Тип статьи: научная
УДК 631.347.3.012.3.001.2
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-6-35-41

ПОВЫШЕНИЕ ОПОРНЫХ СВОЙСТВ МНОГООПОРНОЙ МАШИНЫ «КУБАНЬ-ЛК1»

Анатолий Иванович Рязанцев[1], Александр Николаевич Зазуля[2], Евгений Юрьевич Евсеев[3], Олег Владимирович Антипов[4], Алексей Олегович Антипов[5]
[1]Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский р-он, пос. Радужный, 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
[1,4]Рязанский государственный агротехнологический университет П. А. Костычева, г. Рязань, Россия
[3,5]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. *Рассматривали вопросы повышения надежности движения дождевальной машины (ДМ) на примере «Кубань-ЛК1». Отметили значительное колееобразование, ведущее к потере проходимости из-за увеличенной интенсивности дождя в концевой части ДМ (последние тележки и консольная часть), что в конечном счете приводит к снижению производительности работы машины. Для ликвидации указанного недостатка на крайнюю тележку ДМ, интенсивность дождя которой, составляет 1.0 мм/мин, а длина 350 – 400 м. устанавливают пневмошины с шириной профиля 21.3 – 24, вместо серийных шин 18.4 – 24. Модификации ДМ длиной 500 и более метров характеризует повышенная интенсивность (ρ=1,0-1,2 мм/мин), а соответственно и увеличенное значение поверхностного стока воды, при этом несущая способность почвы, в районе последних пролетов составляет до 70 кПа. Это определяет необходимость установки широкопрофильных пневматических шин с шириной профиля 21.3 - 24 не на одной, а нескольких последних тележках. Однако, исходя из высокой стоимости и весовых показателей пневматических шин 21.3 – 24, по данным теоретико-экспериментальных исследований, авторами рекомендуется оснащать последние тележки ДМ пневматическими шинами обычного профиля 18.3 – 24 с жестким уширителем, радиус которого, определяется уменьшением радиуса колеса на величину, равную средней глубине погружения шин обычного профиля, в конце поливного сезона. Проведенные экспериментальные исследования показали, что установка уширителя на пневмошины последних тележек обеспечила показатели опорной проходимости по колееобразованию, равнозначные показателям промежуточных тележек.*

Ключевые слова: *дождевальная машина; надежность движения; энергетические затраты на движение; опорные свойства; широкопрофильные пневматические шины; ширина профиля колеса; уширитель.*

IMPROVING THE SUPPORTING PROPERTIES OF THE KUBAN-LK1 MULTI-SUPPORT MACHINE

Anatoly Ryazantsev [1], Alexander Zazulya [2], Evgeny Evseev [3], Oleg Antipov [4], Alexey Antipov[5]
[1]All-Russian Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow region, Kolomenskoye district, village Raduzhny, Russia

[1]ryazantsev.41@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9829-8196
[2]*All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russia*
[2]zazulja_an@rambler.ru
[1,4]*Ryazan State Agrotechnological University of P. A. Kostychev, Ryazan, Russia*
[3,5]*State Socio-Humanitarian University, Moscow region, Kolomna, Russia*
[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. *Considered Issues of increasing the reliability of the movement of the sprinkling machine (SM) on the example of "Kuban-LK1" were considered. Significant rutting leading to loss of patency due to increased rain intensity at the end of the SM (last bogies and cantilever) was noted, which ultimately leads to a decrease in machine performance. To eliminate this drawback, pneumatic tires with a profile width of 21.3 - 24 are installed on the outermost SM bogie, the rain intensity of which is 1.0 mm / min, and the length is 350 - 400 m, instead of serial tires 18.4 - 24. To eliminate this shortcoming, pneumatic tires with a profile width of 21.3 - 24 are installed on the extreme SM trolley, the rain intensity of which is 1.0 mm / min, and the length is 350 - 400 m, instead of serial tires 18.4 - 24. Modifications of SM with a length of 500 meters or more characterize increased intensity (ρ = 1.0-1.2 mm/min), and, accordingly, an increased value of surface water runoff, while the bearing capacity of the soil in the area of the last spans is up to 70 kPa. This determines the need to install wide-profile pneumatic tires with a profile width of 21.3 - 24 not on one, but on several last bogies. However, based on the high cost and weight indicators of pneumatic tires 21.3 - 24, according to theoretical and experimental studies, the authors recommend equipping the last SM bogies with pneumatic tires of a conventional profile 18.3 - 24 with a rigid flare, the radius of which is determined by reducing the wheel radius by an amount equal to the average depth of immersion of tires of a conventional profile, at the end of the irrigation season. The conducted experimental studies have shown that the installation of an expander on the pneumatic tires of the last bogies provided the indicators of the reference rutting ability, equivalent to those of the intermediate bogies.*

Keywords: *sprinkler machine «Kuban-LK1»; reliability of movement; energy costs for movement; supporting properties; wide-profile pneumatic tires; wheel profile width; widener.*

Для цитирования: Рязанцев А.И., Зазуля А.Н., Евсеев Е.Ю., Антипов О.В., Антипов А.О. Повышение опорных свойств многоопорной машины «Кубань-ЛК1» // Наука в центральной России. 2022. № 6 (60), С. 35-41. https://doi.org/10.35887/2305- 2538-2022-6-35-41.

For citation: Ryazantsev A., Zazulya A., Evseev E., Antipov O, Antipov A. Improving the supporting properties of the Kuban-LK1 multi-support machine. Nauka v central'noj Rossii = Science in the Central Russia: 2022; 6(60): 35-41. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-6-35-41.

Введение. Энергозатраты на передвижение ходовых систем ДМ «Кубань-ЛК1» определяются показателями сопротивления качению, зависящий от типа ходовых систем, весовыми нагрузками приходящимися на тележки ДМ, а также показателем несущей способности опорной поверхности.

Возможность надежного движения тележек ДМ может быть обеспечено соответствием значений удельного давления (q) показателям несущей способности почвенной поверхности, после завершения полива ($P_{0п.п.}$), определяемого известной зависимостью [1]:

$$P_{0nn} = P_{0дп} - (1.4 \times m_{дост.}^{0.65} + 8 \times 1.01^{m_{ст.}}) \quad (1)$$

где: $P_{0дп}$ – значение несущей способности почвы до полива, кПа;

$m_{дост.}$ – достоковая норма полива, м^3/га;

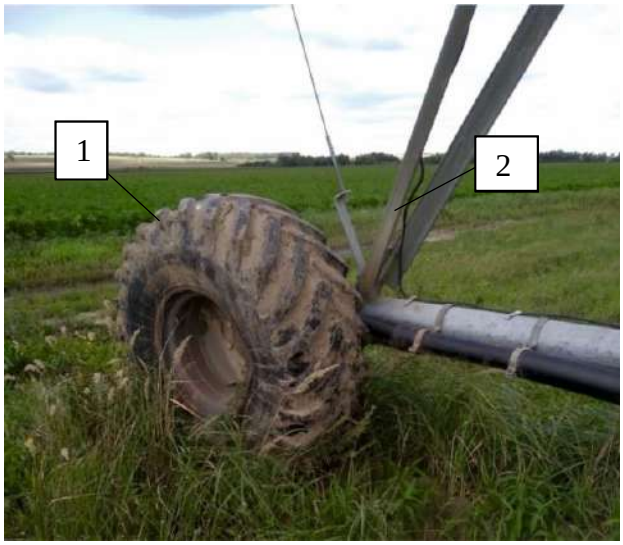
$m_{ст.}$ – величина стока, м^3/га.

Одним из главных факторов, оказывающих влияние на значение достоковой нормы полива ($m_{дост.}$) и, как следствие, на несущую способность поверхности передвижения, является интенсивность дождя (ρ).

Материалы и методы. Как показывает опыт эксплуатации ДМ «Кубань-ЛК1», вследствие увеличенной интенсивности дождя (ρ), в ее концевой части (1.0 и более мм/мин), происходит

значительное колееобразование, а в ряде случаев, потеря проходимости последних тележек и, в конечном счете, снижение производительности машины.

Для длины машины, равной 350 – 400 м. с дождевальными насадками в концевой части, при (ρ) равной 1.0 мм/мин (рисунок 2) [7] и величине стока около 100 м^3/га (20%), вызывающего снижение несущей способности почвы с 180 до 80 кПа и менее, ее последнюю тележку, для повышения опорных свойств, оснащают пневмошинами, с параметрами по ширине профиля 21.3 – 24 (рисунок 1), против серийных шин 18.4 – 24 (патент РФ №183135) [5].



1 – пневмошина 21.3 – 24; 2 - рама тележки.

Рисунок 1 – Общий вид последней тележки ДМ «Кубань-ЛК1» на пневмошинах 21.3 - 24

Необходимая ширина профиля B пневмоколеса определялась, с учетом допустимой глубины колеи H, при первом проходе машины (не более 0.05 м) и несущей способности почвы P_{0nn}, равной 70 кПа, по выражению (2) [2]:

$$B = \frac{H_1 \times \sqrt{D_{\text{пр}}}}{P_{0nn} \times 1.2 \times G} \quad (2)$$

где: $D_{\text{пр}}$ – приведенный диаметр пневмоколеса, м;

G – нагрузка на колесо, H.

При увеличенной длине машины (500 и более метров), повышенная интенсивность дождя ($\rho = 1.0 - 1.2$ мм/мин) и, как следствие, увеличенный поверхностный сток воды (до 30%), определяющий значение несущей способности почвы не более 70 кПа по длине нескольких последних пролетов машины (рисунок 3).

Это, в большей степени, снижает опорную проходимость и, как следствие, надежность движения модификации машин увеличенной длины.

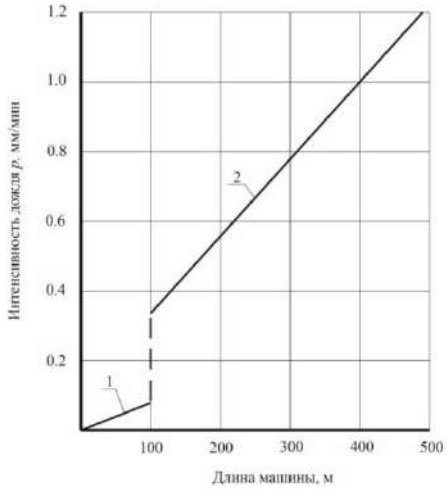
Отмеченное вызывает необходимость оснащения широкопрофильными шинами не одной, а еще дополнительно несколько последних тележек машины, количество которых N, определяется из выражения (2), (патент на изобретение РФ №2768382) []:

$$\text{N} = \frac{L}{l}, \quad (2)$$

где: L – длина концевой части машины с повышенной интенсивностью дождя (более 1.0 мм/мин), м;

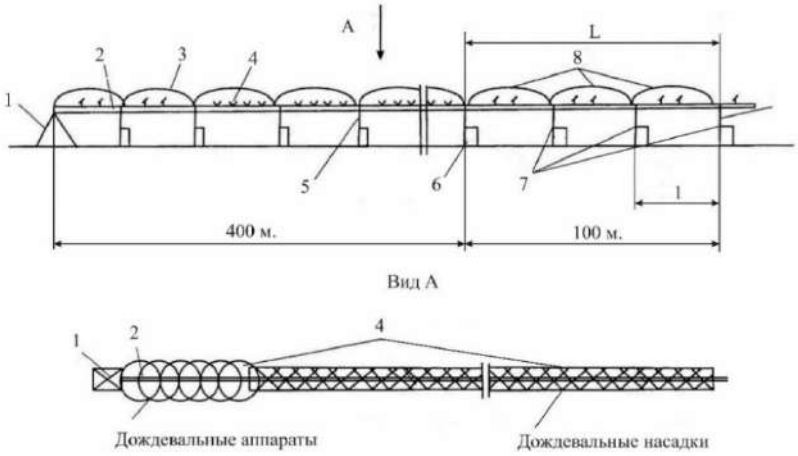
l – длина последних пролетов, м.

Как видно из рисунка 3, оснащению широкопрофильными шинами подлежат, кроме тележки 6, дополнительно еще три последние тележки 7, при увеличении длины машины на $L = 100$ м. (с 400 до 500 м.), при длине пролета 8, $l = 33.3$ м.



1 – дождевальные аппараты; 2 – дождевальные насадки.

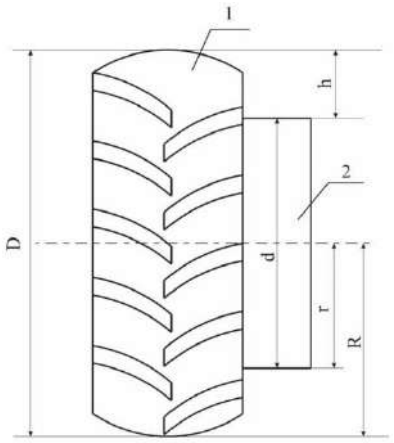
Рисунок 2 – Изменение интенсивности дождя по длине машины



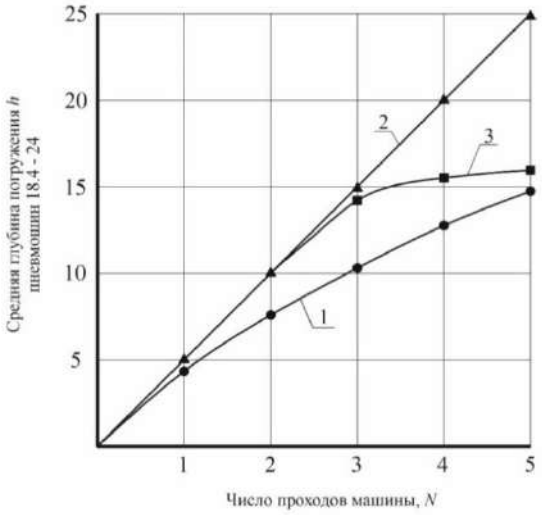
1 – неподвижная опора; 2 – трубопровод; 3 – промежуточный пролет, 4 – дождеобразующие устройства; 5 – тележка на шинах с обычной шириной профиля; 6 – тележка на шинах с увеличенной шириной профиля, при длине машины 400 м.; 7 – дополнительные тележки на шинах с увеличенной шириной профиля; 8 – дополнительные последние пролеты

Рисунок 3 – Схема дождевальной машины «Кубань-ЛК1» и расстановки на ней дождеобразующих устройств (вид А)

Результаты и их обсуждение. Исходя из высокой стоимости и весовых показателей, устанавливаемых на последних тележках машины, широкопрофильных шин 21.3 – 24, по данным теоретико-экспериментальных исследований, рекомендуется концевую часть, оснащать пневмошинами с профилем 18.3 – 24 и радиусом R, с дополнительно установленным, жестким уширителем радиусом r (рисунок 4). Значение радиуса r определяется уменьшением радиуса R на величину, средней глубины погружения (0.15 м.) пневмошин с обычным профилем, установленных на промежуточных тележках, по завершению поливного сезона (после пятого прохода машины) (рисунок 5). При этом, отношение $\frac{r}{R}$, для пневмошин, применяемых на дождевальной технике, диаметром 0.10 – 0.15 м., составляет 0.7…0.8 (таблица 1) (патент на изобретение РФ №2782270) [6].



1 – пневмошина 18.4 - 24; 2 – уширитель.
Рисунок 4 – Схема пневмошины 18.4 – 24 с уширителем

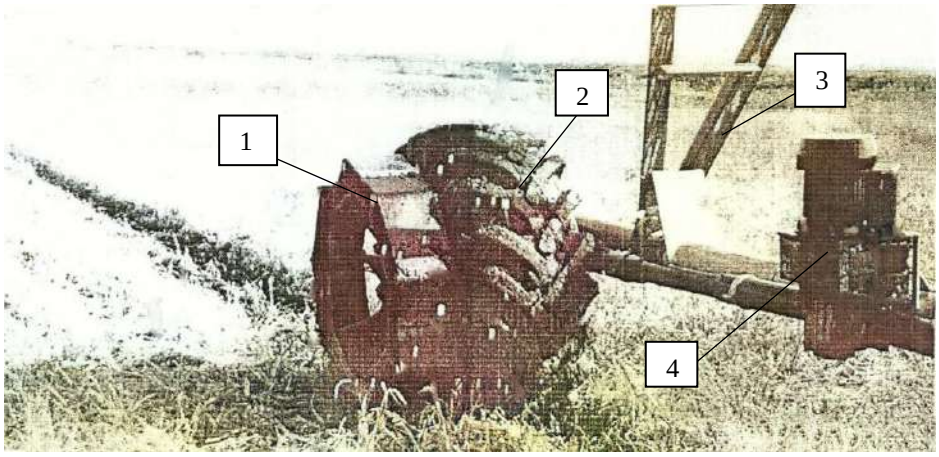


1 – промежуточные тележки; 2 – последние тележки без уширителей; 3 – концевые тележки с уширителями
Рисунок 5 – Зависимость глубины колеи тележек ДМ от числа проходов

Таблица – 1 Обоснование отношения $\frac{r}{R}$ для различных диаметров пневматических шин обычного профиля, исходя из допустимой средней глубины их погружения в конце поливного сезона

№ п.п.	Диаметр, м		Отношение $\frac{r}{R}$
	пневмошины, D	жесткого уширителя, d	
1.	0.100	0.070	0.700
2.	0.110	0.080	0.720
3.	0.120	0.090	0.750
4.	0.130	0.100	0.760
5.	0.140	0.110	0.780
6.	0.150	0.120	0.800

Оснащение последних тележек машины пневмошинами с уширителями, в полевых условиях (рисунок 6), обеспечило показатели опорной проходимости по колееобразованию, равнозначными показателям промежуточных тележек (таблица 2).



1 – уширитель; 2 – пневмошина 18.4 - 24; 3 – рама тележки; 4 - привод

Рисунок 6 – Общий вид последней тележки ДМ «Кубань-ЛК1» на пневмошинах 18.4 - 24 с уширителем

Таблица - 2 Колееобразование последних тележек ДМ «Кубань-ЛК1» на шинах 18.4 – 24 при различном их исполнении

№ прохода машины за поливной сезон	Значение глубины погружения (h)пневматических шин обычного профиля, м		
	На промежуточных тележках	На последней тележке	
		без уширителя	с уширителем
1	0.05	0.07	0.07
2	0.07	0.10	0.10
3	0.10	0.15	0.15
4	0.13	0.19	0.15
5	0.15	0.23	0.16

Заключение. Это обеспечило надежность движения машины в течение всего поливного сезона, при сохранении нормативных показателей ее производительности.

Исходя из различных форм хозяйствования и финансового состояния сельхозпредприятий агропромышленного комплекса, для производительной работы машин, типа «Кубань-ЛК1», особенно увеличенной длины, возможно оснащение их последних тележек широкопрофильными шинами или шинами с обычным профилем, оборудованных уширителем.

Список источников

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

2. Рязанцев А.И., Евсеев Е.Ю., Антипов О.В., Антипов А.О. / Повышение надежности движения дождевальной машины «Кубань – ЛК1» // Сетевое электронное периодическое издание Депмелиорации Минсельхоза России и ФГБНУ ВНИИ «Радуга» Научно-практический журнал «Вестник мелиоративной науки» №2 2020. С. 35-38.

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

4. Беляева Г.В. Совершенствование некоторых способов полива в США. М.: 1975 – 67 с.

5. Патент на полезную модель 183135 U1, 12.09.2018. Многоопорная дождевальная машина кругового действия: / Рязанцев А.И., Рембалович Г.К., Антипов А.О., Евсеев Е.Ю., Ахтямов А.А., Безносюк Р.В.: заявка №2018116248 от 28.04.2018.

6. Патент на изобретение 2768382 C1, 24.03.2022. Многоопорная дождевальная машина кругового действия: / Рязанцев А.И., Турапин С.С., Антипов А.О., Антипов О.В.: заявка №2021102287 от 01.02.2021.

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

References

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

2. Ryazantsev A.I., Evseev E.Yu., Antipov O.V., Antipov A.O. / Improving the reliability of the movement of the sprinkler machine "Kuban – LK1" // Network electronic periodical of the Depmelioration of the Ministry of Agriculture of Russia and the Federal State Budgetary Research Institute "Raduga" Scientific and Practical Journal "Bulletin of Meliorative Science" No. 2 2020. pp. 35-38.

3. Ryazantsev A.I. Optimization of wide-span circular sprinkler machines for difficult soil-relief conditions [Text] / A. I. Ryazantsev, A.O. Gavrilitsa. – Chisinau: Stiinza, 1991. – 200 p

4. Belyaeva G.V. Improvement of some irrigation methods in the USA. M.: 1975 – 67 p.

5. Patent for utility model 183135 U1, 12.09.2018. Multi-support circular sprinkler machine: / Ryazantsev A.I., Rembalovich G.K., Antipov A.O., Evseev E.Yu., Akhtyamov A.A., Beznosyuk R.V.: application No.2018116248 dated 28.04.2018.

6. Patent for invention 2768382 C1, 03/24/2022. Multi-support circular sprinkler machine: / Ryazantsev A.I., Turapin S.S., Antipov A.O., Antipov O.V.: application No. 2021102287 of 01.02.2021.

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

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 кафедры технических систем, теории и методики образовательных процессов; О.В. Антипов – соискатель кафедры технологии металлов и ремонта машин; А.О. Антипов – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

A. Ryazantsev - Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; A. Zazulya - Doctor of Technical Sciences, Professor; E. Evseev - Assistant of the Department of Technical Systems, Theory and Methodology of Educational Processes; O. Antipov – Candidate of the Department of Metal Technology and Machine Repair; A. Antipov – 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): 18.11.2022 Принята к публикации (Accepted): 15.12.2022