

УДК 629.114.46(575.3)

ОЦЕНКА ФОРМИРОВАНИЯ РЕСУРСА ШИН ГРУЗОВЫХ
АВТОМОБИЛЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
РОГУНСКОЙ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИASSESSMENT OF THE RESOURCE FORMATION OF TRUCK TIRES IN
MOUNTAINOUS CONDITIONS DURING THE CONSTRUCTION OF THE ROGUN
HYDRO POWER PLANTSУмирзоков А.М.¹, Джобиров Ф.И.¹, Сайдуллозода С.С.^{1,2}, Бердиев А.Л.¹
Umirzokov A.M.¹, Jobirov F.I.¹, Saidullozoda S.S.^{1,2}, Berdiev A.L.¹¹Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими (Душанбе, Таджикистан)²Южно-Уральский государственный университет (Челябинск, Россия)¹Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi, (Dushanbe, Republic of Tajikistan)²South Ural State University, (Chelyabinsk, Russian Federation)

Аннотация. В суровых горных условиях эксплуатации грузовых автомобилей при строительстве гидротехнических сооружений автомобильная шина является наиболее уязвимым элементом, определяющим эффективность транспортного процесса и себестоимость грузоперевозок. Из-за значительного снижения ресурса шин грузовых автомобилей в суровых условиях гор заметно повышаются затраты на эксплуатацию автомобиля. Цель исследования связана с оценкой, корректированием и нормированием ресурса, а также с планированием затрат на приобретение и всего жизненного цикла шин грузовых автомобилей, эксплуатируемых в горных условиях. Работа посвящена оценке формирования ресурса шин грузовых автомобилей в горных условиях строительства Рогунской ГЭС с учетом влияния наиболее значимых факторов. Для оценки формирования ресурса шин грузовых автомобилей в горных условиях строительства Рогунской ГЭС использован комплексный научный подход с учетом наиболее значимых факторов. Оценка влияния колебаний внешних воздействий на объект исследования в зависимости от условий и характера протекания процесса формирования ресурса шин осуществлялась вероятностно-статистическим методом, а эмпирические характеристики распределения вышеуказанных факторов рассчитывались по методу В.И. Романовского. Приведенная в статье упрощенная математическая модель может быть рекомендована при корректировании ресурсов шин грузовых автомобилей в горных условиях при строительстве (на примере строительства Рогунской ГЭС). Практическая значимость работы связана с подбором и планированием потребности в автомобильных шинах, эксплуатируемых в горных условиях. Результаты исследований могут быть рекомендованы для оценки ресурса шин различных типоразмеров и конструктивных исполнений, монтируемых на грузовых автомобилях различных модификаций, эксплуатируемых в различных дорожно-климатических условиях при строительстве.

Abstract. In the harsh mountainous conditions of the operation of trucks during the construction of hydraulic structures, the car tire is the most vulnerable element that determines the efficiency of the transport process and the cost of transportation. Due to a significant decrease in the resource of truck tires in the harsh mountain conditions, the cost of operating a vehicle increases significantly. The purpose of the study is related to the assessment, adjustment and regulation of the resource, as well as planning the costs of purchasing and the entire life cycle of truck tires operated in mountainous conditions. The work is devoted to the assessment of the formation of the resource of truck tires in the mountainous conditions of the construction of the Rogun HPP, taking into account the influence of the most significant factors. To assess the formation of the resource of truck tires in the mountainous conditions of the construction of the Rogun HPP, an integrated scientific approach was used, taking into account the most significant factors. The assessment of the influence of fluctuations of external influences on the object of research, depending on the conditions and nature of the process of formation of the tire resource was carried out by the probabilistic-statistical method, and the empirical characteristics of the distribution of the above factors were calculated by the method of V.I. Romanovsky. The simplified mathematical model presented in the article can be recommended when adjusting the tire resources of trucks in mountainous conditions during the construction of hydraulic structures (for example, the construction of the Rogun HPP). The practical significance of the work is associated with the selection and planning of the need for automobile tires, operated in mountain conditions. The research results can be recommended for assessing the resource of tires of various standard sizes and designs mounted on trucks of various modifications, operated in various road and climatic conditions during the construction of hydraulic structures.

Ключевые слова: автомобильная шина, ресурс, горные условия, радиальная нагрузка, температура шины, неровность дороги.

Keywords: car tire, resource, mountain conditions, radial load, tire temperature, road roughness.

Дата принятия к публикации: 29.09.2021
Дата публикации: 25.12.2021

Date of acceptance for publication: 29.09.2021
Date of publication: 25.12.2021

Сведения об авторах:

Умирзоков Ахмад Маллабоевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими, e-mail: ahmad.umirzokov@mail.ru.
ORCID: 0000-0002-9966-2359

Джобиров Фируз Изатуллоевич – старший преподаватель кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими, e-mail: jobirov.firuz@mail.ru.
ORCID: 0000-0003-3819-1378

Сайдуллозода Сайвали Сайдулло – аспирант кафедры «Колесные и гусеничные машины» ФГА-ОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), e-mail: saivali.saidullo@mail.ru.
ORCID: 0000-0002-9663-2453

Бердиев Алишер Лугмонович – старший преподаватель кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими, e-mail: alik8405@inbox.ru.
ORCID: 0000-0002-8013-4716

Authors' information:

Ahmad M. Umirzokov – Candidate of Technical Sciences, associate professor, associate professor of the Department of Operation of Automobile Transport, Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi, e-mail: ahmad.umirzokov@mail.ru.
ORCID: 0000-0002-9966-2359

Firuz I. Jobirov – Senior lecturer of the Department of Operation of Automobile Transport, Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi, e-mail: jobirov.firuz@mail.ru.
ORCID: 0000-0003-3819-1378

Saivali S. Saidullozoda – Postgraduate of the Department of Wheeled and Tracked Vehicles, South Ural State University, e-mail: saivali.saidullo@mail.ru.
ORCID: 0000-0002-9663-2453

Alisher L. Berdiev – Senior lecturer of the Department of Operation of Automobile Transport, Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi, e-mail: alik8405@inbox.ru.
ORCID: 0000-0002-8013-4716

1. Введение

Значимость факторов, влияющих на формирование ресурса шин грузовых автомобилей в горных условиях при строительстве Рогунской ГЭС обоснована по результатам теоретических исследований на основе предположений о том, что основными значимыми факторами являются дорожные и климатические условия, а также радиальная нагрузка, приложенная к колесам автомобиля.

На основе априорных данных установлено, что для горных условий эксплуатации грузовых автомобилей при строительстве Рогунской ГЭС характерны следующие особенности:

- Ресурс шин грузовых автомобилей в горных условиях значительно отличается от нормативного ресурса, установленного заводом изготовителем, а интенсивность изнашивания рисунка протектора высокая. Наблюдается также частое снятие с эксплуата-

ции шин грузовых автомобилей по причине механических повреждений, не подлежащих восстановлению.

- В данных условиях такие факторы как высота над уровнем моря, надежность водителя, скорость движения автомобиля (в условиях строительства Рогунской ГЭС средняя скорость движения автомобилей самосвалов за езду небольшая и составляет примерно 11...20 км/ч), вид погрузки и т.п. относятся к категории малозначимых факторов. Следовательно, в процессе экспериментальных исследований, влияние названных факторов не принимались во внимание.

2. Материалы и методы исследования

При эксплуатации грузовых автомобилей в сложных горных условиях строительства гидротехнических сооружений на ресурс автомобильной шины, так или иначе, влияют свыше сорока факторов, которые характери-

зуются непостоянством и варьируют в достаточно широких пределах [1]. Более того, сочетание влияния большого разнообразия факторов, определяющих износ, следовательно, и срок службы шины, также отличается изменчивостью и относится к событию, имеющего вероятностный характер с широкими пределами значений числовых показателей [2-4]. Можно предполагать, что при оценке и корректировании ресурса шин грузовых автомобилей невозможно учитывать влияние каждого из названных факторов в отдельности [5]. Для этой цели в качестве наиболее значимых факторов, определяющих формирование ресурса шин грузовых автомобилей, можно выделить дорожно-климатические условия и радиальную нагрузку. Тогда упрощенная математическая модель для корректирования ресурса шин грузовых автомобилей в горных условиях при строительстве (на примере строительства Рогунской ГЭС) $L_{ш}^k$ можно выразить следующей зависимостью

$$L_{ш}^k = L_{ш}^n \cdot k_D \cdot k_T \cdot k_N \cdot k_{np} = L_{ш}^n \cdot (1 - k_d) \cdot k_T \cdot k_N \cdot k_{np}, \quad (1)$$

где $L_{ш}^n$ – нормативный ресурс шины грузового автомобиля в нормальных условиях эксплуатации, тыс. км (для шин типоразмера 18.00-25 $L_{ш}^n = 45$ тыс. км); $k_D = (1 - k_d)$ – обобщающий динамический коэффициент корректирования ресурса шин; k_d – динамический коэффициент дорожных условий; k_T – корректирующий коэффициент влияния температуры окружающей среды на формирование ресурса шин; k_N – корректирующий коэффициент влияния радиальной нагрузки на формирование ресурса шин; k_{np} – корректирующий коэффициент, учитывающий влияние прочих факторов на формирование ресурса шин.

Значение корректирующего коэффициента определяется с учетом среднего значения радиальной нагрузки, действующей на отдельную шину $P_{ш}^{cp}$

$$P_{ш}^{cp} = \frac{\sum P}{n_k} \cdot \eta, \quad (2)$$

где $\sum P$ – суммарное значение радиальной нагрузки, передаваемой от автомобиля к дорожному полотну посредством шины, Н; η –

коэффициент распределения веса автомобиля по осям; n_k – число колес автомобиля на каждой оси, шт.

Суммарное значение радиальной нагрузки $\sum P$, передаваемой от автомобилей-самосвалов, цементовозов, бензовозов и тому подобных грузовых автомобилей к дорожному полотну можно определить из выражения:

$$\sum P = (m_c + \frac{m_g}{2}) \cdot g \cdot \eta, \quad (3)$$

где m_c – полная снаряженная масса автомобиля, кг; m_g – масса груза, кг; g – ускорение свободного падения, м/с².

На основе выдвинутых теоретических предположений о том, что колебания значимых внешних воздействий подчиняются нормальному закону распределения, результаты экспериментальных исследований обрабатывались методами математической статистики [6]. В процессе экспериментальных исследований определялись основные вероятностно-статистические характеристики внешних воздействий, определяющих ресурс шин грузовых автомобилей в реальных условиях эксплуатации (рис. 1 и 2).

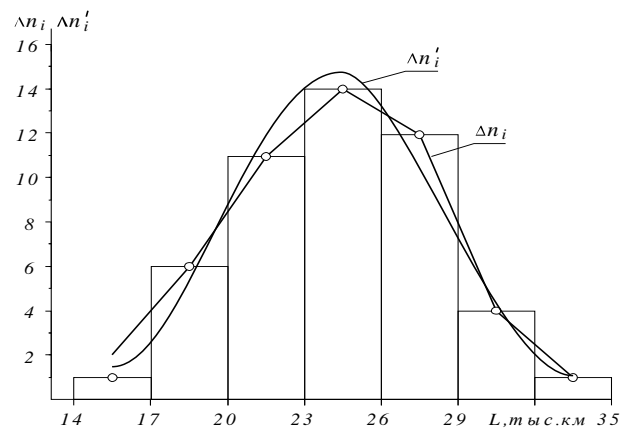


Рис. 1. Графики функций эмпирических и теоретических частот распределения ресурсов шин типоразмера 18.00-25, смонтированных на автомобилях-самосвалах БелАЗ-7540В, эксплуатируемых в условиях строительства Рогунской ГЭС: $L_{cp} = 25,14$ тыс. км; $\sigma = 4,05$ тыс. км; $\nu = 16\%$

При этом, по результатам экспериментальных исследований определялись основные вероятностно-статистические характеристики значимых факторов, формирующих

ресурс шины: дорожных условий, температуры шины, относительной радиальной нагрузки, а также интенсивности изнашивания рисунка протектора шин, установленных на грузовых автомобилях БелАЗ-7540В, SHACMAN-SX3256DR384, HOWO-336 и Dongfeng-DFL3251A.

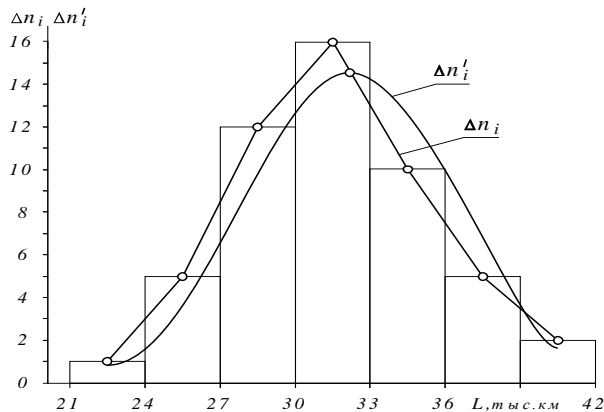


Рис. 2. Графики функций эмпирических и теоретических частот распределения ресурсов шин типоразмера 12.00-20, монтированных на автомобилях-самосвалах SHACMAN-SX3256DR384, HOWO-336, Dongfeng-DFL3251A, эксплуатируемых в условиях строительства Рогунской ГЭС: $L_{cp} = 32,2$ тыс. км; $\sigma = 4,1$ тыс. км; $\nu = 12,7\%$

Эмпирические распределения сопоставлялись с теоретическими по критерию согласия Пирсона χ^2 [7, 8]. Результаты расчетов показывают, что эмпирические характеристики распределения факторов хорошо согласуются с теоретическим нормальным законом распределения. Вероятности согласия распределений внешних воздействий $P(\chi^2)$ при этом находились в пределах 0,32...0,83.

Для указанных параметров определялись: математические ожидания, средние квадратичные отклонения, дисперсии, коэффициенты вариации, а также спектральные плотности.

Динамика процессов формирования ресурсов шин грузовых автомобилей наиболее полно проявляется в характере протекания их корреляционных функций и спектральных плотностей. Спектральные плотности внешних воздействий являются дополнительными оценками, характеризующими их динамику в частотной области [9].

Распределение среднего значения ресурса по месяцам года, а также результаты спектрального анализа процесса изнашивания шин типоразмера 18.00-25 грузовых автомобилей БелАЗ-7540В, эксплуатируемых в условиях строительства Рогунской ГЭС, представлены на рис. 3.

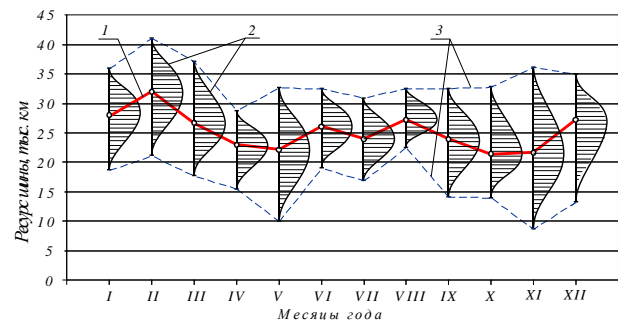


Рис. 3. Распределение среднего значения ресурса шин типоразмеров 18.00-25 грузовых автомобилей БелАЗ-7540В, эксплуатируемых в условиях строительства Рогунской ГЭС по месяцам года:
 1 – среднемесячный ресурс шин до снятия их с эксплуатации; 2 – спектральные плотности распределения ресурса шин;
 3 – границы спектров распределения ресурсов шин.

Как видно из графика, границы спектров распределения ресурсов шин грузовых автомобилей БелАЗ-7540В, эксплуатируемых в условиях при строительстве гидротехнического ссружения изменяются в достаточно широких пределах. При этом нижнее, верхнее и среднее значения границ спектра ресурса шин составляют $L_{min} = 8,2$ тыс. км, $L_{max} = 41,8$ тыс. км, $L_{cp} = 24,9$ тыс. км. Ресурсы шин по месяцам года распределяются в основном по нормальному закону с коэффициентами вариаций $\nu = 6,0...41,2\%$.

Распределение среднего значения ресурса шин по месяцам года, а также результаты спектрального анализа процесса изнашивания шин типоразмера 12.00-20, монтируемых на грузовых автомобилях Китайского производства SHACMAN-SX3256DR384, HOWO-336 и Dongfeng-DFL3251A, эксплуатируемых в условиях строительства Рогунской ГЭС, представлены на рис. 4.

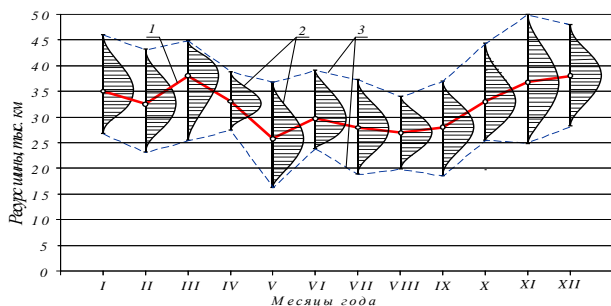


Рис. 4. Распределение среднего значения ресурса шин типоразмеров 12.00-20 грузовых автомобилей SHACMAN-SX3256DR384, XOWO-336, Dongfeng-DFL3251A, эксплуатируемых в условиях строительства Рогунской ГЭС по месяцам года:
 1 – среднемесячный ресурс шин до снятия их с эксплуатации; 2 – спектральные плотности распределения ресурса шин; 3 – границы спектров распределения ресурсов шин

Как видно из графика, границы спектров распределения ресурсов шин грузовых автомобилей SHACMAN-SX3256DR384, XOWO-336, Dongfeng-DFL3251A, эксплуатируемых в горных условиях при строительстве изменяются в достаточно широких пределах.

При этом нижнее, верхнее и среднее значения границ спектра ресурса шин составляют $L_{min} = 16,1$ тыс. км, $L_{max} = 50,0$ тыс. км, $L_{cp} = 32,1$ тыс. км. Ресурсы шин по месяцам года распределяются в основном по нормальному закону с коэффициентами вариаций $v = 6,4...42,3\%$.

3. Результаты исследования

В реальных условиях эксплуатации грузовых автомобилей, в большинстве случаев, имеет место комплексное или одновременное влияния множества факторов, обуславливающих их ресурс [10].

Рассмотрим совместное влияние наиболее значимых факторов на формирование ресурса шины.

Совместное влияние дорожных условий и радиальной нагрузки на интенсивность изнашивания рисунка протектора, а, следовательно, и ресурса шин грузовых автомобилей в условиях строительства Рогунской ГЭС при условно постоянной температуре поверхности шины представлено на рис. 5.

Из анализа приведенного графика видно, что наибольшее влияние на формирование ресурсов шин грузовых автомобилей в условиях строительства Рогунской ГЭС оказывают дорожные условия, которые характеризуются неровностью дорожного полотна, которая варьирует в пределах от 6,0 до 8,0 м/км и выше.

Не менее важным сочетанием факторов, определяющим интенсивность изнашивания рисунка протектора или ресурсов шин грузовых автомобилей, является совместное влияние неровности дороги и температуры поверхности шины [11, 12].

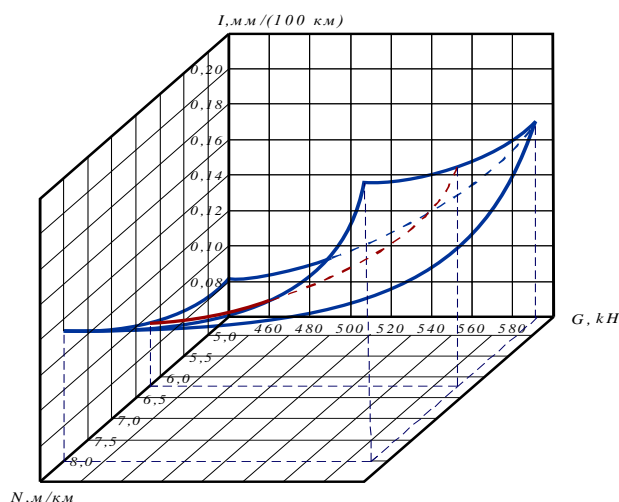


Рис. 5. Зависимость интенсивности износа рисунка протектора шины типоразмера 18.00-25 от радиальной нагрузки и неровности дороги

Следует отметить, что влияние неровности дороги на формирование ресурса шины усугубляется повышением температуры ее поверхности. Экспериментально установлено, что для условий строительства Рогунской ГЭС, в летний период эксплуатации автомобилей, температура поверхности шины не редко достигает 80 °С и выше. При этом разница температур между поверхностью шины и окружающим воздухом варьирует в пределах 45...55 °С.

Зависимость интенсивности изнашивания рисунка протектора шин типоразмера 18.00-25 для условий эксплуатации в горных карьерах строительства Рогунской ГЭС представлена на рис. 6.

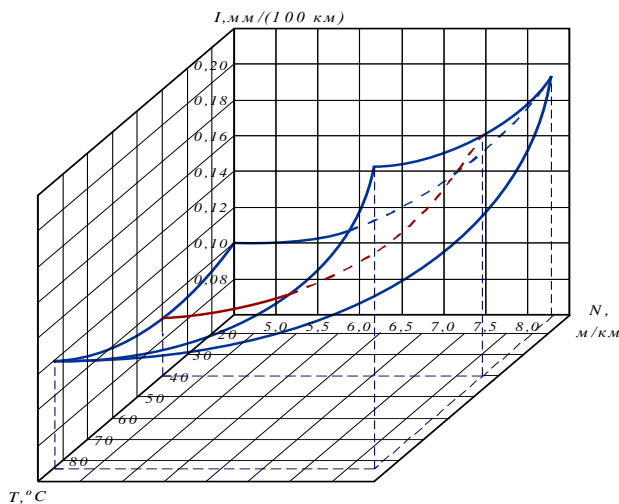


Рис. 6. Зависимость интенсивности износа рисунка протектора шины типоразмера 18.00-25 от температуры шины и неровности дороги

Из анализа приведенного графика следует, что под совместным влиянием дорожных условий и температуры поверхности шины заметно повышается интенсивность изнашивания рисунка протектора. Влияние сложности дорожных условий, определяемых, в данном случае, неровностью дорожного полотна значительно растет с повышением температуры шины из-за снижения механических свойств резины и ухудшения ее структурных показателей.

Приблизительно такой же эффект наблюдается при совместном влиянии радиальной нагрузки и температуры поверхности шины. Зависимость совместного влияния радиальной нагрузки и температуры поверхности шины при одинаковых дорожных условиях представлена на рис. 7.

Экспериментальные данные по совместному влиянию названных факторов получены в условиях одного маршрута движения с максимально возможными вариациями радиальной нагрузки (полной массы автомобиля) и температуры поверхности шины. При этом температура поверхности шины, как и при прежних опытах, варьировала в пределах 50...80°C, а полная масса автомобиля составляла 45...57 т для автомобилей-самосвалов БелАЗ-7540В.

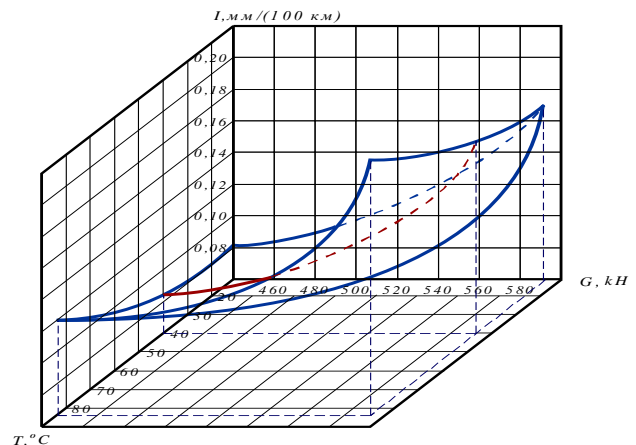


Рис. 7. Зависимость интенсивности износа рисунка протектора шины типоразмера 18.00-25 от радиальной нагрузки и температуры шины

4. Выводы

1. Из всего разнообразия факторов, формирующих ресурс шин грузовых автомобилей в условиях строительства Рогунской ГЭС, наиболее значимыми являются: дорожные условия; температура поверхности шины; радиальная нагрузка, приложенная к колесам автомобиля.

Все остальные малозначимые факторы объединены в единый фактор, именуемый как прочие факторы.

Значимость факторов, влияющих на ресурс шин грузовых автомобилей, установлены по рекомендациям Кузнецова Е.С. на основе многофакторной математической модели.

2. По результатам экспериментальных исследований, определялись основные вероятностно-статистические характеристики значимых факторов, формирующих ресурс шин.

Установлено, что ресурсы шин грузовых автомобилей распределяются по нормальному закону и характеризуются следующими показателями:

- для шин типоразмеров 18.00-25: $L_{cp} = 25,14$ тыс. км; $\sigma = 4,05$ тыс. км; $\nu = 16,00\%$;
- для шин типоразмеров 12.00-20: $L_{cp} = 32,2$ тыс. км; $\sigma = 4,1$ тыс. км; $\nu = 12,7\%$.

Список литературы

1. Горюнов С.В. Функциональная модель прогнозирования долговечности шин карьерных автосамосвалов // Известия МГТУ МАМИ. 2013. Т. 1. № 2(16). С. 149-154.
2. Турсунов А.А. Управление работоспособностью автомобилей в горных условиях эксплуатации. Душанбе: Ирфон, 2003. 356 с.
3. Умирзоков А.М., Саибов А.А., Джобиров Ф.И., Абаев А.Х., Бердиев А.Л. Классификация факторов, влияющих на пробег шин в условиях высокогорных карьеров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2018. № 3(43). С. 44-48.
4. Umirzokov A.M., Mallaboev U.M., Saidullozoda S.S., Khabibullozoda Kh.Kh. Classification of factors influencing the reliability of the driver-vehicle-road-environment (DVRE) system in the conditions of mountain quarries. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020, Vol. 817(1), 012036. DOI: 10.1088/1757-899X/817/1/012036.
5. Бакеев Р.Б. Проблема определения и корректирования нормативов ресурса автомобильных шин // Проблемы эксплуатации автомобилей, строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин: Межвузовский сб. научн. тр. Тюмень: ТГНУ, 2001. С. 3-5.
6. Умирзоков А.М., Саибов А.А., Абаев А.Х., Бердиев А.Л., Джобиров Ф.И. Вероятностно-статистическая оценка влияния факторов, влияющих на пробег автомобильных шин в условиях высокогорных карьеров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2018. № 3(43). С. 40-44.
7. Гафарова Л.М., Завьялова И.Г., Мустафин Н.Н. Об особенностях применения критерия согласия Пирсона χ^2 // Экономические и социально-гуманитарные исследования. 2015. № 4(8). С. 63-67.
8. Методика статистической обработки эмпирических данных / РТМ 44-62. М.: Госстандарт, 1966. 101 с.
9. ГОСТ 21878-76. Случайные процессы и динамические системы. Термины и

References

1. Goryunov S.V. Functional model for predicting the durability of tires of mining dump trucks. *Izvestiya MSTU MSMBU*, 2013, No. 2(16), pp. 149-154. (In Russian).
2. Tursunov A.A. *Upravleniye rabotosposobnost'yu avtomobiley v gornykh usloviyakh ekspluatatsii* [Vehicle performance management in mountainous operating conditions]. Dushanbe: Irfon, 2003, 356 p. (In Russian).
3. Umirzokov A.M., Saibov A.A., Dzhobirov F.I., Abaev A.Kh., Berdiev A.L. Classification of factors affecting tire mileage in high-mountain quarries. *Polytechnic Bulletin. Series: Engineering Research*, 2018, No. 3(43), pp. 44-48. (In Russian).
4. Umirzokov A.M., Mallaboev U.M., Saidullozoda S.S., Khabibullozoda Kh.Kh. Classification of factors influencing the reliability of the driver-vehicle-road-environment (DVRE) system in the conditions of mountain quarries. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020, Vol. 817(1) 012036. DOI: 10.1088/1757-899X/817/1/012036.
5. Bakeev R.B. The problem of determining and adjusting the standards for the resource of car tires. *Problems of the operation of cars, construction, road and hoisting-and-transport machines: Interuniversity collection of scientific papers*. Tyumen, TSOGU, 2001, pp. 3-5. (In Russian).
6. Umirzokov A.M., Saibov A.A., Abaev A.Kh., Berdiev A.L., Dzhobirov F.I. Probabilistic-statistical assessment of the influence of factors affecting the mileage of car tires in the conditions of high-mountain quarries. *Polytechnic Bulletin. Series: Engineering Research*, 2018, No. 3(43), pp. 40-44. (In Russian).
7. Gafarova L.M., Zavyalova I.G., Mustafin N.N. On the peculiarities of applying the Pearson χ^2 criterion of agreement. *Economic and social and humanitarian studies*, 2015, No. 4(8), pp. 63-67. (In Russian).
8. *Metodika statisticheskoy obrabotki empi-richeskikh dannykh* [Methodology for statistical processing of empirical data] RTM 44-62. Moscow, Gosstandard, 1966. 101 p. (In Russian).

определения. М.: Изд-во стандартов, 1976. 22 с.

10. Щекочихин А.В. Факторы, влияющие на ресурс шин при эксплуатации // Приоритетные научные направления: от теории к практике. 2015. № 17. С. 120-124.

11. Кадыров А.С., Кабикенов С.Ж., Жаркенов Н.Б., Нурмаганбет Н.С., Методика определения прогнозируемого ресурса автомобильных шин большегрузных автосамосвалов по эксплуатационным показателям // Успехи современного естествознания. 2015. № 1-4. С. 648-650.

12. Горюнов С.В., Шарипов В.М. Прогнозирование долговечности пневматических шин карьерных автосамосвалов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 11. С. 127-130.

‡
‡ 9. GOST 21878-76. *Random processes and dynamical systems. Terms and Definitions.* Moscow, Publishing house of standards, 1976. 22 p. (In Russian).

‡
‡ 10. Shchekochikhin A.V. Factors affecting the tire life during operation. *Priority scientific directions: from theory to practice*, 2015, No. 17, pp. 120-124. (In Russian).

‡
‡ 11. Kadyrov A.S., Kabikenov S.Zh., Zharkenov N.B., Nurmaganbet N.S. Methods for determining the predicted resource of automobile tires of heavy-duty dump trucks by performance. *Successes of modern natural science*, 2015, No. 1-4, pp. 648-650. (In Russian).

‡
‡ 12. Goryunov S.V., Sharipov V.M. Prediction of the durability of pneumatic tires for mining dump trucks. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*, 2015, No. 11, pp. 127-130. (In Russian)