

С.В. Булатов

Оренбургский государственный университет (ОГУ), Оренбург, Россия

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ МЕТОДОМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

Оценивается эксплуатационная надежность подвижного состава в условиях автотранспортных предприятий, экономически обосновывается по удельным затратам пробег подвижного состава и его эксплуатация по временному периоду, дни замены дорогостоящих узлов, агрегатов, а также по графикам определяется рентабельность эксплуатации автобусов и прогнозируется потребность автотранспортных предприятий в запасных частях.

Объектом исследования было выбрано автотранспортное предприятие г. Оренбурга с подвижным составом более 300 единиц, 112 из которых принадлежит марке ПАЗ, самой популярной марке городских автобусов на территории Российской Федерации. Поскольку конструкция большинства деталей, узлов и агрегатов аналогична для разных марок, моделей, то проведение исследований и дальнейшее прогнозирование потребности несколько упрощается. Независимо от марки, модели автобуса, наиболее часто выходящими из строя являются детали двигателя, подвески, трансмиссии и тормозных механизмов, поскольку автобусы эксплуатируются в городском режиме, где условия эксплуатации относятся к наиболее жестким, а именно: постоянные изменения скорости и направлений движения с полной загруженностью подвижного состава, длительное пребывание в заторах, особенно в летний период, также важную роль играет качество дорожного полотна, технического обслуживания и ремонта, приобретаемых запасных частей, квалификация водителей.

Зачастую возникает такая ситуация, что необходимой в данный момент запасной части на складах автотранспортного предприятия не имеется, что приводит к простоям и, соответственно, значительным убыткам. Поэтому своевременное обеспечение складов необходимыми качественными запасными частями является одной из главных задач отдела материально-технического обеспечения. Внезапные отказы прогнозировать достаточно сложно. Следовательно, при дальнейших исследованиях и расчетах это должно учитываться. При планировании потребности в запасных частях необходимо получать данные по их расходу в отдельности по конкретной марке, модели подвижного состава.

По удельным затратам возможно экономически обосновать период замены дорогостоящих узлов, агрегатов, например двигателя, коробки передач, заднего моста с дифференциалом и т.д. Когда наступает момент замены нескольких дорогостоящих агрегатов на автотранспортном предприятии одновременно, то возникает вопрос целесообразности дальнейшей эксплуатации подвижного состава.

Ключевые слова: отказ, подвижной состав, запасные части, потребность, метод прогнозирования, автотранспортное предприятие, узел, агрегат, эффективность, затраты.

S.V. Bulatov

Orenburg State University (OSU), Orenburg, Russian Federation

**DETERMINATION OF THE NEED OF MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES
IN SPARE PARTS BY FORECASTING METHOD**

The article evaluates the operational reliability of rolling stock in the conditions of motor transport enterprises, the rolling stock mileage, its operation by time (age) and the days of replacement of expensive components, aggregates are economically justified by specific costs, the profitability of bus operation is determined by schedules and the need for spare parts is predicted for motor transport enterprises.

The object of the study was a motor transport company of Orenburg with a rolling stock of more than 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 parts, assemblies and aggregates is similar for different brands, models, then conducting research and further forecasting needs is somewhat simplified. Regardless of the brand, model of the bus, the most frequently failing parts are the engine, suspension, transmission and braking mechanisms, since buses are operated in urban mode, where the operating conditions are the most severe. These are constant changes in the speed and direction of movement with a full load of rolling stock, a long stay in traffic jams, especially in the summer, also the quality of the roadway, the quality of maintenance and repair, the quality of purchased spare parts, the qualification of drivers plays a significant role.

Often there is a situation that the spare part needed at the moment is not available in the warehouses of the motor transport enterprise, which leads to downtime and, accordingly, significant losses. Therefore, timely provision of motor transport enterprise

warehouses with the necessary high-quality spare parts is one of the main tasks of the logistics department. It is quite difficult to predict sudden failures. Therefore, this should be taken into account in further research and calculations. When planning the need for spare parts, it is necessary to obtain data on their consumption separately for a specific brand, model of rolling stock.

In terms of unit costs, it is possible to economically justify the period of replacement of expensive units, assemblies, for example, an engine, a gearbox, a rear axle with a differential, etc. When the moment comes to replace several expensive units at a motor transport enterprise at the same time, the question arises of the expediency of further operation of the rolling stock.

Keywords: failure, rolling stock, spare parts, need, forecasting method, motor transport enterprise, unit, assembly, efficiency, costs.

Введение

Эффективность и надежность функционирования подвижного состава автотранспортных предприятий (АТП) в значительной мере зависит от его снабжения как материальными, так и финансовыми ресурсами.

Материальными ресурсами любого АТП будут являться: запасные части; автомобильное топливо, смазочные и прочие эксплуатационные материалы; автомобильные шины; аккумуляторные батареи; лакокрасочные материалы и т.д. [1, 2].

Материальные ресурсы являются важным звеном в материально-техническом обеспечении (МТО) автотранспортных предприятий. С позиции МТО материальные ресурсы – это материальный поток с нулевой скоростью физического перемещения. Положительное значение величины запасов основано на том, что с её ростом возрастает надежность функционирования парка АТП из-за отсутствия простоев подвижного состава в техническом обслуживании (ТО) и ремонте, т.е. обеспечивается бесперебойное снабжение запасными частями на случай внезапных отказов. Но величина запасов обладает и отрицательным свойством, приводящим к увеличению затрат на хранение запасных частей. Исходя из этого, возникают проблемы оптимизации запасов, т.е. определение такого уровня запасов, при котором общие издержки при управлении запасами будут минимальными или стремиться к нулю.

Анализ ранее выполненных исследований по данной теме, а также существующая практика показывает, что для прогнозирования оптимальных запасов достаточно только наличия показателей прошлых периодов (месяц, год). При этом объем планирования перевозочного процесса учитывать не обязательно [3–5].

1. Анализ данных АТП

Расход материальных ресурсов функционально зависит от общего пробега подвижного состава. Учитывая этот фактор, было проведено распределение численности парка АТП г. Оренбурга по пробегу с начала эксплуатации (L , тыс. км), представленное на рис. 1.

Основные показатели функционирования подвижного состава (средний коэффициент выпуска, среднесуточное время работы, среднегодовой пробег) на данном АТП за 5-летний период сведены в табл. 1.

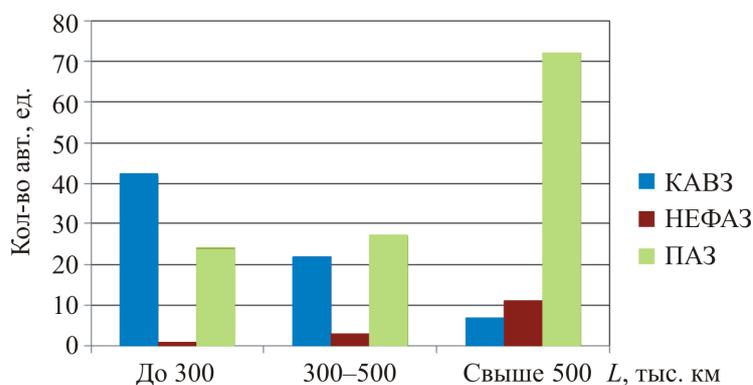


Рис. 1. Распределение численности парка АТП по пробегу с начала эксплуатации (по состоянию на 01.01.2021 г.)

Таблица 1

Основные показатели функционирования подвижного состава на АТП

Год	Среднесписочное число парка, ед.	Средний коэфф. выпуска парка	Среднесут. время работы одного автобуса, ч	Среднегод. пробег одного автобуса, тыс. км
2016	316	0,689	11,8	52,1
2017	298	0,692	11,9	53,6
2018	294	0,702	12,0	53,3
2019	293	0,695	11,9	54,2
2020	298	0,687	12,0	57,1

Как показывают данные табл. 1, динамика изменения количества подвижного состава АТП остается практически неизменной (около 300 единиц), но среднегодовой пробег одного автобуса линейно возрастает, как и нагрузка, приходящаяся на элементы автобуса. Соответственно, вероятность возникновения неисправностей подвижного состава также возрастет, что потребует увеличения номенклатуры запасных частей.

Для определения потребности в запасных частях в условиях автотранспортных предприятий необходимо наличие информации о надежности подвижного состава и его элементов, интенсивности эксплуатации и возрастной структуры подвижного состава.

Независимо от марки автобуса, наиболее часто выходящими из строя являются детали двигателя, трансмиссии и тормозных механизмов, поскольку автобусы эксплуатируются в городском режиме, где условия эксплуатации относятся к наиболее жестким (частая смена скорости и направления).

Внезапные отказы, в отличие от постепенных, прогнозировать достаточно сложно. Поэтому расчет фактической потребности в запасных частях в условиях автотранспортных предприятий должен обязательно учитывать этот важный фактор.

При планировании потребности в запасных частях необходимо получать данные по их расходу в отдельности по конкретной марке подвижного состава, с учетом вышеперечисленных особенностей.

2. Экспериментальные исследования

Для определения суммарных затрат, необходимых на поддержание элементов автобусов марки ПАЗ в работоспособном состоянии, воспользуемся параметрами закономерности изменения суммарных затрат в процессе эксплуатации автобусов. Удельные затраты автобусов ПАЗ представлены в табл. 2.

Таблица 2

Удельные затраты автобусов ПАЗ

№ п/п	Элементы автобуса	Удел. затраты, руб/1000 км	Удел. затраты, %
1	Двигатели	47,86	44,3
2	Трансмиссия	37,04	32,0
3	Рулевое управление	10,59	6,3
4	Тормозная система	14,12	7,5
5	Электрооборудование	9,09	5,8
6	Кузов	4,54	4,1
	Итого		100

Удельные затраты, приходящиеся на двигатели и его составляющие, занимают большую часть всех затрат (44,3 %).

Проведение экспериментальных исследований и дальнейший анализ полученных данных позволяют распределить удельные затраты по элементам подвижного состава. Наибольшая до-

ля удельных затрат при прогнозировании приходится на приобретение запасных частей для подвижного состава. Одной из главных задач является планирование оптимального количества запасных частей и эффективное обеспечение ими парка АТП при любых обстоятельствах, во избежание задержек с выходом на линию, а также дальнейших финансовых потерь. Решение данной проблемы приведет к экономии как материальных, так и финансовых ресурсов, увеличению коэффициента технической готовности и снижению себестоимости перевозок.

Для проведения экспериментальных исследований по расходу запасных частей применялся метод сбора и анализа данных в условиях эксплуатации подвижного состава. Объект исследования – автобусы марки ПАЗ-3205, 2012 г. выпуска, количество 112 единиц. Срок эксплуатации данных автобусов составляет 8 лет со средним годовым пробегом – 52 000 км. Данные по расходу запасных частей (интенсивности отказов) необходимы для алгоритма [6–11].

Расчет надёжности дорогостоящих, а самое главное – влияющих на безопасность перевозок элементов автобусов, таких как двигатели, трансмиссия, рулевое управление, тормозная система, подвеска, является наиболее эффективным и отражает закономерности формирования отказов в процессе работы подвижного состава.

На рис. 2 показаны зависимости вероятности наступления отказа элементов подвижного состава от количества неисправностей элементов 112 автобусов ПАЗ.

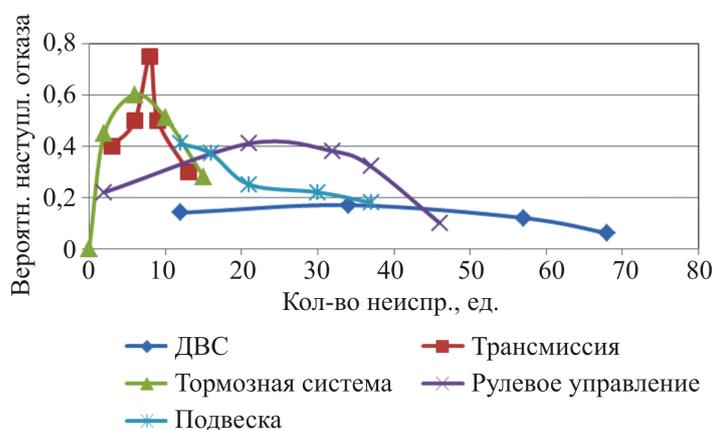


Рис. 2. Зависимости вероятности наступления отказа элементов автобусов

Деформация прокладок в ДВС, коробке передач, дифференциале соответствует нормальному распределению под воздействием тепловых, механических и других влияний. Элементы подвески соответствуют логарифмически нормальному распределению. Поскольку, ввиду своего конструктивного расположения на них прямо воздействуют осадки, камни, различные дефекты дорожного полотна, они чаще других подвержены коррозии, усталостным разрушениям.

Выводы

Данный график позволяет оценить плотность вероятности наступления отказов таких элементов подвижного состава, как гидроусилитель руля (ГУР), амортизаторы, тормозные цилиндры и т.д. Это позволяет дать оценку надежности конкретного автобуса и его отдельных элементов, а также выявить элементы, наиболее подверженные отказам в условиях эксплуатации, что необходимо при планировании (прогнозировании потребности) материально-технического обеспечения автотранспортного предприятия, т.е. своевременные заказы необходимых запасных частей значительно сократят простои в ремонте и обслуживании, обеспечат бесперебойный транспортный процесс, соответственно, значительно минимизируется себестоимость перевозочного процесса.

Список литературы

1. Катаргин В.Н., Терских В.М. Оценка спроса на автомобильные запасные части на основе модели смеси вероятностных распределений // Вестник ИГТУ. – 2014. – № 4. – С. 110–114.

2. Булатов С.В. Анализ современного состояния и проблем пассажирского автомобильного транспорта // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 1. – С. 29–32.
3. Аленичев А.А. Общий анализ надежности автомобильных трансмиссий // Молодой ученый. – 2017. – № 20. – С. 3–5.
4. Баннов И.В., Головин С.Ф. Простые модели анализа уровня сервиса при обеспечении запасными частями // Вестник МАДИ. – 2011. – № 4. – С. 29–34.
5. Горяева Е.Н., Горяева И.А. Зависимость затрат на запасные части от возраста подвижного состава автомобильного транспорта // Вестник ЮУрГУ. – 2012. – № 44. – С. 185–186.
6. Захаров Н.С. Целевая функция при управлении снабжением запасными частями для транспортно-технологических машин в нефтегазодобыче // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 4. – С. 108–110.
7. Зубрицкас И.И. Анализ отказов и неисправностей автобусов ЛИАЗ // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 24–27.
8. Семейкин В.А. Входной контроль качества продукции машиностроения // Сельский механизатор. – 2013. – № 11. – С. 22–23.
9. Ионов В.В. Исследование эксплуатационной надежности агрегатов трансмиссии автомобилей КамАЗ // Вестник СВГУ. – 2013. – № 20. – С. 57–61.
10. Макарова А.Н. Уточнение периодичности технического обслуживания автомобилей в эксплуатации // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 1. – С. 117–120.
11. 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.
12. Мальшаков А.В. Влияние сезонных условий на надежность пневмоподвески автобусов большого класса // Транспортные и транспортно-технологические системы. – Тюмень: ТюмНГТУ, 2014. – С. 164–167.
13. Таранов А.В. Управление запасами на машиностроительных предприятиях в условиях широкой номенклатуры используемых ресурсов // Вестник БГТУ. – 2011. – № 4. – С. 188–202.
14. Bulatov S.V. Expense management of transmission spare parts taking into account their quality for rolling stock // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 1118.

References

1. Katargin, V. N., Terskikh, V.M. Ocenka sprosa na avtomobilnye zapasnye chasti na osnove modeli smesi veroyatnostnyh raspredeleniy. [Assessment of demand for automotive spare parts based on the model of a mixture of probability distributions]. *Vestnik IGTU*, 2014 no. 4, pp. 110–114.
2. Bulatov, S.V. Analiz sovremennogo sostoyaniya i problem passazhirskogo avtomobilnogo transporta. [Analysis of contemporary condition and problems of passenger road transport]. *Science and technology of transport*, 2017, no. 1, pp. 29–32.
3. Alenichev, A.A. Obschiy analiz nadezhnosti avtomobilnyh transmissiy. [General analysis of reliability of automobile transmissions]. *Young scientist*, 2017, no. 20, pp. 3–5.
4. Bannov, I. V., Golovin, S.F. Prostyie modeli analiza urovnya servisa pri obespechenii zapasnymi chastyami. [Simple models of the analysis level of service for spare parts]. *Vestnik MADI*, 2011, no. 4, pp. 29–34.
5. Goryaeva, E. N., Goryaeva, I.A. Zavisimost zatrat na zapashye chasti ot vozrasta podvizhnogo sostava avtomobilnogo transporta. [Dependence of spare parts costs on the age of the rolling stock of motor transport]. *Bulletin of SUSU*, 2012, no. 44, pp. 185–186.
6. Zakharov, N.S. Celevaya funkciya pri upravlenii snabzheniem zapasnymi chastyami dlya transportno-technologicheskikh mashin v neftegazodobyche. [The objective function in managing the supply of spare parts for transport and technological machines in oil and gas production]. *Scientific and Technical Bulletin of the Volga region*, 2014, no. 4, pp. 108–110.
7. 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.
8. Semeykin. V.A. Vhodnoy kontrol kachestva produkcii mashinostroeniya. [Input quality control of mechanical engineering products]. *Rural mechanizer*, 2013, no. 11, pp. 22–23.
9. 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.

10. Makarova, A.N. Utochnenie periodichnosti tehnikeskogo obsluzhivaniya avtomobiley v ekspluatatsii. [Clarification of the frequency of maintenance of cars in operation]. *Scientific and Technical Bulletin of the Volga region*, 2013, no. 1, pp. 117–120.

11. Maksimov, V. A., Molozhvtsev, O.V. Postroenie i analiz odnofaktornykh matematicheskikh modeley rashoda zapasnykh chastey gorodskimi avtobusami v ekspluatatsii. [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.

12. Malshakov, A.V. Vliyanie sezonnykh usloviy na nadezhnost pnevmopodveski avtobusov bolshogo klassa. [Influence of seasonal conditions on the reliability of air suspension of buses of a large class]. *Transport and transport-technological systems*, 2014, pp. 164–167.

13. Taranov, A.V. Upravlenie zapasami na mashinostroitelnykh predpriyatiyakh v usloviyakh shirokoy nomenklatury ispolzuemykh resursov. [Inventory management at machine-building enterprises in the conditions of a wide range of used resources]. *Vestnik BSTU*, 2011, no. 4, pp. 188–202.

14. Bulatov, S.V. Upravlenie rashodom zapasnykh chastey transmissii s uchedom ih kachestva dlya podvizhnogo sostava. [Expense management of transmission spare parts taking into account their quality for rolling stock]. *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 1118.

Получено 14.07.2021

Об авторе

Булатов Сергей Владимирович (Оренбург, Россия) – заведующий лабораторией кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей», Оренбургский государственный университет (Россия, 460008, г. Оренбург, пр. 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).