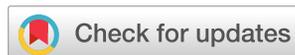


Научная статья
УДК 629.084
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-4-432-442>
EDN: EETOYC



ПАРАМЕТРЫ ОТПЕЧАТКА КОНТАКТА ПЕРСПЕКТИВНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ДОРОЖНОГО КАТКА С ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПРИ УПЛОТНЕНИИ ДОРОЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ

С. В. Савельев*, Р. Е. Литовченко, А. А. Юрченко

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)
г. Омск, Россия

saveliev_sergval@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4034-2457>,

darxil@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-0916-4586>

anastasia.yurch2003@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-8397-995x>

*ответственный автор

АННОТАЦИЯ

Введение. Рассматривается наиболее эффективное средство механизации при уплотнении дорожно-строительных материалов для устройства транспортных объектов – дорожный каток с перспективным пневмошинным вальцом, способным эффективно использовать вибрацию.

Материалы и методы. Приводятся результаты исследований, описывающие изменение параметров контакта вальца дорожного катка с уплотняемой поверхностью. Данные параметры оказывают значительное влияние на эффективность деформирования дорожных материалов при их уплотнении в технологическом слое. В процессе эксперимента выявлены значения малой и большой осей эллипса отпечатка контакта, его площадь, величина контактных давлений в зависимости от нагрузки на валец и количества установленных на вальце металлических бандажей.

Результат. В статье приводятся иллюстрации проведённых экспериментов, полученные данные представлены в виде аналитических и графических зависимостей.

Обсуждение и заключение. Установка бандажей осуществляется на стандартные шины, выпускаемые серийно. Представленный перспективный дорожный каток, который сочетает в себе возможности разных типоразмеров (по массе) катков, чем можно ускорить процесс уплотнения материалов, снизить энерго-, металло- и трудоемкость и повысить эффективность строительства автомобильных дорог.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дорожные катки, пневмошины, бандажи, параметры, контакт, площадь, уплотнение, вибрация

БЛАГОДАРНОСТИ: авторы благодарят заведующего и коллектив кафедры «Эксплуатация нефтегазовой и строительной техники (ЭНСТ)» за всестороннюю помощь и предоставленную возможность проведения экспериментальных исследований в лабораториях кафедры.

Статья поступила в редакцию 01.06.2023; одобрена после рецензирования 04.08.2023; принята к публикации 30.08.2023.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Савельев С. В., Литовченко Р. Е., Юрченко А. А. Параметры отпечатка контакта перспективного рабочего органа дорожного катка с опорной поверхностью при уплотнении дорожных материалов // Вестник СибАДИ. 2023. Т. 20, № 4 (92). С. 432-442. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-4-432-442>

© Савельев С. В., Литовченко Р. Е., Юрченко А. А., 2023



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

Origin article

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-4-432-442>

EDN: EETOYC

PERSPECTIVE CONTACT IMPRINT PARAMETERS OF ROAD ROLLER WORKING BODY WITH BEARING SURFACE WHEN COMPACTING ROAD MATERIALS

Sergei V. Saveliev*, Roman E. Litovchenko, Anastasia A. Yurchenko
Siberian State Automobile and Road University (SibADI)

Omsk, Russia

saveliev_sergval@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4034-2457>,

darxil@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-0916-4586>

anastasia.yurch2003@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-8397-995x>

*corresponding author

ABSTRACT

Introduction. The most efficient machine for compacting road building materials in the construction of transport facilities, a road roller with a promising pneumatic tire roller that can effectively use vibration, is considered.

Materials and methods. The results of the studies characterizing the parameters of the imprint of the contact of the working body of the roller with the supporting surface, which significantly affect the efficiency of the technological operation of compacting road materials, are presented. During the experiment, the values of the minor and major axes of the contact imprint ellipse, its area, the value of contact pressures depending on the load on the roller and the number of metal bands installed on the roller were revealed.

Result. The article provides illustrations of the experiments carried out, the data obtained in the form of analytical and graphical dependencies are presented.

Discussion and conclusion. The bandages on standard tires that are mass-produced are installed. The presented promising road roller, which combines the capabilities of different sizes (by weight) of rollers, which can speed up the process of compacting materials, reduce energy, metal and labour intensity and increase the efficiency of road construction.

KEYWORDS: road rollers, pneumatic tires, tires, parameters, contact, area, compaction, vibration

ACKNOWLEDGMENTS: The authors express their gratitude to the head and staff of the Operation of Oil and Gas and Construction Equipment Department for their comprehensive assistance and the opportunity to conduct experimental research in the laboratories of the department.

The article was submitted 01.06.2023; approved after reviewing 04.08.2023; accepted for publication 30.08.2023.

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation. Savelyev S. V., Litovchenko R. E., Yurchenko A. A. Perspective contact imprint parameters of road roller working body with bearing surface when compacting road materials. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2023; 20 (4): 432-442. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-4-432-442>

© Savelyev S. V., Litovchenko R. E., Yurchenko A. A., 2023



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Уплотнение строительных материалов дорожными катками – основная операция для обеспечения прочности, долговечности и работоспособности всех технологических слоёв автодороги. Одними из наиболее эффективных уплотняющих машин считаются дорожные катки с пневмошинными рабочими органами. Одной из основных характеристик, оказывающих влияние на эффективность уплотнения дорожных материалов, являются параметры контакта пневмошинного вальца с поверхностью уплотняемого материала [1, 2, 3]. Цель исследования: определение зависимостей параметров отпечатка контакта пневмошин с уплотняемой поверхностью от внутреннего давления воздуха и количества бандажей на рабочем органе дорожного катка.

Анализ состояния вопроса по свойствам пневматических шин [3, 4, 5, 6, 7] показал, что при определении характеристик пятна контакта пневматических шин необходимо обращать внимание на конкретные экспериментальные испытания конкретных пневматических шин. Именно эти характеристики важны для определения напряжений и деформаций в уплотняемом грунтовом слое [4, 5, 6, 8, 9, 10].

Исследования посвящены статическим испытаниям пневмошин. Это основной метод для изучения интересующих нас параметров. Экспериментальные исследования позволяют выявить значения среднего удельного давления σ_k и площади контакта F_k в пятне отпечатка контакта пневмошины с опорной поверхностью, а также длину a и ширину b отпечатка контакта.

Финальный этап уплотнения характеризуется малым приращением относительной деформации материала, поэтому геометрические размеры площади контакта пневматического колеса на этой стадии могут быть идентичными площади, полученной в результате статических испытаний шин на упругой опорной поверхности [3, 4]. К такому выводу пришли и другие исследователи [8, 9].

Площадь контакта шины с поверхностью будет определяться как площадь эллипса с большой и малой осью:

$$F_k = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{4}, \quad (1)$$

где a , b – малая и большая оси эллипса отпечатка соответственно.

Исследования перспективных пневмошинных вальцов, разработанных в СибАДИ [11, 12] выявили, что бандажи увеличивают показатели жесткости вальца в таких пределах, когда пятно контакта практически не изменяется от прилагаемой нагрузки за исключением прогиба пневмошины в зоне контакта. Также выявлено, что при воздействии статической силы на пневмошинный валец, оборудованный двенадцатью бандажами (при $P_w=0,6$ МПа), геометрическая форма вальца значительно не изменяется [11, 12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовался метод пассивного эксперимента. Важным условием проведения исследований являлось обеспечение достоверности информации с требуемой доверительной вероятностью. В прикладных исследованиях считается достаточной доверительная вероятность $(1-\alpha_0) = 0,95$.

Точность результатов исследования обеспечивалась количеством повторных измерений. Число повторных измерений определялось по формуле

$$n = \frac{z^2 \cdot v^2}{\Delta^2}, \quad (2)$$

где z – квантиль нормального распределения; v – коэффициент вариации величины, для которой определяется количество повторных измерений; Δ – допустимая погрешность в определении искомой величины. С учётом предварительных данных значение коэффициента вариации не превышает 0,15. При допустимой погрешности эксперимента 0,14 и доверительной вероятности 0,95 квантиль нормального распределения равен 1,82. Тогда необходимое число экспериментов составит

$$n = \frac{1,82^2 \cdot 0,15^2}{0,14^2} = 3,8.$$

Для достижения точности результатов эксперимента в пределах 14% необходимо выполнить 4 повторных наблюдения.

Зная статическую силу Q (масса всех элементов колеса и масса груза были известны из характеристик), действующую от вальца на площадь контакта, определим средние значения контактного давления для статической нагрузки σ_k^{stat} .

Таблица 1

Характеристики грузовой шины 8.25-20 (240-508) КИ-63

Источник: Грузовые шины в Челябинске [Электронный ресурс] // Грузовая шина 8.25-20 (240-508) КИ-63 [сайт]. [2022].
URL: <https://sovара74.ru/product/11avtoshina-altajshina-ki-63-240h508-r20> (дата обращения 30.07.2023).

Table 1

Truck tire characteristics 8.25-20 (240-508) KI-63

Source: Truck tires in Chelyabinsk [Electronic resource] // Truck tire 8.25-20 (240-508) KI-63 [website]. [2022].
URL: <https://sovара74.ru/product/11avtoshina-altajshina-ki-63-240h508-r20> (accessed 07/30/2023).

Характеристика	Значение
Посадочный диаметр, дюймы	20
Ширина профиля, мм	240
Наружный диаметр, мм	852
Рисунокось	универсальный
Комплектность	укомплектована камерой
Индекс скорости	100 (J)
Индекс нагрузки	125/122
Вес товара, кг	38.5
Норма слойности	10

$$\sigma_k^{стат} = \frac{Q}{F_k}. \quad (3)$$

У вибрационных катков помимо статической силы действует ещё и динамическая составляющая [13, 14, 15, 16, 17], которую следует учитывать при расчёте характеристик вибрационных дорожных катков.

В экспериментальных исследованиях применялась грузовая шина 8.25-20 (240-508) КИ-63, характеристики шины представлены в таблице 1.

Следует отметить, что рассматривается новая разработка [2, 4, 13, 17] и в первом приближении предполагается, что представленное конструктивное решение для пневмовальца позволит увеличивать его жёсткость до величины сопоставимой с жёсткостью металлических вальцов. При этом подразумевается, что вид контактной эпюры будет соответствовать типу I [13], поскольку именно этот тип эпюр для пневмошинных вальцов наиболее приближен к эпюре давлений под металлическими вальцами.

Представлен эксперимент по определению площади пятна контакта и контактных давле-

ний в зависимости от количества бандажей и внутреннего давления в шинах. В процессе эксперимента изменялось давление в шинах и количество металлических бандажей (рисунки 1, 2, 3).

Задачей эксперимента являлась возможность минимизации площади пятна контакта, т.е. достижения максимально возможных в этих условиях контактных давлений, сопоставимых с величиной контактных давлений у катков с металлическими вальцами. Максимальные контактные давления требуются в конце процесса уплотнения, когда уплотняемая среда практически не деформируется, поэтому эксперимент проводился на твердой бетонной поверхности.

Определение размеров пятна контакта (в продольном и поперечном направлении), проводилось с помощью измерительной линейки. Количество повторных измерений составляло не менее 4, как определено в вышеописанной методике построения эксперимента. Результаты исследований, представленные на рисунках 4, 5, 6 приводятся для статического режима.



Рисунок 1 – Эксперимент по определению пятна контакта рабочего органа
Источник: составлено авторами.

Figure 1 – Experiment to determine the contact patch of the working body
Source: compiled by the authors.



Рисунок 2 – Размер пятна контакта экспериментального рабочего органа (8 бандажей)
Источник: составлено авторами.

Figure 2 – The size of the contact patch of the experimental working body (8 bandages)
Source: compiled by the authors.



Рисунок 3 – Размер пятна контакта экспериментального рабочего органа (12 бандажей)
Источник: составлено авторами.

Figure 3 – The size of the contact patch of the experimental working body (12 bandages)
Source: compiled by the authors.

Таблица 2
Значения площади контакта и средних контактных давлений при нагрузке 6 кН
Источник: составлено авторами.

Table 2
Values of the contact area and contact pressures at a load of 6 kN
Source: compiled by the authors.

Количество бандажей N, шт.	Внутреннее давление в шине P _w , МПа							
	0,4				0,6			
	F _к , м ²	a, м	b, м	$\sigma_{\kappa}^{стат}$, МПа	F _к , м ²	a, м	b, м	$\sigma_{\kappa}^{стат}$, МПа
6	0,138	0,46	0,38	0,043	0,114	0,41	0,35	0,053
8	0,102	0,38	0,34	0,059	0,075	0,31	0,31	0,082
10	0,080	0,33	0,30	0,075	0,053	0,26	0,26	0,113
12	0,059	0,29	0,26	0,102	0,035	0,20	0,22	0,174

РЕЗУЛЬТАТ

Рисунки 4, 5, 6 иллюстрируют изменения параметров контакта и контактных давлений, что характерно для рабочего органа с бандажами. Установленные бандажи позволяют «расширить» пределы значений параметров контакта рабочего органа катка с уплотняемой поверхностью по сравнению с обычным пневматиком. Главная отличительная особенность состоит в том, что при одной площади контак-

та можно изменять контактные давления. На стандартном пневмошинном рабочем органе такая возможность отсутствует (пятно контакта, контактные давления находятся в строгой зависимости). Таким образом, использованием бандажей и регулированием внутреннего давления в шине можно расширить возможности пневмошинного рабочего органа. Этот эффект повышает производительность и эффективность катков с пневмошинными рабочими органами.

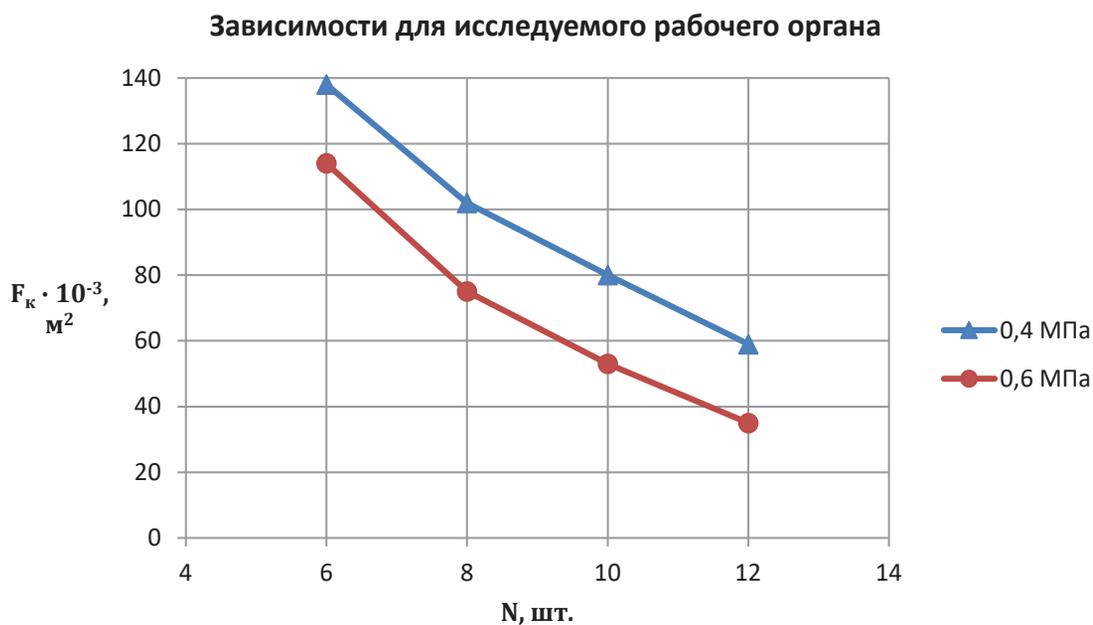


Рисунок 4 – Зависимость F_k от числа установленных бандажей N
Источник: составлено авторами.

Figure 4 – F_k dependence on the number of installed bandages N
Source: compiled by the authors.

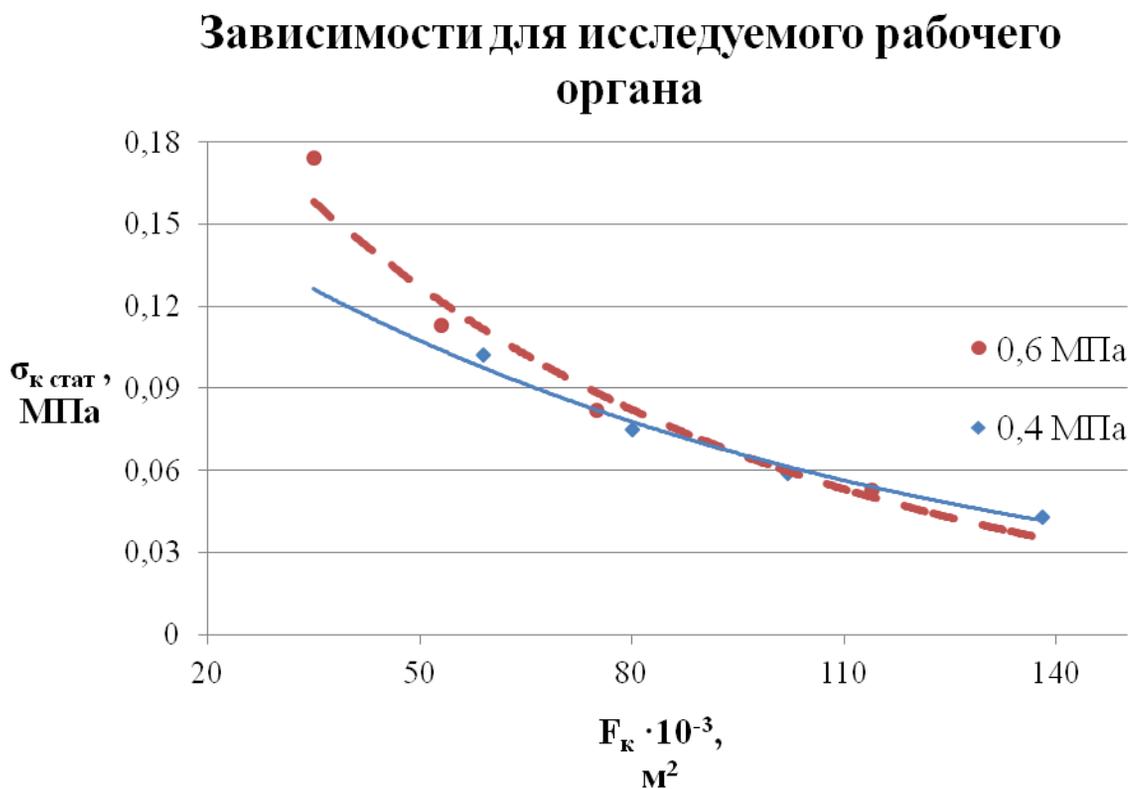


Рисунок 5 – Расчётная зависимость среднего контактного давления от площади контакта с поверхностью F_k
Источник: составлено авторами.

Figure 5 – Dependence of the medium contact pressure on the area of contact with $t F_k$ surface
Source: compiled by the authors.

Зависимости для исследуемого рабочего органа

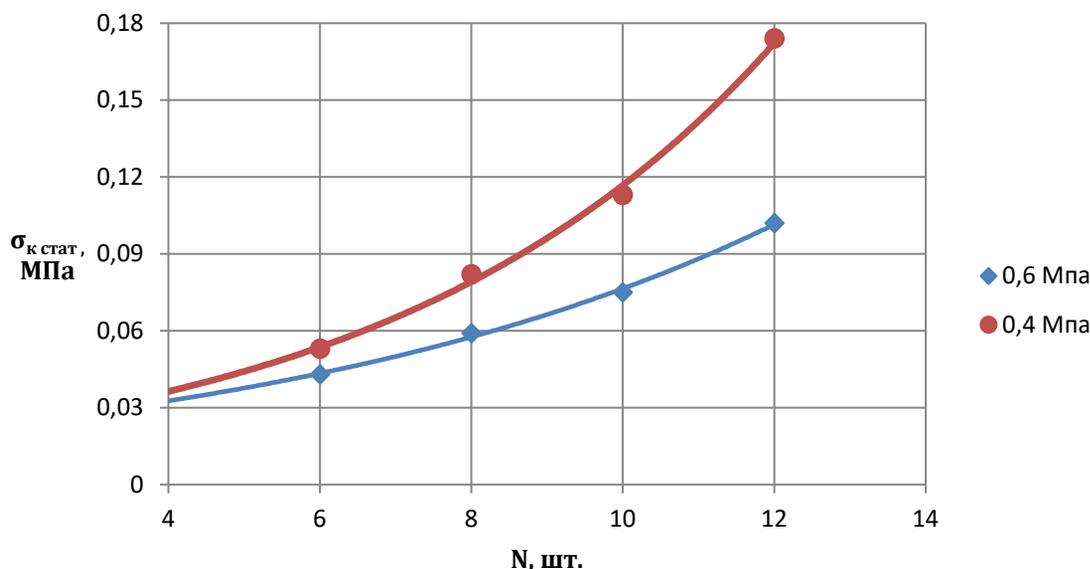


Рисунок 6 – Расчётная зависимость среднего контактного давления от числа установленных бандажей N
Источник: составлено авторами.

Figure 6 – Dependence of the medium contact pressure on the number of installed bandages N
Source: compiled by the authors.

Анализ рисунка 5 позволяет сделать вывод, что при малой площади контакта F_k и одинаковом количестве бандажей внутреннее давление в шинах существенно влияет на жёсткость рабочего органа, контактные давления σ_k отличаются. При снижении внутреннего давления в шинах бандаж «перестают» оказывать своё влияние на жёсткость рабочего органа и контактные давления σ_k при увеличенной площади контакта F_k практически не отличаются.

Данные, полученные в результате эксперимента, позволили провести теоретические расчёты для выявления зависимости контактных давлений, возникающих при работе катка.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные пневмошинные катки могут использоваться на любой стадии укатки дорожного материала. Это связано с возможностью относительно широкого регулирования контактных давлений σ_k на протяжении всего процесса уплотнения. Например, от момента когда грунт находится в «рыхлом» состоянии и до момента, когда достигается нормативная плотность [2, 3, 17, 18, 19, 20]. Представлен-

ные исследования выявили, что использование съёмных металлических бандажей даёт возможность широко регулировать характеристики жёсткости и вязкости пневмошинного вальца. Можно существенно снизить деформативность рабочего органа, тем самым интенсифицируя действие вибровозбудителя на уплотняемый материал. Эффект от использования металлических бандажей заключается в снижении деформирования шин от вибрации и увеличения процента энергии от вибровозбудителя, которая передаётся уплотняемому материалу. При этом остаётся основное преимущество пневмошинных вальцов, при необходимости регулировать контактные давления для обеспечения эффективного уплотнения.

Установка бандажей возможна на серийно выпускаемые пневмошины. Поэтому требуемые финансовые вложения для создания такого рабочего органа катка будут незначительны. Обслуживание и ремонт данной техники также не потребует больших трудозатрат. В результате мы имеем перспективный дорожный каток, сочетающий в себе возможности разных конструкций уплотняющей техники.

Использование данных машин тенсифицирует операцию уплотнения дорожных материалов, снижает энерго-, металло- и трудоемкость и повышает эффективность строительства автомобильных дорог.

Исследования проводятся при поддержке Российского научного фонда и Правительства Омской области, научный грант № 23-29-10010 «Разработка дорожных катков для повышения эффективности транспортного строительства с учетом региональных условий Омской области».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дубков В. В., Сокирко С. А. Определение параметров пневмошинного катка с осциллятором вибрационным механизмом // *Техника и технологии строительства*. 2019. № 4 (20). С. 15 – 21.

2. Савельев С. В., Потеряев И. К. Исследования эффективности уплотняющей техники для строительства автомобильных дорог // *Строительные и дорожные машины*. 2021. № 2. С. 44 – 48.

3. Артемов А. В., Гончаренко С. В., Прядкин В. И. Определение пятна контакта шин сверхнизкого давления 1020X420-18 БЕЛ-79 лесной техники малого класса // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*. 2020. Т. 8, № 1 (48). С. 250 – 256.

4. Щиголов С. В., Ломакин С. Г. Определение нагрузок на колеса зерноуборочного комбайна, находящегося на поперечном склоне // *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина»* 2017. № 3 (79). С. 24 – 30.

5. Каспаров А. А., Веселов И. В., Соколов С. Л. Расчётные исследования низкопрофильных шин специального назначения // *Известия высших учебных заведений // Машиностроение*. 2016. № 11 (680). С. 34 – 39.

6. Кравченко В. А., Кравченко Л. В. Аналитическое обоснование параметров внутреннего строения шин движателей мобильных энергетических средств тягового класса 1, 4 // *Вестник аграрной науки Дона*. 2023. Т. 16, № 1 (61). С. 17 – 28.

7. Шилько С. В., Черноус Д. А., Бухаров С. Н., Хотько А. В. Метод расчёта коэффициента сопротивления качению автомобильных шин на основе моделирования термовязкоупругого деформирования шинных резин // *Актуальные вопросы машиноведения*. 2021. Т. 10. С. 124 – 128.

8. Аналитическое исследование деформации пневмоколеса и параметров шины / В. Н. Тарасов, И. В. Бояркина, В. С. Серебренников, В. В. Дубков // *Строительные и дорожные машины*. 2020. № 3. С. 11 – 16.

9. Тарасов В. Н. Аналитическое исследование методом сечений длины контакта и параметров пневмоколес строительных и дорожных машин / В. Н. Тарасов, И. В. Бояркина, В. С. Серебренников,

В. В. Дубков // *Строительные и дорожные машины*. 2020. № 1. С. 10 – 17.

10. Тетерина И. А., Корчагин П. А., Летопольский А. Б. Влияние динамических характеристик шин на вибронегруженность рабочего места оператора // *Динамика систем, механизмов и машин*. 2019. Т. 7, № 1. С. 176–181.

11. Савельев С. В. Пермяков В. Б., Михеев В. В., Потеряев И. К. Инновационная уплотняющая техника и рекомендации по её использованию для ресурсосберегающих технологий дорожного строительства монография. Омск: СибАДИ, 2019. 193 с.

12. Permyakov V. B., Savel'ev S. V., Mikheev V. V. Using the Deformational Properties of Tires in Vibrational Systems // *Russian Engineering Research*. 2015, Vol. 35., No. 2, pp. 102-104.

13. Хархута Н. Я., Васильева Ю. М. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1975. 288 с.

14. Кустарёв Г. В., Баловнев В. И., Данилов Р. Г. Особенности формирования программного продукта выбора вибрационных катков // *Строительные и дорожные машины*. 2017. № 6. С. 36 – 41.

15. Тиллоев К. З., Кромский Е. И., Кондаков С. В. Выбор рациональных параметров конусного раскатчика для глубокого уплотнения оснований дорог // *Научно-технический вестник Брянского государственного университета*. 2021. № 1. С. 82 – 89.

16. Korchagin P. A., Teterina I. A., Korchagina E. A. Road roller operator's vibroprotection system improvement // *Journal of Physics: Conference Series*: 14, Omsk, 10 – 12 November 2020 года. Omsk, 2021. P. 012012. DOI 10.1088/1742-6596/1791/1/012012. EDNFKOJMB.

17. Суэтина Т. А., Марсова Е. В., Кустарев Г. В., Борисов Ю. В. Сравнительный анализ схем послыного уплотнения грунта при выполнении строительных работ // *Academia. Архитектура и строительство*. 2018. № 1. С. 73 – 77.

18. Исследование взаимосвязи конструктивных и технологических параметров вибрационных и осцилляционных катков/ Е. А. Шишкин, С. Н. Иванченко, В. В. Сидорков, Л. А. Мамаев, А. А. Смоляков // *Научно-технический вестник Брянского государственного университета*. 2021. № 2. С. 183 – 188.

19. Мошева А.А., Вахрушев С.И. Исследование особенностей процесса уплотнения грунта дорожными катками // *Современные технологии в строительстве. Теория и практика*. 2016. Т. 2, С. 250 – 258.

20. Kenneally, B., Musimbi, O.M., Wang, J., Mooney, M.A. Finite element analysis of vibratory roller response on layered soil systems // *Computers and Geotechnics* this link is disabled. 2015. 67. p. 73 – 82.

REFERENCES

1. Dubkov V. V., Sokirko S. A. Opredelenie parametrov pnevmoshinnogo katka s oscilljatornym vibracionnym mehanizmom [Determination of the parameters of a pneumatic tire roller with an oscillatory vibrating mechanism]. *Tehnika i tehnologii stroitel'stva*. 2019; 4 (20):15 – 21. (In Russ.)

2. Savel'ev S. V., Poterjaev I. K. Issledovanija jeffektivnosti uplotnjajushhej tehniki dlja stroitel'stva avtomobil'nyh dorog [Research on the effectiveness of compaction equipment for the construction of roads «Construction and road machines»]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*. 2021; 2: 44 – 48. (In Russ.)
3. Artemov A. V., Goncharenko S. V., Prjadkin V. I. Opređenje pjatna kontakta shin sverhnizkogo davlénija 1020H420-18 BEL-79 lesnoj tehniki malogo klassa [Determination of the contact patch of ultra-low pressure tires 1020X420-18 BEL-79 small-class forestry equipment]. *Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika*. 2020; T. 8. № 1 (48): 250 – 256. (In Russ.)
4. Shhigolev S. V., Lomakin S. G. Opređenje nagruzok na koleasa zernoborochnogo kombajna, nahodjashhegosja na poperechnom sklone [Determination of loads on the wheels of a grain harvester located on a transverse slope]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdenija vysshego professional'nogo obrazovanija «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V. P. Gorjachkina»*. 2017; 3 (79): 24 – 30. (In Russ.)
5. Veselov I. V., Sokolov S. L. Raschjotnye issledovanija nizkoprofil'nyh shin special'nogo naznachenija Kasparov Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij [Computational studies of low-profile tires for special purposes]. *Mashinostroenie*. 2016. № 11 (680): 34 – 39. (In Russ.)
6. Kravchenko V. A., Kravchenko L. V. Analytical substantiation of the parameters of the internal structure of the tires of the movers of mobile power equipment of traction class 1, 4 Bulletin of Agrarian Science of the Don. 2023. V. 16. No. 1 (61). pp. 17 – 28. (In Russ.)
7. Shil'ko S. V., Chernous D. A., Buharov S. N., Hot'ko A. V. Metod raschjota koeficienta soprotivleniju kacheniju avtomobil'nyh shin na osnove modelirovanija termovjazkoupругogo deformirovanija shinnyh rezin [Method for calculating the coefficient of rolling resistance of automobile tires based on the simulation of thermoviscoelastic deformation of tire rubber]. *Aktual'nye voprosy mashinovedenija*. 2021; T. 10: 124 – 128. (In Russ.)
8. Tarasov V. N., Bojarkinal. V., Serebrennikov V. S., Dubkov V. V. Analiticheskoe issledovanie deformacii pnevmokolesa i parametrov shiny [Analytical study of deformation of pneumatic wheels and tire parameters]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*. 2020; 3: 11 – 16. (In Russ.)
9. Tarasov V. N., Bojarkinal. V., Serebrennikov V. S., Dubkov V. V. Analiticheskoe issledovanie metodom sechenij dliny kontakta i parametrov pnevmokoles stroitel'nyh i dorozhnyh mashin [Analytical study by the method of sections of the contact length and parameters of pneumatic wheels of construction and road machines]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*. 2020; 1:10 – 17. (In Russ.)
10. Teterina I. A., Korchagin P. A., Letopol'skij A. B. Vlijanie dinamicheskikh harakteristik shin na vibrongruzhennost' rabochego mesta operatora [Influence of dynamic characteristics of tires on the vibration loading of the operator's workplace]. *Dinamika sistem, mehanizmov i mashin*. 2019: T. 7. No 1: 176 – 181. (In Russ.)
11. Savel'ev S. V., Permjakov V. B., Miheev V. V., Poterjaev I. K. *Innovacionnaja uplotnjajushhaja tehnika i rekomendacii po ejo ispol'zovaniju dlja resursoberegajushhij tehnologii dorozhnogo stroitel'stva: monografija* [Innovative compaction technology and recommendations for its use for resource-saving road construction technologies]. Omsk: SibADI, 2019. 193 p. (In Russ.)
12. Permyakov V. B., Savel'ev S. V., Mikheev V. V. Using the Deformational Properties of Tires in Vibrational Systems. *Russian Engineering Research*. 2015; Vol. 35., No. 2: 102-104. I
13. Harhuta N. Ja., Vasil'ev Ju. M. Prochnost', ustojchivost' i uplotnenie gruntov zemljanogo polotna avtomobil'nyh dorog [Strength, stability and compaction of road roadbed soils]. Moscow: Transport, 1975. 288 p. (In Russ.)
14. Kustarjov G. V., Balovnev V. I., Danilov R. G. Osobennosti formirovanija programmogo produkta vybora vibracionnyh katkov [Features of the formation of a software product for the selection of vibratory rollers]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*. 2017; 6: 36 – 41. (In Russ.)
15. Tilloev K. Z., Kromskij E. I., Kondakov S. V. Vybora racional'nyh parametrov konusnogo raskatchika dlja glubokogo uplotnenija osnovanij dorog [The choice of rational parameters of a cone roller for deep compaction of road foundations]. *Nauchno-tehnicheskij vestnik Brjanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2021; 1: 82 – 89. (In Russ.)
16. Korchagin P. A., Teterina I. A., Korchagina E. A. Road roller operator's vibroprotection system improvement. *Journal of Physics: Conference Series*: 14, Omsk, 10 -12 nojabrja 2020 goda. Omsk, 2021. P. 012012. DOI 10.1088/1742-6596/1791/1/012012. EDN FKOJMB.
17. Sujetina T. A., Marsova E. V., Kustarev G. V., Borisov Ju. V. Sravnitel'nyj analiz shem poslojnego uplotnenija grunta pri vypolnenii stroitel'nyh rabot [Comparative analysis of layer-by-layer soil compaction schemes during construction works]. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo*. 2018; 1: 73 – 77. (In Russ.)
18. Shishkin E. A., Ivanchenko S. N., Sidorkov V. V., Mamaev L. A., Smoljakov A. A. Issledovanie vzaimosvjazi konstruktivnyh i tehnologicheskikh parametrov vibracionnyh i oscillacionnyh katkov [Study of the relationship between design and technological parameters of vibratory and oscillatory rollers]. *Nauchno-tehnicheskij vestnik Brjanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2021; 2: 183 – 188. (In Russ.)
19. Mosheva A. A., Vahrushev S. I. Issledovanie osobennostej processa uplotnenija grunta dorozhnyimi katkami [Study of the features of the process of soil compaction by road rollers]. *Sovremennye tehnologii v stroitel'stve. Teorija i praktika*. 2016; T. 2: 250 – 258. (In Russ.)
20. Kenneally, B., Musimbi, O. M., Wang, J., Mooney, M. A. Finite element analysis of vibratory roller response on layered soil systems. *Computers and Geotechnics* [this link is disabled](#). 2015; 67: 73 – 82.

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Савельев С. В. – 60% (основной организатор и участник приведённых в статье исследований).

Литовченко Р. Е. – 25% (обработка экспериментальных данных, оформление наглядных материалов для статьи).

Юрченко А. А. – 15%. (оформление статьи).

COAUTHORS' CONTRIBUTION

Sergei V. Saveliev – 60% (the main organizer and participant of the studies cited in the article).

Roman E. Litovchenko – 25% (processing of experimental data, design of visual materials for the article).

Anastasia A. Yurchenko – 15%. (layout of the article).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Савельев Сергей Валерьевич – д-р техн. наук, проф. кафедры «Эксплуатация нефтегазовой и строительной техники» института «Автомобильный транспорт, нефтегазовая и строительная техника».

Литовченко Роман Евгеньевич – студент 4-го курса института «Автомобильный транспорт, нефтегазовая и строительная техника». SPIN-код: 4135-8370.

Юрченко Анастасия Александровна – студентка 2-го курса института «Автомобильный транспорт, нефтегазовая и строительная техника». SPIN-код: 4135-8370.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sergei V. Saveliev – Dr. of Sci., Professor of the Operation of Oil Gas and Construction Equipment Department, Motor transport, Oil, Gas and Construction Equipment Institute. SPIN-код: 4135-8370.

Roman E. Litovchenko – 4th year student of the Motor Transport, Oil, Gas and Construction Equipment Institute at SibADI.

Anastasia A. Yurchenko – 2nd year student of the Motor Transport, Oil, Gas and Construction Equipment Institute at SibADI.