

## О Т З Ы В

официального оппонента  
на диссертационную работу  
СЕРЕБРЯКОВА Игоря Андреевича

«Снижение трудоемкости диагностирования автомобилей на основе данных безотказности методом структурной оптимизации алгоритмов»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта»

### **1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите**

В диссертации рассмотрена проблема улучшения технологии диагностирования автомобилей, их агрегатов, узлов и систем посредством совершенствования неотъемлемой и главенствующей ее части – алгоритмов диагностирования. Совершенство последних позволяет в процессе технического обслуживания более эффективно решать основную задачу диагностирования – определение технического состояния объекта с большей достоверностью и осуществлять прогнозирование его дальнейших изменений. В целом эти этапы позволяют более эффективно управлять техническим состоянием машин. Объектами исследования являются процессы диагностики автомобилей, их агрегатов, узлов и систем, а предметом исследования – алгоритмы диагностирования автомобилей, их агрегатов, узлов и систем.

Результаты научных исследований расширяют область знаний в теории и практике технической эксплуатации автомобильных транспортных средств, а именно диагностирования автомобилей, что соответствует пункту 7 Паспорта специальности 05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта», утвержденного приказом ВАК Республики Беларусь от 1 марта 2023 года, № 45. Содержание диссертации соответствует техническим наукам.

Защита диссертации по указанной специальности обоснованна.

### **2. Актуальность темы диссертации**

Актуальность определяется при эксплуатации автомобильного транспорта необходимостью проведения регулярного технического обслуживания и ремонта машин, а также сопряженных с ними операций диагностирования, трудоемкость которых достигает значительных значений. Новые алгоритмы диагностирования сложных электронных систем управления, оригинальные технические решения в конструкции диагностического оборудования являются одним из рычагов вывода эксплуатирующей технику предприятий на более высокий уровень развития. Воплощение такого пути развития во многом связано с разработкой, исследованием и освоением новых механизмов и алгоритмов диагностирования машин, совершенствованием существующих на основе прогрессивных наукоемких компонентов.

*вх. № 11-52/88  
от 11.10.2023*

Особенностью рассматриваемой диссертации является разработка метода совершенствования алгоритмов диагностирования. Результат достигается путем преобразования диагностической карты к формату расширенного графа, дополненного данными о трудоемкости операций и вероятности исходов, переводе созданного графа в цифровой формат для последующей цифровой обработки и непосредственно самой оптимизации.

Тематика исследований соответствует приоритетным направлениям научной деятельности в Республике Беларусь на 2021-2025 гг. Актуальность работы подтверждается тем, что она выполнена в соответствии с государственными (инициативными) программами научных исследований кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» БНТУ ГБ 16-206, ГБ 21-207, ГБ 21-07/7, а также именного гранта Министерства образования для соискателя.

### **3. Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту**

По диссертации соискателем выносятся на защиту 4 научные положения, из них 3 положения в целом носят теоретический характер, 1 – прикладной. Указанные положения включают результаты теоретических и экспериментальных исследований показателей безотказности и практики диагностирования машин, позволившие установить эмпирические зависимости распределения отказов, оценить трудозатраты на диагностирование и доказать возможность их снижения за счет реструктуризации алгоритма; метод оптимизации алгоритмов диагностирования машин с преобразованием диагностической карты до формата расширенного графа и его переводом в цифровой формат, оптимизацией алгоритма диагностирования с преобразованием в графическую форму; способ сравнительной оценки алгоритмов диагностирования посредством моделирования потока отказов и дополняемый практическими данными в процессе диагностирования. Автором получены соответствующие диаграмма взаимозависимости и гистограмма распределения трудоемкости.

Положения, выносимые на защиту, являются новыми. Основные результаты диссертации изложены в четырех пунктах заключения, которые достаточно обоснованы теоретическими исследованиями.

Большинство научных результатов получено диссертантом впервые и заслуживает высокой оценки. Это относится к результатам теоретических и экспериментальных исследований показателей безотказности и практики диагностирования машин, которые позволили установить эмпирические зависимости распределения отказов, оценить трудозатраты на диагностирование и доказать возможность их снижения за счет реструктуризации алгоритма (п.1); методу оптимизации алгоритмов диагностирования машин с преобразованием диагностической карты до формата расширенного графа и его переводом в цифровой формат, оптимизацией алгоритма диагностирования с преобразованием в графическую форму (п.2); способу сравнительной оценки алгоритмов диагностирования посредством моделирования потока отказов и дополняемого практическими данными в процессе диагностирования (п.3).

#### **4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций**

В конце каждой из пяти глав изложены выводы, а по диссертации в целом – заключение с основными научными результатами.

Все выводы и результаты подтверждаются теоретическими и экспериментальными исследованиями. В диссертации широко использованы современные методы исследований и компьютерного моделирования.

В работе применялся математический аппарат теории вероятности.

При анализе законов построения алгоритмов и изменении их структуры применялись положения теории графов, формирование и визуализация которых осуществлялись в программе Microsoft Visio. Оцифровка графов проводилась в форме таблиц в программе Microsoft Excel.

Данные исследований анализировались на языке программирования JavaScript в среде программирования Microsoft Visual Studio Code.

#### **5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации**

Научная значимость результатов диссертации заключается в установлении эмпирических зависимостей распределения отказов, оценке трудозатрат на диагностирование и возможности их снижения за счет реструктуризации алгоритма; разработке метода оптимизации алгоритмов диагностирования машин с преобразованием диагностической карты до формата расширенного графа и его переводом в цифровой формат, оптимизацией алгоритма диагностирования с преобразованием в графическую форму; разработке способа сравнительной оценки алгоритмов диагностирования посредством моделирования потока отказов и дополняемого практическими данными в процессе диагностирования.

Практическая значимость заключается в использовании метода оптимизации алгоритмов диагностирования двигателей легковых автомобилей СОАО «Минск-Лада» и СООО «Атлант-М Фарцойгхандель» для снижения трудоемкости диагностирования автомобилей, их агрегатов, узлов и систем, адаптации диагностического процесса к практике предприятия при сохранении полноты диагностирования. Соискателем разработаны и переданы для персонала названных организаций автосервиса инструкция и рекомендации по улучшению диагностирования автомобилей. Этапы практического использования подтверждаются соответствующими актами внедрения в образовательный процесс и справками о практическом использовании.

Результаты выполненных исследований имеют существенную значимость для организаций, эксплуатирующих автомобильный транспорт и оказывающих услуги автосервиса.

Экономическая значимость результатов диссертации выражена в годовом росте прибыли и росте рентабельности СОАО «Минск-Лада».

Кроме того, материалы диссертации могут использоваться в учебных заведениях при подготовке инженерных кадров сферы автосервиса.

## **6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати**

Результаты диссертации прошли апробацию на международных конференциях в Республике Беларусь и Российской Федерации.

По теме диссертации опубликовано 17 работ, в том числе одна монография в соавторстве, 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РБ, 3 статьи в научных журналах, 8 тезисов докладов и материалов на международных научных конференциях.

Автореферат содержит наиболее значимые теоретические и практические результаты, полученные автором в результате работы над диссертацией, и достаточно полно отражает ее содержание.

В диссертации отсутствуют результаты и положения, выносимые на защиту, которые не прошли публичную апробацию и не были опубликованы в научных изданиях.

## **7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК РБ**

Диссертация содержит введение, общую характеристику работы, 5 глав с выводами в конце каждой главы и заключение по работе в целом, библиографический список, содержащий список использованных источников из 93 наименований и список публикаций соискателя из 17 пунктов. Также имеются приложения, в которых приведены результаты анализа отказов, акты внедрения результатов диссертационной работы в учебный процесс, свидетельство о регистрации компьютерной программы, справка о практическом использовании результатов исследования.

Все разделы диссертации оформлены аккуратно в соответствии с требованиями ВАК РБ.

По содержанию диссертации имеются отдельные замечания.

Во введении на стр. 6 не раз употребляется термин «условные алгоритмы», который следовало бы пояснить, так как в материалах диссертации он приводится и в дальнейшем.

В первой главе приведен весьма обстоятельный аналитический обзор по теме диссертации, однако в дальнейшем некоторые сведения не используются или не получили развития.

Замечания:

1. На странице 14 приводятся четыре базовые свойства надежности (безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость), которые автор называет показателями. Известно, что у каждого из перечисленных свойств есть свои показатели. Так, к безотказности относят порядка шести показателей.
2. Первая глава диссертации излишне перенасыщена историческими сведениями о этапах развития и совершенствования двигателей внутреннего сгорания, систем управления. Материал о трудоемкости ремонтно-обслуживающих работ в середине прошлого века на

- территории Советского Союза также какой-либо значимости не имеет, приводить его в материалах диссертации не следовало.
3. Заключение о том, что с увеличением возраста и пробега автомобиля возрастает удельная трудоемкость его обслуживания и ремонта общеизвестно любому инженеру, дополнительных разъяснений оно не требует.
  4. Информация, представленная на рисунках 1.2 и 1.3, является общеизвестной.
  5. Вопросам дистанционного мониторинга транспортных средств посредством мобильных приложений следовало уделить большее внимание.
  6. В обзорной части следовало бы представить принципиальную схему рассматриваемой системы управления двигателем, указать основные ее компоненты, так как все последующие этапы работы касаются диагностирования именно ее.

Вторая глава посвящена описанию материалов и методов исследования, а также используемого оборудования. В этой главе автор утверждает об использовании 130 диагностических карт из официального руководства по устройству и диагностированию электронной системы управления двигателем ВАЗ 21129; базы данных, содержащей полный перечень величин трудоемкости выполнения операций ТО, ремонта и диагностирования автомобилей марки Lada; данных о 521 случае обращения в организацию автосервиса по вопросам диагностирования.

Замечания.

7. На стр. 23 говорится о 521 случае обращения в организацию автосервиса по вопросам диагностирования различных неисправностей. В этой связи встает вопрос, все ли случаи фиксации неисправностей были приравнены соискателем к категории отказов?
8. На странице 26 приведены фотографии стендов, моделирующих антиблокировочную тормозную систему и роботизированную коробку передач. Какие-либо особенности данных стендов не раскрыты, соискатель ограничился лишь фото. Данный материал нигде более в диссертации не фигурирует.

В 3-й главе представлены результаты исследования типовой практики диагностирования двигателей в условиях предприятий автомобильного транспорта, приведено описание существующей практики диагностирования автомобилей, рассмотрены документы, определяющие порядок диагностирования.

Замечания.

9. В работе научное предположение (гипотеза) о неоптимальности используемых для диагностирования карт касается только автомобилей Lada, которые взяты соискателем под рассмотрение.
10. Первый же абзац главы 3 на странице 30 содержит повтор содержания предыдущих двух глав. Приводить его явно не следовало. Это замечание касается и других глав диссертации.

11. Подрисуночная надпись, в особенности формулировка «...датчика частоты вращения антиблокировочной системы», на странице 35 сформулирована некорректно.
12. Приведенные на рисунках 3.4 и 3.5 рабочие окна программ диагностирования соответственно ESI[Tronic] и MotorData и сопровождающее их ниже утверждение о недостаточном внимании последовательности процесса осуществления проверок требуют дополнительных разъяснений, как впрочем, и заключение о «исчерпывающей информации относительно технических особенностей процесса диагностирования» посредством данных программ.
13. Центральным понятием в теории надежности является отказ, поэтому и соискателю следовало строго придерживаться этого термина.

В главе 4 изложены этапы разработки метода оптимизации алгоритмов диагностирования, включающего ряд преобразований диагностической карты и позволяющего достичь снижения трудоемкости работ.

14. Ряд формулировок в начале главы, таких как «техническо-математическим преобразованием», «Алгоритмы, разработанные методом, должны быть понятными и убедительными», «Эффективность разработанного метода должна быть доказана и оценена некоторым способом» требуют пояснений и редактирования. Это касается и термина «канонической диагностической карты» на стр. 56.
15. Особо важной проблемой диагностирования действительно является несовершенство диагностических алгоритмов и карт, исходящих от заводов-изготовителей. Практика диагностирования машин является тому сильным подтверждением. В этой связи соискателю, так как он ведет речь об оптимизации, следовало на одном примере коснуться повышения полноты диагностирования конкретной машины, пусть даже частично, а не ограничиваться только рекомендациями.
16. Инженерный анализ диагностической карты согласно материалам диссертации возлагается на квалифицированного, технически грамотного специалиста с опытом работы в сфере диагностирования. Этот этап в рамках настоящего диссертационного исследования выполнялся соискателем?
17. На странице 60 среди трех недочетов диагностических карт приводится недочет, связанный с отсутствием определенных действий, так называемые потерянные исходы. Ниже приводится описание операций с древовидными ориентированными графами и утверждение о устранении вышеизложенных недостатков диагностической карты. Каким образом это достигается?
18. Оптимизация алгоритма достигается исключительно за счет перестановок... в любое место основной вертикальной ветви?

19. Абсолютно верны утверждения соискателя на стр. 73 о эффективности алгоритмов, где осуществляется обход исходов без предварительных проверок, как и бывает зачастую на практике. Здесь следовало лишь добавить рекомендации отталкиваться в работе от среднестатистических данных интенсивности отказов узлов и агрегатов машин, которые все приоритетные направления диагностирования и содержат.

В пятой главе автором представлен анализ эффективности разработанного метода оптимизации. При этом описан способ оценки эффективности алгоритмов, основанный на моделировании потока отказов посредством метода Монте-Карло. Дана оценка экономической эффективности применения разработанного метода.

Замечания.

20. Соискатель оперирует одинаково терминами «неисправность» и «отказ» не учитывая, что не любая неисправность приводит к нарушению работоспособного состояния машины. В теории надежности применимы лишь два понятия – повреждение и отказ.
21. Затруднительно отследить последовательность и механизм формирования данных трудоемкости выявления неисправностей в таблице 5.2 на странице 88.

## **8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует**

Оценивая результаты научных исследований, методологию их проведения, можно с уверенностью утверждать, что соискатель является грамотным специалистом, хорошо владеет методами математического моделирования, умело использует математический аппарат и современные компьютерные программы.

Судя по научным публикациям, участию в международных конференциях, автор диссертации является одним из ведущих специалистов в данной области.

Научная и профессиональная эрудиция соискателя, полученные результаты исследований позволяют сделать вывод о его высокой научной квалификации, умении самостоятельно формулировать и решать сложные научно-технические задачи и его соответствии искомой степени кандидата технических наук.

## **9. Заключение**

Диссертация Серебрякова Игоря Андреевича «Снижение трудоемкости диагностирования автомобилей на основе данных безотказности методом структурной оптимизации алгоритмов» является законченной научно-исследовательской работой, содержащей все аспекты квалификационной работы. Она полностью удовлетворяет требованиям пп. 20, 21 Положения ВАК Республики Беларусь к кандидатским диссертациям, и ее автор, Серебряков Игорь Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата техни-

ческих наук по специальности 05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта» за научное обоснование подходов к диагностированию автомобилей с электронными системами управления для снижения трудоемкости выполняемых работ, включающие:

– закономерности распределения отказов и трудоемкости диагностирования от пробега автомобилей и иерархии операций проверки в технологических картах, позволившие доказать возможность снижения трудозатрат на диагностирование за счет реструктуризации алгоритмов;

– метод оптимизации алгоритмов диагностирования машин с преобразованием диагностической карты до формата расширенного графа и его переводом в цифровой формат, оптимизацией алгоритма диагностирования с обратным преобразованием в графическую форму;

– способ сравнительной оценки алгоритмов диагностирования посредством моделирования потока отказов и дополняемый практическими данными в процессе диагностирования;

что в совокупности позволило достичь снижения трудоемкости диагностирования в среднем на 27,7 %, повысить рентабельность диагностирования легковых автомобилей на 10%.

кандидат технических наук, доцент,  
зав. кафедрой  
«Технологии и организация  
технического сервиса»  
Белорусского государственного  
аграрного технического университета

В.Е. Тарасенко

11.10.2023г.

дата

Подпись к.т.н., доцента Тарасенко В.Е. заверяю

Начальник отдела кадров



*Яшич*

Сотыван азнамен 11.10.2023

А. Герасіман І.А.

*Полуцен*

11.10.23

*А.А.У. Садошов*