

С.В. Булатов

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТА

Определяется оптимальный ресурс деталей при техническом обслуживании и ремонте на основе мониторинга транспорта, факторы, влияющие на работу производственно-технического отдела, экономически обосновывается целесообразность проведенной работы, определяется по графикам коэффициент стоимости запасных частей на предприятии автомобильного транспорта.

Одной из главных задач, стоящей перед руководством предприятия автомобильного транспорта, является оптимизация организации по замене неисправных элементов (деталей, узлов и агрегатов) с целью уменьшения простоев автотранспортных средств в ремонте, своевременной, комфортной и, самое главное, безопасной доставке пассажиров и, соответственно, дальнейшего получения прибыли.

Существует множество вариантов организации замены неисправных элементов при ремонте автотранспортных средств: замена только отказавшей детали; плановая замена групп деталей (узлов, агрегатов) до момента наступления отказа; совместная замена (имеет достоинства первого и второго вариантов).

Объектом исследования было выбрано крупнейшее автотранспортное предприятие г. Оренбурга с парком 300 единиц, 112 из которых принадлежит марке ПАЗ, самой популярной марке городских автобусов на территории Российской Федерации. Поскольку конструкция большинства элементов (деталей, узлов и агрегатов) аналогична для разных марок, моделей, то проведение как теоретических, так и экспериментальных исследований несколько упрощается. Проведены исследования на примере воздушных фильтров, а также пары «ролик – ремень».

Замена при ремонте не группы деталей, а только одной, особенно когда это касается многократных замен, может привести к очень серьезным последствиям в виде дорожно-транспортного происшествия, не запланированных службой материально-технического обеспечения затрат на приобретение запасных частей, а также увеличения продолжительности простоя автотранспортных средств в ремонте.

Экономический эффект на практике составил 440 тыс. руб. за год на исследуемый парк автотранспортных средств. Приведенные в работе исследования будут совершенствоваться, что позволит определить оптимального по цене и качеству поставщика запасных частей, необходимость повышения квалификации ремонтных рабочих и водителей АТС, а также минимизировать влияние и последствия других факторов.

Ключевые слова: предприятие автомобильного транспорта, автотранспортное средство, отказ, запасные части, техническое обслуживание, ремонт.

S.V. Bulatov

Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

DETERMINATION OF THE OPTIMAL SERVICE LIFE OF PARTS DURING MAINTENANCE AND REPAIR BASED ON TRANSPORT MONITORING

In the article the optimal resource of parts during maintenance and repair on the basis of transport monitoring and factors affecting the work of the production and technical department are determined, the expediency of the work carried out is economically justified, the coefficient of the cost of spare parts at a motor transport enterprise is determined by schedules.

One of the main tasks of the directorate of a motor transport enterprise is to optimize the organization for the replacement of faulty elements (parts, assemblies and aggregates) in order to reduce downtime of vehicles in repair, ensure timely, comfortable and, most importantly, safe delivery of passengers and, accordingly, the receipt of further profit.

There are many options for organizing the replacement of faulty elements during the repair of motor vehicles: replacement of only the failed part; planned replacement of groups of parts (assemblies, aggregates) until the moment of failure; joint replacement (has the advantages of the first and second options).

The object of the study was the largest motor transport company of the city of Orenburg with a fleet of 300 units, 112 of which belong to the PAZ brand, the most popular brand of city buses in the territory of the Russian Federation. Since the design of most elements (parts, assemblies and aggregates) is similar for different brands and models, the conduct of both theoretical and experimental studies is somewhat simplified. Studies have been conducted on the example of air filters, as well as of "roller-belt" pair.

Replacement of only one part and not a group of parts during repair, especially when it concerns multiple replacements, can lead to very serious consequences in the form of a traffic accident, unplanned costs for the purchase of spare parts by the logistics support service, as well as an increase in the downtime of vehicles in repair.

The economic effect in practice amounted to 440 thousand rubles per year for the studied fleet of vehicles. The research presented in the work will be continued, which will allow determining the optimal supplier of spare parts in terms of price and quality and the need to improve the skills of repair workers and PBX drivers, as well as minimizing the impact and consequences of other factors.

Keywords: automobile transport company, motor vehicle, failure, spare parts, maintenance, repair.

Введение

От эффективности работы системы технического обслуживания (ТО) и ремонта зависят как эксплуатационные, так и экономические показатели предприятий автомобильного транспорта (ПАТ) [1–6]. В связи с этим система ТО и ремонта должна постоянно совершенствоваться, поскольку ситуация в автотранспортной отрасли стремительно видоизменяется. Это касается и усложнения конструкции автотранспортных средств (АТС), и модернизации оборудования для ремонта АТС, и расширения рынка запасных частей. Также одной из главных задач, стоящей перед руководством ПАТ, является оптимизация организации по замене неисправных элементов (деталей, узлов и агрегатов) с целью уменьшения простоев АТС в ремонте, своевременной, комфортной и, самое главное, безопасной доставке пассажиров и, соответственно, дальнейшего получения прибыли.

Анализ ранее выполненных исследований по данной теме [7; 8], а также существующая практика показывают, что организация замены неисправных элементов АТС зависит не только от быстрого демонтажа элементов, числа и типа используемого оборудования, квалифицированного персонала, но и от самой стратегии замены элементов при ремонте.

Теоретические исследования

Существует множество вариантов организации замены неисправных элементов при ремонте автотранспортных средств на ПАТ, которые обладают определенными достоинствами и недостатками. Приведём часто используемые на предприятиях автомобильного транспорта варианты:

- замена только отказавшей детали (ресурс каждой детали используется полностью, но существенным недостатком является необходимость диагностирования, постоянных разборок, что приводит к увеличению продолжительности простоев АТС в ремонте. Такой вариант наиболее оптимален для станций технического обслуживания (СТО);

- плановая замена групп деталей (узлов, агрегатов) до момента наступления отказа (обеспечивается высокая безотказность, но ресурс некоторых деталей остаётся недоиспользован, поэтому с целью экономии средств на ПАТ такой вариант не рассматривается);

- совместная замена (совокупность двух первых вариантов), назначаемая техническими условиями на ремонт группы деталей при отказе одной детали группы.

Основная часть автотранспортных средств эксплуатируется по одним и тем же маршрутам независимо от времени года, следовательно, наработку, интенсивность и условия эксплуатации можно принять за одинаковые, но с учетом непредвиденных факторов (дорожно-транспортное происшествие, попадание в партию бракованных запасных частей, неудовлетворительное качество ремонта) поток отказов элементов АТС будет представлять собой вероятностный характер [9–13].

С учётом вышесказанного необходимо, чтобы предприятие максимально требовательно, своевременно и рационально подходило к контролю и анализу работы отдела по снабжению ПАТ запасными частями (Y_1), по эксплуатации АТС (Y_2), по ТО и ремонту (Y_3) и уделяло особое внимание к факторам, которые, на первый взгляд, имеют минимальное влияние на показатели работы предприятия в целом (Y_4). Данные факторы представляют зависимость:

$$Y = f(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4). \quad (1)$$

Это позволит менеджеру производственно-технического отдела (ПТО) более качественно подходить к выбору поставщика запасных частей по следующим критериям: время доставки, соотношение «цена – качество», наличие гарантий со стороны поставщика (рис. 1).

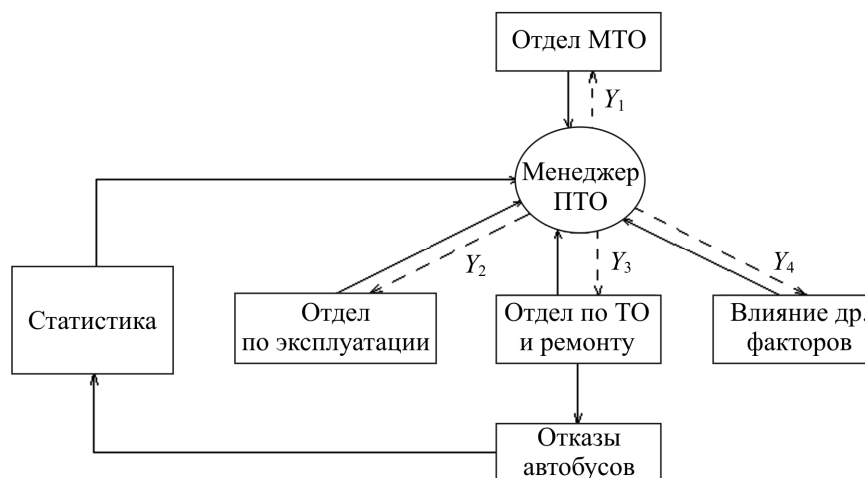


Рис. 1. Структура изучаемой системы

Отдел по снабжению запасными частями интересуется как стоимость приобретаемых запасных частей [14], так и их качество, обеспечивающее наработку до отказа:

$$Y_1 = k_C \cdot k_K, \quad (2)$$

где k_C – коэффициент использования стоимости запасных частей, $C \rightarrow \min$; k_K – коэффициент (показатель) качества запасных частей ($K = 0 \div 1$).

Необходимо, чтобы замена неисправных элементов на автотранспортных средствах для экономии материальных и финансовых ресурсов, а также экономии времени совпадала с периодичностью технического обслуживания. В противном случае необходимо применять групповую замену деталей автотранспортных средств.

Коэффициент использования стоимости запасных частей определяется следующим образом:

$$k_C = \frac{L_O}{L_{ТО}} \rightarrow 1 \pm 0,05, \quad (3)$$

где L_O – пробег до отказа (фактический), км; $L_{ТО}$ – пробег до ТО, км.

Для оценки эффективности совместной замены деталей при ремонте применяется коэффициент использования ресурса детали k_R и коэффициент использования стоимости группы деталей k_C .

Коэффициент использования ресурса детали [7]:

$$k_R = m_{xo} / m_{xt}, \quad (4)$$

где m_{xo} – математическое ожидание ресурса группы совместно заменяемых деталей; m_{xt} – математическое ожидание ресурса детали при ее работе до отказа.

Все детали, которые входят в группу для совместной замены, должны иметь близкие к равным ресурсы, но это не означает, что их стоимости равны, следовательно, это учитывается в коэффициенте использования стоимости:

$$k_C = (\sum C_i \cdot k_R) / \sum C_i, \quad (5)$$

где C_i – стоимость детали, входящей в группу.

Экспериментальные исследования

Экспериментальные исследования проводились на одном из крупнейших предприятий автомобильного транспорта г. Оренбурга. Объектом исследований был парк АТС в количестве 300 единиц. Анализируя полученные менеджером ПТО данные с учётом руководства по эксплуатации [15], строим зависимость коэффициента использования стоимости запасных частей от закупочной цены на примере воздушных фильтров (рис. 2).

Оптимальный пробег, при котором необходима замена воздушного фильтра, равняется $14,3 \div 15,7$ тыс. км при стоимости, равной 230 руб.

Также провели плановую совместную замену на примере ремня компрессора и ролика. Ресурсы ремня и ролика отличаются немного (80 и 100 тыс. км соответственно), поэтому рекомендуется проводить их совместную замену. Затраты от недоиспользования ресурса роликов будут меньше затрат на замену ремня и ролика по отдельности на 12 %. Построим зависимость коэффициента стоимости запасных частей от закупочной цены ремня и ролика (рис. 3).

Оптимальный пробег, при котором будет проводиться замена ремня и ролика, равняется $70 \div 75$ тыс. км при стоимости, равной 490 и 560 руб. соответственно.

В таблице приведены результаты, полученные в ходе экспериментальных исследований.

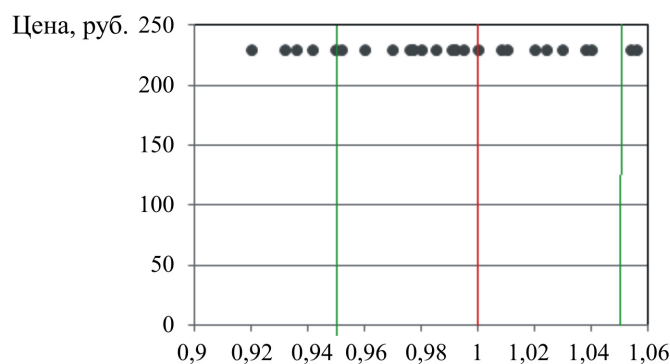


Рис. 2. Зависимость коэффициента стоимости запасных частей от закупочной цены воздушных фильтров

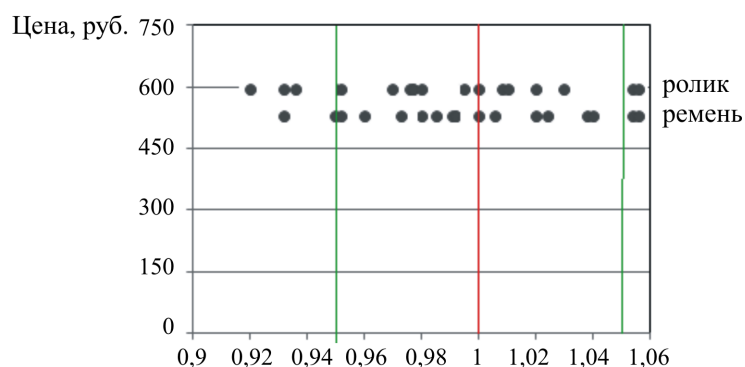


Рис. 3. Зависимость коэффициента стоимости запасных частей от закупочной цены ремня и ролика

Результаты экспериментальных исследований

| Период | k_R | k_C | Экономия, % |
|--------------|-------|-------|---------------|
| I квартал | 0,92 | 1,2 | 18 |
| II квартал | 0,89 | 1,1 | 16 |
| III квартал | 0,91 | 1,1 | 15 |
| IV квартал | 0,88 | 1,3 | 20 |
| ИТОГО за год | | | 440 тыс. руб. |

Выводы

Замена при ремонте не группы деталей, а только одной, особенно когда это касается многократных замен, может привести к очень серьезным последствиям в виде дорожно-транспортного происшествия, незапланированных службой материально-технического обеспечения затрат на покупку необходимых запасных частей, а также увеличения продолжительности простоя автотранспортных средств в ремонте.

Экономический эффект на практике составил 440 тыс. руб. за год на парк автотранспортных средств. Приведенные в работе исследования будут совершенствоваться, что позволит определить оптимального по цене и качеству поставщика запасных частей, необходимость повышения квалификации ремонтных рабочих и водителей АТС, а также минимизировать влияние и последствия других факторов.

Список литературы

1. Bulatov S.V. The study of maintenance frequency during the warranty period of operation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 378.
2. Воронова Е. Гарантия качества // Правильный автосервис. – 2012. – № 3. – С. 22–24.
3. Факторы, влияющие на продолжительность простоя транспортно-технологических машин в текущем ремонте / Н.С. Захаров, С.А. Савин, М.М. Иванкив, А.А. Лушников // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 4. – С. 82–84.
4. Лянденбургский В.В. Формирование рациональной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей // Ponte Academic Journal. – 2017. – Vol. 73.
5. Бурба В.В., Иовлев Г.А. Организация обслуживания легковых автомобилей за рубежом // Молодежь и наука. – 2018. – № 3. – С. 76.
6. Мальцев Д.В., Репецкий Д.С. О качестве выполнения работ технического обслуживания автомобилей // Грузовик. – 2021. – № 10. – С. 25–29.
7. Булатов С.В. Стратегия организации комплексной замены деталей при ремонте узлов и агрегатов автобусов на пассажирском автотранспортном предприятии // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 12. – С. 34–38.
8. Макарова А.Н. Уточнение периодичности технического обслуживания автомобилей в эксплуатации // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 1. – С. 117–120.
9. Аленичев А.А. Общий анализ надежности автомобильных трансмиссий // Молодой ученый. – 2017. – № 20. – С. 3–5.
10. Зубрицкас И.И. Анализ отказов и неисправностей автобусов ЛИАЗ // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 24–27.
11. Ионов В.В. Исследование эксплуатационной надежности агрегатов трансмиссии автомобилей КамАЗ // Вестник СВГУ. – 2013. – № 20. – С. 57–61.
12. Новиков А.Н., Бодров А.С., Ломакин Д.О. Выбор факторов, определяющих качество автосервисных услуг программно-целевым методом // Бюллетень транспортной информации. – 2009. – № 8. – С. 36–40.
13. Прогнозирование остаточного ресурса узлов и агрегатов грузовых автомобилей в среде электронной таблицы / А.Г. Федоров [и др.] // Сибирский Вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 3. – С. 90–96.
14. Максимов В.А., Моложавцев О.В. Построение и анализ однофакторных математических моделей расхода запасных частей городскими автобусами в эксплуатации // Вестник МАДИ. – 2009. – № 2. – С. 7–11.
15. Руководство по эксплуатации. Автобусы ПА3-32053. Шестое издание. – Павлово: ООО «Павловский автобусный завод», 2007. – 105 с.

References

1. Bulatov, S.V. Issledovanie periodichnosti tehničeskogo obsluzhivaniya v garantiynyi period ekspluatatsii [The study of maintenance frequency during the warranty period of operation]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, vol. 378.

2. Voronova, E. Garantiya kachestva [Quality assurance]. *The right car service*, 2012, no. 3, pp. 22-24.
3. Zaharov N.S., Savin S.A., Ivankiv M.M., Lushnikov A.A. Faktory vliyayushchie na prodolzhitel'nost' prostoya transportno-technologicheskikh mashin v tekuschem remonte [Factors affecting the duration of downtime of transport and technological machines in the current repair]. *Oil industry*, 2014, no. 4, pp. 82-84.
4. Lyandenburgskiy, V.V. Formirovanie racional'noy sistemy technicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley [Formation of a rational system of car maintenance and repair]. *Ponte Academic Journal*, 2017, vol. 73.
5. Burba, V. V., Iovlev G.A. Organizaciya obsluzhivaniya legkovykh avtomobilei za rubezhom [Organization of passenger car service abroad]. *Youth and science*, 2018, no. 3, pp. 76.
6. Mal'cev D.V., Repeckiy D.V. O kachestve vypolneniya rabot tehniceskogo obsluzhivaniya avtomobiley [About the quality of car maintenance work]. *Truck*, 2021, no. 10, pp. 25-29.
7. Bulatov, S.V. Strategiya organizacii kompleksnoy zameny detaley pri remonte uzlov i agregatov avtobusov na passazhirskom avtotransportnom predpriyatii [The strategy of organizing a comprehensive replacement of parts during the repair of components and assemblies of buses at a passenger transport company]. *Motor transport company*, 2016, no. 12, pp. 34-38.
8. Makarova, A.N. Utochnenie periodichnosti tehniceskogo obsluzhivaniya avtomobiley v ekspluatacii [Clarification of the frequency of maintenance of cars in operation]. *Scientific and Technical Bulletin of the Volga region*, 2013, no. 1, pp. 117-120.
9. Alenichev, A.A. Obschiy analiz nadezhnosti avtomobilnykh transmissiy [General analysis of reliability of automobile transmissions]. *Young scientist*, 2017, no. 20, pp. 3-5.
10. Zubritskas, I.I. Analiz otkazov i neispravnostei avtobusov LIAZ [Analysis of failures and malfunctions of LIAZ buses]. *Modern problems of science and education*, 2014, no. 5, pp. 24-27.
11. Ionov, V.V. Issledovanie ekspluatacionnoi nadezhnosti agregatov transmissii avtomobiley KamAZ [Research of operational reliability of transmission units of KAMAZ cars]. *Vestnik SVSU*, 2013, no. 20, pp. 57-61.
12. Novikov, A. N., Bodrov, A. S., Lomakin, D.O. Vybora faktorov opredelyayuschih kachestvo avtoservisnykh uslug programmno-celevym metodom [Selection of factors determining the quality of car services by the program-target method]. *Transport information bulletin*, 2009, no. 8, pp. 36-40.
13. Fedorov, A.G. Prognozirovaniye ostatochnogo resursa uzlov i agregatov gruzovykh avtomobiley v srede elektronnoy tablicy [Forecasting the residual resource of truck components and assemblies in a spreadsheet environment]. *Vestnik SBAS*, 2016, no. 3, pp. 90-96.
14. Maksimov, V. A., Molozhvtsev, O.V. Postroenie i analiz odnofaktornykh matematicheskikh modeley rashoda zapasnykh chastei gorodskimi avtobusami v ekspluatacii [Construction and analysis of one-factor mathematical models of spare parts consumption by city buses in operation]. *Vestnik MADI*, 2009, no. 2, pp. 7-11.
15. Operation manual. Buses PAZ-32053 [Rukovodstvo po ekspluatacii. PAZ-32053]. Pavlovo, OOO «Pavlovsky bus factory», 2007, no. 6, 105 p.

Об авторе

Булатов Сергей Владимирович (Оренбург, Россия) – заведующий лабораторией кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей», Оренбургский государственный университет (Россия, 460008, г. Оренбург, проспект Победы, 149, e-mail: bul.sergey2015@yandex.ru).

About the author

Sergey V. Bulatov (Orenburg, Russian Federation) – Head of the laboratory of the department "Technical operation and repair of cars", Orenburg State University (149, Pobedy ave., Orenburg, 460008, Russian Federation, e-mail: bul.sergey2015@yandex.ru).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 09.01.2022

Одобрена: 28.01.2022

Принята к публикации: 01.03.2022

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Булатов, С.В. Определение оптимального ресурса деталей при техническом обслуживании и ремонте на основе мониторинга транспорта / С.В. Булатов // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2022. – № 1. – С. 12–17. DOI: 10.15593/24111678/2022.01.02

Please cite this article in English as: Bulatov S.V. Determination of the optimal service life of parts during maintenance and repair based on transport monitoring. *Transport. Transport facilities. Ecology*, 2022, no. 1, pp. 12-17. DOI: 10.15593/24111678/2022.01.02