до 1.6 кН), что соответствует коэффициенту полезного действия электроприводов, в среднем $\eta = 0.50$ или 0.26 кВт (снижение с 1.10 до 0.82 кВт), что для все машины базовой модификации (10 тележек) составляет 2.50 – 2.70 кВт (снижение с 11 до 8.3 – 8.5 кВт) или на 25-27%.

$$N = 1.3118 + 0.0004 \times P_f - 1.06 \times h - 1.0958E - 8 \times P_f^2 - 1.0815E - 17 \times P_f \times h - 0.0267 \times h^2 \quad (5)$$

В результате проведения исследований, были получены высокие показатели коэффициента использования времени смены – 0.97, а также коэффициент эксплуатационной надежности – 0.89, что соответствует агротехническим требованиям. Нарушений технологии полива ДМ «Кубань-ЛК1» не зафиксировано.

Наряду с агротехническими показателями определен показатель размера площади повреждения сельскохозяйственной продукции, снижающийся при использовании усовершенствованной ходовой системы ДМ. Так площадь повреждаемости снижается на 0.3 га (с 1.05 га до 0.705 га), что в общем соответствует снижению на 33% (с 1.47 до 0.97) при площади орошения 72 га.

Заключение. Экспериментальные исследования усовершенствованной ходовой системы, позволили установить:

1. При максимальной нагрузке ДМ на колесо в 16 кН, с учетом максимального значения несущей способности орошаемой поверхности, ходовая система должна оснащаться движителями типоразмера 11.2R44 с шириной профиля (B) 300 мм., диаметром (D)1.6 м. и давлением (p) 0.15 Мпа.

2. Ходовая система, оборудованная движителями с уменьшенной шириной профиля, также должна оснащаться дисковым заравнивающим устройством.

3. За счет предложенных технических решений значительно снижается, потребляемая электроприводами, мощность, в среднем на 26%, это также позволило снизить повреждение сельхозпродукции (с 1.05 га до 0.705 га или на 33%), при площади орошаемой поверхности в 72 га.

Список источников

1. Технические условия ТУ 4734-350-00008064-2005 / Машина дождевальная электрифицированная круговая «Кубань-ЛК1» // ФГНУ ВНИИ «Радуга» - Коломна, 2005.

2. А. И. Рязанцев Способ подготовки многоопорной дождевальной машины кругового действия к работе. Патент № 2774902, A01G 25/09 1. / А. И. Рязанцев, С. С. Турапин, А. О. Антипов, А. И. Смирнов; заявитель ФГБНУ ВНИИ «Радуга»; № 2021118529; заявл.25.06.2021; опубл. 24.06.2022, Бюл. № 18.

3. Патент на полезную модель № 210945, A01G 25/09. Самоходная тележка многоопорной дождевальной машины / Рязанцев А.И., Антипов А.О., Рембалович Г. К., Смирнов А.И., Безносюк Р.В., заявитель ФГБОУ ВО «РГАТУ им. П.А. Костычева - 2021137208, заявлено 14.12.2021, опубл. 13.05.2022. Бюл. №14.

4. Патент на полезную модель № 214987, A01G 25/09. Заравнивающее устройство колеи от тележек дождевальной машины кругового действия / Рязанцев А.И., Турапин С.С., Смирнов А.И., Смирнова Е.А., заявитель ФГБНУ ВНИИ «Радуга» - 2022125991, заявлено 05.10.2022, опубл. 23.11.2022. Бюл. №33.

5. Патент на полезную модель №214166, A01B 37/00. Устройство для заравнивания колеи от тележек дождевальной машины кругового действия / Рязанцев А.И., Турапин С. С., Смирнов А.И., Смирнова Е.А., заявитель ФГБНУ ВНИИ «Радуга» - 2022106717, заявлено 15.03.2022, опубл. 13.10.2022. Бюл. №29.

6. Оптимизация широкозахватных дождевальных машин кругового действия для сложных почвенно-рельефных условий / А. И. Рязанцев, А.О. Гаврилица. – Кишинев: Штиинца, 1991. – 200 с.

7. Технологические особенности полива и показатели оценки эффективности ходовой системы ДМ «Кубань-ЛК1» / Рязанцев А.И., Антипов А.О., Малько И.В., Смирнов А.И., Евсеев Е.Ю. //

Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, 2019. №4 (44). С.110-113.

8. Повышение эксплуатационных показателей транспортных систем многоопорных машин / А.И. Рязанцев, А.О. Антипов., Смирнова Е.А. – Коломна: ГОУ ВО МО ГСГУ, 2018. – 246 с.

References

1. Technical specifications TU 4734-350-00008064-2005 / Sprinkler electrified circular machine "Kuban-LC1" // FGNU Research Institute "Rainbow" - Kolomna, 2005.

2. A. I. Ryazantsev Method of preparing a multi-support sprinkler machine of circular action to work. Patent No. 2774902, A01G 25/09 1. / A. I. Ryazantsev, S. S. Turapin, A. O. Antipov, A. I. Smirnov; applicant of the Federal State Budgetary Research Institute "Raduga"; No. 2021118529; application No. 25.06.2021; publ. 24.06.2022, Bul. No. 18.

3. Utility model Patent No. 210945, A01G 25/09. Self-propelled trolley of a multi-support sprinkler machine / Ryazantsev A.I., Antipov A.O., Rembalovich G. K., Smirnov A.I., Beznosyuk R.V., applicant FGBOU VO "RGATU named after P.A. Kostychev - 2021137208, declared 12/14/2021, publ. 13.05.2022. Byul. No. 14.

4. Patent for utility model No. 214987, A01G 25/09. Leveling device of the track from the trolleys of a circular sprinkler machine / Ryazantsev A.I., Turapin S.S., Smirnov A.I., Smirnova E.A., applicant of the Federal State Budgetary Research Institute "Raduga" - 2022125991, declared 05.10.2022, publ. 23.11.2022. Byul. No. 33.

5. Utility model Patent No. 214166, A01B 37/00. A device for leveling the track from the trolleys of a circular sprinkler machine / Ryazantsev A.I., Turapin S. S., Smirnov A.I., Smirnova E.A., applicant of the Federal State Budgetary Research Institute "Raduga" - 2022106717, declared 15.03.2022, publ. 13.10.2022. Byul. No.29.

6. Optimization of wide-reach circular sprinkler machines for complex soil-relief conditions/ A. I. Ryazantsev, A.O. Gavrilitsa. – Chisinau: Stiinza, 1991. – 200 p.

7. Technological features of irrigation and indicators for evaluating the effectiveness of the running system DM "Kuban-LC1" / Ryazantsev A.I., Antipov A.O., Malko I.V., Smirnov A.I., Evseev E.Yu. // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2019. No.4 (44). p.110-113.

8. Improving the operational performance of transport systems of multi–support machines/ A.I. Ryazantsev, A.O. Antipov., Smirnova E.A. – Kolomna: GO VO MO GSU, 2018. - 246 p.

Информация об авторах

А.И. Рязанцев - доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ; А.Н. Зазуля - доктор технических наук, профессор; Е.Ю. Евсеев - ассистент; А.И. Смирнов – ассистент; А.О. Антипов – кандидат технических наук, доцент, И.В. Малько – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

A.I. Ryazantsev - Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; A.N. Zazulya - Doctor of Technical Sciences, Professor; E.Y. Evseev - Assistant; A.I. Smirnov – Assistant; A.O. Antipov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, I.V. Malko – Candidate of Technical Sciences, associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 25.12.2022 Принята к публикации (Accepted): 16.02.2023