

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Кокарева Олега Петровича на тему «Обеспечение безотказной работы тормозной системы автомобилей категории М1 при реализации ресурса её элементов», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.5. – Эксплуатация автомобильного транспорта (технические науки)

### **Актуальность темы**

Актуальность темы диссертационной работы определяется необходимостью повышения безопасности дорожного движения, в том числе методом совершенствования технического обслуживания тормозной системы (ТорС), которая является основополагающей системой активной безопасности автомобиля. Непрерывно-растущая стоимость запасных частей для автомобилей причине нестабильности экономического сектора РФ (повышение НДС, постоянно меняющаяся налоговая ставка ЦБ и пр.) и отсутствие конкретных рекомендаций по техническому обслуживанию элементов тормозной системы в нормативно-технической документации заводов-изготовителей автомобилей с учётом условий движения и обеспечения требуемого уровня безотказности являются проблемой в технической эксплуатации легковых автомобилей.

В связи с этим диссертационная работа Кокарева Олега Петровича, посвященная актуальной проблеме обеспечения безотказной работы тормозной системы автомобилей категории М1 в эксплуатации при оценке ресурса элементов колёсного тормозного механизма – конечного исполнительного устройства тормозной системы с гидравлическим приводом, соответствует критерию «Актуальность исследования».

### **Степень обоснованности и достоверности**

Обоснованность и достоверность результатов, выводов и рекомендаций, приведенных в рецензируемой работе, подтверждается:

- корректностью допущений, применением математического моделирования в качестве основного инструмента исследования, достаточным количеством экспериментальных исследований и их обработкой методами математической статистики, теории вероятностей и применением современных средств ИТ;
- отсутствием противоречий с ранее проводимыми исследованиями других ученых по направлению технической эксплуатации тормозных механизмов.

## **Научная новизна и практическая значимость результатов диссертации**

Полученные в диссертационной работе результаты исследований являются новым вкладом в решение важной научно-технической проблемы, а именно: повышения эффективности и надежности работы тормозных механизмов легковых автомобилей в эксплуатации путем разработки методики прогнозирования остаточного ресурса элементов тормозного механизма с учетом условий эксплуатации автомобиля и регламента технического обслуживания.

Целью исследования является обеспечение требуемого уровня безотказной работы тормозной системы при реализации ресурса элементов колесного тормозного механизма с учетом регламентных работ.

Новыми результатами диссертации, полученными автором, являются:

1. Установлена зависимость интенсивности работы тормозной системы автомобиля от условий движения «Город» и «Трасса», количественная оценка соотношения которых легла в основу дополнительной классификации условий движения (глава 3, разделы 3.1-3.2);

2. Предложены: методический подход, алгоритм и программно-инструментальная среда для получения статистических данных энергонагруженности тормозного механизма при торможении в реальных условиях (глава 3, разделы 3.3-3.4);

3. Определены зависимости времени и пути торможения от действующих факторов в процессе торможения на основании регрессионного анализа статистических данных энергонагруженности тормозного механизма (глава 4, раздел 4.1);

4. Установлено соответствие экспоненциальному закону распределения циклового значения работы трения в тормозном механизме при торможении (глава 4, раздел 4.1);

5. получены математические модели для оценки удельной работы трения в тормозном механизме с учетом значений структурных параметров тормозных колодок и дисков, периодичности ТО и интенсивности работы тормозной системы (глава 4, раздел 4.2);

6. Предложена методика прогнозирования остаточного ресурса элементов тормозной системы на основе разработанных математических моделей, обеспечивающая требуемый уровень безотказности системы (глава 4, раздел 4.2).

Практическая значимость результатов данного диссертационного исследования заключается в использовании разработанной автором методики прогнозирования остаточного ресурса и программных продуктов ЭВМ для обеспечения требуемого уровня безотказной работы тормозных систем в сфере технического обслуживания автомобилей категории М1 за счёт более полного использования ресурса элементов тормозных систем.

Результаты выполненных исследований имеют практическую ценность для науки и промышленности, так как предложенная методика коррекции сроков замены тормозных колодок и дисков с учетом условий эксплуатации позволяет повысить эффективность использования автомобилей, что подтверждается актами внедрения результатов работы на ООО «Авто-Моторс» и на кафедре автомобильного транспорта, безопасности и управления качеством ВлГУ, а также свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ и патентом на полезную модель.

### **Обоснованность и достоверность научных положений и выводов**

Оценка достоверности основных выводов проведена соискателем на основании анализа результатов теоретических исследований, изложенных в диссертационной работе.

Достоверность результатов обеспечена высоким уровнем применявшихся методов обработки статистических данных.

1. **Первый вывод**, полученный на основании анализа безопасности дорожного движения, содержит утверждения о том, что в год в дорожно-транспортных происшествиях в РФ погибает в среднем более 600 человек из-за потери работоспособности тормозной системы. Увеличение стоимости запасных частей негативно влияет на финансово-экономические показатели в сфере технической эксплуатации автомобилей. Техническое состояние элементов тормозных механизмов имеет решающее значение в оценке эффективности работы всей тормозной системы. Существующая нормативно-техническая документация не регламентирует методы оценки остаточного ресурса элементов тормозной системы. Вывод соответствует тексту первой главы научного исследования.

2. **Во втором выводе** содержится информация о том, что автором была исследована интенсивность работы тормозных систем на дорогах 1 и 2 категории условий эксплуатации. Интенсивность работы тормозных систем характеризуется количеством рабочих циклов за км пробега и зависит от категории условий эксплуатации с соответствующими ей характеристиками и категориями дорог по «ГОСТ Р 52398-2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования». Существенное различие в количестве рабочих циклов TopC наблюдается только между I и V категориями дорог и составляет 0,1 и 6,8 р.ц./км соответственно. Сгруппированы и выделены условия движения автомобиля: «Город», «Трасса». Предложено производить оценку интенсивности работы TopC по критерию - коэффициент условий движения  $K_{уд}$ , рекомендуемые значения которого сформированы в предложенной дополнительной классификации условий движения (ДКУД), что подтверждается приведенным текстом 3 главы исследования.

3. В третьем выводе содержится положение о том, что предложен коэффициент условий движения  $K_{уд}$ , который назначен в качестве критерия оценки интенсивности работы ТопС. Коэффициент условий движения  $K_{уд}$  позволяет оценивать интенсивность работы ТопС в смешанных условиях движения автомобиля, оказывающих влияние на ресурс элементов ТопС. Обоснованные значения изменяются от 1,17 при условиях эксплуатации автомобиля - 10% в условиях «Город» и 90% в условиях «Трасса» и до 7,25 для эксплуатации - 90% в условиях «Город» и 10% в условиях «Трасса». Результаты получены при обработке экспериментальных данных, приведенных автором в разделе 3.2 диссертации.

4. Четвертый вывод содержит сведения о том, что автором предложен методический подход для получения статистических данных по параметрам энергонагруженности ТМ при торможении в реальных условиях, который основан на применении программно-технического комплекса сбора данных. Достоверность результатов исследования обеспечивается применением отладочного тормозного стенда, защищенного патентом на полезную модель и специально разработанной программой, написанной на языке *Python* (подтверждаются текстом раздела 3.3 диссертационной работы), статистическая обработка которых показывает соответствие распределению циклового значения работы трения в тормозном механизме по экспоненциальному закону (согласно тексту 4 главы, раздел 4.1).

5. Положения пятого вывода свидетельствуют о том, что автором разработана математическая модель энергетического анализа процесса торможения для оценки остаточного ресурса тормозных колодок и тормозных дисков. Остаточная удельная работа  $q_A^{ост}$  трения зависит от остаточной толщины элементов тормозного механизма  $Y_{ост}$ . Межсервисная удельная  $q_A^{МСИ}$  работа трения оценивается с учетом значений критерия работы тормозной системы  $K_{уд}$  и межсервисного интервала  $L_{ТО}$  автомобиля. Определено, что для ТМ с конструктивными параметрами исследуемого автомобиля межсервисная удельная работа составляет: - для передней оси в I группе ДКУД 15333 кДж/см<sup>2</sup>, II группе ДКУД 23997 кДж/см<sup>2</sup>, III группе ДКУД 32661 кДж/см<sup>2</sup>, IV группе ДКУД 41325 кДж/см<sup>2</sup>; - для задней оси в II группе ДКУД 8210 кДж/см<sup>2</sup>, III группе ДКУД 11174 кДж/см<sup>2</sup>, IV группе ДКУД 14138 кДж/см<sup>2</sup>, что подтверждается текстом раздела 4.2 диссертационной работы.

6. Шестой вывод свидетельствует о результатах оценки ресурса элементов тормозного механизма по предложенной методике прогнозирования остаточного ресурса с учетом условий движения автомобиля по ДКУД и характеристик применяемых тормозных колодок. Определено, что при фактической толщине передних тормозных колодок исследуемого автомобиля  $Y_{ф1}=11,64$  мм и значении критерия работы тормозной системы  $K_{уд}=4,72$ , значение остаточной удельной работы  $q_{A1}^{ост}=24620$  кДж/см<sup>2</sup>, которое превосходит значение межсервисной удельной работы для передней оси  $q_{A1}^{МСИ}$  только в I и II группе ДКУД. Для

эксплуатации в III и IV группе требуется замена передних ТК. Оценка эффективности методики прогнозирования остаточного ресурса ТК показывает, что экономия финансовых ресурсов в год составляет от 325,8 до 1231,5 руб. на один автомобиль при среднегодовом пробеге 15000 км за счет более полной реализации ресурса элементов ТопС (глава 4, разделы 4.2 и 4.3).

Таким образом, рассматриваемая диссертационная работа соответствует критериям «Научная новизна» и «Практическая ценность». Научные положения и выводы диссертационной работы КОКАРЕВА ОЛЕГА ПЕТРОВИЧА обоснованы и достоверны.

### **Общая характеристика работы**

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы из 122 наименований и приложений. Работа изложена на 148 страницах основного текста, с использованием восьми приложений на 24 страницах.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, показана степень ее разработанности, сформулированы основная идея работы, ее цели и задачи, определены основные положения, выносимые на защиту, показана новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

**В первой главе** выполнен анализ современных тенденций, формирующих необходимость совершенствования процесса эксплуатации вообще и периодичности замены тормозных колодок в частности, проведен сравнительный анализ аварийности дорожного движения в целом по странам и по техническим причинам, приведшим к рассматриваемым последствиям. Показано влияние неисправностей тормозов автомобилей на аварийность.

**Во второй главе** описана общая методика оценки работы тормозных механизмов, приведены и описаны расчётный и статистический методы оценки работоспособности тормозных систем.

**В третьей главе** диссертации представлены результаты экспериментальных исследований по определению интенсивности работы тормозной системы в зависимости от условий эксплуатации и соответствующих характеристик дорог, по которым осуществляется движение. Выполнено описание оборудования, на котором выполнялись исследования, монтаж его на автомобиль.

**В четвертой главе** представлены основные результаты теоретических исследований процесса износа тормозных колодок во время эксплуатации. Приведены основные зависимости параметров движения автомобиля при торможении. Выделены основные факторы, характеризующие влияние работы трения на техническое состояние элементов тормозного механизма. Приведены значения плотности распределения частоты удельной работы трения в тормозных механизмах, определенные путем статистического метода обработки информации. Предположение о распределении работы трения по экспоненциальному закону подтверждается. Установлена допустимая рабочая толщина тормозных колодок.

Рассчитана экономическая эффективность применения нового метода оценки сроков замены тормозных колодок.

Характеристика диссертации в целом. Структура диссертации имеет классический вид трудов, направленных на повышение эффективности работ по техническому обслуживанию автомобилей. Описание материала исследований Олега Петровича изложено научно и технически грамотно. Это облегчает знакомство с работой и понимание сути проведенных исследований. Главы логично переходят друг в друга и заканчиваются выводами, что помогает восприятию работы как единого и законченного исследования. Графики и таблицы информативны. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

### **Замечания**

1. В тексте работы отсутствуют сведения о том, чем именно, в научном плане, отличается работа автора от ранее выполненных работ. Так проблемам прогнозирования остаточного ресурса тормозных механизмов посвящено множество работ, а чем именно предложенная автором модель отличается от ранее предложенных не сказано.

2. На рисунке 4.5, стр. 120 при определении остаточного ресурса тормозных колодок использована линейная зависимость их структурных параметров от наработки. Между тем, с уменьшением толщины тормозной накладки возрастает ее тепловая нагруженность, а соответственно, интенсивность изнашивания, что относит сопряжение колодка-диск к динамически нагруженным, а потому предполагает экспоненциальный характер зависимости.

3. При определении величины нагружения тормозных механизмов, алгоритм (рисунок 3.16, стр. 95) предполагает, кроме прочих параметров, фиксировать скорость автомобиля. Однако, как отмечает сам автор, при торможении на спуске скорость автомобиля может не изменяться, от чего информативность данного параметра нивелируется. Возможно большую ценность, в данном случае, имели бы показания датчика уклона, который штатно устанавливается в системы помощи при трогании в гору и др.

4. Вызывают сомнения данные, приведённые на рисунке 4.9, согласно которым, произошло физическое уменьшение парка легковых автомобилей в период с 2021 по 2022 годы на 10% (с 50,5 млн. штук до 45,5 млн. штук). В отчёте РСА весь парк зарегистрированных автомобилей (не только легковых) в 2021 году составлял 64 млн. штук, а в 2022 – 64,5 млн. Автор имел ввиду парк новых автомобилей?

Отмеченные замечания не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации и не ставят под сомнение значимость проведённых исследований.

## **Публикации**

Количество публикаций по теме диссертации в виде 15 печатных работ, в том числе 5 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК, говорит о достаточной апробации основных положений диссертации. В публикациях Кокарева Олега Петровича подробно раскрываются все части его диссертации.

## **Соответствие содержания диссертации и реферата**

Название диссертации соответствует её содержанию. Диссертация оформлена в соответствии с нормативными требованиями к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук. Изложение материала ясное для понимания положений работы специалистами. По содержанию диссертация соответствует специальности 2.9.5 – «Эксплуатация автомобильного транспорта».

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы и в достаточной мере отражает основные научные положения, выводы и рекомендации, научную и практическую значимость работы.

## **Соответствие содержания диссертационной работы паспорту специальности**

Диссертационная работа соответствует требованиям паспорта научной специальности ВАК 2.9.5 – «Эксплуатация автомобильного транспорта», по пунктам: п.11 «Эксплуатационная надёжность автомобилей, агрегатов и систем», п.12 «Закономерности изменения технического состояния автомобилей, их агрегатов и систем, технологического оборудования предприятий, совершенствование на их основе систем технического обслуживания и ремонта, определение технических нормативов» и разделу п.13 в части исследования рациональных сроков службы элементов автомобилей.

## **Общее заключение**

Диссертация выполнена автором самостоятельно. Работа содержит новые научные результаты в области исследования, обеспечившие решение важной научно-практической задачи – повышение уровня работоспособности тормозной системы.

Следует отметить, что текст работы имеет ясное изложение, хорошо поставленным, грамотным техническим русским языком, с использованием терминов, понятий и определений, принятых в нормативно-технической документации и научно-технической литературе.

Замечания, приведенные выше, носят преимущественно рекомендательный характер и ни в коей мере не снижают значимости представленной работы для науки, техники и производства.

На основании сказанного выше считаю, что диссертационная работа «Обеспечение безотказной работы тормозной системы автомобилей категории М1 при реализации ресурса ее элементов», а также автореферат данной работы, соответствуют паспорту специальности 2.9.5. «Эксплуатация автомобильного транспорта» и требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842, а ее автор Кокарев Олег Петрович, заслуживает присуждения ему ученой степени **кандидата технических наук** по специальности 2.9.5. «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Официальный оппонент:

Гребенников Сергей Александрович

доктор технических наук, доцент, 2.9.5 - (Эксплуатация автомобильного транспорта), доцент кафедры «Организация перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

E-mail: prrector@sstu.ru

тел./факс: +7 (8452) 99-88-11, 99-88-22

<https://www.sstu.ru>

Я, Гребенников Сергей Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку

«03» *август* 2026



(подпись)

Подпись заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета

СГТУ имени Гагарина Ю.А.



Потапова Анжелика Владимировна