

Р.Ф. Шаихов

Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь, Россия

РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СЕЗОННЫХ РАБОТ

Рассмотрены вопросы повышения вероятности безотказной работы грузовых автомобилей за счет создания резерва. С одной стороны, резерв позволит заменить неисправную технику практически без остановки работ, с другой стороны – автомобиль, находясь в резерве, не эксплуатируется, т.е. не приносит прибыль, поэтому важно обосновать не только необходимость, но и размер резерва. Задача определения размеров резерва грузовых автомобилей для обеспечения бесперебойности работ при минимальных затратах является актуальной, особенно для сезонных работ. При строительстве дорог автомобили эксплуатируются в отрыве от производственной базы, поэтому необходимо обеспечить непрерывную работу на одну неделю, в связи с этим все расчеты в статье приведены именно для этого периода. Представлены результаты расчета затрат на резервирование. Автор предлагает использовать лизинговые схемы, так как их несомненным преимуществом является возможность быстрого возврата техники лизингодателю без потерь времени и денег.

В рамках данного исследования задача резервирования формулируется для системы из двух автомобилей – КамАЗ 65115 и КамАЗ 55111. Каждая из подсистем представляет собой одиночный элемент, повысить вероятность безотказной работы которого возможно, используя резервирование (дополнительный свободный автомобиль). Каждому значению вероятности безотказной работы системы $P(X)$ будет соответствовать значение суммарных затрат $C(X)$, пару этих значений предлагается назвать вектором показателей системы. Представлены результаты расчетов, которые для удобства анализа записаны в виде таблицы. Определен размер оптимального резерва автомобилей для различных значений вероятности безотказной работы всей системы. Система, состоящая из двух автомобилей, с высокой долей вероятности не сможет непрерывно работать без отказов в течение всего лишь одной недели. В условиях рыночной экономики важную роль играют суммарные затраты на проведение работ, поэтому они учтены в расчетах. Для обеспечения приемлемого уровня безотказности потребуется от 47 тыс. руб. в неделю на создание резерва грузовых автомобилей.

Ключевые слова: надежность, вероятность безотказной работы, резервирование, грузовой автомобиль.

R.F. Shaikhov

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russian Federation

RESERVING TRUCKS FOR SEASONAL WORK

In the article the issues of increasing the probability of truck no-failure operation due to the creation of a reserve are considered. On the one hand, the reserve will allow replacing faulty equipment almost without stopping work, on the other hand, the car being in reserve is not in use, i.e. does not make a profit, therefore it is important to justify not only the need, but also the size of the reserve. The task of determining the size of trucks reserve to ensure the continuity of work at minimum cost is relevant, especially for seasonal work. During the construction of roads, cars are operated in isolation from the production base, so it is necessary to ensure continuous operation for one week; therefore, all the calculations in the article are presented just for this period. The results of calculating the costs of the reservation are presented. It is suggested using leasing schemes, as their undoubted advantage is the ability to quickly return the equipment to the lessor without loss of time and money.

Within the framework of this study, the reservation task is formulated for a two-car system consisting of a KamAZ 65115 and a KamAZ 55111. Each of the subsystems is a single element, the probability of no-failure operation of which can be increased by the use of reserving (an additional free car). Each value of the probability of no-failure operation of the system $P(X)$ will correspond to the value of the total costs $C(X)$; a pair of these values is proposed to be called a vector of indicators of the system. The results of calculations are presented, which are recorded in the form of a table for the convenience of analysis. The size of the optimal reserve of vehicles for various values of the probability of no-failure operation of the entire system is determined. A two-car system is highly likely to not be able to operate continuously without failures for just one week. In a market economy, the total cost of the work is important, so it is taken into account in the calculations. To ensure an acceptable level of dependability, a minimum of 47 thousand rubles per week will be needed to create a reserve of trucks.

Keywords: reliability, probability of no-failure operation, reserving, truck.

К современным грузовым автомобилям с каждым годом предъявляется все больше требований в области безопасности, экономичности, экологичности, для их реализации требуется усложнение конструкции. Кроме того, потребители ожидают от техники высокой надежности. Однако, усложнение конструкции и повышение надежности являются противоречивыми требованиями, чем больше деталей, тем выше риск возникновения отказа. Добиться повышения надежности возможно только за счет увеличения затрат (на разработку, производство, обслуживание), эти затраты могут достигать существенных значений. Грузовые автомобили преимущественно относятся к коммерческому транспорту, их простой в ремонте приводит к потере денег (упущенной выгоде). В определенных условиях целесообразно потратить часть средств на обеспечение требуемого уровня надежности, точнее безотказности работы парка. Особенно это актуально для сезонных работ, например строительных. Одним из способов поддержания требуемого уровня безотказности является создания резерва автомобилей. С одной стороны, резерв позволит заменить неисправную технику практически без остановки работ, с другой стороны – автомобиль, находясь в резерве, не эксплуатируется, т.е. не приносит прибыль, поэтому создание и содержание большого резерва нецелесообразно.

Целью данного исследования является решение задачи определения размеров резерва грузовых автомобилей для обеспечения бесперебойности работ при минимальных затратах.

Исследования проводились на базе предприятия ООО «Лысьвенское дорожно-строительное управление» (ЛДСУ). Предприятие осуществляет строительство и содержание автомобильных дорог на территории Пермского края, а также занимается перевозкой строительных материалов. Наиболее распространенными грузовыми автомобилями в парке предприятия являются КамАЗ 65115 и КамАЗ 55111. Сезон строительства дорог в Пермском крае составляет 6 месяцев, в этот период 2018 года среднесуточный пробег автомобилей предприятия, работающих в 2 смены, составил 469 км. Срыв сроков строительства влечет за собой серьезные штрафы, поэтому руководство предприятия обеспокоено надежностью техники. Ранее в ЛДСУ уже проводились исследования, связанные с надежностью [1–5], также достаточно много работ посвящено эксплуатации автомобилей в сложных условиях [6–9], оптимизации затрат на обслуживание [10], влиянию работы производственного персонала на качество обслуживания и ремонта [11–12].

При строительстве дорог автомобили эксплуатируются в отрыве от производственной базы, поэтому необходимо обеспечить непрерывную работу в период как минимум 7 дней или на пробеге 3283 км.

В исследовании С.Г. Павлишина и И.М. Галимзянова [13] проведена оценка надежности самосвалов КамАЗ, представлено распределение отказов по системам и статистические данные о наработке до отказов как отдельных узлов и агрегатов, так и автомобилей в целом. Для КамАЗа 65115 средняя наработка до отказа составляет 8390 км, для КамАЗа 55111 – 5530 км.

Вероятность безотказной работы автомобилей можно рассчитать по формуле [14]

$$P(L) = e^{-\lambda L}, \quad (1)$$

где L – необходимый пробег, тыс. км; λ – средняя интенсивность отказов автомобиля.

Среднюю интенсивность отказов можно определить по формуле [14]:

$$\lambda = \frac{1}{T_{cp}}, \quad (2)$$

где T_{cp} – средняя наработка на отказ автомобиля, тыс. км.

Тогда вероятность безотказной работы на пробеге 3283 км для автомобилей КамАЗ 65115 составит 0,68, а для КамАЗов 55111 – 0,55.

Для создания резерва грузовых автомобилей возможны различные варианты, но в условиях перманентного кризиса наиболее разумным видится использование лизинговых схем, поэтому стоимость создания резерва рассчитывалась исходя из актуальных на текущий момент предложений на рынке лизинга грузовых автомобилей КамАЗ. Примем допущение, что перво-

начальный взнос в размере 5 % стоимости нового автомобиля не будет учтен в расчетах, срок лизинга 60 мес. Тогда стоимость лизинга КамАЗа 65115 при его стоимости 4,1 млн руб. составит 104 682 руб. в месяц, или 26 170,5 руб. в неделю. Для автомобилей КамАЗ 55111 определить стоимость сложнее, примем, что автомобиль стоит 1,69 млн руб., соответственно затраты составят 43 149 руб. в месяц или 10 787 руб. в неделю.

Соотношение КамАЗов в парке примерно одинаковое. Решение задач оптимизации резерва существенно вырастает при большом количестве элементов системы. Для системы, состоящей из двух подсистем, вся совокупность решений представляет собой двумерный массив или матрицу, поэтому провести расчеты достаточно просто даже не используя программные средства. Оптимальное решение можно найти перебором всех вариантов, отсекая ненужные по двум критериям: надежность не ниже заданной, суммарные затраты – минимальны.

При анализе системы, состоящей из трех элементов, требуется создание трехмерного массива. Найти оптимальное решение можно, представив область в виде нескольких плоских матриц, для которых количество резервных элементов подсистемы принято постоянным. Таким образом, увеличение подсистем существенно усложняет поиск решения, что делает нецелесообразным простой перебор и требует использования более сложных математических алгоритмов.

В рамках данного исследования задача формулируется для системы из двух автомобилей – один КамАЗ 65115 и один КамАЗ 55111. Необходимо определить количество резервных автомобилей для каждой подсистемы при минимальных затратах, если известно, что вероятность безотказной работы первой подсистемы (КамАЗ 65115) $P_1 = 0,68$, а стоимость создания резерва из 1 автомобиля – $C_1 = 26 170,5$ руб., вероятность безотказной работы второй подсистемы (КамАЗ 55111) $P_2 = 0,55$, а стоимость создания резерва из 1 автомобиля – $C_2 = 10 787$ руб.

Рассматриваемая система из двух подсистем (автомобилей) такова, что непосредственным результатом ее функционирования является получение прибыли, поэтому разумно формулировать задачу таким образом, чтобы результирующий экономический эффект (разность между прибылью и стоимостью резервирования) был максимальным. К сожалению, получить актуальные данные по стоимости контрактов и, соответственно, прибыли с каждого автомобиля в настоящее время проблематично, данная задача будет решена в дальнейших исследованиях.

Каждая из подсистем представляет собой одиночный элемент, повысить вероятность безотказной работы которого возможно, используя резервирование (дополнительный свободный автомобиль). Тогда показатель вероятности безотказной работы системы можно определить по формуле [15]

$$P(X) = [1 - (1 - P_1)^{x_1+1}] \cdot [1 - (1 - P_2)^{x_2+1}], \quad (3)$$

где x_i – число резервных автомобилей i -й подсистемы, ед.

Суммарные затраты на резервные автомобили можно рассчитать по формуле [15]

$$C(X) = C_1 \cdot x_1 + C_2 \cdot x_2. \quad (4)$$

Каждому значению вероятности безотказной работы системы $P(X)$ будет соответствовать значение суммарных затрат $C(X)$, пару этих значений предлагается назвать вектором показателей системы и обозначить [15]

$$V(X) = V(x_1; x_2) = \{P(x_1; x_2); C(x_1; x_2)\}. \quad (5)$$

Для автоматизации расчетов разработана программа, алгоритм представлен на рисунке.

В начале программы пользователь вводит значения вероятности безотказной работы каждой подсистемы (P_1, P_2), стоимость создания резерва из 1 автомобиля для каждой подсистемы (C_1, C_2), требуемую вероятность безотказной работы всей системы (P), размер области поиска (n). Принято допущение, что получаемый двумерный массив является квадратным. Затем программа считает для каждого вектора значения вероятности безотказной работы системы (P_{ij})

и суммарные затраты (C_{ij}). Для поиска минимума суммарных затрат, переменной \min задается значение суммы стоимости резервирования 1 автомобиля для каждой подсистемы (вектор (1; 1)). Далее проверяются условия, задающие критерии поиска оптимального значения. Если вектор удовлетворяет всем условиям, значения минимальных суммарных затрат (\min), а также количество резервных элементов каждой подсистемы сохраняются. После расчета всех значений n -мерной матрицы последние сохраненные значения (оптимальные) выводятся на экран.

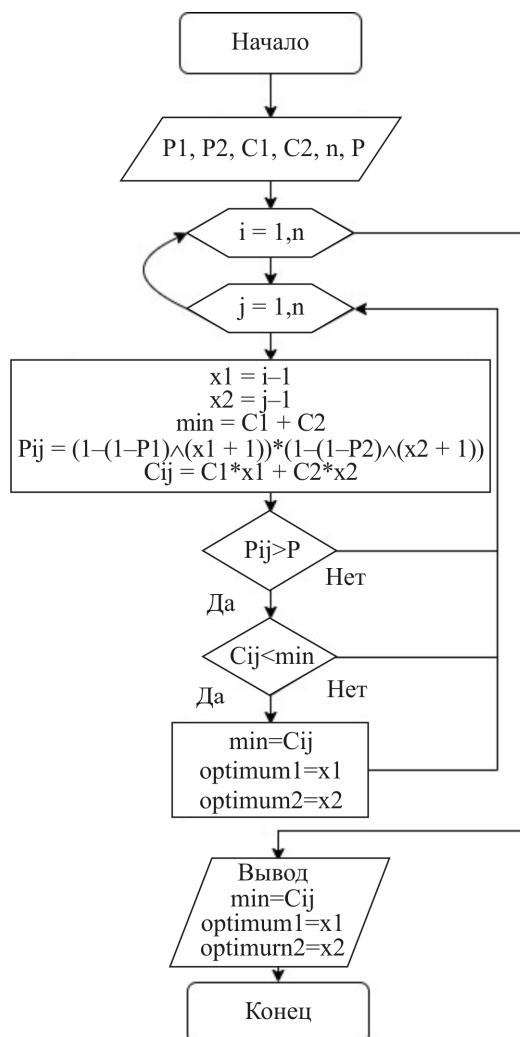


Рис. Алгоритм поиска оптимального количества резервных автомобилей

Для того чтобы продемонстрировать работу программы, необходимо рассмотреть итоговую матрицу (табл. 1). Ввиду ограниченности объема статьи приводится расчет для $n = 6$. Из табл. 1 видно, что надежность системы повышается с увеличением числа резервных автомобилей и достигает максимальных значений в нижней правой части таблицы. В общем случае подобные матрицы могут быть бесконечно большими, однако, ограничивающим фактором в реальной жизни будут максимальные затраты. Суммарные затраты имеют минимальные значения при малом количестве резервных автомобилей в верхней левой части таблицы.

Анализируя матрицу векторов, можно заметить, что подавляющая часть векторов ни при каких обстоятельствах не может быть принята в качестве решения. Например, вектор (0; 3) в табл. 1 никогда не может быть выбран оптимальным, так как вектор (1; 0) при почти таком же уровне надежности системы (P) (разница всего лишь 0,002) имеет суммарные затраты более чем в 7 раз меньше. Векторы, которые могут быть решением задач оптимизации, называют до-

минирующими [15]. Их можно описать так: вектор с показателями надежности P^* и суммарными затратами C^* является доминирующим, если не найдется ни одного другого вектора с показателями P' и C' , чтобы одновременно имели место условия: $P' > P^*$ и $C' \leq C^*$.

Таблица 1

Значения $P(X)$ и $C(X)$ для расчета резерва автомобилей

X_1	X_2	0	1	2	3	4	5	6
	0	$P(X)$	0,374	0,5423	0,61804	0,65212	0,66745	0,67435
	$C(X)$	0	10787	21574	32361	43148	53935	64722
1	$P(X)$	0,49368	0,71584	0,81581	0,86079	0,88104	0,89015	0,89425
	$C(X)$	26170,5	36957,5	47744,5	58531,5	69318,5	80105,5	90892,5
2	$P(X)$	0,53198	0,77137	0,87909	0,92757	0,94938	0,9592	0,96362
	$C(X)$	52341	63128	73915	84702	95489	106276	117063
3	$P(X)$	0,54423	0,78914	0,89935	0,94894	0,97126	0,9813	0,98582
	$C(X)$	78511,5	89298,5	100086	110873	121660	132447	143234
4	$P(X)$	0,54816	0,79482	0,90583	0,95578	0,97825	0,98837	0,99292
	$C(X)$	104682	115469	126256	137043	147830	158617	169404
5	$P(X)$	0,54941	0,79664	0,9079	0,95796	0,98049	0,99063	0,99519
	$C(X)$	130853	141640	152427	163214	174001	184788	195575
6	$P(X)$	0,54981	0,79723	0,90856	0,95866	0,98121	0,99136	0,99592
	$C(X)$	157023	167810	178597	189384	200171	210958	221745

Практический интерес представляет поиск доминирующих векторов при помощи алгоритмов. Количество таких векторов будет зависеть от принятой точности расчетов: чем расчет точнее, тем больше доминирующих векторов и тем меньше они будут отличаться друг от друга. Для оптимизации решения целесообразно округлять вероятность безотказной работы до сотых, а суммарные затраты – до тысяч.

Для решения задачи еще необходимо задать вероятность безотказной работы всей системы. В табл. 2 представлены результаты решения задачи оптимального резервирования автомобилей для различных значений вероятности безотказной работы всей системы (P).

Таблица 2

Размер оптимального резерва автомобилей

P	Количество резервных автомобилей, ед.		$C(X)$, руб./нед.
	КамАЗ 65115	КамАЗ 55111	
0,8	2	3	47 744,5
0,85	2	4	58 531,5
0,9	3	4	84 702
0,95	3	6	106 276

Без резервирования вероятность безотказной работы системы составляет всего лишь 0,374 (табл. 1, $X_1 = 0, X_2 = 0$); очевидно, что в таком случае будет высокий риск отказа и невыполнения работы. При приемлемом уровне безотказности, затраты на резерв составят от 47 тыс. руб. в неделю, но при этом можно гарантировать организацию почти непрерывного процесса работы. Большие затраты еще объясняются изначально низкой надежностью парка автомобилей.

В результате проведенных исследований *получены следующие выводы:*

1. Система, состоящая из двух автомобилей, с высокой долей вероятности не сможет непрерывно работать без отказов в течение всего лишь одной недели, поэтому задача определения резерва грузовых автомобилей является актуальной.
2. В условиях рыночной экономики важную роль играют суммарные затраты на проведение работ, поэтому они учтены в расчетах. Для обеспечения приемлемого уровня безотказности потребуется от 47 тыс. руб. в неделю на создание резерва грузовых автомобилей.
3. Направление дальнейших исследований необходимо связать с созданием математических моделей резервирования всего парка автомобилей предприятия.

Список литературы

1. Шаихов Р.Ф. Определение остаточного ресурса деталей навесного оборудования специальных автомобилей // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 3. – С. 83–88.
2. Репецкий Д.С. Ресурс гидроцилиндров грузовых автомобилей // Научно-технический вестник технические системы в АПК. – 2019. – № 5 (5). – С. 20–24.
3. Репецкий Д.С. Вибронагруженность рулевого управления лесовоза // Машиностроение: новые концепции и технологии: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2019. – С. 328–331.
4. Шаихов Р.Ф. Особенности эксплуатации автомобилей с турбокомпрессорами в условиях карьеров // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 2. – С. 73–79.
5. Шаихов Р.Ф. Анализ показателей надежности коробок отбора мощности грузовых автомобилей // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 4. – С. 67–73.
6. Мальцев Д.В., Пестриков С.А., Утробин В.Ю. Влияние условий эксплуатации на надежность грузовых автомобилей на базе шасси КАМАЗ // Химия. Экология. Урбанистика. – 2019. – Т. 2. – С. 129–133.
7. Мальцев Д.В. Анализ причин малой наработки на отказ турбокомпрессоров при эксплуатации в условиях карьеров // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика / Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г.Ф. Морозова. – 2016. – Т. 4, № 5–4 (25–4). – С. 267–271.
8. Попов А.В., Козырин Н.С., Мальцев Д.В. Двухпоточная трансмиссия против вариатора // Автомобильная промышленность. – 2018. – № 11. – С. 18–21.
9. Мальцев Д.В. Совершенствование организации перевозочного процесса твердых бытовых отходов автомобильным транспортом: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Орел, 2016. – 142 с.
10. Мальцев Д.В., Пестриков С.А. Определение оптимальной периодичности технического обслуживания автобусов // Мир транспорта. – 2018. – № 2 (75). – С. 96–105.
11. Богоев Р.А., Мальцев Д.В., Генсон Е.М. Оценка квалификации производственного персонала на предприятиях агропромышленного комплекса // Актуальные вопросы применения инженерной науки: материалы Междунар. студ. науч.-практ. конф. / Рязан. гос. агротехнол. ун-т им. П.А. Костычева. – Рязань, 2019. – С. 110–115.
12. Мальцев Д.В., Генсон Е.М., Репецкий Д.С. Электронные учебные пособия для прикладного бакалавриата // Высшее образование в России. – 2019. – № 4. – С. 134–141.
13. Павлишин С.Г., Галимзянов И.М. Оценка надежности самосвалов КАМАЗ в гарантийный период эксплуатации // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета. – 2009. – № 4 (19). – С. 44–47.
14. Острейковский, В.А. Теория надежности: учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.
15. Ушаков И.А. Методы решения простейших задач оптимального резервирования при наличии ограничений. – М.: Советское радио, 1969. – 176 с.

References

1. Shaikhov R.F. Opredelenie ostatochnogo resursa detalei navesnogo oborudovaniia spetsial'nykh avtomobilei [Determination of the residual life of parts of attachments of special vehicles] *Transport. Transportnye sooruzheniia. Ekologiya*, 2019, no. 3, pp. 83-88.
2. Repetskii D.S. Resurs gidrotsilindrov gruzovykh avtomobilei [Resource of hydraulic cylinders of trucks] *Nauchno-tekhnicheskii vestnik tekhnicheskii sistemy v APK*, 2019, no. 5 (5), pp. 20-24.
3. Repetskii D.S. Vibronagruzhennost' rulevogo upravleniia lesovoza [Vibration load of the steering of a timber truck] *Mashinostroenie: novye kontseptsii i tekhnologii. Krasnoiarsk: SibGU im. M.F. Reshetneva*, 2019, pp. 328-331.
4. Shaikhov R.F. Osobennosti ekspluatatsii avtomobilei s turbokompressorami v usloviiakh kar'erov [Features of operation of cars with turbochargers in quarry conditions]. *Transport. Transportnye sooruzheniia. Ekologiya*, 2019, no. 2, pp. 73-79.
5. Shaikhov R.F. Analiz pokazatelei nadezhnosti korobok otbora moshchnosti gruzovykh avtomobilei [Analysis of reliability indicators of power take-offs of trucks] *Transport. Transportnye sooruzheniia. Ekologiya*, 2019, no. 4, pp. 67-73.
6. Mal'tsev D.V., Pestrikov S.A., Utrobin V.Iu. Vliianie uslovii ekspluatatsii na nadezhnost' gruzovykh avtomobilei na baze shassi KamAZ [The influence of operating conditions on the reliability of trucks based on the KamAZ chassis] *Khimiia. Ekologiya. Urbanistika*, 2019, vol. 2, pp. 129-133.
7. Mal'tsev D.V. Analiz prichin maloi narabotki na otkaz turbokompressorov pri ekspluatatsii v usloviiakh kar'erov [Analysis of the reasons for the small time between failures of turbocompressors during operation in quarries]. *Aktual'nye napravleniia nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriia i praktika*. 2016, vol. 4, no. 5-4 (25-4), pp. 267-271.
8. Popov A.V., Kozyrin N.S., Mal'tsev D.V. Dvukhpotochnaia transmissiia protiv variatora [Dual-flow transmission against the variator] *Avtomobil'naia promyshlennost'*, 2018, no. 11, pp. 18-21.
9. Mal'tsev D.V. Sovershenstvovanie organizatsii perevozochnogo protsessa tverdykh bytovykh otkhodov avtomobil'nykh transportom [Improving the organization of transportation process by motor transport of municipal solid waste] Ph.D. thesis. Orel, 2016, 142 p.
10. Mal'tsev D.V., Pestrikov S.A. Opredelenie optimal'noi periodichnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniia avtobusov [Determination of the optimal frequency of bus maintenance]. *Mir transporta*, 2018, no. 2 (75), pp. 96-105.
11. Bogoveev R.A., Mal'tsev D.V., Genson E.M. Otsenka kvalifikatsii proizvodstvennogo personala na predpriatiiakh agropromyshlennogo kompleksa [Qualification assessment of production personnel at the enterprises of the agro-industrial complex] *Aktual'nye voprosy primeneniia inzhenernoi nauki: International scientific and practical conference, Riazanskii gosudarstvennyi agrotekhnologicheskii universitet im. P.A. Kostycheva*, 2019, pp. 110-115.
12. Mal'tsev D.V., Genson E.M., Repetskii D.S. Elektronnye uchebnye posobiia dlia prikladnogo bakalavriata [Electronic textbooks for applied baccalaureate] *Vyshee obrazovanie v Rossii*, 2019, no. 4, pp. 134-141.
13. Pavlishin S.G., Galimzianov I.M. Otsenka nadezhnosti samosvalov KAMAZ v garantiinyi period ekspluatatsii [Assessment of the reliability of KAMAZ dump trucks during the warranty period of operation] *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2009, no. 4 (19), pp. 44-47.
14. Ostreikovskii, V.A. Teoriia nadezhnosti [Reliability theory]. Moscow, *Vysshaya shkola*, 2003, 463 p.
15. Ushakov I.A. Metody resheniia prosteishikh zadach optimal'nogo rezervirovaniia pri nalichii ogranichenii [Methods for solving the simplest problems of optimal redundancy in the presence of restrictions]. *Izdatelstvo "Sovetskoe radio"*, 1969, 176 p.

Получено 12.04.20

Об авторе

Шаихов Ринат Фидарисович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технический сервис и ремонт машин» Пермского государственного аграрно-технологического университета (614990, Россия, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23, e-mail: shr84@list.ru).

About the author

Rinat F. Shaihov (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technical Service and Repair of Cars, Perm State Agro-Technological University (23, Petropavlovskaya St., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: shr84@list.ru).