

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД И МЕТОДИКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА КАТКА

*О.Ю. Казаков¹, Г.В. Кустарев²

¹Машиностроительный завод «БЕЦЕМА»,
г. Красногорск, Российская Федерация;

²Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
г. Москва, Российская Федерация

* 4informatika@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье описано направление исследования в области устройства покрытий с помощью катка. Изучена текущая ситуация в сфере применения асфальтобетона как дорожного покрытия, а также дан краткий экскурс в историю материала. Выявлены предпосылки, обосновывающие необходимость в создании рекомендаций, схемы и методики экспериментального изучения рабочего органа и материала в лабораторных условиях различного характера. Целью работы является создание принципиальной схемы стенда и методики для экспериментальных исследований рабочего органа катка в лабораторных условиях.

Материалы и методы. В статье описан лабораторный стенд для экспериментов в области рабочего оборудования катка. Рассмотрена конструкция, состоящая из основания, короба жесткости, направляющих и подвижной части с каркасом и подвешенным над ёмкостью для уплотняемого материала оборудованием.

Результаты. Дана подробная методика проведения экспериментов и рекомендации по её преобразованию под иные исследования в рассматриваемой области. В статье представлены все необходимые данные для проектирования, конструирования стенда и проведения экспериментов с рабочим оборудованием катка.

Обсуждение и заключение. Исследователи, особенно начинающие и обладающие небольшим финансированием, получили дополнительный инструмент в изучении зависимостей и явлений, возникающих во время уплотнения катком материала. Создана схема для исследования рабочего органа катка для условий как маленьких помещений, так и обширных лабораторий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: асфальт, асфальтобетонное покрытие, эксперимент, методика, испытания, каток, рабочий орган, валец, конструирование, уплотнение.

БЛАГОДАРНОСТИ. Выражаю признательность за помощь в подготовке данной статьи моему научному руководителю. Кроме того, благодарю научного руководителя по дипломной работе за обучение в области постройки экспериментальных стендов. Отдельно благодарю за нелегкий труд и экспертное мнение анонимных рецензентов, работавших с данной статьёй.

© О.Ю. Казаков, Г.В. Кустарев



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

EXPERIMENTAL STAND AND METHODOLOGY FOR THE ROLLER'S WORKING BODY RESEARCH

*O.Y. Kazakov¹, G.V. Kustarev²

¹"BECEMA" Machinery Factory,
Krasnogorsk, Russia;

²Moscow State Automobile and Highway Technical University,
Moscow, Russia

* 4informatika@mail.ru

ABSTRACT

Introduction. The paper researches the sphere of paving with a roller. The authors describe the current situation in the asphalt concrete's application as a road surface. Moreover, the authors conduct the excursion into the history of material. The paper presents the preconditions that justify the need for creating recommendations, schemes and methods for experimental study of the working body and material under laboratory conditions of various kinds. The aim of the study is to create the stand concept and methods for experimental research of the roller's working body in the laboratory.

Materials and methods. The paper described a laboratory stand for experiments in the sphere of roller's working equipment. The authors demonstrated the construction made of a base, a stiffener box, guides and a movable part with a frame and equipment, suspended above the compacted material's container.

Results. As a result, the authors presented the detailed methodology for conducting experiments and recommendations for its transformation in the considered sphere. The paper showed all the necessary data for the design, construction of the test bench and experiments with the roller's working equipment.

Discussion and conclusions. Researchers, especially beginners, receive an additional tool for study of dependencies and phenomena that occur during compaction of material by the roller. Therefore, the authors develops the scheme for the research of the roller's working body in small area conditions and in extensive laboratories.

KEYWORDS: asphalt, asphalt concrete pavement, experiment, method, testing, roller, working equipment, drum, construction, sealing.

ACKNOWLEDGMENTS. The authors express their gratitude to research supervisor for the help in the manuscript's preparing. Moreover, the authors thank the diploma supervisor for training in the experimental stands' construction. Special thanks to the anonymous reviewers for their expert opinion.

© O.Y. Kazakov, G.V. Kustarev



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

ВВЕДЕНИЕ

По всему миру прокладываются сотни тысяч километров автомобильных дорог, возводятся новые строительные площадки. В России асфальт был использован впервые в Санкт-Петербурге в начале XIX века [1]. Асфальтобетон – композитный материал с разносторонними требованиями к составляющим компонентам. Асфальтобетон зарекомендовал себя как надёжный материал для дорожного полотна [2].

Каток как уплотняющая различные вещества и смеси машина применяется в разных сферах строительства – от устройства фундаментов зданий до создания дорожных покрытий из асфальтобетона. Происходит их постоянная модернизация производителями для улучшения процесса уплотнения веществ [3, 4]. Катки являются важным инструментом повышения качества дорог. Это подтверждает поддержка отрасли государством [5]. Катки различаются по многим параметрам и по конкретному назначению – одни уплотняют грунт, другие дорожное покрытие.

Уплотнение представляет собой сближение частиц вещества¹, устранение пористости и повышение прочности и жёсткости полученного результата в целом². Одним из важнейших физико-механических свойств асфальтобетона является его прочность на сжатие. На это во многом влияет степень воздействия со стороны катка в виде коэффициента уплотнения. Рабочий орган катка в виде вальцов и колес оказывает давление на уплотняемое вещество. Различия конструкций весьма существенны и варьируются от воздействия на уплотняемый материал до способа передвижения катка и количества осей. Правильный выбор машины для уплотнения и тип уплотнения (статическое, вибрационное или комбинированное) составляет основу успеха проекта³.

Существует и ряд проблем – на практике дорожное покрытие в нагруженных местах служит меньше положенного срока из-за возникающих дефектов [6]. Среди важных причин появления дефектов можно выделить неправильный состав асфальтобетонной смеси [7]. Частая необходимость в ремонте дорог побуждает к дальнейшему исследованию устойчивых к подобному составу смесей асфальтобетона [8].

Тема уплотняющей техники актуальна, это подтверждает большое количество научных исследований. Особое внимание следует уделить работам специалистов кафедры ЭСМиК СибАДИ. Это известная во всем мире научная школа под руководством профессора В.Б. Пермякова, работающая в области уплотнения дорожных материалов и создания конструкций дорожных катков [9, 10, 11]. В настоящее время в Российской Федерации ведётся активная работа по улучшению качества дорог⁴, использованию усовершенствованных методов переработки асфальта⁵, сокращению сроков укладки покрытия⁶, развитию средств безопасности для персонала⁷, изучению влияния тяжёлых транспортных средств на дорожное полотно. Увеличивается количество методов оценки качества готового покрытия с целью предупреждения будущих дефектов [12]. Разработаны новые методы получения экспериментальных образцов смеси [13].

Целью описываемой в статье работы является создание принципиальной схемы стенда для экспериментальных исследований в лабораторных условиях. Процесс воздействия рабочего органа (например, вальца) на уплотняемый материал необходимо изучать подробнее в связи с постоянно повышающимися требованиями к качеству покрытия [14].

Был решен ряд задач, таких как обеспечение принципиальной схемой устойчивости в

¹ Полосин М.Д., Ронинсон Э.Г. Машинист катка самоходного и полуприцепного на пневматических шинах : учебное пособие. М. : Издательский центр «Академия», 2008. 64 с.

² Дьяков И.Ф. Строительные и дорожные машины и основы автоматизации : учебное пособие. Ульяновск : УлГТУ, 2007. 523 с.

³ Зубков А.Ф. Технология укладки асфальтобетонных смесей при строительстве многополосных дорожных покрытий : учебное пособие. Тамбов : Изд-во ФГБОУВО «ТГТУ», 2016. 81 с.

⁴ First reaction. URL: <https://www.roadsbridges.com/first-reaction> (дата обращения: 25.03.2019).

⁵ Evaluation of cracking resistance and durability of 100% reclaimed asphalt pavement mixtures. URL: <https://www.omicsonline.org/proceedings/evaluation-of-cracking-resistance-and-durability-of-100-reclaimed-asphalt-pavement-mixtures-48447.html> (дата обращения: 08.03.2019).

⁶ Aged to perfection. URL: <https://www.roadsbridges.com/aged-perfection> (дата обращения: 1.04.2019).

⁷ Beyond compliance. URL: <https://www.roadsbridges.com/beyond-compliance> (дата обращения: 11.06.2019).

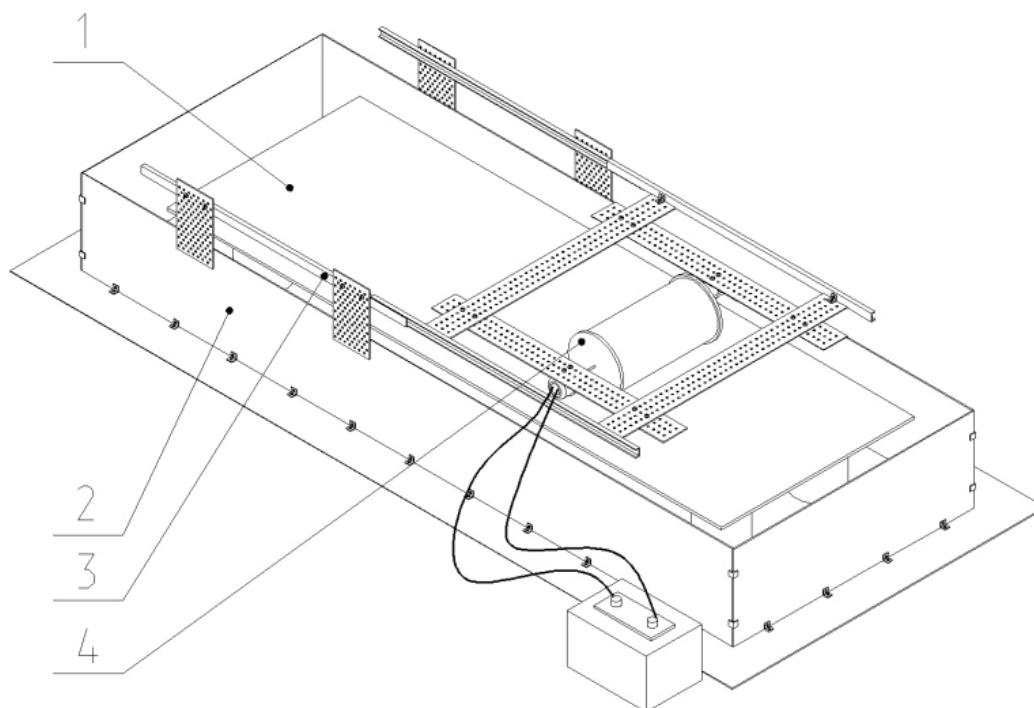


Рисунок 1 – Общий вид стенда:
1 – ёмкость для уплотняемого образца вещества; 2 – дно и короб стенда;
3 – подвижная конструкция стенда; 4 – рабочий орган

Figure 1 – General view of the stand:
1 – container for compacted sample; 2 – bottom and stand box;
3 – movable stand construction; 4 – working body

процессе экспериментов; наличие достаточного пространства для размещения уплотняемого образца вещества; возможность регулирования положения ёмкости для материала по трем осям; возможность перемещения рабочего органа катка вдоль уплотняемого образца; наличие привода рабочего органа; максимальная универсальность стенда для испытания различного оборудования; доступные компоненты и простая сборка.

В статье используется новейшая отечественная и иностранная литература, изучены взгляды специалистов в области устройства дорожного полотна и уплотнения грунтов в целом.

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СТЕНДА

Стенд состоит из нескольких сборочных единиц (рисунок 1). Основание и короб обеспечивают устойчивость и жесткость. На основании размещается ёмкость для уплотняемого материала. Рабочий орган уплотняет вещество и перемещается с помощью подвижной конструкции вручную или лебедкой.

На стенде возможно выявление различных

параметров и зависимостей, а также наблюдение процессов, происходящих с веществом во время и после уплотнения (образование волны перед вальцом и прочее). При испытаниях новых методик или рабочих органов возможна оценка коэффициента уплотнения и количества дефектов, а также испытания новых материалов, оценка их эффективности. Конструкция и методика испытаний позволяют в подробностях наблюдать все шаги и результаты уплотнения. Универсальность конструкции позволяет подключать дополнительное измерительное оборудование и вносить изменения (например, прозрачные стенки короба).

Дно и короб (рисунок 2) являются основанием стенда. Короб – жёсткий прочный прямоугольный корпус, предназначенный для установки направляющих подвижной части. Дно стенда – панель, служащая опорой для короба. Данные сборочные единицы жёстко соединены между собой и образуют рабочее пространство для размещения ёмкостей с уплотняемым веществом. Габаритные размеры конструкции могут изменяться под условия конкретных экспериментов.



Рисунок 2 – Дно и короб станда:
1 – торцевая стенка короба; 2 – дно;
3 – боковая стенка короба

Figure 2 – Bottom and stand box:
1 – end wall of the box; 2 – bottom;
3 – side wall of the box

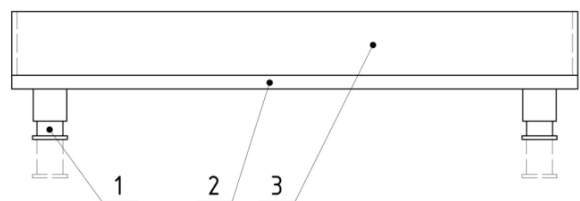


Рисунок 3 – Ёмкость для уплотняемого образца
вещества: 1 – регулируемая опора;
2 – дно емкости; 3 – борт ёмкости

Figure 3 – Container for compacted sample:
1 – adjustable support;
2 – bottom of the tank; 3 – tank side

Ёмкость (рисунок 3) предназначена для размещения уплотняемого вещества. Она конструируется с учетом требований к прочности, влагоизоляции и конструктивным параметрам. Ёмкость имеет регулируемые по высоте опоры для позиционирования уплотняемого материала на нужной высоте. Габаритные размеры выбираются таким образом, чтобы ширина и длина ёмкости были меньше внутренних габаритов короба жёсткости.

Подвижная часть станда (рисунок 4) – конструкция, состоящая из боковых планок, жёстко соединённых поперечинами. На этой платформе крепятся кронштейны для рабочего органа (например, вальца) на необходимом расстоянии друг от друга. Задача данной сборочной единицы состоит в симуляции движения катка как подвижной платформы по уплотняемой зоне. Расстояние, которое способно покрыть подвижная часть (дальность вылета конструкции по отношению к неподвижной части станда), ограничено особенностями направляющих, а именно ограничителями.

Рабочий орган (рисунок 5) состоит из вальца с осью вращения, соединенной гибкой муфтой со штоком мотора. Другой конец вала удерживается пластиной с подшипником.

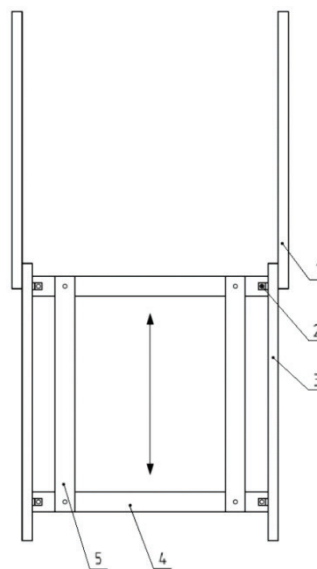


Рисунок 4 – Подвижная конструкция станда:
1 – неподвижная направляющая; 2 – задняя поперечина;
3 – подвижная направляющая; 4 – передняя поперечина;
5 – продольные полосы для крепления рабочего органа
Figure 4 – Movable stand construction: 1 – fixed guide;
2 – rear cross member; 3 – movable guide; 4 – front cross member;
5 – longitudinal strips for the working body's mounting

5 – longitundinal strips for the working body's mounting

Перечисленные элементы крепятся на раму жесткости, перемещающуюся с помощью подвижной конструкции станда. С помощью привода в виде электромотора валец может действовать как ведущий. При необходимости изучения ведомого вальца подвижная конструкция перемещается с выключенным приводом.

Для предотвращения поломки механизма и конструкции экспериментального станда в целом предусмотрена система безопасности (рисунок 6). В случае если валец заклинит или при иной внештатной ситуации гибкая муфта, рассчитанная на определённый момент вращения штока мотора, выйдет из зацепления с валом рабочего органа и не позволит приводу разрушить конструкцию.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Методика проведения исследований взаимодействия рабочего органа с уплотняемым материалом состоит из следующих шагов: 1 – предварительная подготовка станда и проверка готовности; 2 – размещение материала в соответствующую ёмкость; 3 – размещение средств контроля в рабочую зону; 4 – приведение подвижной части станда в исходную пози-

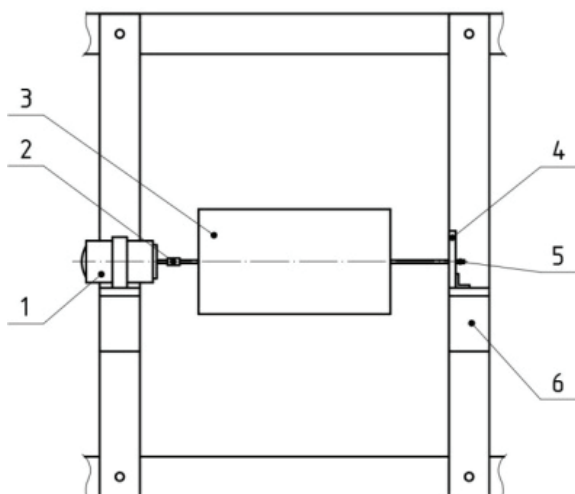


Рисунок 5 – Схема устройства рабочего органа:
1 – электромотор; 2 – гибкая муфта; 3 – валец;
4 – пластина с подшипником; 5 – ограничитель вала;
6 – кронштейн

Figure 5 – Scheme of the working body:
1 – electric motor;
2 – flexible coupling; 3 – drum;
4 – plate with the bearing; 5 – shaft stop; 6 – bracket

цию; 5 – подключение электроники; 6 – тестирование работоспособности; 7 – подготовка и перемещение ёмкости со смесью в рабочую зону; 8 – испытание рабочего органа; 9 – выключение всех систем, возврат подвижной части в исходную точку; 10 – проведение замеров, анализ полученных данных; 11 – заполнение таблицы. При необходимости эксплуатация и процесс исследования могут меняться для получения различных зависимостей взаимодействия рабочего органа с уплотняемой средой.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Итогом сбора данных, полученных в ходе проведения экспериментов, является их конспектирование и дальнейший анализ. Следует производить достаточное количество опытов для уменьшения значения абсолютной погрешности. Параметры распределения находятся на основе экспериментальных данных⁸. После фиксации данных по интересующим параметрам следует усреднить их значение одним из следующих способов: най-

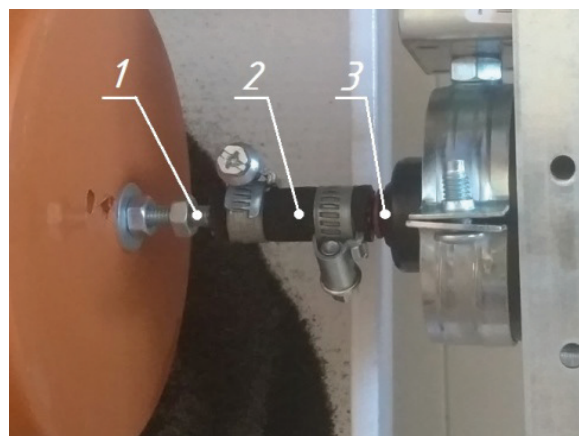


Рисунок 6 – Предохранительное устройство механизма вращения: 1 – вал; 2 – гибкая муфта с хомутами; 3 – шток мотора

Figure 6 – Safety device of the rotation mechanism: 1 – shaft; 2 – flexible coupling with clamps; 3 – motor rod

ти среднее арифметическое или геометрическое, а также взять средний член полученного вариационного ряда⁹ (с расположением чисел по возрастанию).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Была получена принципиальная схема, обеспечивающая устойчивость стенда, защищенная от опрокидывания и разрушения конструкции. Возможность изменения рабочего пространства и положения уплотняемого материала за счет изменяемых размеров конструкции стенда даёт большие возможности для масштабирования экспериментов и точной настройки положения веществ в пространстве. Рабочий орган способен перемещаться по рабочей зоне с требуемой скоростью и по нужной траектории, а его привод может быть закреплен несколькими способами.

Таким образом, была создана рациональная схема лабораторного стенда для исследования рабочего органа катка и его воздействия на уплотняемый материал, обладающая гибкостью и универсальностью для исполь-

⁸ Бекряев В.И. Основы теории эксперимента: учебное пособие. СПб. : Изд. РГГМУ, 2001. 38 с.

⁹ Спирин Н.А., Лавров В.В. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента : конспект лекций. Екатеринбург : ГОУВПОУГТУ-УПИ, 2004. 37 с.

зования в различных условиях, от маленьких помещений до обширных лабораторий и исследовательских центров.

Обобщая изложенные в статье данные с имеющимися в научной литературе по тематике работы, специалисты имеют возможность получить большой набор средств и инструментов для изучения проблематики взаимодействия рабочего оборудования катка с материалом. Кроме того, описанную принципиальную схему стенда возможно модернизировать в соответствии с конкретными изучаемыми параметрами. Это является большим плюсом концепции простоты и доступности компонентов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вишнеvский Д. Еще немного про асфальт // Высшее образование сегодня. 2018. № 2. С.82–89.
2. Aidin M., Hesham A., Farshad K., Mohamadtaqi B., Mojtaba M. Investigation of pavement raveling performance using smartphone. *International Journal of Pavement Research and Technology*. Vol. 11, No. 6, 2018, pp. 553–563.
3. Hesham A., Mohamadtaqi B. Pavement Manager at Risk in Construction of Hot Mix Asphalt. *Advances in Civil Engineering*. No. 1, 2018, pp. 1–8.
4. Третьяков Р. Незаметный герой // Высшее образование сегодня. 2019. № 2. С.61–67.
5. Новоселов В. Дорожные катки. Государство в помощь // Спецтехника и коммерческий транспорт. 2017. № 2. С.24–29.
6. Халиулина Л.Э. Долговечность асфальтобетонных покрытий // Научный журнал, 2018. № 11. С.26–27.
7. Хафизов Э.Р., Вдовин Е.А., Фомин А.Ю., Мавлиев Л.Ф., Буланов Н.Е. Современные методы оценки эксплуатационных свойств дорожных асфальтобетонов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 2. С. 279–285.
8. Шадриков В.Д. Пути подборов составов мелкозернистых асфальтобетонных смесей, наиболее устойчивых к процессам колееобразования // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». 2017. Том 5. № 1. С. 28–40.
9. Савельев С.В., Дубков В.В., Шушубаева М.К., Пермяков В.Б. Осцилляторный валец дорожного катка с двойной обечайкой // Вестник СибАДИ. 2018. № 6 (64). С. 844–853. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2018-6-844-853>
10. Захаренко А.В., Пермяков В.Б., Семёнов А.С., Максимов В.М. Перспективы разви-

тия конструкций асфальтоукладчиков и дорожных катков // Строительные и дорожные машины. 2012. №2. С. 19–23.

11. Пермяков В.Б., Дубков В.В., Серебренников В.С. Аналитическое описание процесса уплотнения асфальтобетонной смеси вибрационным катком // Омский научный вестник. 2008. №64. С. 67–71.

12. Mohamadtaqi B., Amirmasoud H., Mojtaba M., Hesham A. Asphalt Mixture Segregation Detection: Digital Image Processing Approach. *Advances in Materials Science and Engineering*. No. 1, 2018, pp.1-8.

13. Jo S.D., Matthew C., Christopher J., Rasool N., Eshan V.D., Ashton C. Comparison of asphalt mixture specimen fabrication methods and binder tests for cracking evaluation of field mixtures. *Road Materials and Pavement Design*. Vol. 20, No. 5, 2019, pp. 1059–1075.

14. Третьяков Р. Следом за асфальтоукладчиком и не только // Высшее образование сегодня. 2014. № 10. С. 58–67.

REFERENCES

1. Vishnevskij D. Eshhe nemnogo pro asfal't [A little bit more about asphalt]. *Vysshee obrazovanie segodnja*. 2018; 2: 82–89 (in Russian).
2. Aidin M., Hesham A., Farshad K., Mohamadtaqi B., Mojtaba M. Investigation of pavement raveling performance using smartphone. *International Journal of Pavement Research and Technology*. Vol. 11, No. 6, 2018, pp. 553–563.
3. Hesham A., Mohamadtaqi B. Pavement Manager at Risk in Construction of Hot Mix Asphalt. *Advances in Civil Engineering*. No. 1, 2018, pp. 1–8.
4. Tret'jakov R. Nezametnyj geroj [Invisible hero]. *Vysshee obrazovanie segodnja*. 2019; 2: 61–67 (in Russian).
5. Novoselov V. Dorozhnye katki. Gosudarstvo v pomoshh' [Road rollers. State to help]. *Spektelnika i kommercheskij transport*. 2017; 2: 24–29 (in Russian).
6. Haliulina L.Je. Dolgovechnost' asfal'tobetonnih pokrytij [Durability of asphalt concrete pavements]. *Nauchnyj zhurnal*. 2018; 11: 26–27 (in Russian).
7. Hafizov Je.R., Vdovin E.A., Fomin A.Ju., Mavliev L.F., Bulanov N.E. Sovremennye metody ocenki jekspluatacionnyh svojstv dorozhnyh asfal'tobetonov [Modern methods for evaluating the performance properties of road asphalt concrete]. *Izvestija Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2017; 2: 279–285 (in Russian).
8. Shadrikov V.D. Puti podborov sostavov

melkozernistyh asfal'tobetonnyh smesej, naibolee ustojchivyh k processam koleeobrazovaniya [Ways of selection of compositions of fine-grained asphalt concrete mixtures, the most resistant to the processes of rutting]. *Transportnye sooruzhenija*. 2017; 1, Vol 5: 28–40 (in Russian).

9. Savel'ev S.V., Dubkov V.V., Shushubaeva M.K., Permjakov V.B. Oscilljatornyj valec dorozhnogo katka s dvojnoj obechajkoj [Oscillator roll of a road roller with a double rim]. *Vestnik SibADI*. 2018; 64: 844–853 (in Russian).

10. Zaharenko A.V., Permjakov V.B., Semjonov A.S., Maksimov V.M. Perspektivy razvitiya konstrukcij asfal'toukladchikov i dorozhnyh katkov [Prospects for the development of designs of pavers and road rollers]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*. 2012; 2: 19–23 (in Russian).

11. Permjakov V.B., Dubkov V.V., Serebrennikov V.S. Analiticheskoe opisanie processa uplotnenija asfal'tobetonnoj smesi vibracionnym katkom [An analytical description of the process of compaction of asphalt concrete mix with a vibratory roller]. *Omskij nauchnyj vestnik*. 2008; 64: 67–71 (in Russian).

12. Mohamadtaqi B., Amirmasoud H., Mojtaba M., Hesham A. Asphalt Mixture Segregation Detection: Digital Image Processing Approach. *Advances in Materials Science and Engineering*. No. 1, 2018, pp.1–8.

13. Jo S.D., Matthew C., Christopher J., Rasool N., Eshan V.D., Ashton C. Comparison of asphalt mixture specimen fabrication methods and binder tests for cracking evaluation of field mixtures. *Road Materials and Pavement Design*. Vol. 20, No. 5, 2019, pp. 1059–1075.

14. Treťjakov R. Sledom za asfal'toukladchikomi ne tol'ko [Following the asphalt paver and not only]. *Vysshee obrazovanie segodnja*. 2014; 10: 58–67 (in Russian).

Поступила 21.07.2019, принята к публикации 27.08.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Казаков Олег Юрьевич – аспирант; МАДИ ГТУ «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», (Россия, 125319, г. Москва, Ленинградский пр., 64); Машиностроительный завод «БЕЦЕМА», инженер-конструктор, (Россия, 143405,

Московская область, г. Красногорск, Ильинское ш., дом 15а); e-mail: 4informatika@mail.ru. ORCID 0000-0002-5747-6072.

Кустарев Геннадий Владимирович – проф., канд. техн. наук, доц., AuthorID: 582823; МАДИ ГТУ «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», заведующий кафедрой, (Россия, 125319, г. Москва, Ленинградский пр., 64; e-mail: projectdm@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Oleg Y. Kazakov – Postgraduate, Design Engineer, “BECEMA” Machinery Factory, Moscow State Automobile and Highway Technical University, ORCID 0000-0002-5747-6072 (125319, Russia, Moscow, 64, Leningradsky Ave., e-mail: 4informatika@mail.ru).

Gennady V. Kustarev – Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Moscow State Automobile and Highway Technical University, AuthorID: 582823 (125319, Russia, Moscow, 64, Leningradsky Ave., e-mail: projectdm@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Статья была подготовлена совместно с заведующим кафедрой МАДИ «Дорожно-строительные машины» Кустаревым Геннадием Владимировичем в рамках научной деятельности кафедры.

Казаков Олег Юрьевич. Проектирование и сборка экспериментального стенда, создание методики для проведения исследований, редактирование статьи. Вклад соавтора составляет 50%.

Кустарев Геннадий Владимирович. Формулирование задач и цели создания стенда, руководство и участие в проектировании конструкции, анализ полученных результатов. Вклад соавтора составляет 50%.

AUTHORS' CONTRIBUTION

The paper is prepared within the scientific activity of the department with Gennady V. Kustarev, Head of the Department of the Road Construction Machines.

Oleg Y. Kazakov – designing and assembling an experimental stand; creating a methodology; manuscript's editing. The author's contribution is 50%.

Gennady V. Kustarev – formulation of tasks and goals of the stand's creating; leadership and participation in the construction design; results' analysis. The author's contribution is 50%.