

Научная статья

УДК 656.1

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-498-509>

ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТЫ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ С УЧЕТОМ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В ЕГО КОНСТРУКЦИЮ

Б.С. Трофимов, Л.С. Трофимова*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),**г. Омск, Россия**trofim_bs@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4812-8823>**trofimova_ls@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7312-1557>*

АННОТАЦИЯ

Введение. Статья посвящена планированию работы грузовых автомобилей, эксплуатационные характеристики которых позволяют перевозить грузы, различные по своим свойствам, за счет внесения изменений в конструкцию этих автомобилей. Целью исследования является разработка нового научно-методического подхода для планирования работы грузовых автомобилей, позволяющего учитывать соответствие контролируемых параметров автомобиля требуемым значениям при внесении изменений в конструкцию; планового объема технических воздействий требуемому объему по периодам эксплуатации автомобилей в определенных условиях; объема перевозок в договоре плановой выработки автомобилей на перевозку различных видов грузов.

Материалы и методы. Для планирования работы грузового автомобиля с учетом внесения изменений в его конструкцию требуется применение усовершенствованных методов оптимизации планирования работы грузового автотранспортного предприятия, представляющую собой взаимосвязь деятельности по перевозке грузов, техническому обслуживанию и текущему ремонту. Основой представленных материалов и методов являются научные работы отечественных и зарубежных ученых по эксплуатации автомобилей с внесением изменений в его конструкцию; основные положения Федеральных законов в части разрешений на эксплуатацию автомобилей. Методологической базой теоретических и экспериментальных исследований является системный анализ и логический анализ.

Результаты. Авторами разработан научно-методический подход планирования работы грузового автомобиля с учетом внесения изменений в его конструкцию для выполнения условий договоров и получения прибыли автотранспортным предприятием.

Обсуждение и заключение. Реализация и апробация научно-методического подхода были выполнены по алгоритму разработанной методики в условиях работы автотранспортного предприятия г. Омска. Была проведена процедура по получению свидетельства в ГИБДД после внесения изменений в конструкцию автомобиля КамАЗ-53212 с целью эксплуатации его в качестве самосвала, выполнен расчет затрат и прибыли для выполнения условий договоров при перевозке различных видов грузов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: грузовой автомобиль, автотранспортное предприятие, конструкция автомобиля, виды грузов, математическая модель, методика планирования

Статья поступила в редакцию 29.08.2021; одобрена после рецензирования 04.10.2021; принята к публикации 29.10.2021.

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: Трофимов Б.С., Трофимова Л.С. Планирование работы грузового автомобиля с учетом внесения изменений в его конструкцию // *Вестник СибАДИ*. 2021. Т.18, № 5(81). С. 498-509. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-498-509>

©Трофимов Б.С., Трофимова Л.С., 2021



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-498-509>

LORRY WORK PLANNING WITH CONSIDERATION OF ITS DESIGN MODIFICATION

Boris S. Trofimov, Iudmila S. Trofimova

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

trofim_bs@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-4812-8823>

trofimova_ls@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7312-1557>

ABSTRACT

Introduction. The article is devoted to the lorries work planning, the operational characteristics of which will make it possible to transport loads of different properties due to changes in the design of these vehicles. The purpose of the study is to develop a new scientific and methodological approach for planning the operation of trucks, which allows taking into account the compliance of a) the controlled parameters of the vehicle with the required values when making changes to the design, b) the planned volume of technical impacts to the required volume for the periods of operation of vehicles in certain conditions, c) the volume transportation in the contract for the planned production of vehicles for the transportation of various types of goods.

Materials and methods. To plan the work of a lorry, taking into account changes in its design, it is required to use improved methods for optimizing the planning of the work of a freight motor transport enterprise, which is the relationship of activities for the transportation of goods, maintenance and current repair. The basis of the presented materials and methods is the scientific work of domestic and foreign scientists on the operation of cars with changes in its design; the main provisions of the Federal Laws in terms of permits for the operation of vehicles. The methodological basis of theoretical and experimental research is system analysis and logical analysis.

Results. The authors have developed a scientific and methodological approach to planning the operation of a lorry, taking into account changes in its design to fulfill the terms of contracts and make a profit for the trucking company.

Discussion and conclusions. The implementation and testing of the scientific and methodological approach were carried out according to the algorithm of the developed methodology in the operating conditions of a motor transport enterprise in the city of Omsk. A procedure was carried out to obtain a certificate from the traffic police after changes were made to the design of the KamAZ-53212 vehicle in order to operate it as a dump truck, and a calculation of costs and profits was made to fulfill the terms of contracts for the transportation of various types of goods.

KEYWORDS. lorry, trucking company, vehicle design, types of cargo, mathematical model, planning technique.

ACKNOWLEDGEMENTS: The authors would like to thank the staff of the Organisation of Transportation and Transport Management Department, Operation and Repair of Automobiles Department, SibADI, as well as the reviewers of the article for their support of scientific research.

The article was submitted 29.08.2021; approved after reviewing 04.10.2021; accepted for publication 29.10.2021.

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: Trofimov B.S., Trofimova I.S. Lorry work planning with consideration of its design modification. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2021; 18 (5): 498-509. DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-498-509>

© Trofimov B.S., Trofimova I.S., 2021



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

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В статье представлен научно-методический подход к планированию работы грузовых автомобилей с учетом внесения изменений в их конструкцию, который включает в себя:

- усовершенствованные методы оптимизации планирования работы грузового автотранспортного предприятия с учетом взаимосвязи деятельности по перевозке грузов, техническому обслуживанию и текущему ремонту;

- алгоритм методики для получения свидетельства в ГИБДД после внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля, позволяющий учитывать установленные требования к эксплуатации автомобиля;

- математическую модель планирования работы автотранспортного предприятия с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля;

- методику для планирования работы автотранспортного предприятия с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля.

Выполнена практическая реализация и апробация разработанной методики на примере перевозок грузов автомобилем с изменениями в конструкции.

ВВЕДЕНИЕ

Внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля предполагает технические процедуры, которые модернизируют, существенно изменяют его эксплуатационные характеристики, вследствие чего может быть изменено даже целевое назначение автомобиля. Планирование выполнения технических воздействий для безопасности перевозок грузов и дорожного движения, затрат на обеспечение действующих требований по внесению изменений в конструкцию автомобилей и его эксплуатацию является необходимым элементом деятельности автотранспортного предприятия (АТП) в современных условиях. В планировании необходимо учитывать объем перевозок грузов, который будет затребован заказчиками и установлен в договоре для выполнения автомобилями с изменениями в конструкции.

В России внесение изменений в конструкцию автомобилей должно отвечать установленным требованиям, проводиться в соответствии с правилами безопасности и не представлять угрозы для жизни водителя и пешеходов. Такой автомобиль должен быть сертифицирован экспертами с предоставлением разрешающих документов, которые потребуются в автоинспекции для регистрации.

Процедура сертификации и регистрации регламентирована законодательно. Внесение изменений в конструкцию грузового автомобиля должно быть выполнено в соответствии с ФЗ № 196 от 10.12.1995 г. «О безопасности дорожного движения». Последние изменения в данный документ были внесены летом 2021 г. О переоборудовании автотранспорта говорится в 15-й статье закона (п. 4, дополненный в соответствии с ФЗ № 313 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ...» от 30.12.2008 г.). Согласно документу надзорная функция, которая предусматривает контроль и регистрационные действия, возложена на Министерство внутренних дел (региональные подразделения) в соответствии с Постановлением Правительства № 716 от 19.08.2013 г. «О федеральном госнадзоре в области безопасности дорожного движения». Сертификация и выдача соответствующих документов проводятся организациями, имеющими разрешение государственных органов на проведение экспертных проверок в области изменения конструкций автомобилей и соответствия данных изменений правилам безопасной эксплуатации грузовых автомобилей. Регистрируют автомобили с внесенными изменениями в подразделениях ГИБДД.

Применение нового научно-методического подхода, направленного на планирование работы АТП с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля, обеспечит выполнение договоров на перевозку грузов и получение прибыли.

Изучение исследований научных и практических работников, которые выполнены в России и за рубежом, показало разнообразие научных подходов к эксплуатации автомобилей с учетом внесения изменений в их конструкцию и к планированию их работы.

В работе [1] эффективность эксплуатации автомобиля определялась повышением скорости движения и проходимостью при перевозках в сложных дорожных условиях, которая достигается за счет совершенствования его конструкции.

В работе [2] предлагается внедрение бортовой системы дистанционного диагностирования, которая позволит в режиме реального времени отслеживать техническое состояние автомобиля и более точно управлять процессом перевозок.

Н.Р. Гулиев и др. [3] предложили способ повышения ресурса базовых деталей для снижения количества отказов пневматической тормозной системы автомобиля за счет раз-

работки новой конструкции компрессионных поршневых колец, которая отличается высокими эксплуатационными характеристиками, низкой себестоимостью.

В работе [4] разработан коэффициент остаточного ресурса, который представляет собой отношение расчетной наработки до отказа эксплуатируемого самосвала к гарантированной заводом-изготовителем наработки как критерий долговечности автомобиля.

Повышение ресурса базовых деталей при влиянии природных условий на эффективную эксплуатацию грузовых автомобилей предложено обеспечивать за счёт установки электрического ленточного подогревателя [5].

В результате изучения научных исследований было установлено, что в качестве критерия эффективности при планировании работы автомобилей использовались показатели безопасности перевозок грузов. О. Адилов, У. Нуруллаев, С. Турушев [6] для оценки приспособленности конструкции подвижного состава по эксплуатационным свойствам применяли критические параметры движения и положения автомобиля, требуемые значения которых обеспечивают безопасность перевозок грузов. Разработанная модель на основе нейросети, способ выбора опытов space-filling для оптимизации конструкции при сохранении исходных параметров жесткости и энергоемкости позволила авторам работы [7] обеспечить показатели безопасности перевозок грузов.

Было предложено рассчитывать экономический эффект от изменения конструкций грузовых вагонов с учетом эффекта для экономики, текущих расходов от перевозок и уменьшение суммы приведенных затрат на величину ликвидационной стоимости подвижного состава [8].

Применительно к планированию работы АТП с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля были выполнены исследования по кузовам этих автомобилей.

S. Satish, S.J. Alexis, A. Bhuvendran [9] предложили внесение изменений в конструкцию кузова грузового автомобиля для увеличения его грузоподъемности, что требуется для повышения эффективности работы автотранспортных предприятий в Индии.

Z.W. Yao, Q. Huang, Z. Ji, X.F. Li, Q. Bi [10] делают вывод о влиянии конструкции кузова самосвала на эффективность перевозок. В связи с этим авторы предложили новый метод прогнозирования работы автомобилей на основе нейронной сети с обратным распростра-

нением, позволяющий исследовать текущее состояние работы автомобилей.

X. Xi, L. Changchun, W. Yuan, L.L. Hay [11] исследовали проблему планирования, учитывающую время прибытия грузовых автомобилей в морской порт, позволяющую минимизировать общие затраты на перевозку.

Для планирования перевозок скоропортящихся продуктов была установлена зависимость количества энергии, потребляемой на охлаждение кузова рефрижератора, от внешних условий и скорости автомобиля для анализа планов работы автомобилей при перевозке грузов [12]. Определены соотношения между оптимальной длиной камеры смешения и различными режимами её работы для совершенствования конструкций кузова рефрижератора грузовых автомобилей [13].

J. Jae, K. Jiwoo, H. Sang, J. Lee [14] предложили оценивать изменения в конструкции грузового автомобиля по величине экономии топлива и снижению загрязнения окружающей среды на примере разработанного обтекателя крыши кабины для снижения лобового сопротивления, оказываемого на переднюю часть кузова.

В работах [15, 16] установлено, что эффективность использования грузовых автомобилей зависит от свойств груза, которые могут меняться в течение всего срока пребывания его на складе. Это необходимо учитывать для экономии затрат на перевозку путем применения грузовых автомобилей разной грузоподъемности с самосвальным или бортовым кузовом по сезонам года [15], для влияния стохастических задержек обслуживания лесных дорог на лесозаготовке при выполнении условий договоров на перевозку [16].

Ряд исследований посвящен взаимосвязи работы автомобилей и машин, выполняющих производственные работы.

Авторы [17] выполнили оптимизацию планирования работы автомобилей с учетом подбора их конструкции и параметров кранов при работе во дворах городских улиц для повышения производительности контейнерного терминала. Предложенная имитационная модель применялась для моделирования загрузки и перевозки контейнеров, оценки альтернативных вариантов планирования.

В работе [18] была выполнена оптимизация планирования при совместной работе большегрузных автомобилей в портах, расположенных в черте города.

А.Н. Новиков, И.А. Новиков, Н.А. Загородний, А.С. Семькина [19] исследовали систему

«карьер-склад/обогадательная фабрика-производство», S.R. Pattersona, E. Kozana, P. Nylandb [20] для повышения энергоэффективности и снижения затрат при планировании перевозок грузов для практики работы действующей шахты в Юго-Восточном Квинсленде использовали анализ чувствительности и метод сценариев.

Исследование работы карьерных самосвалов [21, 22] и большегрузных грузовиков [23] позволило разработать решения по их переоборудованию для использования альтернативных видов топлив, в качестве критерия эффективности при планировании работы самосвалов были использованы затраты на топливо и количество выбросов вредных веществ.

Результаты исследований отечественных и зарубежных ученых, практических работников требуют совершенствования, так как имеющиеся методы не учитывают практику работы АТП, которая требует соблюдения следующих условий:

- соответствие контролируемых параметров автомобиля требуемым значениям при внесении изменения в конструкцию;
- соответствие планового объема технических воздействий требуемому объему в зависимости от условий эксплуатации автомобилей;
- соответствие объема перевозок в договоре плановой выработки автомобилей на перевозку различных видов грузов.

Можно утверждать, что тема настоящего исследования является актуальной.

Целью исследования является разработка нового научно-методического подхода для планирования работы грузовых автомобилей с учетом внесения изменений в их конструкцию.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи по разработке:

- алгоритма методики для получения свидетельства в ГИБДД после внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля;
- математической модели планирования работы АТП с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля;
- методики для планирования работы АТП с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля.

Для реализации цели необходимо выполнить практическое применение разработанной методики.

Научная значимость настоящего исследования состоит в разработке теоретическо-

го подхода и методического инструментария для планирования работы АТП при перевозке грузов автомобилями с учетом внесения изменений в конструкцию при соответствии контролируемых параметров действующим законодательным требованиям. Выполняются условия по обеспечению технически исправного состояния автомобиля, выполнению условий договоров и получению прибыли АТП.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для учета соответствия изменения в конструкцию автомобиля существующим требованиям, которое должно быть отражено в новом научно-методическом подходе, разработан алгоритм методики для получения свидетельства в ГИБДД после внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля, представленный на рисунке 1.

Разработанный алгоритм отражает процедуру подачи заявления в специальную уполномоченную организацию (испытательную лабораторию), которая входит в Единый реестр органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) Таможенного союза (всего таких лабораторий в РФ 64). Законодательством никак не ограничены возможности по внесению изменений в конструкцию автомобиля.

Предварительная экспертиза проводится в испытательной лаборатории и считается пройденной, если существуют возможности внесения изменений в конструкцию автомобиля по контролируемым параметрам (колесная база, модель КПП, ширина лонжеронов и т. д.).

При соответствии параметров конструкции контролируемым параметрам владелец автомобиля может получить свидетельство в ГИБДД (рисунок 1, 7). Это условие необходимо использовать в качестве ограничений при математическом моделировании планирования работы АТП с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля.

В работах [24, 25] было установлено, что функционирование АТП направлено на получение прибыли, это отражено в настоящем исследовании (формула (1)). В математической модели данный критерий позволит планировать работу АТП и обосновать экономические затраты на внесение изменений в конструкцию грузового автомобиля для планирования выполнения условий договоров, так как учитываются затраты на переоборудование и результат от перевозок грузов этим автомобилем (формулы (2, 3)).

Внесение изменений в конструкцию кузова грузового автомобиля позволит ему перево-



Рисунок 1 – Алгоритм методики для получения свидетельства в ГИБДД после внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля

Figure 1 – Methodology for obtaining a certificate from the traffic police after lorry modification

зять грузы разного свойства. Это предусмотрено в математической модели при расчете выработки для каждого автомобиля с изменениями в конструкции при перевозке конкретных видов грузов по конкретному договору (формулы (2), (3)). В исследованиях [26] установлено, что идентификация видов грузов обеспечивает соблюдение нормативно-законодательных требований. Математическая модель учитывает, что в работе АТП используются автомобили, на которые получены свидетельства о регистрации в ГИБДД по ре-

зультатам внесения изменений в конструкцию (формула (4)).

Математическая модель позволяет учитывать необходимость выполнения плановых технических обслуживаний автомобилей и потребность в перевозке определенного объема груза по каждому договору (формулы (5), (6)).

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^I (R_i - 3_i) \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$R_i = \left(\sum_{x=1}^X \sum_{j=1}^J (Q_{i,x,j} \cdot n_{TOi,x,j}) \right) \cdot D_i \cdot C_i; i = \overline{1, I}, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}$ – эффект от работы АТП, руб.; R_i – результат от выполнения условий i -го договора, руб.; Z_i – затраты на выполнение условий i -го договора, руб.; x – номер автомобиля с изменениями в конструкции, который числится в АТП; X – количество автомобилей с изменениями в конструкции; j – вид груза, который может быть перевезен автомобилем с изменениями в конструкции; J – количество видов груза, которые могут быть перевезены автомобилем с изменениями в конструкции; $Q_{i,x,j}$ – выработка за смену x -го автомобиля с изменениями в конструкции при перевозке j -го вида груза по i -му договору, т; $n_{TOi,x,j}$ – показатель применения по выполнению технических обслуживаний x -го автомобиля с изменениями в конструкции при перевозке j -го вида груза по i -му договору, $n_{i,x,j} = \overline{0,1}$, $n_{i,x,j} = \text{int}(n_{i,x,j})$; D_i – период выполнения i -го договора, смены; $D_i = \text{int}(D_i)$; C_i – тариф на перевозку груза по i -му договору, руб./т.

$$Z_i = \sum_{x=1}^X \sum_{j=1}^J ((W_{i,x,j} \cdot n_{pi,x,j}) + U_{i,x,j} + F_{i,x,j} + G_{i,x,j} + A_{i,x,j} + H_{i,x,j}); i = \overline{1, I}, \quad (3)$$

где $W_{i,x,j}$ – затраты на изменения в конструкции x -го автомобиля для перевозки j -го вида груза по i -му договору, руб.; $n_{pi,x,j}$ – булева переменная возможности применения x -го автомобиля с изменениями в конструкции при перевозке j -го вида груза по i -му договору; $n_{pi,x,j} = \overline{0,1}$, $n_{pi,x,j} = \text{int}(n_{pi,x,j})$; $U_{i,x,j}$ – затраты на топливо x -го автомобиля с изменениями в конструкции при перевозке j -го вида груза по i -му договору, руб.; $F_{i,x,j}$ – затраты на оплату труда с отчислениями для водителя x -го автомобиля с изменениями в конструкции при перевозке j -го вида груза по i -му договору, руб.; $G_{i,x,j}$ – затраты на выполнение ТО и ТР x -го автомобиля с изменениями в конструкции при перевозке j -го вида груза по i -му договору, руб.; $A_{i,x,j}$ – амортизационные отчисления для x -го автомобиля с изменениями в конструкции при перевозке j -го вида груза по i -му договору, руб.; $H_{i,x,j}$ – накладные расходы x -го автомобиля с изменениями в конструкции при перевозке j -го вида груза по i -му договору руб.

$$n_{Px} = \begin{cases} 1, \text{ если } P_{\min} \leq P_x \leq P_{\max}; \\ 0 \text{ в противном случае;} \end{cases} x = \overline{1, X}, \quad (4)$$

где P_x – контролируемый параметр конструкции после внесения изменения для x -го автомобиля, применяемые единицы измерения для каждого конкретного параметра; $P_{\min}$, $P_{\max}$ – соответственно максимальное и минимальное значение контролируемых параметров, применяемые единицы измерения для каждого конкретного параметра.

$$\sum_{x=1}^X \sum_{j=1}^J (Q_{i,x,j} \cdot n_{TOi,x,j}) \cdot D_i \geq Q_{in}; i = \overline{1, I}, \quad (5)$$

где Q_{in} – объем перевозок груза, который должен быть выполнен по i -му договору т.

$$n_{TOi,x,j} = \begin{cases} 1, \text{ если } \begin{cases} (N_{TO-1x} \cdot u_{TO-1x}) \geq y_{TO-1i,x,j}; \\ (N_{TO-2x} \cdot u_{TO-2,TPx}) \geq y_{TO-2,TPi,x,j}; \end{cases} i = \overline{1, I}; x = \overline{1, X}; j = \overline{1, J}; \\ 0 \text{ в противном случае,} \end{cases} \quad (6)$$

где N_{TO-1x} , N_{TO-2x} – количество воздействий для x -го автомобиля с изменениями в конструкции соответственно по ТО-1, ТО-2, ед.; $N_{TO-1x} = \text{int}(N_{TO-1x})$, $N_{TO-2x} = \text{int}(N_{TO-2x})$; u_{TO-1x} , $u_{TO-2,TPx}$ – трудоемкость одного воздействия для x -го автомобиля с изменениями в конструкции соответственно по ТО-1, ТО-2 и ТР, чел.·ч; $y_{TO-1i,x,j}$, $y_{TO-2,TPi,x,j}$ – необходимая трудоемкость для x -го автомобиля с изменениями в конструкции при перевозке j -го вида груза по i -му договору, соответственно по ТО-1, ТО-2 и ТР, чел.·ч.

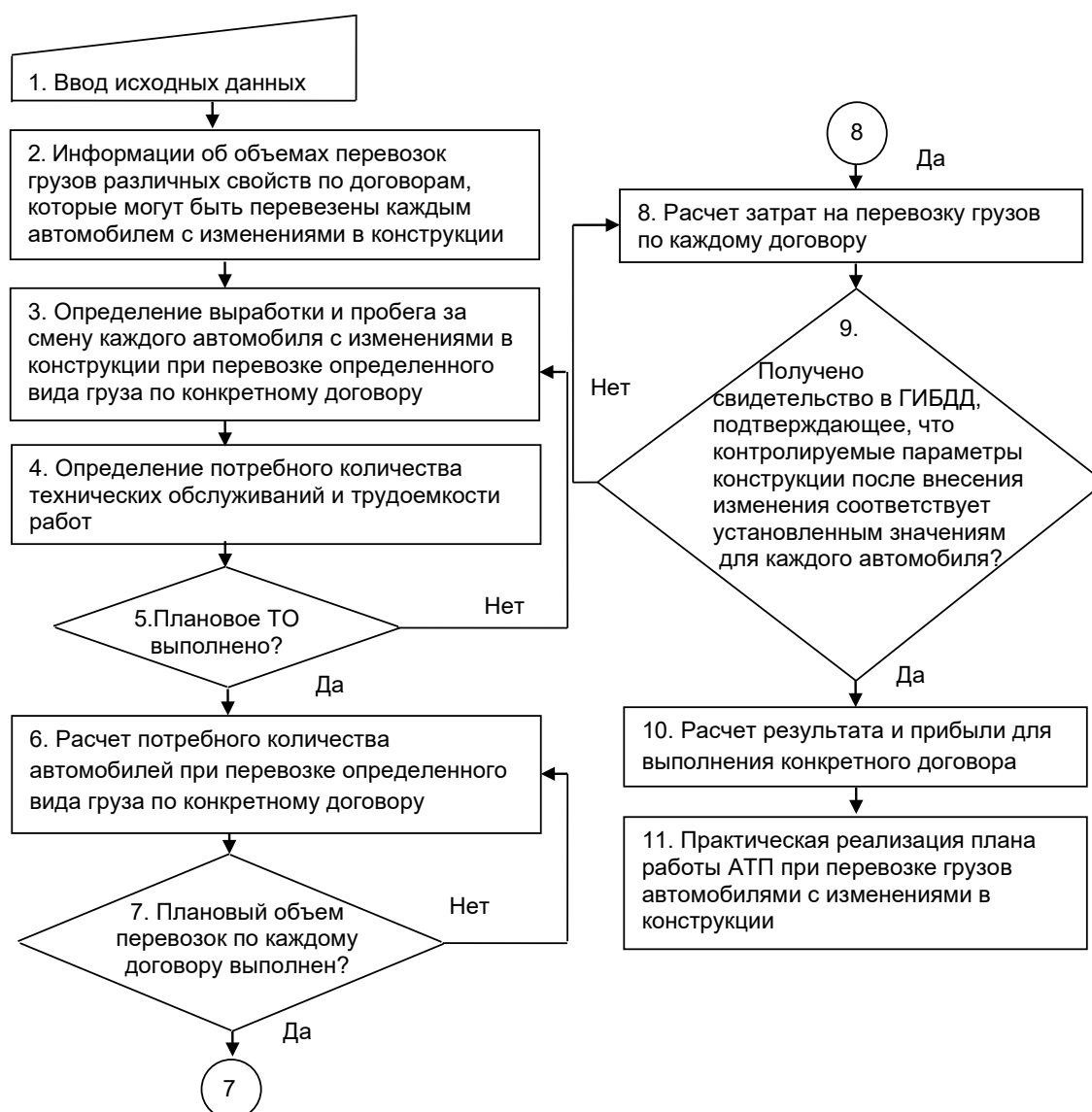


Рисунок 2 – Алгоритм методики для планирования работы АТП с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля

Figure 2 – Methodology algorithm for operation planning of a motor transport enterprise, taking into account modifications to a lorry design

Для реализации математической модели разработана методика для планирования работы АТП с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля (рисунок 2).

В качестве исходных данных в методике выступает следующая информация:

- марка автомобиля, тип кузова;
- технические характеристики автомобилей (колесная база, тип двигателя, параметры коробки передач и т. д.);
- грузоподъемность, время погрузки-выгрузки для разного вида груза и погрузочных механизмов, средняя техническая скорость,

нулевой пробег, груженный пробег, периодичность проведения технических обслуживаний и трудоемкости работ;

- объем перевозок по конкретному виду груза, указанный в договоре;
- стоимость литра топлива и смазочных материалов, необходимых для расчета затрат;
- контролируемые параметры конструкции автомобиля после внесения изменений в конструкцию. Например, при изменении типа кузова, на шасси транспортного средства стандартных самосвальных и бортовых кузовов, цистерн, кузовов-фургонов контролируемые

параметрами будут являться: максимальная масса и ее распределение по осям и бортам, а также изменение координат центра масс, габаритная ширина кузова, место расположения и установка задних внешних световых приборов, приборов освещения и т. д.

На основании данных об объемах перевозок грузов различных свойств по договорам производится расчет выработки и пробега за смену каждого автомобиля. Определение потребного количества технических обслуживаний и трудоемкости работ для каждого автомобиля с изменениями в конструкции выполняется по плановым пробегам. После планирования технических обслуживаний назначается необходимое количество автомобилей на перевозку определенного вида груза по конкретному договору.

На основании полученных данных выполняется расчет затрат и прибыли по конкретному договору каждого автомобиля с изменениями в конструкции.

Использование в настоящем исследовании работ отечественных и зарубежных ученых по эксплуатации автомобилей с внесением изменений в его конструкцию, основных положений Федеральных законов в части разрешений на эксплуатацию автомобилей, методов оптимизации планирования работы грузового автотранспортного предприятия, применение системного анализа и логического анализа позволило разработать научно-методический подход для планирования работы АТП с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задачи, которые поставлены в работе, выполнены в полном объеме. Разработаны математическая модель и методика, позволяющие планировать работу грузовых автомобилей, параметры которых после изменения в конструкции соответствуют требуемым значениям, что учитывается при расчете затрат и прибыли на перевозку различных видов грузов по договорам в деятельности АТП.

Научная новизна исследования представлена в виде:

- математической модели планирования работы АТП с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля;
- алгоритма методики для планирования работы АТП с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля.

Результаты работы могут быть использованы в практике работы АТП для планирования показателей перевозок грузов и выполнения

ТО и ТР автомобилей с учетом внесения изменений в их конструкцию.

В условиях ограниченных ресурсов АТП, при отсутствии большого и разнообразного парка автомобилей одним из способов выполнения договоров будет внесение изменений в конструкцию автомобилей с целью расширения возможностей для перевозок грузов, требующих применения самосвальных кузовов в автомобилях малой грузоподъемностью.

Методика планирования работы грузовых автомобилей с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля получила практическое применение на АТП г. Омска, которое оказывает услуги по перевозке лесной продукции в Омской области. Техническая и производственная база предприятия состоит из зоны ТО и ТР, складских помещений, зон технических и санитарных служб. Автомобильный парк предприятия включает в себя бортовые грузовые автомобили КамАЗ-53212, КамАЗ-43108. Был заключен договор на перевозку грузов, разгрузка которых выполняется навалом, поэтому возникла необходимость для внесения изменений в конструкцию автомобиля КамАЗ-53212 с целью эксплуатации в качестве самосвала.

Периодичность и количество технических обслуживаний автомобиля КамАЗ-53212 до внесения изменений в конструкцию и после не изменятся, но за счет новых элементов в конструкции увеличится трудоемкость выполнения технических воздействий. Изменения, вносимые в конструкцию автомобиля КамАЗ-53212, выполнены за счет гидрофикации, остальные элементы автомобиля КамАЗ-53212 не затрагиваются.

Затраты на внесения изменений в конструкцию включали в себя затраты на приобретение сварочного аппарата, материалов и комплектов (гидробака, креплений для гидрофикации и др.), разработку конструкторской документации и составили 83 957 руб. Получено свидетельство в ГИБДД, подтверждающее вносимые в конструкцию автомобиля КамАЗ-53212 изменения. Общие затраты на выполнение условий договора одним автомобилем составили 199 400 руб., а величина прибыли – 450 00,8 руб. на один автомобиль.

Основные выводы по результатам исследований:

1. Изучение ФЗ № 196 от 10.12.1995 г. (15-я статья), Постановления Правительства № 716 от 19.08.2013 г. «О федеральном госнадзоре в области безопасности дорожного движения» позволило разработать ограничения при математическом моделировании планирования ра-

боты АТП с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля для получения разрешения.

2. Обзор научных работ отечественных и зарубежных ученых по эксплуатации автомобилей с внесением изменений в его конструкцию позволил выявить, что в ранее выполненных исследованиях внимание уделялось эффективности работы отдельного автомобиля без учета эксплуатации его в условиях деятельности АТП, которая направлена на выполнение условий договоров и получение прибыли при перевозке различных видов грузов. Отсутствие на практике теоретико-методического подхода к планированию работы грузового автомобиля с учетом изменения в его конструкции вызвало необходимость проведения дополнительных исследований для разработки актуальной методики.

3. Разработана математическая модель планирования работы АТП, позволяющая учитывать:

- внесение изменений в конструкцию грузового автомобиля путем проверки соответствия контролируемых параметров параметрам, установленным действующим законодательством;

- выполнение условий по обеспечению технически исправного состояния автомобиля;

- выполнение условий договоров;

- получение прибыли АТП.

4. Разработана методика для планирования работы АТП с учетом внесения изменений в конструкцию грузового автомобиля, определяющая этапы для практики расчета показателей по перевозкам различных видов грузов, выполнению плановых технических обслуживаний, затратам и прибыли за период выполнения условий договоров.

5. Применение разработанной методики в практике работы АТП г. Омска подтверждает научную и практическую значимость выполненных исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щитов С.В., Тихончук П.В., Кривуца З.Ф. [и др.]. Пути повышения поперечной устойчивости многоосного транспортного средства // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 4(48). С. 262–271. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14113.

2. Инсафуддинов С.З. О разработке методики непрерывного диагностирования технического состояния автотракторной и сельскохозяйственной техники с использованием цифровых технологий // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 3(47). С. 43–49. DOI 10.31563/1684-7628-2018-47-3-43-49.

3. Гулиев Н.Р., Никитин Д.А., Никитина Л.В., Чекмарев В.В., Кондаков К.С. Повышение надежно-

сти пневматической тормозной системы автомобиля с компрессорным нагнетанием воздуха // Аграрный научный журнал. 2020. № 6. С. 81–86. DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp81-85.

4. Паначев И.А., Кузнецов И.В. Анализ ресурса несущих элементов задних мостов карьерных самосвалов в процессе их эксплуатации при различных значениях руководящего уклона трассы // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2019. № 3(40). С. 13–20. DOI: <https://dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2019-3-2>.

5. Кузнецов Е.Е., Худовец В.И., Дремина С.Л. [и др.] Экспериментальные исследования гидравлического механизма подъема кузова самосвального автомобиля с электрическим ленточным подогревателем // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 12–2(78). С. 58–63. DOI: 10.23670/IRJ.2018.78.12.048.

6. Адиллов О., Нуруллаев У., Турушев С. Методика оценки приспособленности конструкции подвижного состава к условиям эксплуатации. Academic research in educational sciences. V. 2. I. 5. 2021. С. 650–658. DOI: 10.24411/2181-1385-2021-00939.

7. Гончаров Р.Б. Исследование эффективности алгоритмов параметрической оптимизации применительно к процессам ударного воздействия на примере бампера и кабины автомобиля // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2019. № 4(709). С. 28–40. DOI: 10.18698/0536-1044-2019-4-28-40.

8. Кунгурцев В.В., Кудряшова Е.Ю. Оценка эффективности использования специальных грузовых вагонов усовершенствованных конструкций // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 5(59). Часть 3. С. 69–71. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.59.081>.

9. Satish S., Alexis S.J., Bhuvendran A., Satisha S., John S., Arun A., Mohanraj B., Shanmugamb S., Baskar V., Shaisundaram S. Design and analysis of mild steel mini truck body for increasing the payload capacity. Materialstoday: proceedings. 2021. V. 37. P. 2. P. 1274–1280. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.06.459.

10. Yao Z.W., Huang Q., Ji Z., Li X.F., Bi Q. Deep learning-based prediction of piled-up status and payload distribution of bulk material. Automation in Construction. 2021. V.121. 103424 DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103424

11. Xi X., Changchun L., Yuan W., Hayb L.L. Two-stage conflict robust optimization models for cross-dock truck scheduling problem under uncertainty. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 2020. T. 144. 102123. DOI:10.1016/j.tre.2020.102123

12. Artusoa P., Rossettib A., Minettob S., Marinettib S., Moroa L., Cola D. D. Dynamic modeling and thermal performance analysis of a refrigerated truck body during operation International. Journal of Refrigeration. 2019. V. 99. P. 288–299. DOI: 10.1016/j.jrefrig.2018.12.014

13. Wen H., Yan J. Effect of mixing chamber length on ejector performance with fixed/varied area ratio under three operating conditions in refrigerated trucks. Applied Thermal Engineering. 2021. T. 197. 117379. DOI:10.1016/j.applthermaleng.2021.117379.

14. Jae J., Jiwoo K., Sang H., Lee J. Bio-inspired cab-roof fairing of heavy vehicles for enhancing drag reduction and driving stability. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2017. V. 131–132. P. 868–879. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2017.08.010.

15. Sfeir T. de A., Junior J., Ruiz A., Bel L. L. Integrating natural wood drying and seasonal trucks' workload restrictions into forestry transportation planning. *Omega*. 2021. V. 98. 102135. DOI: 10.1016/j.omega.2019.102135

16. Va. de S. Gomes, aC. Augusto, U. Monti, C. Souza, J. Silva, aL. R. Gomide Operational harvest planning under forest road maintenance uncertainty. *Forest Policy and Economics*. 2021. T. 131. 102562. DOI: 10.1016/j.forpol.2021.102562.

17. H.-P. Hsua, H.-H. Taib, C.-N. Wangc, C.-C. Chou Scheduling of collaborative operations of yard cranes and yard trucks for export containers using hybrid approaches. *Advanced Engineering Informatics*. 2021. V. 48. 101292. DOI: 10.1016/j.aei.2021.101292

18. Schultea F., Lalla-Ruiza E., González-Ramírezb R. G., Vořa S. Reducing port-related empty truck emissions: A mathematical approach for truck appointments with collaboration. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2017. V. 105. P. 195–212. DOI: 10.1016/j.tre.2017.03.008

19. Новиков А.Н., Новиков И.А., Загородний Н.А., Семькина А.С. Разработка научно-методических подходов для повышения эффективности эксплуатации карьерного транспорта // Вестник СибАДИ. 2020. Т. 17, № 6(76). С. 690–703. DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-6-690-703.

20. Patterson S.R., Kozana E., Hylandb P. Energy efficient scheduling of open-pit coal mine trucks *European Journal of Operational Research*. 2017. V. 262, I. 2, 16. P. 759–770. DOI: 10.1016/j.ejor.2017.03.081.

21. Feng Y., Dong Z. Optimal control of natural gas compression engine hybrid electric mining trucks for balanced fuel efficiency and overall emission improvement *Energy*. 2019. V. 189. 116276. DOI: 10.1016/j.energy.2019.116276

22. Yanga W., Liangb J., Yanga J., Walkerc P. D., Zhangc N. Corresponding drivability control and energy control strategy in uninterrupted multi-speed mining trucks. *Journal of the Franklin Institute*. 2021. V. 358. I. 2. P. 1214–1239. DOI: 10.1016/j.jfranklin.2020.11.014

23. Anderhofstadt B., Spinler S. Preferences for autonomous and alternative fuel-powered heavy-duty trucks in Germany. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2020. V. 79. 102232. DOI: 10.1016/j.trd.2020.102232.

24. Трофимова Л.С., Певнев Н.Г. Математическая модель функционирования автотранспортного предприятия при перевозке грузов в междугородном сообщении для текущего планирования // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22, № 4. С. 243–252. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-4-243-252.

25. Трофимова Л.С. Методика текущего планирования работы автотранспортного предприятия при перевозке грузов в городе // Вестник СибАДИ. 2020. 17(2). С. 234–247. DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-2-234-247.

26. Смирнова О.Ю. Вопросы идентификации грузов при перевозке автомобильным транспортом // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2020. № 2. С. 125–133. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-2-125.

REFERENCES

1. Shchitov S. V., Tihonchuk P. V., Krivuca Z. F. [i dr.]. Puti povysheniya poperechnoj ustojchivosti mnogoosnogo transportnogo sredstva [Ways to increase the lateral stability of a multi-axle vehicle]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2018. 4(48): 262–271. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14113. (In Russian)

2. Insafuddinov, S. Z. O razrabotke metodiki nepreryvnogo diagnostirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya avtotraktornoj i sel'skoxozyajstvennoj tekhniki s ispol'zovaniem cifrovych tekhnologij. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018. 3(47): 43–49. DOI 10.31563/1684-7628-2018-47-3-43-49.

3. Guliev N. R., Nikitin D. A., Nikitina L. V., ChEkmarev V. V., Kondakov K. S. Povyschenie nadezhnosti pnevmaticheskoy tormoznoj sistemy avtomobilya s kompressornym nagnetaniem vozduha. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2020. 6: 81–86. DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp81-85.

4. Panachev I.A., Kuznecov I.V. Analiz resursa nesushchih elementov zadnih mostov kar'ernyh samosvalov v processe ih ekspluatcii pri razlichnyh znacheniyah rukovodyashchego uklona trassy. *Vestnik inzhenernoj shkoly DVFU*. 2019. 3(40): 13–20. DOI: <https://dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2019-3-2>

5. Kuznecov E. E., Hudovec V. I., Dremina S. L. [i dr.] Eksperimental'nye issledovaniya gidravlicheskogo mekhanizma pod"yoma kuzova samosval'nogo avtomobilya s elektricheskimi lentochnym podogrevatelem. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2018. 12-2(78): 58–63. DOI: 10.23670/IRJ.2018.78.12.048.

6. Adilov O., Nurullaev U., Turushev S. Metodika ocenki prispособlennosti konstrukcii podvijnogo sostava k usloviyam ekspluatcii. *Academic research in educational sciences*. 2. 5. 2021: 650–658. DOI: 10.24411/2181-1385-2021-00939.

7. Goncharov R. B. Issledovanie effektivnosti algoritmov parametriceskoj optimizacii primenitel'no k processam udarnogo vozdejstviya na primere bampera i kabiny avtomobilya. *Izvestiya vysshih uczebnyh zavedenij. Mashinostroenie*. 2019. 4(709): 28–40. DOI: 10.18698/0536-1044-2019-4-28-40.

8. Kungurcev V.V., Kudryashova E.YU. Ocenka effektivnosti ispol'zovaniya special'nyh gruzovyh vagonov usovershenstvovannyh konstrukcij. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2017 3 5(59): 69–71. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.59.081>.

9. Satish S., Alexis S.J., Bhuvendran A., Satisha S., John S., Arun A., Mohanraj B., Shanmugamb S., Baskar V., Shaisundaramc S. Design and analysis of mild steel mini truck body for increasing the payload capacity. *Materialstoday: proceedings*. 2021. 37. 2: 1274–1280. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.06.459.

10. Yao Z.W., Huang Q., Ji Z., Li X.F., Bi Q. Deep learning-based prediction of piled-up status and payload distribution of bulk material. *Automation in Construction*. 2021. 121: 103424 DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103424

11. Xi X., Changchun L., Yuan W., Hayb L.L. Two-stage conflict robust optimization models for cross-dock truck scheduling problem under uncertainty Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 2020. 144. 102123. DOI:10.1016/j.tre.2020.102123
12. Artusoa P., Rossettib A., Minettob S., Marinettib S., Moroa L., Cola D. D. Dynamic modeling and thermal performance analysis of a refrigerated truck body during operation International. Journal of Refrigeration. 2019. V. 99. P. 288-299. DOI: 10.1016/j.ijrefrig.2018.12.014
13. Wen H., Yan J. Effect of mixing chamber length on ejector performance with fixed/varied area ratio under three operating conditions in refrigerated trucks. Applied Thermal Engineering. 2021. T. 197. 117379. DOI:10.1016/j.applthermaleng.2021.117379.
14. Jae J., Jiwoo K., Sang H., Lee J. Bio-inspired cab-roof fairing of heavy vehicles for enhancing drag reduction and driving stability. International Journal of Mechanical Sciences. 2017. 131–132: 868-879. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2017.08.010.
15. Sfeir T. de A., Junior J., Ruiz A., Bel L. L. Integrating natural wood drying and seasonal trucks' workload restrictions into forestry transportation planning. Omega. 2021. 98. 102135. DOI: 10.1016/j.omega.2019.102135
16. Va. de S. Gomes, aC. Augusto, U. Monti, C. Souza, J.Silva, aL. R. Gomide Operational harvest planning under forest road maintenance uncertainty. Forest Policy and Economics. 2021. 131. 102562. DOI: 10.1016/j.forpol.2021.102562.
17. H.-P. Hsua, H.-H. Taib, C.-N. Wangc, C.-C. Chou Scheduling of collaborative operations of yard cranes and yard trucks for export containers using hybrid approaches. Advanced Engineering Informatics. 2021. 48. 101292. DOI: 10.1016/j.aei.2021.101292
18. Schultea F., Lalla-Ruiza E., González-Ramírezb R. G., Vořsa S. Reducing port-related empty truck emissions: A mathematical approach for truck appointments with collaboration. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 2017. V. 105. P. 195-212. DOI: 10.1016/j.tre.2017.03.008
- Novikov A. N., Novikov I. A., Zagorodnij N. A., Semkina A. S. Razrabotka nauchno-metodicheskikh podhodov dlya povysheniya effektivnosti ekspluatatsii kar'ernogo transporta. The Russian Automobile and Highway Industry Journal. 2020. 17 6(76): 690-703. DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-6-690-703.
19. Pattersona S.R., Kozana E., Hylandb P. Energy efficient scheduling of open-pit coal mine trucks European Journal of Operational Research. 2017. V. 262, I. 2, 16: 759-770. DOI: 10.1016/j.ejor.2017.03.081.
20. Feng Y., Dong Z. Optimal control of natural gas compression engine hybrid electric mining trucks for balanced fuel efficiency and overall emission improvement Energy. 2019. 189. 116276. DOI: 10.1016/j.energy.2019.116276
21. Yanga W., Liangb J., Yanga J., Walkerc P. D., Zhangc N. Corresponding drivability control and energy control strategy in uninterrupted multi-speed mining trucks. Journal of the Franklin Institute. 2021. 358 I 2: 1214-1239. DOI: 10.1016/j.franklin.2020.11.014
22. Anderhofstadt B., Spinler S. Preferences for autonomous and alternative fuel-powered heavy-duty trucks in Germany. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2020. 79. 102232. DOI: 10.1016/j.trd.2020.102232.
23. Trofimova L.S., Pevnev N.G. Matematicheskaya model' funkcionirovaniya avtotransportnogo predpriyatiya pri perevozke грузов v mezhdugorodnom soobshchenii dlya tekushchego planirovaniya. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2018. 22(4): 243-252. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-4-243-252 (In Russian)
- Trofimova, L.C. Metodika tekushchego planirovaniya raboty avtotransportnogo predpriyatiya pri perevozke грузов v gorode. Nauchnyy recenziruemyy zhurnal The Russian Automobile and Highway Industry Journal. 2020. 17(2): 234-247. DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-2-234-247 (In Russian)
24. Smirnova, O. YU. Voprosy identifikatsii грузов pri perevozke avtomobil'nyh transportom. Intellekt. Innovatsii. Investitsii. 2020. 2: 125-133. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-2-125 (In Russian).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Трофимов Б.С. Вклад в общую работу составил 50%, что является ½ доли при разработке следующих разделов научной статьи: аннотации, введения, материалов и методов, обсуждения и заключения.

Трофимова Л.С. Вклад в общую работу составил 50%, что является ½ доли при разработке следующих разделов научной статьи: аннотации, введения, материалов и методов, обсуждения и заключения.

CO-AUTHORS' CONTRIBUTION

Boris S. Trofimov, the contribution to the overall paper was 50%, which is ½ share in the development of the following sections of the research paper: abstract, introduction, materials and methods, discussion and conclusion.

Liudmila S. Trofimova, the contribution to the overall paper was 50%, which is ½ share in the development of the following sections of the research paper: abstract, introduction, materials and methods, discussion and conclusion.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Трофимов Борис Сергеевич – канд. техн. наук, доц. кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей».

Трофимова Людмила Семеновна – д-р техн. наук, проф. кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте».

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Boris S. Trofimov, Cand. of Sci., Associate Professor of the Vehicles Operation and Maintenance Department.

Liudmila S. Trofimova, Dr. of Sci., Professor of the Transport Organisation and Management Department.