

DOI 10.15593/24111678/2021.01.10

УДК 665.761:543.421/.424

Н.В. Шипов, В.А. Максимов, Н.В. Поживилов

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИНЕЙНЫХ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ

Для обеспечения стабильной и бесперебойной работы общественного транспорта требуется высокая надежность автобусов, обеспечиваемая своевременным и качественным техническим обслуживанием. Однако существуют вероятность случайных отказов, в том числе на линии, при выполнении автобусом перевозки. Для снижения числа линейных отказов вводится планово-предупредительный ремонт (ППР).

В статье рассматривается применение ППР в системе обслуживания и ремонта для линейных городских автобусов ЛиАЗ-429260, ЛиАЗ-529265 и ЛиАЗ-621365, эксплуатируемых в филиалах ГУП «Мосгортранс».

Для замены в рамках ППР отобраны позиции запасных частей, оказывающие наибольшее влияние на безопасность перевозок, а также те позиции, отказ которых влияет на работоспособность автобуса в целом. Для них нормы расхода скорректированы таким образом, чтобы интервал их замены совпадал с моментом прохождения автобусом ТО-2. Посчитаны трудоемкости выполнения работ ППР совместно с ТО-2. В результате расчета трудоемкостей часть норм расхода была пересмотрена для более равномерного распределения работ по пробегам. Составлены списки запасных частей и эксплуатационных жидкостей, подлежащих замене при ТО-2 в рамках дополнительных работ и при ППР, в зависимости от пробега.

Результатом внедрения ППР является сокращение издержек на проведение текущего ремонта за счет выполнения некоторых ремонтных работ во время планового технического обслуживания автобусов. Произошло перераспределение затрат по видам обслуживания в сторону ТО, что позволяет лучше планировать работу служб ремонта и проводить закупки запасных частей.

Ключевые слова: техническое обслуживание, ППР, городские автобусы, нормы расхода, сокращение издержек, надежность, планирование затрат.

N.V. Shipov, V.A. Maksimov, N.V. Pozhivilov

Moscow State Automobile and Road Technical University, Moscow, Russian Federation

APPLICATION OF SCHEDULED PREVENTIVE MAINTENANCE IN THE OPERATION OF LINEAR CITY BUSES

High reliability of buses is required to ensure stable and uninterrupted operation of public transport. Reliability is ensured by timely and high-quality maintenance; however, there is a possibility of accidental failures, including those when the bus is on the line. To reduce the number of linear failures, scheduled preventive maintenance (SPM) is introduced.

This article discusses the use of SPM in the maintenance and repair system for linear city buses LiAZ-429260, LiAZ-529265 and LiAZ-621365, operated in the branches of the State Unitary Enterprise "Mosgortrans".

For replacement within the SPM, the positions of spare parts have been selected that have the greatest impact on the safety of transportation, as well as those positions, the failure of which affects the performance of the bus as a whole. For them, the consumption rates have been adjusted so that the interval of their replacement coincides with the moment when the bus is undergoing the maintenance-2. The labor intensity of the execution of SPM works together with the maintenance-2 was calculated. As a result of the calculation of labor inputs, part of the consumption rates was revised for a more even distribution of work by mileage. Lists of spare parts and operating fluids have been drawn up that need to be replaced during the maintenance-2 as part of additional work and during SPM, depending on the mileage.

The result of the introduction of SPM is a reduction in the cost of carrying out routine repairs due to the implementation of some repair work during scheduled maintenance of buses. There was a reallocation of costs by type of service towards maintenance, which allows better planning of the work of repair services and the procurement of spare parts.

Keywords: maintenance, SPM, city buses, consumption rates, cost reduction, reliability, cost planning.

Введение

К городскому пассажирскому транспорту в Москве предъявляются высокие требования по безопасности, комфорту и надежности. Чтобы соответствовать этим требованиям, необходимо обеспечить постоянную техническую готовность подвижного состава. Для этого применяется планово-предупредительная система технического обслуживания (ТО) и ремонта, состоящая из ежедневного обслуживания (ЕО), технического обслуживания (ТО-1, ТО-2), сезонного обслуживания (СО) и ремонта – текущего (ТР) и капитального (КР). Рекомендации системы изложены в Положении о ТО и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. Данным документом, кроме указанных технических воздействий, предусмотрено применение сопутствующего ремонта при ТО-1 и ТО-2 и при необходимости – планово-предупредительного ремонта (ППР).

В настоящее время в ГУП «Мосгортранс», компании, обеспечивающей перевозку пассажиров наземным городским транспортом в г. Москве, затраты на ТР в вещественном и денежном эквиваленте значительно превышают аналогичные затраты на ТО. При этом снижается эксплуатационная надежность подвижного состава (ПС). В результате увеличивается количество случайных отказов, что приводит к опозданиям, сходам, возвратам автобусов с линии, сверхнормативным простоям техники, нарушению графика и расписания перевозок.

Для увеличения безопасности перевозок и снижения потерь линейного времени подвижным составом на предприятии может внедряться система ППР. Она предлагает проводить профилактическую замену определенных деталей, не дожидаясь их отказа [1–4].

В данной статье рассматривается опыт внедрения системы ППР в системе обслуживания и ремонта линейных автобусов ГУП «Мосгортранс».

1. Выбор номенклатурных позиций запасных частей и периодичности замены для планово-предупредительного ремонта

ППР проводится по номенклатурным позициям запасных частей (ЗЧ), оказывающих наибольшее влияние на безопасность перевозок, а также позициям, влияющим на работоспособность автобуса в целом [5].

Опыт эксплуатации линейных автобусов ГУП «Мосгортранс» показывает, что в первую очередь к ППР целесообразно относить детали тормозной системы: тормозные колодки, тормозные диски и тормозные камеры. Далее идут детали рулевого управления и подвески: рулевые тяги, карданы рулевого привода, шланги и насос ГУР, шаровые шарниры, амортизаторы и оболочки пневморессор. Для обеспечения работоспособности двигателя в данный список внесены натяжители и ролики приводных ремней, водяной насос и шланги системы охлаждения, форсунки, турбокомпрессор и генератор. Также внесены в список шланги и патрубки системы отопления автобуса.

Для каждой позиции задан определенный интервал замены, кратный пробегу прохождения ТО-2, часть деталей объединены по интервалам замены в одинаковые группы, что позволяет уменьшить трудозатраты на их замену. Для определения интервала замены по каждой номенклатурной позиции необходимо иметь информацию по нормам расхода этих позиций. Данные о расходах содержатся в номенклатурных тетрадах по каждой модификации автобуса. Такие тетради составляются и предоставляются заводом-изготовителем или составляются непосредственно на предприятии, где эксплуатируются данные автобуса.

Нормы расхода могут определяться по одному из следующих методов: аналитический, приближенная оценка по ресурсу до замены первой детали, по среднему числу замен деталей за срок службы автомобиля и метод с дополнительным учетом вариации ресурса деталей [6–10]. В случае с автобусами ЛиАЗ-429260, ЛиАЗ-529265 и ЛиАЗ-621365 часть данных по нормам расхода запасных частей была предоставлена заводом-изготовителем [11–13], часть норм была рассчитана ГУП «МосгортрансНИИпроект».

Для адаптации норм к условиям эксплуатационных филиалов целесообразно проводить их корректирование с учетом особенностей работы автобусов в ГУП «Мосгортранс». Окончательные нормы расхода запасных частей целесообразно заносить в номенклатурную тетрадь предприятия, где указываются название детали с ее каталожными и складскими номерами, количество деталей на 1 единицу автобуса, нормы расхода на каждый вид обслуживания. Фрагмент номенклатурной тетради расхода запасных частей для автобуса ЛиАЗ-529265 в ГУП «Мосгортранс» представлен в табл. 1. Нормы указаны в штуках на 100 автобусов при годовом пробеге автобуса 70 000 км.

Таблица 1

Номенклатурная тетрадь автобуса ЛиАЗ-529265 в ГУП «Мосгортранс» (фрагмент)

№	Наименование	Каталожный номер	Номер SAP	Номер ERP	Количество на автобусе	Нормы расхода запасных частей				
						ТО	СО	ППР	ТР	Всего
Двигатель и карданная передача										
1	Вибровставка (рукав гибкий)	ВБК.302643.004-39	457346	0000098015	1	0	0	29,2	0	29,2
2	Генератор	11.204.485	468963	0000297008	2	0	0	27,5	0	27,5

2. Трудоемкость выполнения ППР

Для каждой номенклатурной позиции ЗЧ, заменяемой в рамках ППР, представлена трудоемкость в человеко-часах. Данные обычно определяются по результатам работы ремонтной службой, в которой автобусы ГУП «Мосгортранс» проходят обслуживание и ремонт.

Для анализа был построен график трудоемкостей выполнения работ ППР в зависимости от пробега подвижного состава с начала эксплуатации. В результате были обнаружены большие значения трудоемкостей на определенных пробегах, в итоге нормы расхода некоторых позиций ЗЧ были скорректированы с целью более равномерного распределения работ по пробегам (рис. 1).

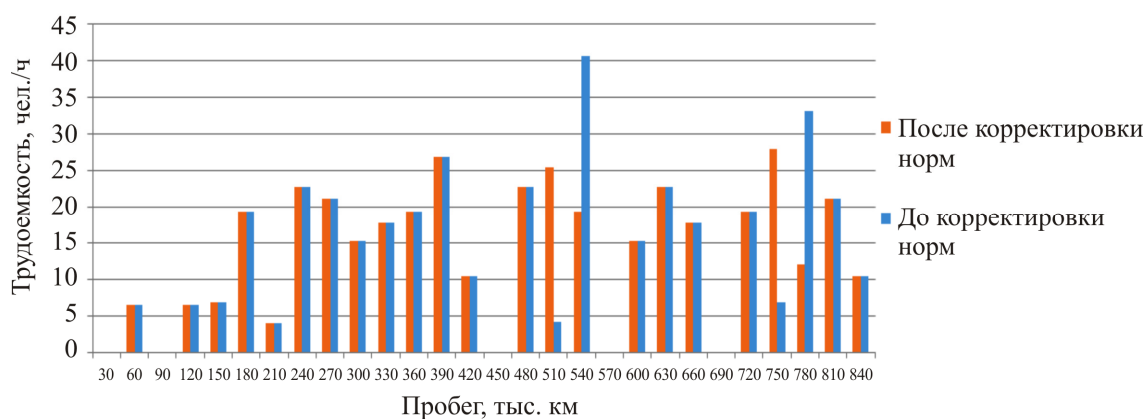


Рис. 1. График трудоемкостей выполнения работ ППР автобуса ЛиАЗ-529265

Затем трудоемкости ППР были нанесены на график трудоемкостей выполнения основных работ ТО-2, дополнительных работ ТО-2 и дополнительных работ СО, выполняемых совместно с ТО-2. В результате были построены графики общих трудоемкостей выполнения ТО-2 по пробегам (рис. 2).

Из полученного графика видно, что суммарная трудоемкость проведения всех работ при ТО-2 не превышает 50 человеко-часов, что позволяет оптимизировать временные издержки на обслуживание.

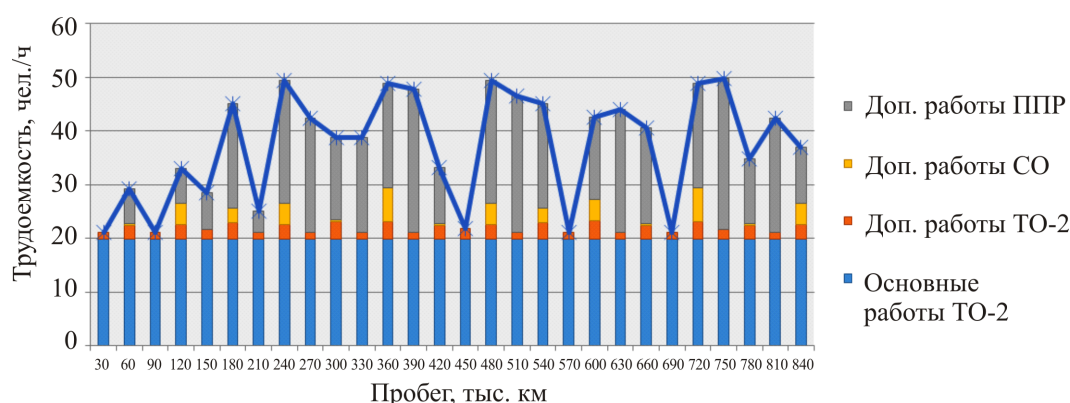


Рис. 2. График суммарной трудоемкости выполнения всех видов работ при ТО-2 автобуса ЛиАЗ-529265

Для снижения затрат важно спланировать время постановки автобуса на обслуживание [14]. Также для систематизации полученных знаний по потребности в том или ином материале были созданы списки запасных частей и эксплуатационных жидкостей (ЭЖ) на обслуживание для каждого пробега автобуса (табл. 2).

Таблица 2

Список ЗЧ и ЭЖ для проведения ТО-2 при пробеге автобуса ЛиАЗ-529265 60 тыс. км

ТО 60 тыс. км.					
№	Наименование	Каталожный номер	Номер SAP	Количество	Размерность
ЭЖ					
1	Масло моторное для системы смазки двигателя	API CI-4	201963	27.5	л
2	Смазка пластичная для шарниров карданного вала	ТУ 38.301-40-25-94 Смазка № 158 М	202405	0.16	кг
3	Смазка пластичная для шлицов карданного вала рулевого управления (при наличии пресс-масленок)	ГОСТ 21150-87 Литол 24	200014	0.01	кг
4	Смазка пластичная для механизмов дисковой тормозной системы	II 14525, RENOLIT HLT2	—	0.02	кг
5	Смазка пластичная для механизма дисковой тормозной системы	II 32793, SYNTHESO GL EP1	—	0.032	кг
6	Смазка пластичная для датчика АБС и втулок тормозной системы	190693	—	0.01	кг
7	Смазка пластичная для клемм аккумуляторных батарей	ГОСТ 21150-87 Литол 24	200014	0.04	кг
Регламентные работы					
1	Масляный фильтр	5340.1012075-02	433121	1	шт.
2	Фильтр тонкой очистки топлива	536.1117075	468037	1	шт.
3	Фильтр предварительной очистки топлива	PL 270 или 5340.1105075-10	468039/ 467353	1	шт.
ППР					
1	Тормозные колодки передние и задние	0501 221 397	467763	2	комплект

В списках указаны названия деталей, их каталожные номера, складские номера и их количество, необходимое для проведения определенного ТО (по пробегу автобуса). Данные списки позволяют сократить время на подготовку технической службой предприятия запасных частей и эксплуатационных жидкостей при постановке автобуса на обслуживание.

3. Перераспределение затрат при применении ППР

Введение ППР изменяет долю затрат на проведение ТО и ремонта в сторону увеличения доли ТО. Это приводит к увеличению затрат на проведение ТО, однако в результате внедрения системы ППР появляется возможность более точного планирования ресурсов (как трудовых, так и финансовых), уменьшается вероятность отказов важных систем автобуса, влияющих на безопасность перевозок.

Был произведен расчет потребности в ЗЧ для автобусов ЛиАЗ-429260, ЛиАЗ-529265 и ЛиАЗ-621365. До введения системы ППР основные затраты приходились на текущий ремонт, что создавало определенные неудобства при планировании закупок ЗЧ на плановый период. После пересмотра норм расхода и внедрения системы ППР затраты сместились в сторону ТО и СО, данные издержки легче планировать, так как заранее известно, когда автобус будет проходить ТО-2, что позволяет обеспечить выполнение обслуживания в полном объеме. При этом снижаются затраты, так как при расчете затрат на ТР используются коэффициенты корректирования, зависящие от возраста подвижного состава [15], а при ППР они не используются. Графически распределение затрат по видам обслуживания до и после внедрения системы ППР представлено на рис. 3, 4.

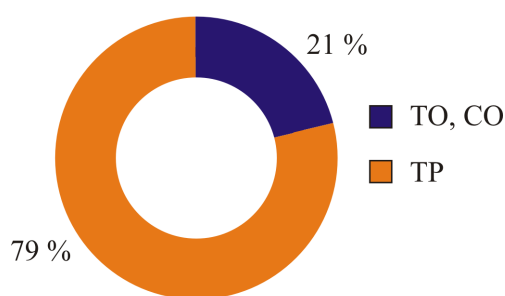


Рис. 3. Распределение затрат на ЗЧ по видам ТОиР автобусов ЛиАЗ-429260, ЛиАЗ-529265 и ЛиАЗ-621365 до введения ППР

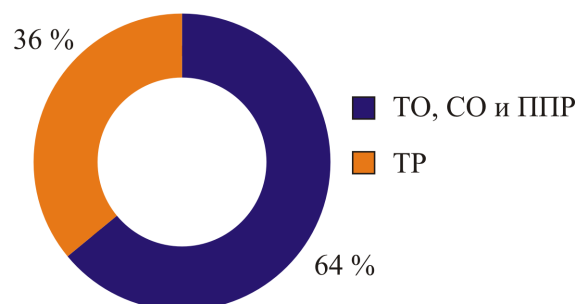


Рис. 4. Распределение затрат на ЗЧ по видам ТОиР автобусов ЛиАЗ-429260, ЛиАЗ-529265 и ЛиАЗ-621365 после введения ППР

Выводы

Для повышения безопасности и надежности перевозок, снижения затрат на эксплуатацию автобусов вводится планово-предупредительный ремонт.

Запасные части, оказывающие наибольшее влияние на безопасность и работоспособность, переведены из текущего ремонта в ТО-2. На них пересмотрены нормы расхода, и вводится использование номенклатурной тетради запасных частей.

Произведен расчет суммарных трудоемкостей выполнения ТО-2 с распределением по пробегам для удобства планирования графиков обслуживания подвижного состава предприятия. Суммарная трудоемкость выполнения одного ТО-2 не превышает 50 человеко-часов. Для повышения удобства проведения обслуживания и заказа материалов вводятся списки ЗЧ и ЭЖ для каждого ТО-2 по пробегам.

В результате введения ППР происходит перераспределение затрат по видам ремонта. На примере автобусов ЛиАЗ-429260, ЛиАЗ-529265 и ЛиАЗ-621365 доля ТО и СО увеличилась с 21 до 64 %.

Список литературы

1. Joint optimization of inspection and spare ordering policy with multi-level defect information / F. Zhao, X. Liu, R. Peng, J. Kang // Computers & Industrial Engineering. – 2020. – Vol. 139. – 106205.

2. Sequential imperfect preventive maintenance model with failure intensity reduction with an application to urban buses / Y. Zhou, G. Kou, H. Xiao, Y. Peng, F.E. Alsaadi // *Reliability Engineering & System Safety*. – 2020. – Vol. 198. – 106871.
3. Котовщук С.В. Использование планово-предупредительного агрегатного ремонта // *Мировая наука*. – 2019. – № 6. – С. 233–235.
4. Скоробогатый К.В. Разработка паспорта системы планово-предупредительного ремонта для автобусов Hyundai Univers в условиях Сибири // *Автотранспортное предприятие*. – 2015. – № 1. – С. 38–41.
5. On preventive maintenance policies: a selection framework / I. Alsayouf, S. Hamdan, M. Shamsuzzaman, S. Haridy, I. Alawaysheh // *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. – 2020.
6. Vintr Z., Holub R. Preventive maintenance optimization on the basis of operating data analysis // *In Annual Reliability and Maintainability Symposium*. – 2003. – P. 400–405.
7. Grida M., Zaid A., Kholief G. Optimization of preventive maintenance interval // *In 2017 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*. – P. 1–7.
8. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 2001.
9. Методика оценки оптимального запаса автомобильных запасных частей с умеренным спросом / А.В. Авласенко, А.В. Зубова, В.М. Терских, В.Н. Катаргин // *Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации*. – 2017. – 250–256.
10. Максимов В.А., Моложавцев О.В. Определение норм расхода запасных частей городскими автобусами (для целей планирования) // *Грузовик*. – 2014. – № 7. – С. 19–21.
11. Автобус ЛиАЗ-429260. Технология технического обслуживания / ООО «Ликинский автобусный завод». – Ликино-Дулево, 2016. – 210 с.
12. Автобус ЛиАЗ-529265. Технология технического обслуживания / ООО «Ликинский автобусный завод». – Ликино-Дулево, 2016. – 230 с.
13. Автобус ЛиАЗ-621365-79. Технология технического обслуживания / ООО «Ликинский автобусный завод». – Ликино-Дулево, 2018. – 253 с.
14. Adonyi R., Heckl I., Olti F. Scheduling of bus maintenance by the P-graph methodology // *Optimization and Engineering*. – 2013. – Vol. 14 (4). – P. 565–574.
15. Methods of determining the correction coefficients of specific norms of spare parts consumption depending on fleet age / V.A. Maksimov, A.A. Zavgorodniy, N.V. Pozhivilov, G.A. Krylov // *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2020. – Vol. 832, no. 1. – P. 012050.

References

1. Zhao, F., Liu, X., Peng, R., & Kang, J. Joint optimization of inspection and spare ordering policy with multi-level defect information. *Computers & Industrial Engineering*, 2020, p. 139, 106205.
2. Zhou, Y., Kou, G., Xiao, H., Peng, Y., & Alsaadi, F. E. Sequential imperfect preventive maintenance model with failure intensity reduction with an application to urban buses. *Reliability Engineering & System Safety*, 2020, p. 198, 106871.
3. Kотовshchuk, S. V. Ispol'zovanie planovo-predupreditel'nogo agregatnogo remonta [Use of planned preventive aggregate repair] *Mirovaia Nauka*, no. 6, 2020, pp.233-235.
4. Skorobogaty, K. V. 2015. Razrabotka pasporta sistemy planovo-predupreditel'nogo remonta dlia avtobusov Hyundai Univers v usloviakh Sibiri [Development of the passport of the planned preventive maintenance system for Hyundai Universe buses in Siberia] *Avtotransportnoe Predpriiatie*, no. 1, 2020, 38-41.
5. Alsayouf, I., Hamdan, S., Shamsuzzaman, M., Haridy, S., & Alawaysheh, I. On preventive maintenance policies: a selection framework. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2020.
6. Vintr, Z., & Holub, R. Preventive maintenance optimization on the basis of operating data analysis. In *Annual Reliability and Maintainability Symposium*, 2003, pp. 400-405. IEEE
7. Grida, M., Zaid, A., & Kholief, G. Optimization of preventive maintenance interval. I *Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*, 2020, pp. 1-7. IEEE.
8. Kuznetsov E.S. [et al.]. Tekhnicheskaiia ekspluatatsiia avtomobilei [Technical exploitation of automobiles]. Moscow, Nauka, 2001, 535 p.
9. Avlasenko, A. V., Zubova, A. V., Terskikh, V. M., & Katargin, V. N. Metodika otsenki optimal'nogo zapasa avtomobil'nykh zapasnykh chastei s umerennym sprosom [Methodology for assessing the optimal stock of automobile spare parts with moderate demand] *Bezopasnost' Kolesnykh Transportnykh Sredstv v Usloviakh Ekspluatatsii*, 2017, pp. 250-256.

10. Maksimov, V. A., & Molozhantsev, O. V. Opredelenie norm raskhoda zapasnykh chastei gorodskimi avtobusami (dlia tselei planirovaniia) [Determination of the consumption rates of spare parts by city buses (for planning purposes)] *Gruzovik*, no. 7, 2014, pp. 19-21.
11. Avtobus LiAZ-429260. Tekhnologiya tekhnicheskogo obsluzhivaniia [Maintenance technology] ООО «Likinskii avtobusnyi zavod», Likino-Dulevo, 2016, 210 p.
12. Avtobus LiAZ-529265. Tekhnologiya tekhnicheskogo obsluzhivaniia [Maintenance technology] ООО «Likinskii avtobusnyi zavod», Likino-Dulevo. 2016, 230 p.
13. Avtobus LiAZ-621365-79. Tekhnologiya tekhnicheskogo obsluzhivaniia [Maintenance technology] ООО «Likinskii avtobusnyi zavod», Likino-Dulevo. 2018, 253 p.
14. Adonyi, R., Heckl, I., & Olti, F. Scheduling of bus maintenance by the P-graph methodology. *Optimization and Engineering*, 2013, no. 14(4), pp. 565-574.
15. Maksimov, V. A., Zavgorodnyi, A. A., Pozhivilov, N. V., & Krylov, G. A. Methods of determining the correction coefficients of specific norms of spare parts consumption depending on fleet age. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, vol. 832, no. 1, p. 012050. IOP Publishing.

Получено 11.01.2021

Об авторах

Шипов Никита Васильевич (Москва, Россия) – студент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (125319, г. Москва, Ленинградский пр., 64, e-mail: nshipov@gmail.com).

Максимов Виктор Александрович (Москва, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (125319, г. Москва, Ленинградский пр., 64, e-mail: vamaximov57@mail.ru).

Поживил Никита Васильевич (Москва, Россия) – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (125319, г. Москва, Ленинградский пр., 64, e-mail: nikita.pozhivilov@madi.ru).

About the authors

Nikita V. Shipov (Moscow, Russian Federation) – Student, Moscow State Automobile and Road Technical University (64, Leningradskii av., Moscow, 125319, Russian Federation, e-mail: nshipov@gmail.com).

Viktor A. Maksimov (Moscow, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State Automobile and Road Technical University (64, Leningradskii av., Moscow, 125319, Russian Federation, e-mail: vamaximov57@mail.ru).

Nikita V. Pozhivilov (Moscow, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Senior Lecturer, Moscow State Automobile and Road Technical University (64, Leningradskii av., Moscow, 125319, Russian Federation, e-mail: nikita.pozhivilov@madi.ru).