

УДК 621

**ВЛИЯНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА
ВЫПОЛНЕНИЕ ПЛАНА ТРАНСПОРТНОЙ РАБОТЫ**Моторин Р.Р.¹, магистр, соискатель научной степениНаучный руководитель: Поживилов Н.В.², к.т.н., доцент¹Московский автомобильно-дорожный государственный технический
университет (МАДИ), Москва²Московский автомобильно-дорожный государственный технический
университет (МАДИ), Москва

Аннотация. В статье исследуется зависимость коэффициента технической готовности (КТГ) парка автобусов от срока их эксплуатации. На основе ретроспективного анализа данных по 28 автобусам модели НЕФАЗ 5299-40-52, были рассчитаны и сопоставлены два варианта определения КТГ. Первый КТГ, рассчитанный за цикл, основанный на совокупной продолжительности простоя, второй КТГ основан на дискретной ежедневной проверке состояния автобуса в строго фиксированный момент времени выбранного цикла. Результаты анализа демонстрируют статистически значимое снижение коэффициента технической готовности по мере старения подвижного состава. С помощью методики имитационного моделирования была оценена степень влияния снижения КТГ с увеличением возраста на потенциальный объём выполняемых рейсов для условного парка в 300 единиц техники. Достоверность полученных результатов сравнивалась с полученными данными о КТГ трёх действующих автотранспортных предприятий Москвы.

Ключевые слова: автобусный парк, возрастная структура парка, выполнение транспортной работы, имитационное моделирование, коэффициент технической готовности, план перевозок, техническая эксплуатация.

Автобус представляет собой сложный восстанавливаемый объект, предназначенный для осуществления транспортной работы по перевозке пассажиров в городских условиях. В течение эксплуатации он может находиться в одном из двух состояний: работоспособном, выполняя рейс на маршруте или ожидая выхода на маршрут, или неработоспособном, проходя техническое обслуживание и ремонт либо ожидая постановки на ремонт. Способность автобусного автотранспортного предприятия (АТП) выполнять заданный маршрутный план напрямую зависит от технического состояния подвижного состава, комплексной оценкой которого служит коэффициент технической готовности (КТГ). Данный показатель определяет долю времени,

в течение которого автобус исправен и может быть задействован в выполнении транспортного процесса [1,2].

Формула для определения расчетного КТГ (α_T), с помощью которого можно оценить среднюю готовность автобуса за эксплуатационный цикл имеет следующий вид [3,4]:

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + l_{cc} \cdot \bar{t}_{пр} \cdot \omega_{пр}}, \quad (2)$$

где l_{cc} – среднесуточный пробег, км. Среднесуточный пробег характеризует условия и интенсивность эксплуатации автобусов в парке;

$\bar{t}_{пр}$ – средняя продолжительность простоя в рабочее время автобуса пока устраняется отказ или производится ТО, час. Продолжительность простоя характеризует уровень технологии и организации производства, а также приспособленность автобуса и его агрегатов к ТО и ремонту;

$\omega_{пр}$ – параметр потока отказов, вызвавших простой автомобиля с потерей рабочего времени, количество отказов за цикл.

Из анализируемой зависимости следует, что на КТГ парка влияет не только параметр потока отказов, определяемый надёжностью модели автобуса и среднегодовым пробегом, но и средняя продолжительность простоя в зоне технического обслуживания и ремонта, что характеризует эффективность всей системы технического обслуживания и ремонта, начиная от работы диспетчеров и доступности запчастей на складах до квалификации ремонтного персонала, однако углублённый анализ этих организационных факторов выходит за рамки настоящего исследования.

Традиционно фактический КТГ автобусного парка можно рассчитать по следующей формуле [5]:

$$\alpha_T = \frac{N_{исп.}}{N_{общ.}}, \quad (1)$$

где $N_{исп.}$ – количество исправных автобусов в парке, ед.;

$N_{общ.}$ – общее списочное количество автобусов в парке, ед.

По такому же принципу можно определить и среднее значение КТГ конкретного автобуса в парке и может определяться двумя методами, различающимися исходными данными и точностью учёта времени простоя:

- КТГ рассчитывается на основе ежедневной фиксации состояния автобуса в строго определённый контрольный момент (например, в 8:30). Значение КТГ определяется как отношение числа дней, в которые автобус был признан исправным в момент контроля, к общему количеству дней в рассматриваемом периоде. Данный метод отражает готовность парка к началу рабочего дня, но не учитывает внутрисменными простои;

- КТГ рассчитывается на основе непрерывного учёта времени и точного хронометража всех простоев. Коэффициент находится как отношение времени, в течение которого автобус был фактически работоспособен, к общему календарному времени периода.

Целью настоящего исследования является разработка методики прогнозирования КТГ на основе ретроспективных данных надёжности

конкретной модели автобуса в АТП и оценка, с помощью имитационного моделирования, влияния показателей возрастной структуры парка на его операционные возможности.

Эмпирической основой исследования послужили данные по 28 автобусам городского класса модели НЕФАЗ 5299-40-52, единовременно введенным в эксплуатацию в 2019 году и продолжающим работу на подконтрольном АТП. Такой подход к формированию выборки, обеспечивающий идентичность начальных условий и календарного возраста всех единиц, позволит с высокой достоверностью проанализировать фактор естественного старения и износа транспортных средств.

Для каждого автобуса из внутренней информационной системы АТП была произведена выгрузка заявок в ремонтную службу за весь период эксплуатации. Эти данные, содержащие отметки о дате и времени возникновения неисправности и ее устранения, составили первичный массив данных. Последующий этап обработки заключался в исключении записей и заявок, которые не повлекли за собой фактического простоя транспортного средства. Кроме того, для анализа показателей надежности, связанных с эксплуатационным износом, из анализируемого массива удалены записи о простоях, причиной которых стали внешние непрогнозируемые события, такие как дорожно-транспортные происшествия.

Обобщение данных производилось путём суммирования продолжительности всех простоев по совокупности выборки отдельно для каждого года эксплуатации автобусов, начиная с первого и заканчивая шестым годом. Это позволило получить время простоя техники в зависимости от её возраста. Полученные значения были в дальнейшем использованы для расчёта коэффициента технической готовности двумя методами. Фрагмент полученных результатов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Продолжительность простоя в ТО и ТР автобусов НЕФАЗ 5299-40-52, часов

	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год
1	127,7	1293,3	1800,4	2349,4	2096,4	2670,4
2	530,7	649,7	844,3	930,9	1529,1	1505,39
3	688,6	790,7	872,7	1694,8	1875,9	2054,12
4	699,4	884,9	1115,9	1560,2	1807,3	1179,40
...	...	...	...	...	...	...
28	467,9	3543,4	839,6	1743,4	1559,6	2011,60

Основываясь на собранных статистических данных, была построена зависимость коэффициента технической готовности от срока эксплуатации автобусов. Полученные расчётные значения КТГ подлежали сопоставлению с фактическими показателями АТП, эксплуатирующих исследуемую модель.

Поскольку в ночное время пассажиропоток отсутствует, обслуживание и ремонт линейного подвижного состава если есть возможность переносится на

ночное время. Такая практика позволяет максимизировать КТГ в дневные часы будних дней, когда потребность в перевозках достигает пика.

В результате такого подхода фактический КТГ в дневные часы будних регулярно оказывается выше среднесуточного, рассчитанного для всей недели. Для повышения точности прогнозов предложена модификация методики определения КТГ для дневного периода будних дней с 5:30 до 23:59. При его расчёте учитываются простои, приходящиеся только на этот период. Данный показатель адекватнее отражает доступность парка в часы пиковой нагрузки и рекомендуется для задач планирования выпуска. На рисунке 1 представлен график зависимости КТГ для различных подходов в его расчете.

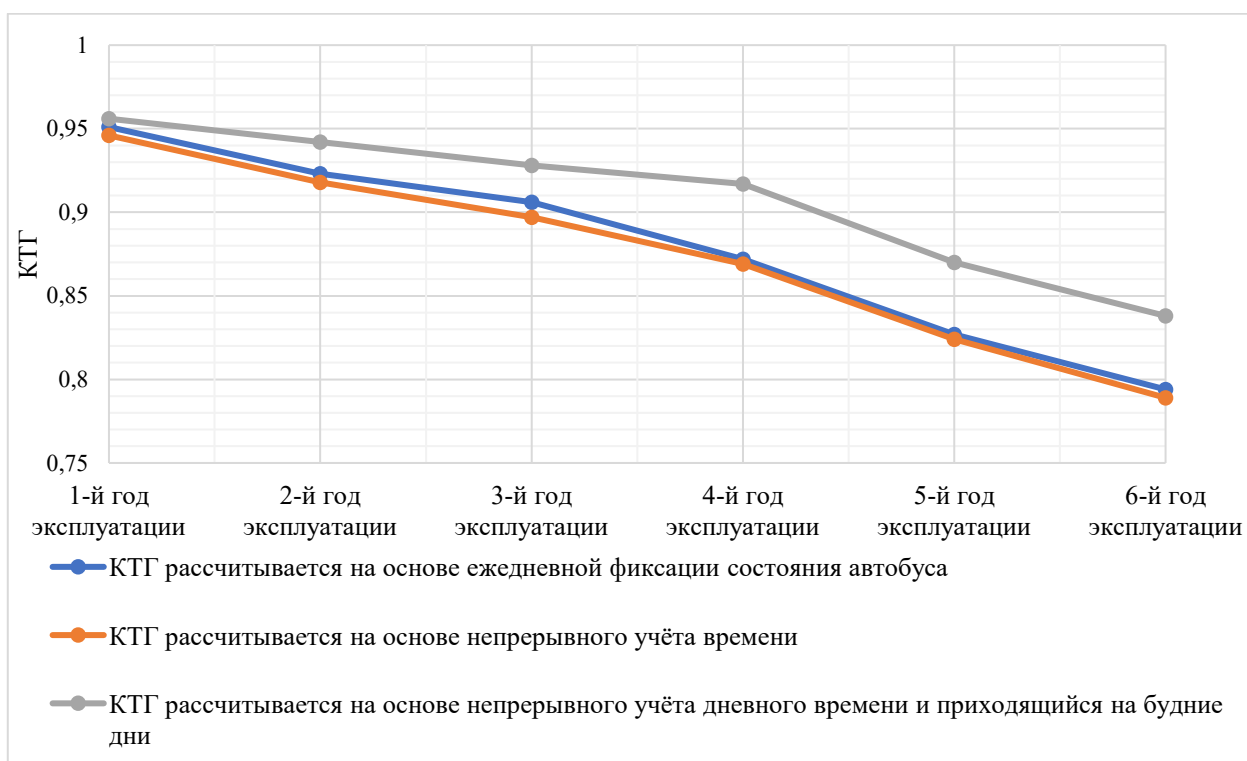


Рисунок 1 – График зависимости значения КТГ от срока эксплуатации автобуса
НЕФАЗ 5299-40-52

Для наглядной демонстрации влияния снижения коэффициента технической готовности на операционную эффективность автобусного предприятия было проведено имитационное моделирование расчета показателей транспортной работы АТП в будние дни. Целью моделирования являлось определение того, как ежегодное снижение КТГ, выявленное в ходе анализа, влияет на потенциальный объём выполнения транспортной работы. В качестве моделируемого объекта рассматривался условный парк со списочным составом автобусов в размере 300 единиц модели НЕФАЗ 5299-40-52 с различной возрастной структурой. Моделирование выполнялось для парка транспортных средств с различным значением среднего возраста последовательно для каждого года эксплуатации с первого по шестой. Для

каждого года в модель в качестве входного параметра подставлялось соответствующее расчётное значение КТГ, определённое на основе статистики отказов. Подробная методика расчета данных показателей не приводится в данной статье.

Теоретической и практической основой для построения таких моделей служил алгоритм, реализованный в программе для ЭВМ, защищенной свидетельством о государственной регистрации №2025667966 «Оценка выполнения плана перевозок автобусным предприятием на основе имитационного моделирования» (Поживилов Н.В., Моторин Р.Р., Крылов Г.А.).

На рисунке 2 представлен график зависимости выполнения расчетного количества рейсов условным автобусным парком с учетом изменения возраста эксплуатируемых автобусов.

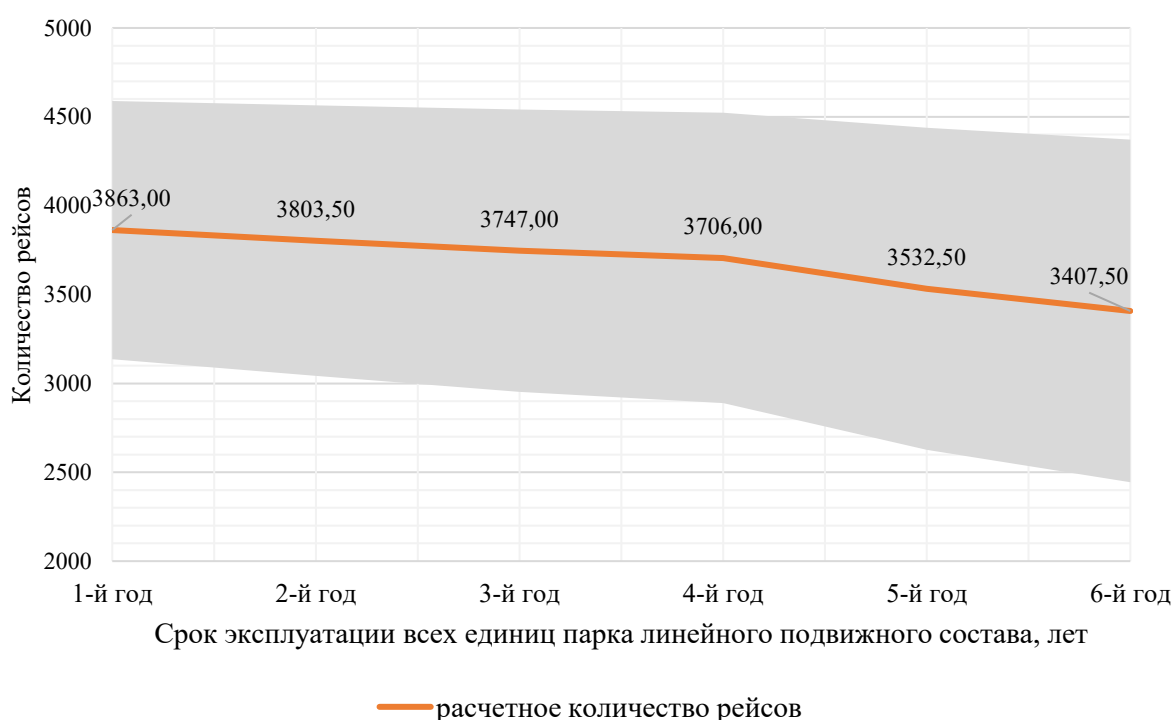


Рисунок 2 – График зависимости выполнения рейсов АТП от возраста подвижного состава в АТП на примере модели НЕФАЗ 5299-40-52

Таким образом, результаты имитационного моделирования наглядно подтверждают, что постепенное снижение коэффициента технической готовности, наблюдаемое от года к году, имеет накопительный эффект и напрямую влияет на выполнение плана перевозок. Снижение КТГ становится особенно критичным в периоды пиковой нагрузки, когда потребность в максимальном выпуске подвижного состава на линию является наибольшей.

Выводы:

1. Эффективность работы автобусного автотранспортного предприятия определяется его способностью выполнять плановый объём перевозок пассажиров. Ключевым фактором, непосредственно влияющим на эту возможность, является надежность эксплуатируемых транспортных средств,

которая может быть оценена с помощью комплексного параметра - коэффициента технической готовности парка.

2. На примере автобусов модели НЕФАЗ 5299-40-52 подтверждено, что коэффициент технической готовности имеет устойчивую тенденцию к снижению по мере увеличения срока эксплуатации. Количественная оценка, выполненная на основе ретроспективных данных, показывает статистически значимое уменьшение КТГ с каждым годом наработки, что объясняется естественным износом основных узлов и агрегатов.

3. Результаты имитационного моделирования показывают, что для однородного парка из 300 автобусов ежегодное падение КТГ приводит к снижению потенциального объёма транспортной работы, выраженной в выполнении рейсов примерно на 2% по сравнению с предыдущим годом. Накопленный эффект к шестому году эксплуатации выражается в снижении возможного количества выполняемых рейсов до 12% относительно уровня нового парка, что ограничивает выполнение плановых рейсов.

4. Для повышения точности оперативного планирования и управления выпуском на линию рекомендовано использовать КТГ рассчитанный и скорректированный с учётом смещения части ремонтных работ ночные часы. Это позволяет более адекватно оценивать реальный доступный парк в дневные часы будних и оптимизировать графики технического обслуживания.

Список литературы:

1. Быков, Д. С. Определение планового значения коэффициента технической готовности автомобиля (парка) с учетом вариации интенсивности и условий эксплуатации / Д. С. Быков, А. В. Абрамов // Проблемы эксплуатации систем транспорта : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 45-летию со дня основания Тюменского индустриального института им. Ленинского комсомола, Тюмень, 06 ноября 2008 г. / отв. ред. В. И. Бауэр. – Тюмень : Тюменский гос. нефтегазовый ун-т, 2008. – С. 59-64.

2. Кирюшин, И. Н. К вопросу изучения связи коэффициента технической готовности автомобилей с эксплуатационным циклом / И. Н. Кирюшин, В. Н. Ретюнских // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. – 2019. – № 2(42). – С. 112-116.

3. Исследование взаимосвязей коэффициента технической готовности с организацией технического обслуживания и ремонта автомобилей / Е. В. Агеева, С. В. Пикалов, И. П. Емельянов, Е. В. Агеев // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – № 1(58). – С. 36-43.

4. Уточненный расчет коэффициента технической готовности подвижного состава / Б. Ж. Шойбеков, А. Т. Туленов, А. Ж. Асанов, Е. О. Турсынбаев // Лучшая студенческая статья 2021 : сб. ст. XXXVIII Междунар. науч.-исслед. конкурса, Пенза, 25 авг. 2021 г. – Пенза : Наука и Просвещение, 2021. – С. 108-111.

5. Тахтамышев, Х. М. Методика прогнозирования коэффициента технической готовности при обновлении парка автомобилей АТП / Х. М. Тахтамышев, С. А. Белов // Научный вестник Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт». – 2020. – № 2. – С. 9-15.