

Транспорт

УДК 656.072

DOI: 10.30987/1999-8775-2021-10-38-44

С.В. Булатов

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ОТКАЗОВ ТРАНСМИССИИ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Определено изменение величины отказов трансмиссии автобусов под влиянием климатических условий при городской эксплуатации, а также периодичность потребления деталей и узлов трансмиссии городских автобусов на примере марки ПАЗ с учетом данных АТП. Оценено влияние сезонности с помощью метода гармоника. Фактическая потребность в запасных частях оказалась вы-

ше в среднем на 13 %, чем показатели, полученные в ходе экспериментальных исследований, что подтверждает большое влияние такого фактора как климатические условия в ходе эксплуатации подвижного состава.

Ключевые слова: подвижной состав, условия, эксплуатация, трансмиссия, отказ, расход, запасные части.

S.V. Bulatov

INVESTIGATION OF CHANGES IN THE AMOUNT OF FAILURES TRANSMISSIONS OF CITY BUSES UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS

The purpose of the study is to determine the amount of bus transmission failures under the influence of climatic conditions during urban operation. The task is to define the frequency of consumption of parts and transmission units of city buses by the example of PAZ brand, taking into account the data of motor transport enterprises, as well as to assess the influence of seasons using harmonic method. Indicators of actual and estimated demand for parts of transmission units and other elements of vehicles will allow to predict the amount of stock and possible costs for the next year, and spare parts that may remain in warehouses in certain months

can be redistributed during the year, thereby preserving the annual volume of orders. Consequently, the total operating costs will remain at the same level, which for the logistics service is a positive factor for solving planning tasks. The actual need for spare parts turned out to be 13% higher on average than the indicators obtained during experimental studies, which confirms the great influence of such a factor as climatic conditions during the operation of vehicles.

Key words: vehicles, conditions, operation, transmission, failure, costs, spare parts.

Введение

Подвижной состав эксплуатируется в тяжелых городских условиях, что в совокупности с климатическими, снижает ресурс узлов и агрегатов, увеличивает количество отказов, соответственно растет количество обслуживаний, время, затрачиваемое на ремонт, увеличиваются затраты на приобретение запасных частей и т.д. [1, 2, 10]. Суммарные затраты автотранспортного предприятия (АТП) ежегодно увеличиваются на 7-9%. Влияние вышеперечисленных факторов на техническое состояние трансмиссии городских автобусов проявляется в большей степени, детали

узлов которой подвергаются максимальным нагрузкам. Это сказывается на показателях надежности не только одной составляющей подвижного состава, а его работы в целом.

Автобусный парк АТП г. Оренбурга, на котором будут проводиться экспериментальные исследования, составляет около 350 единиц автобусов различных марок отечественного и зарубежного производства, большая доля которых принадлежит марке ПАЗ (64 %). С учетом проведенных исследований по распределению отказов автобусов выявлено, что летний период

самый проблемный для деталей узлов трансмиссии и играет определяющую роль в их потребности, прежде всего из-за высоких температур воздуха, а также малых скоростей движения подвижного состава (пробки, короткие расстояния между остановками), что способствует образованию малого потока встречного воздуха для охлаждения агрегатов.

Одной из главных задач производителей автотранспортных средств (АТС) является совершенствование различных характеристик и технико-экономических показателей техники, усложняя, в основном, конструкцию. Данные изменения приводят к увеличению номенклатуры конструктивных элементов, соответственно и объему потребности в запасных частях [1].

Анализ данных автотранспортных предприятий

Большинство деталей узлов и агрегатов трансмиссии автобусов одинаковые и взаимозаменяемы независимо от марки и модели. Аналогичны также и условия эксплуатации городских автобусов, что позволяет планировать объем запасных частей и их дальнейшее хранение на складах АТП

в меньшем количестве и с наименьшими суммарными затратами.

На рис. 1 представлены сезонные влияния (причины), оказывающие отрицательное воздействие на отказы узлов трансмиссии автобусов.



Рис. 1. Причины, оказывающие отрицательное воздействие на отказы узлов трансмиссии автобусов

Показатели надежности трансмиссии зависят от пробега автобуса с начала эксплуатации (рис. 2). В процессе эксплуатации наблюдается увеличение потребности в деталях узлов трансмиссии, в несколько раз превышающее количество расходуемых на поддержание работоспособности автобуса. Каждый последующий год эксплуатации автобуса на 10-12 % увеличивает количество отказов, причем возрастает

доля дорогостоящих ремонтов, соответственно необходима большая номенклатура запасных частей. Разномарочность парка автотранспортного предприятия влияет на показатели надежности, время обслуживания и ремонта, а также суммарные затраты. Осложняется весь процесс работы службы материально-технического обеспечения (МТО) [3].

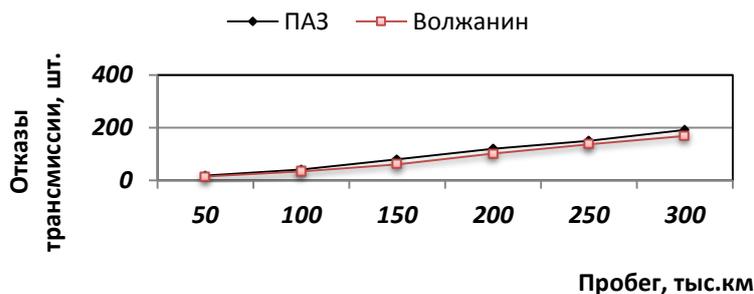


Рис. 2. Зависимость количества отказов трансмиссии от пробега автобусов

Ухудшение климатических условий (смена сезона, выпадение осадков) прямо влияет на количество отказов узлов транс-

миссии, соответственно расход запасных частей также растет (табл. 1).

Таблица 1

Доля отказов узлов трансмиссии городских автобусов по времени года, %

Марка автобуса	Доля отказов узлов трансмиссии, %	
	Лето	Зима
ПАЗ	61	39
Волжанин	58	42
КаВЗ	60	40
Волгабус	59	41

Результатом совокупного воздействия внешних эксплуатационных факторов на внутренние влечет за собой отказ узлов трансмиссии различного характера (постепенный или внезапный). Вид отказа характеризует потенциальные свойства конструкции, вероятность наличия брака,

качество дорожного полотна и т.д. На рис. 3 показаны зависимости изменения количества отказов узлов трансмиссии автобусов от времени года, которые необходимы при прогнозировании необходимого количества запасных частей на АТП.

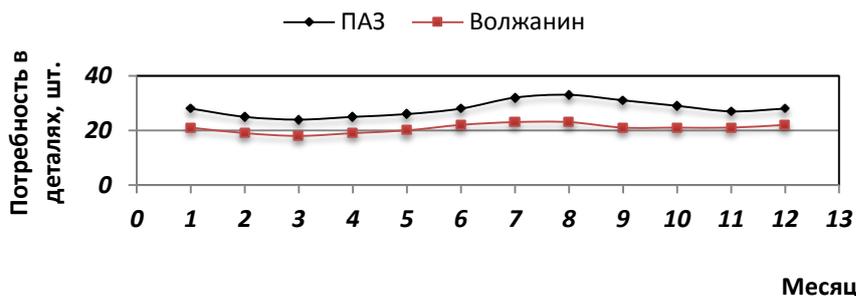


Рис. 3. Зависимости изменения количества отказов узлов трансмиссии автобусов от времени года

Как видно из рис. 3, количество отказов узлов трансмиссии автобусов в городских условиях возрастает в летние и зимние месяцы, поскольку температура воздуха как выше (+20), так и ниже (-20) сред-

них отрицательно влияет на рабочие процессы, происходящие в узлах, изменение свойств масел, что приводит к повышенному износу деталей.

Экспериментальные исследования

Влияние климатических или иных факторов при эксплуатации подвижного

состава на количество отказов узлов трансмиссии, необходимое для планирова-

ния запаса, поставщика запасных частей соответствующего качества и стоимости, рассматривается на примере гармонического анализа [4-9].

Пример разложения периодической функции в тригонометрический ряд:

$$f(x) = a_0 + a_1 \sin x + a_2 \sin 2x + \dots + a_i \sin ix + \dots + a_n \sin nx + b_1 \cos x + b_2 \cos 2x + \dots + b_i \cos ix + \dots + b_n \cos nx. \quad (1)$$

Данная зависимость может быть представлена в следующем виде:

$$y = a_0 + A_1 \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) + A_2 \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) + \dots + B_1 \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) + B_2 \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) + \dots, \quad (2)$$

где T – полный период; i – номер гармоники; $\frac{2\pi}{T}t$ – переменная в радианной мере

$\left(\frac{360^\circ}{T}t\right)$; A_i, B_i – коэффициенты гармоник.

Далее необходимо получить значения a_0, A_i, B_i , которые рассчитываются, исходя из следующих выражений:

$$a_0 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_t; \quad (3)$$

$$A_i = \frac{2}{T} \sum_{t=1}^T y_t \sin\left(\frac{2\pi}{T}it\right); \quad (4)$$

$$B_i = \frac{2}{T} \sum_{t=1}^T y_t \cos\left(\frac{2\pi}{T}it\right). \quad (5)$$

Данные по отказам узлов трансмиссии позволяют определить спрос на запасные части трансмиссии автобусов по кварталам, месяцам с возможными затратами для АТП. Фактические данные удельного расхода деталей узлов трансмиссии для парка автобусов (по состоянию на 01.01.2021 г.) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Фактические данные удельного расхода деталей узлов трансмиссии автобусов

Месяц	Удельный расход, шт./1000 км
1 Январь	4,0
2 Февраль	3,0
3 Март	3,0
4 Апрель	3,2
5 Май	4,0
6 Июнь	4,5
7 Июль	5,0
8 Август	5,0
9 Сентябрь	4,0
10 Октябрь	4,0
11 Ноябрь	3,5
12 Декабрь	4,0
ИТОГО	47,2

Исходя из периодичности учета спроса на запасные части (месяц) необходимо рассчитать периодическую функцию при:

$$t = 1, 2, 3, \dots, 10, 11, 12. \quad T = 12.$$

Далее определяем среднюю величину a_0 из исходных данных, т.е. средний удельный расход деталей узлов трансмиссии автобусов:

$$a_0 = \frac{52,7}{12} = 4,39.$$

В табл. 3 приведены все необходимые параметры, полученные в ходе экспериментальных исследований, как для расчета коэффициента гармоник A_i , так и для периодической функции.

Таблица 3

Расчет коэффициента гармоник A_i при $i = 1$ для автобусов ПАЗ

T	x	$\sin x$	y_i	$y_i \cdot \sin x$
1	30	0,5	4,0	2,0
2	60	0,866	3,0	2,6
3	90	1	3,0	3,0
4	120	0,866	3,2	2,77
5	150	0,5	4,0	2,0
6	180	0	4,5	0
7	210	-0,5	5,0	-2,5
8	240	-0,866	5,0	-4,33
9	270	-1	4,0	-4,0
10	300	-0,866	4,0	-3,46
11	330	-0,5	3,5	-1,75
12	360	0	4,0	0
ИТОГО				-3,67

$$A_1 = \frac{-3,67}{6} = -0,61.$$

Аналогичным образом рассчитываются другие коэффициенты гармоник.

Полученные значения отклонений (%) при сравнении фактических и расчетных данных для городских автобусов ПАЗ, позволят планировать запасы в течение года с учетом климатических условий.

Таблица 4

Полученные значения отклонений (%) при сравнении фактических и расчетных данных для автобусов ПАЗ

Месяц	Фактические данные, тыс.шт.	Расчетные данные, тыс.шт.	Отклонение
1 Январь	5,0	4,1	-0,18
2 Февраль	3,0	3,2	+0,063
3 Март	3,0	2,6	-0,133
4 Апрель	3,2	2,4	-0,25
5 Май	4,0	4,6	+0,13
6 Июнь	5,5	4,5	-0,182
7 Июль	6,0	5,0	-0,167
8 Август	6,0	5,1	-0,15
9 Сентябрь	5,0	4,1	-0,18
10 Октябрь	4,0	4,2	+0,048
11 Ноябрь	3,5	3,6	+0,028
12 Декабрь	5,0	4,1	-0,18
ИТОГО:			0,13

Результаты

Отклонения, полученные в ходе сравнения данных по расходу запасных частей для автобусов ПАЗ, имеют отличия в каждом исследуемом месяце. Фактическая потребность в запасных частях оказалась выше в среднем на 13 %, чем показатели, полученные в ходе экспериментальных исследо-

ваний, что подтверждает большое влияние такого фактора как климатические условия в ходе эксплуатации подвижного состава. Учитывая эти и многие другие факторы при планировании необходимого запаса, можно сократить время простоев автобусов в ремонте и время ожидания запасных частей.

Заключение

Показатели фактического и расчетного спроса на детали узлов трансмиссии и других элементов подвижного состава позволят прогнозировать количество запасов и возможных затрат на следующий год, а запасные части, которые могут остаться на складах в определенные месяцы, можно перераспределить в течение го-

да, сохранив тем самым годовой объем заказов. Следовательно, суммарные эксплуатационные затраты сохранятся на прежнем уровне, что для службы материально-технического обеспечения является положительным фактором для решения задач планирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баннов И. В.** Простые модели анализа уровня сервиса при обеспечении запасными частями / И. В. Баннов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2011. – № 4. – С. 29-34.
2. **Булатов С. В.** Влияние сезонности на величину спроса и потребления деталей передней подвески автобусов / М. И. Филатов, С. В. Булатов // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 6. – С. 37-40.
3. **Горяева Е. Н., Горяева И. А.** Зависимость затрат на запасные части от возраста подвижного состава автомобильного транспорта // Вестник Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ). – 2012. – №44. – С. 185-186.
4. **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.
5. **Зубрицкас И. И.** Анализ отказов и неисправностей автобусов ЛИАЗ // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 24-27.
6. **Ионов В. В.** Исследование эксплуатационной надежности агрегатов трансмиссии автомобилей КамАЗ // Вестник Северо-Восточного государственного университета (СВГУ). – 2013. – № 20. – С. 57-61.
7. **Макарова А. Н.** Уточнение периодичности технического обслуживания автомобилей в эксплуатации // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – №1. – С. 117-120.
8. **Максимов, В. А.** Построение и анализ однофакторных математических моделей расхода запасных частей городскими автобусами в эксплуатации / В. А. Максимов, О. В. Моложавцев // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета. – 2009. – №2. – С. 7-11.
9. **Мальшаков А. В.** Влияние сезонных условий на надежность пневмоподвески автобусов большого класса / А. В. Мальшаков // Транспортные и транспортно-технологические системы. – Тюмень, 2014. – С. 164-167.
10. **Семейкин В. А.** Входной контроль качества продукции машиностроения // Сельский механизатор. – 2013. – № 11. – С. 22-23.
11. **Holt C.C.** Forecasting trends and seasonal by exponentially weighted moving averages // Memorandum, Carnegie Inst. Of Technology. – 1957. – 52 p.
1. **Bannov, I.V.** Simple Models for Analyzing the Level of Service When Providing Spare Parts. *Bulletin of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University*, 2011, no. 4, pp. 29-34.
2. **Bulatov, S.V., Filatov, S.V.** The Influence of Seasons on the Amount of Demand and Consumption of Bus Front Suspension Parts. *Avtotransportnoye Predpriyatie [Autotransport Enterprise]*, 2016, no.6, pp. 37-40.
3. **Goryaeva, E.N., Goryaeva, I.A.** Dependence of Spare Parts Costs on the Age of the Rolling Stock of Motor Transport. *Bulletin of the South Ural State University*, 2012, no. 44, pp. 185-186.
4. **Zakharov, N.S.** Objective Function in Managing the Supply of Spare Parts for Transport and Technological machines in Oil and Gas Production. *Scientific and Technical Volga Region Bulletin*, 2014, no. 4, pp. 108-110.
5. **Zubriskas, I.I.** Analysis of Failures and Malfunctions of Buses LIAZ. *Modern Problems of Science and Education*, 2014, no. 5, pp. 24-27.
6. **Ionov, V.V.** Investigation of Operational Reliability of Transmission Units of KAMAZ Vehicles. *Vestnik Severo-Vostochnogo Gosudarstvennogo Universiteta [Bulletin of North-East State University]*, 2013, no. 20, pp. 57-61.
7. **Makarova, A.N.** Clarification of the Frequency of Maintenance of Vehicles in Operation. *Nauchno-tekhnicheskii Vestnik Povolzya [Scientific and Technical Bulletin of Volga Region]*, 2014, no. 1, pp. 117-120.
8. **Maksimov, V.A., Molozhavtsev, O.V.** Formation and Analysis of Mono-factor Mathematical Models of Spare Parts Expense by Municipal Buses in Exploration. *Vestnik Moskovskogo Avtomobilno-dorozhnogo Gosudarstvennogo Technicheskogo Universiteta [Bulletin of Moscow Automobile and Road State University]*. 2009, no.2, pp. 7-11.
9. **Malshakov, V.A.** The influence of Seasonal Conditions on the Reliability of the Air Suspension of Large-sized Buses. *Transportnie I Transportno-*

tehnologicheskie Sistemy [Transport and Technological Systems], Tumen, 2014, pp. 164–167.

10. **Semeikin, V.A.** Input Quality Control of Mechanical Engineering Products. *Selskiy Mechanizator*, 2013, no. 11, pp. 22-23.

11. **Holt C.C.** Forecasting Trends and Seasonal by Exponentially Weighted Moving Averages. Memorandum, Carnegie Inst. Of Technology, 1957. 52 p.

Ссылка для цитирования:

Булатов С.В. Исследование изменения величины отказов трансмиссии городских автобусов под влиянием климатических условий / С.В. Булатов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2021. - № 10. – С. 38 - 44. DOI: 10.30987/1999-8775-2021-10-38-44.

Статья поступила в редакцию 01.04.21.

Рецензент: д.т.н., профессор Тульского государственного университета

Агуреев Е.И.,

член редсовета журнала «Вестник БГТУ».

Статья принята к публикации 27.09.21.

Сведения об авторах:

Булатов Сергей Владимирович, магистрант кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей» Оренбургского государственного университета, e-mail: bul.sergey2015@yandex.ru.

Bulatov Sergey Vladimirovich, Master of the Department of Technical Operation and Repair of Vehicles, Orenburg State University. E-mail: bul.sergey2015@yandex.ru.