

УДК 656.137

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-4-442-451>

НАУЧНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДОРОЖНЫХ МАШИН В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

С.А. Евтюков, С.В. Репин, С.М. Грушецкий, Г.А. Карро
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»,
г. Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Многие задачи в области эксплуатации дорожных машин в современных условиях стали неактуальны с научной точки зрения. Это связано с появлением новых нормативных документов, которые способствуют решению многих задач, например задач по формированию парков дорожных машин для содержания дорог. Кроме того, активное внедрение CALS-технологий; современных систем мониторинга дорожных машин; стремление автоматизировать и роботизировать рабочие процессы; изменение объемов и темпов дорожного строительства; повышение требований к качеству выполняемых работ; увеличение гарантийного срока службы дорог; существование мега дорожных организаций; отсутствие до настоящего времени общепринятых критериев оценки эффективности той или иной формы организации ТО и НР (неплановых ремонтов) дорожных машин; активное развитие сети платных дорог и т.д. требуют кардинально пересмотреть и систематизировать вопросы, касающиеся постановки научных задач при исследовании системы жизненного цикла дорожных машин в современных условиях.

Материалы и методы. Были использованы известные методики математического, факторного анализа и экспертных оценок параметров, определяющих основные отличия, влияющих главным образом на рациональную эксплуатацию дорожных машин. Отраслевая дорожная методика (ОДМ) 218.2.018–2012 «Методические рекомендации по определению необходимого парка дорожно-эксплуатационной техники для выполнения работ по содержанию автомобильных дорог при разработке проектов содержания автомобильных дорог» способствует комплексному решению основных задач по формированию парков машинами для содержания дорог. Сегодня активно во всех сферах дорожного хозяйства применяется система «ЭРА-ГЛОНАСС» и аналогичные системы, позволяющие отслеживать положение и другие технические параметры дорожных машин в течение длительного периода времени. Кроме этого, активно применяется автоматизация и роботизация производственных процессов.

Результаты. Проведенный факторный анализ и метод экспертных оценок позволили выявить основные отличия современной системы жизненного цикла дорожных машин, используемых для строительства, реконструкции, ремонта и содержания автомобильных дорог от аналогичной системы жизненного цикла дорожных машин 10–20 лет назад. Выявлены особенности при исследовании системы жизненного цикла дорожных машин в современных условиях. Обозначены основные задачи современных исследований системы жизненного цикла дорожных машин. Установлено, что в основу отраслевых дорожных методических документов, вышедших в настоящее время, а также готовящихся к выходу в свет в ближайшее время, во многом легли научные исследования, проведенные 10–20 лет назад российскими учеными. Существующие отраслевые документы носят рекомендательный характер, что не всегда применимо к конкретным объектам строительства и комплектам дорожных машин, а установка следящих систем на дорожных машинах только способствует проведению научных исследований.

Обсуждение и заключение. В ходе исследования был определен вектор дальнейшего развития такого научного направления, как исследование системы жизненного цикла дорожных машин в современных условиях. Предложены пути решения научных задач с учетом современных особенностей эксплуатации парков дорожных машин для строительства, реконструкции, ремонта и содержания автомобильных дорог, что позволяет ученым, особенно молодым, более точно и правильно формулировать свои научные задачи при их постановке в начале исследований по данному направлению.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дорожные машины (ДМ), система, жизненный цикл (ЖЦ) дорожных машин (ДМ) строительства, реконструкции, ремонта, содержания, автомобильных дорог (АД), ТО (техническое обслуживание), НР (неплановый ремонт), ремонт, отраслевая дорожная методика (ОДМ).

© Евтюков С.А., Репин С.В., Грушецкий С.М., Карро Г.А.



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

БЛАГОДАРНОСТИ. Авторы выражают благодарность рецензентам статьи.

Поступила 5.06.2020, принята к публикации 23.08.2020.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Для цитирования: Евтюков С.А., Репин С.В., Грушецкий С.М., Карро Г.А. Научные задачи исследования жизненного цикла дорожных машин в современных условиях. *Вестник СибАДИ.* 2020; 17 (4): <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-4-442-451>

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-4-442-451>

SCIENTIFIC OBJECTIVES OF RESEARCH ON ROAD MACHINES LIFE CYCLE IN MODERN CONDITIONS

Sergei A. Evtiukov, Sergei V. Repin, Stanislav M. Grushetskii, German A. Karro
Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
Saint-Petersburg, Russia

ABSTRACT

Introduction. Many tasks in the field of operation of road machines in modern conditions have become irrelevant from a scientific point of view. This is due to the emergence of new regulatory documents that contribute to the solution of many problems, for example, the tasks of forming fleets of road machines for road maintenance. In addition, the active implementation of CALS-technologies; modern monitoring systems for road machines; the commitment to automate and robotic work processes; change in the volume and pace of road construction; increasing requirements for the quality of work performed; extension of the warranty period of road service; the existence of mega road organizations; the absence of date of generally accepted criteria for evaluating the effectiveness of one form or another of organizing maintenance and repair work (unscheduled repairs) of road machines; active development of a network of toll roads, etc. they require a radical review and systematization of issues related to the formulation of scientific problems in the study of the life cycle system of road vehicles in modern conditions.

Materials and methods. The well-known methods of mathematical, factor analysis and expert estimates of parameters were used that determine the main differences that affect mainly on the rational operation of road machines. 218.2.018-2012 'Methodological recommendations for determining the necessary fleet of road maintenance equipment for the maintenance of roads in the development of road maintenance projects' industry road methodology (IRM) contributes to the integrated solution of the main tasks of forming parks with vehicles for road maintenance. Today, the ERA-GLONASS system and similar systems are actively used in all areas of the road economy and allow tracking the position and other technical parameters of road machines over a long period of time. In addition, automation and robotization of production processes are actively used.

Results. The factor analysis and the method of expert assessments made it possible to identify the main differences between the modern life cycle system of road machines used for the construction, reconstruction, repair and maintenance of highways than a similar life cycle system of road machines 10-20 years ago. Some features have been identified in the study of the life cycle system of road machines in modern conditions. The main tasks of modern research on the road machines life cycle system are outlined. It has been established that the basis of the industry road guidance documents that have been published at present, as well as those preparing to be published in the nearest future, are largely based on the scientific research conducted 10-20 years ago by Russian scientists. The current industry documents are advisory in modern conditions, which is not always applicable to specific construction objects and sets of road machines, and the installation of tracking systems on road machines only contributes to the scientific research.

Discussion and conclusions. In the course of the study, a vector was determined for the further development of such a scientific direction as the study of the life cycle system of the road machines in modern conditions. Some ways are proposed for solving scientific problems, taking into account the modern features of the road machines operations for the construction, reconstruction, repair and maintenance of roads, which allows scientists, especially the young ones, to more accurately and correctly formulate their scientific problems when setting them at the beginning of the research in this area.

© Evtiukov S. A., Repin S. V., Grushetskii S. M., Karro G. A.



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

KEYWORDS: *road machines, system, life cycle of road machines, construction, reconstruction, repair, maintenance, roads, TM (technical maintenance), UR (unscheduled repair), repairs, industry road methodology (IDM).*

ACKNOWLEDGEMENTS. *Authors express their gratitude to the reviewers of the paper.*

Submitted 5.06.2020, revised 23.08.2020.

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: Evtiukov S.A., Repin S.V., Grushetskii S.M., Karro G.A. Scientific objectives of research on road machines life cycle in modern conditions. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2020; 17 (4): <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-4-442-451>

ВВЕДЕНИЕ

Если рассматривать достаточно значительный период времени последних 10–20 лет, то произошло очень много изменений во всех направлениях и сферах деятельности, касающихся эксплуатации дорожных машин (ДМ) для строительства, реконструкции, ремонта (капитального и местного) и содержания автомобильных дорог (АД). Прежде всего изменения произошли в объемах работ. Это, в свою очередь, привело к созданию новых ДМ на совершенно иных принципах и подходах к их эксплуатации. До сих пор эффективность ДМ преимущественно оценивалась в период их эксплуатации. Немало научных исследований было проведено в рассматриваемый период времени по всем видам эксплуатации ДМ. Жизненный цикл (ЖЦ) ДМ, как впрочем и любых других машин, состоит из четырех этапов: проектирование, производство, эксплуатация и утилизация (рисунок 1). При этом этап эксплуатация ДМ безусловно является основным с точки зрения обеспечения результата работы ДМ [7, 8, 10, 13]. Этим во многом и объясняется большое количество научных работ, посвященных этапу эксплуатации дорожных машин [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Этапы проектирования, производства и утилизации являются жизненно необходимыми, но они до начала этапа эксплуатации ДМ остаются «как бы» в тени. Сегодня трудно найти вопрос или задачу, которые с научной точки зрения ещё не рассмотрели или не решили бы по эксплуатации ДМ ученые. При этом такие этапы ЖЦ ДМ, как проектирование, производство и утилизация (не имеется в виду переработка материалов) изучены недостаточно, хотя именно они являются определяющими для этапа эксплуатации ДМ. Многие задачи в области эксплуатации ДМ в современных условиях стали научно неактуальны. Это связано с возникновением в указанный период времени нормативных документов, которые решают многие задачи, на-

пример задачи по формированию парков дорожных машин для содержания дорог. Кроме того, активное внедрение CALS-технологий [1, 4, 10, 11, 12, 17], современных систем мониторинга ДМ [7, 14], стремление автоматизировать и роботизировать рабочие процессы [13, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25].

Цель данной статьи – выявить основные отличительные моменты в системе эксплуатации ДМ для строительства, реконструкции, ремонта и содержания АД сегодня от аналогичной системы эксплуатации ДМ 10–20 лет назад для того, чтобы выстроить четкую границу между актуальными научными исследованиями и решенными инженерными задачами. Кроме того, работа позволит начинающим ученым и просто ученым быстрее найти границы области их научных исследований при рассмотрении системы ЖЦ ДМ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Вначале необходимо отметить основные отличия современной системы эксплуатации дорожных машин от аналогичной системы эксплуатации дорожных машин 10–20 лет назад. Что же сегодня изменилось в данном научном направлении? Для этого применим методики математического, факторного анализа и экспертных оценок основных параметров, определяющих основные отличия, влияющих главным образом на эффективную эксплуатацию ДМ в современных условиях.

Это связано с возникновением в указанный период времени нормативных документов, которые решают многие задачи, например задачи по формированию парков машин для содержания дорог. К одним из таких документов следует отнести Отраслевую дорожную методику ОДМ 218.2.018–2012 «Методические рекомендации по определению необходимого парка дорожно-эксплуатационной техники для выполнения работ по содержанию автомобильных дорог при разработке проектов

содержания автомобильных дорог» (далее **ОДМ**), которая носит рекомендательный характер и помогает комплексно решать основные задачи по формированию парков машинами для содержания дорог. Далее сегодня активно во всех сферах дорожного хозяйства применяется система «ЭРА-ГЛОНАСС» и аналогичные системы, позволяющие отслеживать положение и другие технические параметры машин в течение длительного периода времени. Кроме того, сегодня активно применяется автоматизация и роботизация производственных процессов ДМ [7, 14].

Увеличение объемов и скорости строительства приводит к повышению требований к качеству строящихся дорог. Увеличиваются несущая способность, пропускная способность и гарантийный срок службы дорог. Согласно ГОСТ 32960–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения» несущая способность дорог увеличена. Минимальный (гарантийный срок) срок службы дорог согласно ОДМ 218.6.029–2017 «Рекомендации по установлению гарантийных сроков конструктивных элементов автомобильных дорог и технических средств организации дорожного движения» сегодня составляет 12 лет.

Сегодня наряду с машинами, возраст которых колеблется от 5 до 10 лет, а также старше 10 лет, работает много новой техники, возраст которой составляет до 5 лет. Эти машины могут быть как отечественного, так и зарубежного производства. Новые машины в большей степени построены на совершенно новых платформах, чем машины, созданные 10 лет назад.

Все чаще можно встретить такое понятие, как ЖЦ парков машин, ЖЦ машины [2, 7, 8, 13, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 25]. На рисунке 1 показана схема управления ЖЦ ДМ [2]. Это связано прежде всего с обеспечением ЖЦ дороги. Следует отметить, что ЖЦ машины и ЖЦ дороги – это два разных понятия, которые имеют прямую зависимость друг от друга. Совершенно понятно, что дороги как новые, так и старые необходимо содержать, ремонтировать, при этом без новых CALS- технологий [10, 11, 12, 17] и других не обойтись, если обеспечивать качественную работу машин на объектах. Современные объемы работ не позволяют с помощью классической системы планово-предупредительного ремонта выполнить все поставленные задачи.

Еще одной особенностью современной работы парков машин является то, что сегодня

высокотехнологичные материалы позволяют вести строительство объектов круглогодично.

Существует такая практика, что многие предприятия, эксплуатирующие дорожную технику, не покупают машины, в том числе в лизинг, а берут в аренду на определенный срок, считая, что это выгоднее. Такие предприятия заинтересованы в том, чтобы при минимальных затратах за аренду машины получить максимальный эффект.

В рассматриваемый период (10–20 лет) было проведено немало научных исследований, которые учитывали бы сезонные и климатические изменения [1, 5, 6, 9]. Этот вопрос по-прежнему актуален с научной точки зрения. Новые машины, которые сегодня производятся, больше являются универсальными и многофункциональными, способными применяться в разных климатических условиях и поясах, чем, например, специального исполнения для работы в конкретном регионе со своими климатическими особенностями.

Нельзя забывать и об активном развитии частного партнерства – строительство платных дорог. Платные дороги в России появились относительно недавно. Россия переживает мировой опыт, который активным образом предусматривает развитие платных дорог. Почему необходима такая практика? Во-первых, это большая экономия для бюджета страны; во-вторых, это объекты, которые кроме самоокупаемости приносят прибыль; в-третьих, приносимая прибыль может быть направлена на дальнейшее развитие как самого объекта, так и на развитие других объектов, а также на развитие научно-технического процесса в данном направлении.

Экономика нашей страны переживает совершенно иной этап в отличие от 10–20-летнего опыта своего развития. Раньше главной задачей дорожной отрасли, а ДМ работают исключительно на данную отрасль, было выжить, приводя в порядок, поддерживая тот или иной участок дороги. Сегодня средства выделяются кроме производственных нужд и на исследование развития самой структуры. В этом и может быть заложен бюджет на научные исследования, без которого дальнейшее развитие системы ЖЦ ДМ невозможно [13, 14, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25].

Отсутствие до настоящего времени общепринятых критериев оценки качества той или иной формы организации ТО и НР не позволяют создать математическую модель выбора оптимальной формы. В настоящее время почти повсеместно используется критерий, сво-



Рисунок 1 – Схема управления жизненным циклом дорожных машин: КСТЭ – комплексная система технической эксплуатации [2]

Figure 1 – The life cycle management scheme of road machines: ISTO – integrated system of technical operation [2]

дящий к минимизации суммарной стоимости простоев машин, находящихся в обслуживании или ожидании его, и мастерских простаивающих из-за отсутствия машин, подлежащих обслуживанию. Основным недостатком этого критерия является то, что он не отражает несоразмерности простоев дорожной техники и мастерских. Если простой мастерской означает неполное использование лишь незначительной части основных фондов технологического процесса, то простой машины, кроме того, означает невыполнение производственного плана со всеми вытекающими отсюда последствиями¹.

Поэтому, хотя один час простоя мастерских может стоить дороже одного часа простоя машины, последствия простоя ДМ почти всегда весомее, чем простой мастерских, следовательно, приведенный выше критерий не отражает существа проблемы.

Иногда за целевую функцию в этих случаях принимаются потери рабочего времени вследствие простоя машин в обслуживании или ожидании его. Данная функция минимизируется при таком количестве мастерских, когда вероятность ожидания машиной обслужива-

ния будет минимальной. Однако в этом случае использование мастерских будет недостаточным, что приведет к снижению экономической эффективности системы ТО и ремонта.

Расход средств на содержание системы ТО также не может быть критерием эффективности, так как он не характеризует влияние системы ТО на выполнение машинами их основных функций – производства работ.

Поэтому целесообразно принять в качестве критерия эффективности производительность [2, 8, 16], которую в общем виде можно определить по формуле (1):

$$F = Q/N, \quad (1)$$

где Q – объем продукции за какой-то период, N – численность людей, работающих на машине и выполняющих ТО и Р.

На кафедре транспортно-технологических машин СПбГАСУ проведены исследования в области эксплуатации ДМ. Получены конкретные статистические данные, в результате обработки которых методами математической статистики установлены законы [1, 2, 3, 4, 5, 6]:

1. Плотности распределения времени на-

¹ Прогнозирование периодичности ТО-2 коммунальных машин для содержания автомобильных дорог: Грушецкий С.М. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – СПб., 2000. 160 с.

хождения и времени ожидания ТО и НР ДМ, что отражено на рисунке 2. Изменение этих случайных величин описывается экспоненциальным законом распределения.

2. Плотности распределения времени занятости мастерских при выполнении ТО и НР, времени, затрачиваемого на подготовку к выезду на линию, и плотности распределения расстояния перемещения мастерских и к месту работы ДМ.

Объем продукции машины за какой-то период можно определить по формуле (2):

$$Q = \Pi_3(T - T_{23}), \quad (2)$$

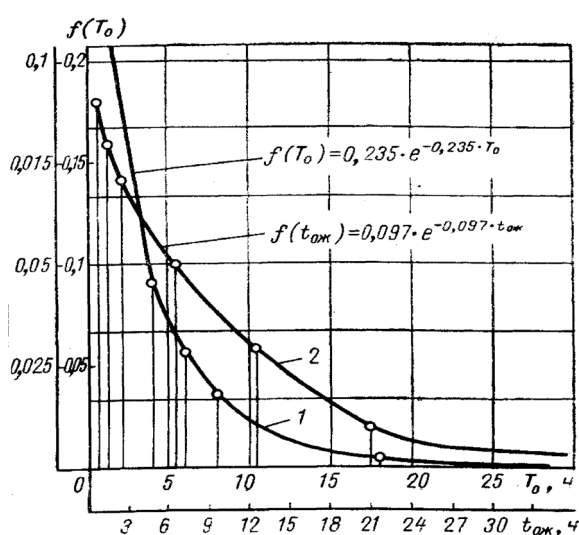


Рисунок 2 – Плотность распределения времени: 1 – нахождения машин в ТО и НР; 2 – ожидания НР

Figure 2 – Time distribution density: 1 – finding machines in TM and UR; 2 – expectations of UR

где Π_3 – эксплуатационная производительность машины;

T – общая длительность рабочего времени машины в рассматриваемый период;

T_{23} – общая продолжительность ТО и НР машины за период T .

Для упрощения при расчете величины Q отбрасываются затраты времени на перебазирование машин, организационные и сезонные простои и другие перерывы в работе, не связанные с ТО и НР.

Так как производительность машин не зависит от формы организации их обслуживания, то Π_3 можно исключить из выражения целевой функции.

Численность людей N определяется по формуле (3):

$$N = N_1 + N_2 + N_3, \quad (3)$$

где N_1 – численность людей, работающих на машине;

N_2 – численность людей в передвижной мастерской, выполняющей ТО машины;

N_3 – численность людей в мастерской, выполняющих НР.

Общая продолжительность ТО и НР машины рассчитывается по формуле (4):

$$T_{23} = T_2 + T_3 + T_{3ож}, \quad (4)$$

где T_2 – продолжительность выполнения ТО машины за сутки;

T_3 – то же НР;

$T_{3ож}$ – продолжительность ожидания начала НР машины за сутки.

Объем продукции Q характеризует количественную сторону варианта, а производительность труда F является его качественной стороной.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Таким образом, учитывая вышеизложенное, в результате применения факторного анализа и метода экспертных оценок основных параметров, определяющих основные отличия, влияющих главным образом на эффективную эксплуатацию ДМ в современных условиях, можно сформулировать следующие общие цели и задачи перспективных исследований:

1. Несмотря на то что многие научные задачи решены, существуют ОДМ, CALS-технологии, а также внедрена система «ЭРА ГЛОНАСС» и другие аналогичные следящие системы, необходимо продолжить научные исследования.

2. По изменениям объемов строительства. Это обстоятельство еще раз доказывает, что бы строить больше и быстрее, необходимо рассматривать другие машины, более производительные, то есть более мощные, более универсальные, более надежные, у которых был бы увеличенный межсервисный интервал без снижения общего ресурса работы машины.

3. Увеличение срока гарантии эксплуатации дорог до 12 лет (см. выше) вынуждает создавать парки машин, которые бы обеспечивали весь ЖЦ дороги в гарантийный период и послегарантийный период эксплуатации дорог.

4. Особое внимание необходимо уделить машинам, которые работают в полуавтомате

тическом и автоматическом режимах. В этом случае решаются вопросы качества, повышенной производительности и другие задачи, так как минимизируется или исключается влияние человека на выполнение производственного процесса.

5. Необходимо создавать методики оценки технического состояния машин, которые берут предприятия в аренду, так как их техническое состояние может значительно отличаться, даже несмотря на один возраст и одинаковую наработку.

6. Сегодня бюджет страны, национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги» с декабря 2018 г. по 2024 г. (включительно), эксплуатация платных автомобильных дорог позволяют более широко рассматривать вопрос о развитии системы ЖЦ ДМ. Основными приоритетными направлениями развития системы прежде всего должны быть интеллектуальные системы обеспечения ЖЦ ДМ, избирательность во всех ключевых вопросах и т.д.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теперь от общего можно перейти к частным целям и задачам.

Для достижения вышеуказанных целей и задач необходимо выработать следующую стратегию действий:

1. Необходимо выявить состав парков машин на конкретных объектах.

1.1. Необходимо выявить соотношения возрастных групп машин 0–5 лет, 5–10 лет, 10–12 лет и старше при наличии таких машин, а также объемы производства их работ.

1.2. Выяснить, каким образом ведется учет работы машин на объектах.

2. Выяснить, как обеспечивается ЖЦ ДМ сегодня [15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 4, 25].

3. Чем это достигается:

3.1. Принципиально новым подходом к вопросу технической эксплуатации ДМ. Привязка машин для мониторинга их технического состояния должна быть не к парку или к организации, где работают машины в конкретный момент времени, а к производителю и официальному дилеру. Только этот подход сегодня позволяет объективно оценить весь ЖЦ ДМ, то есть производитель или официальный дилер следит за работой машины вплоть до ее утилизации и дает рекомендации к исполнению в организации и предприятия, фактически осуществляющие эксплуатацию машин.

3.2. Необходимо определиться с параметрами, которые позволят более объективно

оценить весь ЖЦ ДМ на всех ее этапах существования (проектирование, производство, эксплуатация и утилизация). Возможно здесь потребуются индивидуальный подход к каждой единице техники или по функциональным группам техники. Кроме того, необходимо найти закономерность и описать математически связь между ЖЦ дороги и машин, которые и обеспечивают в конечном итоге ЖЦ дороги.

4. Данная статья рекомендуется молодым ученым в начале проведения научных исследований, так как позволяет более точно и правильно сформулировать свои научные задачи при их постановке при исследовании по данному направлению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кутузов В.В. Эффективность эксплуатации строительных и дорожных машин с учетом изменения их технического состояния // Технология колесных и гусеничных машин. 2015. № 3 (19). С. 57-64.

2. Евтюков С.А., Лутов Д.А., Шиманова А.А. Управление жизненным циклом машины с целью повышения эффективности использования парка машин для зимнего содержания дорог // Вестник гражданских инженеров. 2017. №4 (63). С. 205-211.

3. Попов Д.А., Патюков С.С. Особенности условий эксплуатации рабочих органов строительно-дорожных машин и факторы, влияющие на их ресурс // Воронежский научно-технический вестник. 2015. Т. 4, № 1 (11). С. 85-94.

4. Зорин В.А., Чонг Т. Математическая модель повышения долговечности дорожных машин с учётом условий эксплуатации // Техника и технология транспорта. 2019. № 5 (13). С. 29.

5. Пенчук В.А., Кралин А.К., Диденко А. Проблемы эффективной эксплуатации строительно-дорожных машин сезонного применения // Интерстроймех-2015. Материалы международной научно-технической конференции. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 156-160.

6. Коптев В.Ю. Управление эксплуатацией машин за счет совершенствования структуры парка и использования информативной базы производственной эксплуатации // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 4-2 (48). С. 92-95.

7. Заровчатская Е.В., Кутузов В.В. Проблемы повышения эффективности эксплуатации строительных и дорожных машин // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии. Материалы Международной научно-технической конференции. 2013. С. 15.

8. Шемшура Е.А., Алтунина М.С. Влияние режимов эксплуатации на ресурс дорожных машин // Строительные и дорожные машины. 2018. № 12. С. 25-28.

9. Гринчар Н.Г. К вопросу организации технической эксплуатации парков строительных

и путевых машин в дорожном строительстве // Механизация строительства. 2017. Т. 78, № 9. С. 17-19.

10. Максименко А.Н. [и др.]. Определение выходных параметров сезонной техники в дорожном строительстве // Грузовик &. 2008. № 3. С. 26-31.

11. Максименко А.Н., Макацария Д.Ю., Кутузов В.В. Определение целесообразности использования строительно-дорожных машин и оценка эффективности их эксплуатации // Механизация строительства. 2009. № 3. С. 14-20.

12. Судов Е.В. CALS-технологии или Информационная поддержка жизненного цикла изделия // PCWeek/RE. 1998. №45 (169). С. 10-17.

13. Шильников П.С., Овсянников М.В. Система электронной документации CALS – реальное воплощение виртуального мира // САПР и Графика. 1997. № 8. С. 27-34.

14. Коптев В.Ю. Управление эксплуатацией машин за счет совершенствования структуры парка и использования информативной базы производственной эксплуатации // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 4-2 (48). С. 92-95.

15. Сорока В.С. Ремонт специального подвижного состава // Путь и путевое хозяйство. 2004. №4. С. 9.

16. Евтюков С.А., Бобобеков О.К. Методы определения жизненных циклов и влияние капитального ремонта на долговечность дорожно-строительных и коммунальных машин // Вестник гражданских инженеров. 2016. №3 (56). С. 198-202.

17. Четвертнов А.В., Бурлаченко О.В. Применение CALS-технологий в сопровождении и поддержке жизненного цикла строительных машин и оборудования // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2011. № 5 (14). С. 4.

18. Куракина Е.В., Шиманова А.А., Лялинов А.Н. Совершенствование системы управления жизненным циклом наземных транспортно-технологических машин // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 3 (62). С. 200-206.

19. Репин, С.В. Разработка индивидуальной системы управления эксплуатацией технического объекта // Вестник Инжэкона. 2007. № 6/19. С. 66-69.

20. Максимычев О.И., Бойков В.Н. Поддержка жизненного цикла проектов дорожно-строительных работ в парадигме цифровой экономики // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2019. №1 (12). С. 10-15.

21. Репин С.В., Рулис К.В., Зазыкин А.В., Крупин С.А. Методология обеспечения работоспособности транспортно-технологических машин и комплексов средствами технической эксплуатации. СПбГАСУ, 2012. 256 с.

22. Репин С.В., Евтюков С.А., Зазыкин А.В. Надежность и эффективность транспортно-технологических машин. Петрополис, 2015. 84 с.

23. Евтюков С.А., Евтюков С.С., Чудаков А.В., Куракина Е.В. Наземные транспортно-технологические машины. Петрополис, 2016. 504 с.

24. Репин С.В., Евтюков С.А., Зазыкин А.В., Рулис К.В. Надежность и эффективность эксплуа-

тации наземные транспортно-технологических машин. Петрополис, 2017. 396 с.

25. Терентьев А.В., Евтюков С.С., Карелина Е.А., Куракина Е.В. Комплексная модель эффективности эксплуатации транспортного средства. Петрополис, 2019. 236 с.

REFERENCES

1. Kutuzov V.V. Jeftektivnost' jekspluatacii stroitel'nyh i dorozhnyh mashin s uchetom izmenenija ih tehničeskogo sostojanija [The operational efficiency of construction and road vehicles taking into account changes in their technical condition]. *Tehnologija kolesnyh i gusenichnyh mashin*. 2015; 3 (19): 57-64. (in Russian)

2. Evtjukov S.A., Lutov D.A., Shimanova A.A. Upravlenie zhiznennym ciklom mashiny s cel'ju povyshenija jeftektivnosti ispol'zovanija parka mashin dlja zimnego sodержanija dorog [Life cycle management of a car in order to increase the efficiency of using a fleet of vehicles for winter road maintenance]. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov SPbGASU*. 2017; 4 (63): 205-211. (in Russian)

3. Popov D.A., Patjukov S.S. Osobennosti uslovij jekspluatacii rabochih organov stroitel'no-dorozhnyh mashin i factory, vlijajushhie na ih resurs [Features of the operating conditions of the working bodies of road-building machines and factors affecting their resource]. *Voronezhskij nauchno-tehničeskij vestnik*. 2015; 4; (1) (11); 85-94. (in Russian)

4. Zorin VA, Chong T. Matematicheskaja model' povyshenija dolgovechnosti dorozhnyh mashin s uchjotom uslovij jekspluatacii [A mathematical model to increase the durability of road vehicles taking into account operating conditions]. *Tehnika i tehnologija transporta*. 2019; 5 (13): 29. (in Russian)

5. Penchuk VA, Kralin AK, Didenko A. Problemy jeftektivnoj jekspluatacii stroitel'no-dorozhnyh mashin sezonnogo primenenija [Problems of efficient operation of road construction machines for seasonal use]. *Interstrojmeh-2015. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehničeskoj konferencii*. 2015. 156-160. (in Russian)

6. Koptev V.Yu. Upravlenie jekspluataciej mashin za schet sovershenstvovanija struktury parka i ispol'zovanija informativnoj bazy proizvodstvennoj jekspluatacii [Management of the operation of machines by improving the structure of the fleet and using the informative base of production operation]. *Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii*. 2015; 4-2 (48): 92-95. (in Russian)

7. Zarovchatskaya EV, Kutuzov V.V. Problemy povyshenija jeftektivnosti jekspluatacii stroitel'nyh i dorozhnyh mashin [Problems of increasing the efficiency of operation of construction and road machines]. *Materialy, oborudovanie i resursosberegajushhie tehnologii. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehničeskoj konferencii*. 2013. 15 p. (in Russian)

8. Shemshura EA, Altunina M.S. Vlijanie rezhimov jekspluatacii na resurs dorozhnyh mashin [The influence of operating modes on the resource of road machines]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*. 2018; 12: 25-28. (in Russian)

9. Grinchar N.G. K voprosu organizacii tehnicheckoj jekspluatacii parkov stroitel'nyh i putevyh mashin v dorozhnom stroitel'stve [On the organization of the technical operation of construction parks and track machines in road construction]. *Mehanizacija stroitel'stva*. 2017; 78 (9): 17-19. (in Russian)

10. Maksimenko A.N. [i dr.] Opredelenie vyhodnyh parametrov sezonnoj tehniki v dorozhnom stroitel'stve [Determination of the output parameters of seasonal equipment in road construction]. *Gruzovik*. 2008; 3: 26-31. (in Russian)

11. Maksimenko A. N., Makatsaria D. Yu., Kutuzov V.V. Opredelenie celesoobraznosti ispol'zovanija stroitel'no-dorozhnyh mashin i ocenka jeffektivnosti ih jekspluatacii [Determining the feasibility of using road-building machines and evaluating the efficiency of their operation]. *Mehanizacija stroitel'stva*. 2009; 3: 14-20. (in Russian)

12. Sudov E. V. CALS-tehnologii ili Informacionnaja podderzhka zhiznennogo cikla izdelija [CALS-technology or Information support for the product life cycle]. *PCWeek / RE*. 1998; 45 (169): 10-17. (in Russian)

13. Shilnikov P.S., Ovsyannikov M.V. Sistema jelektronnoj dokumentacii CALS – real'noe voploshhenie virtual'nogo mira [The electronic documentation system CALS – the real embodiment of the virtual world]. *SAPR i Grafika*. 1997; 8: 27-34. (in Russian)

14. Koptev V.Yu. Upravlenie jekspluataciej mashin za schet sovershenstvovanija struktury parka i ispol'zovanija informativnoj bazy proizvodstvennoj jekspluatacii [Management of machine operation by improving the structure of the fleet and using the informative base of production operation]. *Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii*. 2015; 4-2 (48): 92-95. (in Russian)

15. Soroka V. S. Remont special'nogo podvizhnogo sostava [Repair of special rolling stock]. *Put' i putevoe hozjajstvo*. 2004; 4: 9. (in Russian)

16. Evtyukov S. A., Bobobekov O. K. Metody opredelenija zhiznennyh ciklov i vlijanie kapital'nogo remonta na dolgovechnost' dorozhno-stroitel'nyh i kommunal'nyh mashin [Methods for determining life cycles and the effect of overhaul on the durability of road-building and communal machines]. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov SPbGASU*. 2016; 3 (56): 198-202. (in Russian)

17. Chetvertnov A.V., Burlachenko O.V. Primenenie CALS-tehnologii v soprovozhdenii i podderzhke zhiznennogo cikla stroitel'nyh mashin i oborudovanija [Application of CALS-technologies in support and support of the life cycle of construction machinery and equipment]. *Internet-Vestnik VolgGASU*. 2011; 5 (14): 4. (in Russian)

18. Kurakina E.V., Shimanova A.A., Lyalinov A.N. Sovershenstvovanie sistemy upravlenija zhiznennym ciklom nazemnyh transportno-tehnologicheskikh mashin [Improving the life cycle management system of ground transportation and technological vehicles]. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov SPbGASU*. 2017; 3 (62): 200-206. (in Russian)

19. Repin, S. V Razrabotka individual'noj sistemy upravlenija jekspluataciej tehnicheckogo obekta. [De-

velopment of an individual system for managing the operation of a technical facility]. *Vestnik Inzhjekona*. 2007; 6 (19): 66-69. (in Russian)

20. Maksimychev O. I., Boykov V. N. Podderzhka zhiznennogo cikla proektov dorozhno-stroitel'nyh rabot v paradigme cifrovoj jekonomiki [Life cycle support of road construction projects in the digital economy paradigm]. *SAPR i GIS avtomobil'nyh dorog*. 2019; 1 (12): 10-15. (in Russian)

21. Repin S.V., Rulis K.V., Zazykin A.V., Krupin S.A. Metodologija obespechenija rabotosposobnosti transportno-tehnologicheskikh mashin i kompleksov sredstvami tehnicheckoj jekspluatacii [Methodology for ensuring the operability of transport and technological machines and complexes by means of technical operation]. Saint-Petersburg, SPbGASU, 2012. 256 p. (in Russian)

22. Repin S.V., Evtyukov S.A., Zazykin A.V. Nadezhnost' i jeffektivnost' transportno-tehnologicheskikh mashin [Reliability and efficiency of transport and technological machines]. Saint-Petersburg, Petropolis, 2015. 84 p. (in Russian)

23. Evtyukov S.A., Evtyukov S.S., Chudakov A.V., Kurakina E.V. Nazemnye transportno-tehnologicheskije mashiny [Ground transport and technological machines]. Saint-Petersburg, Petropolis, 2016. 504 p. (in Russian)

24. Repin S.V., Evtyukov S.A., Zazykin A.V., Rulis K.V. Nadezhnost' i jeffektivnost' jekspluatacii nazemnyh transportno-tehnologicheskikh mashin [Reliability and efficiency of operation of ground transport and technological machines]. Saint-Petersburg, Petropolis, 2017. 396 p. (in Russian)

25. Terentyev A.V., Evtyukov S.S., Karelina E.A., Kurakina E.V. Kompleksnaja model' jeffektivnosti jekspluatacii transportnogo sredstva [Complex model of vehicle operation efficiency]. Saint-Petersburg, Petropolis, 2019. 236 p. (in Russian)

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Евтюков Сергей Аркадьевич. Формирование направления исследования, постановка целей и задач исследования, научный анализ существующих методик по технической, производственной и коммерческой эксплуатации дорожных машин (25%).

Репин Сергей Васильевич. Формирование направления исследования, анализ перспектив развития системы коммерческой эксплуатации дорожных машин в современных условиях (25%).

Грушецкий Станислав Михайлович. Факторный анализ и проведение экспериментальных исследований в области технической и производственной эксплуатации дорожных машин, анализ нормативно-технической документации, формирование и анализ результатов (25%).

Карро Герман Александрович. Обзор результатов предшествующих исследователей в области технической, производственной и коммерческой эксплуатации дорожных машин, аналитический свод результатов (25%).

AUTHORS' CONTRIBUTION

Sergei A. Evtiukov – research direction formation, goals and objectives of the study setting, scientific analysis of existing methods for the technical, industrial and commercial operation of road machines (25 %).

Sergei V. Repin – research direction formation, analysis of the prospects for the development of the system of commercial operation of road machines in modern conditions (25%).

Stanislav M. Grushetskii – factor analysis and experimental research in the field of technical and industrial operation of road machines, analysis of normative and technical documentation, formation and analysis of results (25%).

German A. Karro – results review of previous researchers in the field of technical, industrial and commercial operation of road machines, an analytical summary of the results (25%).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Евтюков Сергей Аркадьевич (г. Санкт-Петербург, Россия) – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой наземных транспортно-технологических машин ФГБОУ ВО «СПбГАСУ», ORCID ID 0000-0003-3674-643X, (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, s.a.evt@mail.ru).

Репин Сергей Васильевич (г. Санкт-Петербург, Россия) – д-р техн. наук, проф. кафедры наземных транспортно-технологических машин ФГБОУ ВО «СПбГАСУ», (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, repinsergei@mail.ru).

Грушецкий Станислав Михайлович (г. Санкт-Петербург, Россия) – канд. техн. наук,

доц. кафедры наземных транспортно-технологических машин ФГБОУ ВО «СПбГАСУ», докторант (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, 89216571912@mail.ru).

Карро Герман Александрович (г. Санкт-Петербург, Россия) – аспирант кафедры наземных транспортно-технологических машин ФГБОУ ВО «СПбГАСУ» (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, geralekarr@yandex.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sergei A. Evtiukov (St. Petersburg, Russia) – Dr. of Sci., professor, head of the Ground Transport and Technological Machines Department, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, ORCID ID 0000-0003-3674-643X, (190005, St. Petersburg, 2 Krasnoarmeiskaia St., 4, s.a.evt@mail.ru).

Sergei V. Repin (St. Petersburg, Russia) – Dr. of Sci., professor of the Ground Transport and Technological Machines Department, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (190005, St. Petersburg, 2 Krasnoarmeiskaia St., 4, repinsergei@mail.ru).

Stanislav M. Grushetskii (St. Petersburg, Russia) – Dr. of Sci., Associate Professor of the Ground Transport and Technological Machines Department, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Doctoral Student (190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeiskaia St., 4, 89216571912@mail.ru).

German A. Karro (St. Petersburg, Russia) – graduate student of the Department of Ground Transport and Technological Machines of FSBEI HE «SPbGASU» (190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeiskaia St., 4, geralekarr@yandex.ru).