



Определение оптимальной периодичности технического обслуживания автобусов



Дмитрий МАЛЬЦЕВ
Dmitry V. MALTSEV

Сергей ПЕСТРИКОВ
Sergey A. PESTRIKOV



Мальцев Дмитрий Викторович — кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и технологических машин Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ), Пермь, Россия.

Пестриков Сергей Анатольевич — кандидат экономических наук, доцент кафедры автомобилей и технологических машин ПНИПУ, Пермь, Россия.

Determining Optimal Frequency of Technical Maintenance of Buses

(текст статьи на англ. яз. —
English text of the article — p. 102)

В статье на примере «АТП Кама» анализируется состояние парка автотранспортного предприятия, а также существующей системы обеспечения его работоспособности. В частности, показана нормативная и фактическая техническая готовность автобусов с учётом сроков их эксплуатации, среднесуточного пробега, суммарного количества дней пребывания на техническом обслуживании и ремонте в течение года. Выбрана методика корректирования нормативов, определена оптимальная периодичность технического обслуживания парка машин. Проведена оценка интенсивности отказов, затрат предприятия на планово-предупредительные и ремонтные работы, сделан расчёт экономической эффективности предлагаемых решений.

Ключевые слова: автопредприятие, экономика, снижение затрат, оптимальная периодичность технического обслуживания, эксплуатация автобусов, экономико-вероятностный метод, экспоненциальный закон распределения.

В рыночных условиях конкурентоспособность любого автотранспортного предприятия зависит от коэффициента технической готовности парка и затрат на техническое обслуживание (ТО) и текущий ремонт (ТР). Кроме того, нельзя забывать о росте стоимости автомобилей, запасных частей, о достаточно высоком среднем возрасте подвижного состава, особенно грузовых автомобилей и автобусов.

В настоящее время наблюдается тенденция к разукрупнению автотранспортных организаций, среднестатистическое предприятие насчитывает ныне не более 30 единиц техники [1]. Система поддержания работоспособности подвижного состава на таких предприятиях неэффективна и в лучшем случае заключается в выполнении ТО с периодичностью, указанной в технической документации, при этом большинство предприятий не располагает собственной производственно-технической базой, не имеет возможности соблюдать технологическую дисциплину по ТО и ТР.

Основным документом, регламентирующим корректирование нормативов в зависимости от условий эксплуатации, климатиче-

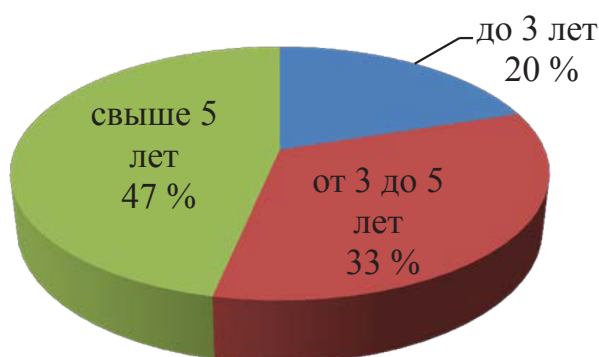


Рис. 1. Возрастные группы подвижного состава на АТП «Кама».

ских условий, среднего пробега автомобилей, качества выполнения ТО и ТР и других факторов, является «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта» [2]. Документ разработан более 30 лет назад, подвижной состав, а также нормативы, которые в нем указаны, устарели. Кроме того, в данный момент периодичность техобслуживания, трудоёмкость обслуживания и ремонта определяются заводом-изготовителем, и многие предприятия придерживаются именно этих рекомендаций. Не является исключением и ООО «АТП Кама» в Перми, на базе которого проводились наши исследования. Парк предприятия обслуживается с периодичностью, указанной в технической документации заводом-изготовителем, при этом не учитываются ни условия эксплуатации, ни прочие факторы, ни специфика предприятия – пассажироперевозки. Всё это приводит к продолжительным простоям техники и высоким удельным затратам на эксплуатацию [3–5].

Указанное предприятие занимается пассажирскими перевозками, парк состоит из автобусов МАЗ и ЛиАЗ. При этом были выделены три возрастных группы подвижного состава: до 3 лет, от 3 до 5 лет, свыше 5 лет (рис. 1). И судя по демонстрируемым

данным, большую часть автобусного парка можно считать отнюдь «не молодой».

Нормативная периодичность обслуживания автобусов МАЗ составляет 10000 км (ТО-1) и 30000 км (ТО-2) [6], ЛиАЗ – 10000 км (ТО-1) и 20000 км (ТО-2) [7].

Выполнен анализ работы предприятия, определены основные показатели по каждой возрастной группе, они представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что коэффициент технической готовности группы от 3 до 5 лет ниже, чем группы со сроком эксплуатации свыше 5 лет, это можно объяснить случайными факторами из-за небольшой выборки, поскольку исследования проводились на базе лишь одного предприятия. Также видно, что автобусы со сроком эксплуатации до 3 лет выполняют большую часть транспортной работы по перевозке пассажиров, однако эта же группа наибольшее количество времени находится в обслуживании и ремонте, что свидетельствует о неоптимальной периодичности ТО. Кроме того, существует проблема низкой технической готовности автобусов со сроком эксплуатации свыше 3 лет. Коэффициент технической готовности для второй и третьей групп значительно ниже среднеотраслевого.

Таблица 1

Основные показатели работы подвижного состава

№	Срок эксплуатации	Коэффициент технической готовности		Коэффициент использования парка	Среднесуточный пробег, км	Среднее количество дней в обслуживании и ремонте в год (на ед.)
		фактический	нормативный			
1	До 3 лет	0,89	0,85	0,77	153	43
2	От 3 до 5 лет	0,63	0,85	0,58	66	20
3	Свыше 5 лет	0,70	0,85	0,63	85	27



Затраты предприятия на ТО и ТР

№	Срок эксплуатации	Периодичность ТО-1, км	Периодичность ТО-2, км	Удельные затраты на ТО и ТР, руб./км	Суммарные годовые затраты на ТО и ТР, тыс. руб.
1	До 3 лет	10000	40000	1,40	234,11
2	От 3 до 5 лет	8000	32000	2,70	328,16
3	Свыше 5 лет	6000	24000	3,78	825,76
	Итого				1387,92

Известно несколько методов определения оптимальной периодичности обслуживания транспортных средств: метод по допустимому уровню безотказной работы, метод по допустимому значению и закономерности изменения параметра технического состояния, технико-экономический метод, экономико-вероятностный и т.д. [8–9].

Поиску оптимальной периодичности технического обслуживания посвящено большое количество научных публикаций [10–17]. Как правило, их авторы под оптимальной периодичностью понимают такой срок эксплуатации, при котором затраты на ТО и ТР, отнесённые к единице работы, минимальны [10]. Для нашего исследования наибольший интерес представляет экономико-вероятностный метод, ибо он позволяет оценить не только затраты, но и безотказность работы при заданном риске и разумном количестве исходных данных и трудоёмкости вычислений.

Спецификой предприятия являются пассажироперевозки, поэтому для поддержания парка автобусов в работоспособном состоянии используется планово-предупредительная система. Периодичность обслуживания и затраты предприятия на ТО и ТР за 2016 год представлены в таблице 2.

Одним из критериев оптимизации является снижение затрат на эксплуатацию, поэтому при расчётах определялись удельные затраты на километр пробега.

Удельные затраты при применении предупредительной стратегии можно трактовать как отношение средневзвешенной стоимости одной операции к средневзвешенной наработке с учётом отказа части конструктивных элементов автобуса по формуле [8]:

$$U_1 = C_1 = \frac{cF + dR}{l_p F + l_p R}, \quad (1)$$

где d — стоимость операции технического обслуживания, руб.;

R — вероятность безотказной работы;

F — вероятность отказа при выполнении технического обслуживания с периодичностью l_p и вероятность выполнения ремонтной операции (устранение отказа);

c — стоимость операции устранения отказа, руб.;

l'_p — средняя наработка отказавших с вероятностью F элементов, км;

l_p — периодичность технического обслуживания, км.

Вероятность безотказной работы при экспоненциальном законе выражается формулой [8]:

$$R(x) = \exp^{-\lambda x}, \quad (2)$$

где λ — интенсивность отказа.

Использование экспоненциального закона при расчётах обусловлено большей точностью в сравнении с нормальным законом распределения. Экспоненциальный закон описывает надёжность работы изделия в промежутке его нормальной эксплуатации, когда постепенные отказы ещё не проявляются и надёжность характеризуется только внезапными отказами.

Интенсивность отказов является постоянной величиной и определяется по формуле [8]:

$$\lambda = \frac{1}{T_0}, \quad (3)$$

где T_0 — средняя наработка на отказ, км.

Вероятность отказа при проведении технического обслуживания [8]:

$$F = 1 - R. \quad (4)$$

Результаты расчётов представлены на рис. 2–4.

Вид графиков объясняется следующим образом: затраты на техническое обслуживание от пробега зависят мало и можно принять допущение, что они выступают фиксированной величиной. Чем чаще про-

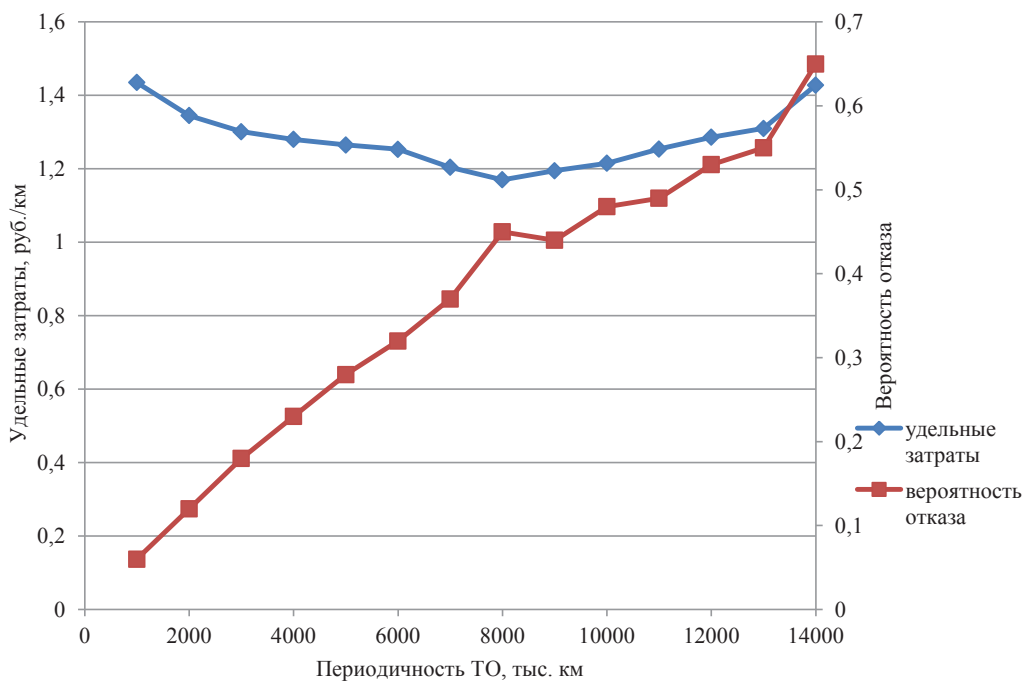


Рис. 2. Удельные затраты на ТО и ремонт и вероятность отказа автобусов с возрастом эксплуатации до 3-х лет при различной периодичности ТО.

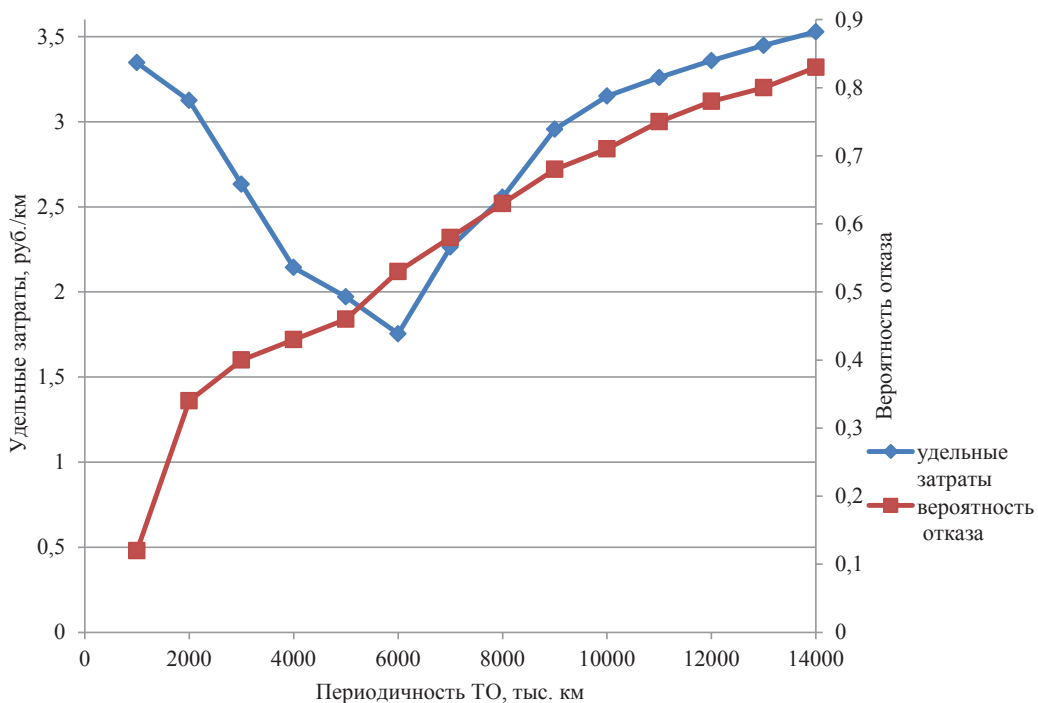


Рис. 3. Удельные затраты на ТО и ремонт и вероятность отказа автобусов с возрастом эксплуатации от 3-х до 5 лет при различной периодичности ТО.

водят ТО, тем дороже удельные затраты на обслуживание и меньше затраты на ремонт, поскольку вероятность возникновения отказа снижается. Если ТО проводить редко,

то возрастают удельные затраты на ремонт.

Все полученные графики имеют минимумы, которые соответствуют оптимальным значениям периодичности ТО,



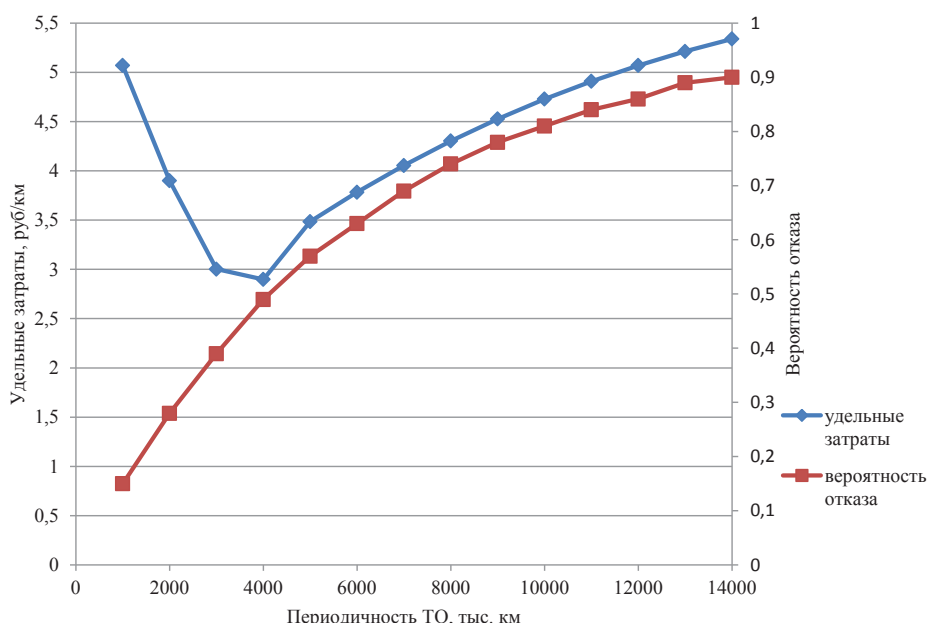


Рис. 4. Удельные затраты на ТО и ремонт и вероятность отказа автобусов с возрастом эксплуатации свыше 5 лет при различной периодичности ТО.

Таблица 3

Затраты предприятия на ТО и ТР при оптимальной периодичности ТО

№	Срок эксплуатации	Оптимальная периодичность ТО-1, км	Оптимальная периодичность ТО-2, км	Удельные затраты на ТО и ТР, руб./км	Суммарные годовые затраты на ТО и ТР, тыс. руб.
1	До 3 лет	8000	32000	1,265	234,11
2	От 3 до 5 лет	6000	24000	2,143	328,16
3	Свыше 5 лет	4000	16000	3,002	825,76
	Итого				1128,34

однако эти значения существенно меньше, чем значения нормативной периодичности обслуживания автобусов МАЗ и ЛиАЗ, приведённые выше. Полученные оптимальные значения периодичности ТО целесообразно корректировать для снижения вероятности возникновения отказов.

Таким образом, для транспорта со сроком эксплуатации до 3 лет при проведении ТО-1 с периодичностью 8000 км удельные затраты будут минимальными и составят 1,170 руб./км, при вероятности отказа – 0,45. Учитывая специфику предприятия – пассажироперевозки, оптимальной будет периодичность не с минимальными затратами, а с меньшей вероятностью возникновения отказов при рациональных затратах. Поэтому разумно проводить обслуживание с периодичностью 5000 км, затраты увеличатся до 1,265 руб./км, т.е. на 8 %, при этом веро-

ятность возникновения отказа снизится до 0,23 или почти в 2 раза.

Для группы со сроком эксплуатации от 3 до 5 лет минимальные затраты будут при периодичности обслуживания 6000 км и составят 1,754 руб./км, при вероятности отказа – 0,53. Однако если проводить обслуживание с периодичностью 4000 км, то затраты увеличатся до 2,143 руб./км, т.е. на 22 %, при этом вероятность возникновения отказа снизится до 0,30 или на 43,4 %.

Для группы со сроком эксплуатации свыше 5 лет минимальные затраты будут при периодичности обслуживания 4000 км и составят 2,898 руб./км, при вероятности отказа – 0,49. Однако если проводить обслуживание с периодичностью 3000 км, то затраты увеличатся до 3,002 руб./км, т.е. на 3,5 %, при этом вероятность возникновения отказа снизится до 0,39 или на 25,6 %.

Корректирование нормативов периодичности обслуживания в сторону их

уменьшения приведёт к увеличению удельных затрат на ТО, но при этом значительно уменьшится вероятность наступления отказов и, как следствие, снизятся удельные затраты на ремонт, за счёт чего и будет достигнут экономический эффект. Конечно, принятые вероятности наступления отказов от 0,23 до 0,39 сложно назвать удовлетворительными, тем не менее поддержание вероятности отказов на уровне 0,1–0,15 (что соответствует коэффициенту технической готовности на уровне среднеотраслевого) приведёт к росту удельных затрат примерно в 2 раза, а оптимальная периодичность составит 2000–2500 км.

В таблице 3 приведены результаты расчётов при новых оптимальных значениях периодичности технического обслуживания. Суммарные годовые затраты предприятия на ТО и ТР снизятся в этом случае на 259,58 тыс. руб. или на 18,7 %.

ВЫВОДЫ

1. Задача нахождения оптимального значения периодичности проведения ТО и ТР подвижного состава является актуальной и многофакторной.

2. Определена оптимальная периодичность ТО для парка автотранспортного предприятия. Для автобусов первой группы она составит 8000 км, для второй группы – 6000 км, для третьей – 4000 км. Полученные значения периодичности позволяют значительно снизить вероятность возникновения отказов, что очень важно при перевозке пассажиров, при незначительном увеличении удельных затрат на ТО и ТР.

3. Использование предложенной методики позволит повысить коэффициент технической готовности на предприятии и снизить суммарные годовые затраты на ТО и ТР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верёвкин Н. И., Черняев И. О., Лаврентьев Е. В. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий как средство повышения безопасности дорожного движения // Транспорт РФ. – 2015. – № 1. – С. 52–55.

2. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. – М.: Транспорт, 1988. – 115 с.

3. Пестриков С. А. К вопросу о рентабельности предприятий автотранспортной отрасли // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: Материалы международной научно-практ. конференции. – Пермь: Изд-во Перм. НИПУ, 2014. – С. 173–176.

4. Пестриков С. А. Финансово-экономическая состоятельность организаций автотранспортной сферы // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2014. – № 1. – С. 141–150.

5. Пестриков С. А., Пугин К. Г. Актуальные вопросы инновационной активности транспортной отрасли // Транспорт России: проблемы и перспективы-2014: Материалы международной научно-практ. конференции. – СПб., 2014. – С. 93–97.

6. Руководство по эксплуатации 103003–0000020 РЭ. Автобусы МАЗ-103, МАЗ-107. – Минск, 2016. – 164 с.

7. Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию автобуса ЛиАЗ-529222. – М.: Транспорт, 2011. – 130 с.

8. Дмитренко В. М., Горбунов А. А. Основы работоспособности технических систем: Учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 142 с.

9. Кузьмин Н. А. Техническая эксплуатация автомобилей: нормирование и управление: Учеб. пособие. – М.: Форум, 2011. – 224 с.

10. Юшков А. Н., Еремеева Л. Э. Математическое моделирование процессов технической эксплуатации гидравлических систем // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 10. – С. 11–15.

11. Юшков А. Н. Повышение эффективности работы гидропривода лесных машин. – Сыктывкар: СЛИ, 2011. – 108 с.

12. Дац Ф. А. Выбор оптимальной периодичности технического обслуживания и ремонта лесозаготовительных машин фирмы Джон Дир в условиях Вологодской области // Лесной вестник. – 2010. – № 6. – С. 124–129.

13. Малкин В. С. Определение оптимальной периодичности диагностирования // Вектор науки ТГУ. – 2012. – № 4. – С. 181–183.

14. Бурмистров В. А. Корректирование режимов технического обслуживания грузовых автомобилей // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 184.

15. Борисов Г. В., Ерофеева Л. Н. Уточнение технико-экономического метода определения оптимальной периодичности технического обслуживания автомобилей // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2013. – № 4. – С. 37–43.

16. Кириллов Г. А., Кашин Я. М., Руденко В. Г. Выбор оптимальной периодичности технического обслуживания и ремонта из условия минимальной стоимости работ // Сборник научных статей IV международной научно-практической конференции. – Краснодар: Издательский дом – «Юг», 2014. – С. 215–218.

17. Дьяков И. Ф. Нейронная технология как инструмент выбора оптимальной периодичности обслуживания АТС // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 11. – С. 26–30.

Координаты авторов: Мальцев Д. В. – mdv@pstu.ru, Пестриков С. А. – +7(342)2–391–026.

Статья поступила в редакцию 15.02.2018, актуализирована 10.04.2018, принята к публикации 11.04.2018.

