

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
Политехнический институт  
Кафедра Транспорт

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Е.С. Воеводин

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИССЕРТАЦИЯ)

**«УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ  
ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ПОДВЕСОК ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ»**

23.06.01 «Техника и технологии наземного транспорта»

05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Научный  
руководитель

\_\_\_\_\_

к.т.н., проф  
В.Н. Катаргин

Выпускник

\_\_\_\_\_

П.Г. Руденко

Красноярск 2021

**Руденко Павел Геннадьевич**

**АННОТАЦИЯ**

**Научно-квалификационной работы (диссертации)**

**«УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ  
ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ПОДВЕСОК ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ»**

**23.06.01 «Техника и технологии наземного транспорта»**

**05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта**

**Актуальность темы исследования.** Автомобильный транспорт является неотъемлемой составляющей инфраструктуры государства. На долю транспорта в Российской Федерации приходится более 50% объема пассажирских перевозок и более 75% грузовых перевозок.

Современный автомобиль представляет из себя сложную техническую систему в которой одновременно функционирует большое количество узлов и агрегатов. С каждым годом агрегаты и системы автомобилей становятся сложнее. С усложнением техническим систем автомобиля, у ряда узлов и агрегатов могут проявляться неявные отказы. Подобные отказы имеют скрытый, неявный характер проявления, при этом не наблюдается явных признаков изменения технического состояния систем или подсистем автомобиля. Проявление подобного рода отказов может быть вызвано достаточно узким эксплуатационным диапазоном узлов и агрегатов, заложенным при проектировании заводом изготовителем. Как показывает практика, доля подобного вида отказов растет (потеря сигнала CAN-шины, засорение клапана EGR и т.д.). Также к таким видам отказа, можно отнести отказ пневмоподвески автомобиля.

Отказ системы пневмоподвески, в теории надежности, можно отнести к классу «неявных», поскольку отказ системы происходит внезапно, при этом все элементы пневмоподвески остаются неповрежденными.

Некоторые виды отказов классифицируются как опасные (получение травм и гибель людей), отказ системы пневмоподвески также можно отнести к классу опасных. Известно, что все пневматические системы, используемые на автомобилях, тормозная система или пневматическая подвеска, подвержены значительному влиянию от образования сконденсированной влаги в этих системах при низких температурах. Это проявляется большим количеством отказов пневмосистемы, как частично, так и полностью.

На рынке продаж автомобилей наблюдается тенденция роста спроса на автомобили премиум сегмента, оборудованных системой пневмоподвески. Пневматическая подвеска обеспечивает высокую плавность хода, что

доставляет клиенту комфорт и безопасность. Отказ элементов пневмосистемы отражается на функциональных способностях, потери работоспособности, также влияет на безопасность жизни людей.

В настоящее время отсутствует регламент завода изготовителя по выявлению, предупреждению и устранению данных видов отказа.

В связи с этим исследования, направленные на разработку системы обеспечения работоспособности пневмоподвески, актуальны и имеют большую практическую значимость.

**Объектом диссертационного исследования** является стохастические процессы изменения технического состояния пневмоподвески автомобиля в суровых природно-климатических условиях эксплуатации.

**Предметом диссертационного исследования** является закономерность вероятности возникновения отказов пневмоподвески автомобиля, не имеющих признаков изменения технического состояния и построение профилактической стратегии для повышения лояльности клиентов.

**Рабочей гипотеза.** Управление вероятностью появления неявных отказов систем, не имеющих явных признаков изменения технического состояния, на основе профилактических стратегий, на примере пневмоподвески автомобиля.

**Целью исследования** является повышение эффективности эксплуатации автомобилей оборудованных пневмоподвесками, в условиях проявления неявных отказов, не имеющих явных признаков изменения технического состояния, путем реализации профилактической стратегии, на основе прогноза их проявления.

**Задачи** исследования:

- произвести обзор и анализ выполненных исследований с целью обоснования научной новизны исследуемой темы.
- выбор и обоснование факторов, значимо влияющие на надежность пневмоподвески.
- установить закономерности влияния выбранных факторов, на показатели надежности пневматической системы.
- разработать математическую модель найденных закономерностей.
- разработать комплекс профилактических мер, на основе полученных параметров, связанных с обезвоживанием системы.
- разработка стенда, эмитирующего работу пневматической подвески, на натуральных компонентах.
- проведение качественной и количественной оценок степени влияния выбранных параметров на отказ пневматических систем.
- апробация результатов исследований в сфере сервиса легковых автомобилей

**Научная новизна диссертационного исследования**

- разработана и экспериментально подтверждена математическая модель определения оценки вероятности возникновения неявных отказов на примере системы пневмоподвески;

- обоснован интегральный диагностический параметр, оценивающий техническое состояние подсистем пневмоподвески, установлены закономерности изменения параметра технического по наработке;
- предложена и апробирована методика по определению оптимальных периодов технических воздействий, в условиях отсутствия явных признаков изменения технического состояния;
- разработан регламент поддержания в работоспособном состоянии пневматических систем в эксплуатации, включающий в себя комплекс технических, организационных и технологических мероприятий для проведения своевременного контроля технического состояния элементов пневмоподвески автомобиля на базе интегрального диагностического параметра и проведения профилактических мероприятий.

#### **Практическая значимость**

Практическая значимость определяется разработанным регламентом технического обслуживания, на основе интегрального диагностического параметра.

#### **Методы исследования**

При выполнении работы использовались положения теории надежности машин, методы математического анализа и статистической обработки экспериментальных данных, корреляционно-регрессионного анализа экспериментальных данных, математического моделирования влияния текущих значений диагностических параметров пневмоподвески на вероятность её безотказной работы.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

- методы управления техническим состоянием на основе оценки неявных отказов;
- результаты исследования надежности конструкции пневмоподвески VW Touareg в эксплуатации;
- методика определения момента технических воздействий, в условиях неявных отказов (не имеющих признаков изменения технического состояния);
- математическая модель определения вероятности безотказной работы пневмоподвески на базе диагностической информации о техническом состоянии её подсистем;
- профилактическая система обеспечения работоспособности пневмоподвески автомобиля в эксплуатации.

#### **Апробация результатов исследования и список публикаций**

Основные результаты исследования докладывались и обсуждались на трех научно-практических конференциях в Сибирском Федеральном Университете (СФУ) 2014-2015, IX Международной научно-технической конференции «Политранспортные системы» СГУПС 2016г, 106 МНТК "Безопасность транспортных средств в условиях эксплуатации" ИрНИТУ 2019г.

*В рецензируемых научных изданиях*

1. Руденко, П.Г. Управление техническим состоянием пневматических подвесок легковых автомобилей / В.Н. Катаргин, П.Г. Руденко, У.Н. Самокрутова, В.М. Терских // Транспорт наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2019. – №10. – С. 50 – 56.

*в других*

2. Руденко, П.Г. Особенности технической эксплуатации пневматической подвески на автомобилях премиум сегмента / В.Н. Катаргин, П.Г. Руденко, О.В. Жавнер // Политранспортные системы: материалы науч. конф., Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке. / Сибирский гос. унив. путей и сообщ. – Новосибирск: – 2017. – С. 400 – 403.

3. Руденко, П.Г. Стенд для проверки пневматической подвески легковых автомобилей и ее компонентов В.Н. Катаргин, П.Г. Руденко, О.В. Жавнер // Проспект Свободный – 2017: материалы науч. конф., посвященная Году экологии в Российской Федерации, 2017г. / Сибирский федеральный ун-т. – Красноярск: – 2017. – С. 56 – 58.

4. Руденко, П.Г. Оценка уровня надежности пневматических подвесок в условиях зимней эксплуатации / В.Н. Катаргин, П.Г. Руденко, В.М. Терских // Безопасность колёсных транспортных средств в условиях эксплуатации: материалы 06-й Международной научно-технической конференции / ИРНИТУ. – Иркутск: – 2019. – С. 473 – 476.

5. Руденко, П.Г. Проблемы эксплуатации автомобилей премиальных брендов с пневматической подвеской в суровых природно-климатических условиях (на примере г. Красноярск) / В.Н. Катаргин, П.Г. Руденко, С.В. Хмельницкий // Транспортные системы Сибири. Развитие транспортной системы как катализатор роста экономики государства: материалы международной научно-практической. конф. / Сибирский федеральный ун-т. – Красноярск: – 2016. Ч2 – С. 539 – 543.

6. Руденко, П.Г. Обзор основных отказов элементов пневматической подвески автомобилей премиум класса / В.Н. Катаргин, П.Г. Руденко, С.В. Хмельницкий // Проспект Свободный – 2015: материалы науч. конф., посвященной 70-летию Великой Победы. / Сибирский федеральный ун-т. – Красноярск: – 2015. – С. 56 – 58.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

На основании проведенного информационно-аналитического исследования установлены особенности технического обслуживания и ремонта автомобилей, оборудованных системой пневмоподвески. В принятом регламенте ТО (на примере исследуемых) автомобилей, операции контроля технического состояния элементов системы пневмоподвески не предусмотрены. Для обеспечения требуемого уровня надежности системы пневмоподвески необходимо с установленным регламентом периодичностью ТО автомобилей проводить диагностирование технического состояния элементов системы пневмоподвески, а также контроль диагностических параметров, с прогнозированием запаса безотказной работы.

1. Проведен обзор и анализ ранее проведенных исследований с целью обоснования научной новизны исследуемой темы, а также изучение недостатков конструкции системы пневмоподвески.

2. Разработана и экспериментально подтверждена математическая модель определения оценки вероятности возникновения неявных отказов на примере системы пневмоподвески.

3. Обоснован интегральный диагностический параметр, оценивающий техническое состояние подсистем пневмоподвески, установлены закономерности изменения параметра технического по наработке;

4. Разработан регламент поддержания в работоспособном состоянии пневматических систем в эксплуатации, включающий в себя комплекс технических, организационных и технологических мероприятий для проведения своевременного контроля технического состояния элементов пневмоподвески автомобиля на базе интегрального диагностического параметра и проведения профилактических мероприятий;

5. Предложена и апробирована методика по определению оптимальных периодов технических воздействий, в условиях отсутствия явных признаков изменения технического состояния, который был успешно апробирован на базе дилерского центра VW «АТЦ МЕДВЕДЬ», на что был получен соответствующий акт.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. В России насчитывается около 53 млн транспортных средств // Автостат URL: <https://www.autostat.ru/news/42973/> (дата обращения: 08.06.2021).
2. Обеспеченность автомобилями в крупнейших городах России. ТОП-20 // Автостат URL: <https://www.autostat.ru/press-releases/46332/> (дата обращения: 08.06.2021).
3. Руденко П.Г. Обзор основных отказов элементов пневматической подвески автомобилей премиум класса / Руденко П.Г. // Проспект свободный-2015. – 2015. – С. 78-81.
4. Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М., В.М. Власов, В.Г. Коваленко, В.А. Максимов, А.В. Постолит Техническая эксплуатация автомобилей. - 4-е изд. - М: Наука, 2001. - 535 с.
5. История создания пневматической подвески. [Электронный ресурс]: // Autoscience: сайт. 2016. Режим доступа: [http://www.autoscience.ru/blog/pnevmaticheskaja\\_podveska/](http://www.autoscience.ru/blog/pnevmaticheskaja_podveska/) 2014-11-27-54 (дата обращения: 11.02.2016).
6. Air suspension. [Электронный ресурс]: // Википедия: сайт. 2016. Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Air\\_suspension](https://en.wikipedia.org/wiki/Air_suspension) (дата обращения: 13.02.2016).
7. История создания и применения пневмоподвески. [Электронный ресурс]: // Arnot moscow: сайт. 2013. Режим доступа: <http://arnott-moscow.ru/Stati/2-Istorija-sozdanija-i-primenenija-pnevmoподveski.html> (дата обращения: 13.02.2016).
8. Пневматическая подвеска колес. [Электронный ресурс]: // Википедия: сайт. 2016. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 13.10.2015).
9. Пневматическая подвеска. [Электронный ресурс]: // Drive 2: сайт. 2016. Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/1472183/> (дата обращения: 13.02.2016).
10. Матчасть 14. Пневмоподвеска. [Электронный ресурс]: // Drive 2: сайт. 2016. Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/613228/> (дата обращения: 13.02.2016).
11. Пневмоподвеска. Плюсы и Минусы. [Электронный ресурс]: // Автоустройство: сайт. 2016. Режим доступа: <http://carakoom.com/blog/11622> (дата обращения: 17.02.2016).
12. Пневматическая подвеска автомобиля – комфорт и безопасность в дороге. [Электронный ресурс]: // Автогурман: сайт. 2016. Режим доступа: <http://avto-gurman.ru/ustroystvo-avtomobilya/195-pnevmaticheskaya-podveska-avtomobilya.html#title2> (дата обращения: 17.02.2016).

13. Пневматическая подвеска. [Электронный ресурс]: // Автомеханик: сайт. 2016. Режим доступа: <http://politcollege.ucoz.ru/news/> (дата обращения: 18.02.2016).
14. Пневматическая подвеска. [Электронный ресурс]: // Устройство автомобиля: сайт. 2016. Режим доступа: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/podveska/pnevmaticheskaya-podveska/> (дата обращения: 19.02.2016).
15. Пневмоподвеска - что это такое? Описание, характеристики. [Электронный ресурс]: // Автостим: сайт. 2016. Режим доступа: <http://autosteam.ru/helpful-info/306-pnevmaticheskaya-podveska> (дата обращения: 19.02.2016).
16. Пневматическая подвеска (пневмоподвеска). [Электронный ресурс]: // Ночь волков: сайт. 2016. Режим доступа: [http://www.wolfnight.ru/forum/forum\\_theme.php?theme=1058](http://www.wolfnight.ru/forum/forum_theme.php?theme=1058) (дата обращения: 13.02.2016).
17. Пневматическая подвеска (общая информация). [Электронный ресурс]: // Drive 2: сайт. 2016. Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/1615320/> (дата обращения: 21.02.2016).
18. Руденко П.Г. Обзор основных отказов элементов пневматической подвески автомобилей премиум класса / Руденко П.Г. // Проспект свободный-2015. – 2015. – С. 78-81.
19. О проблемах пневмоподвески в экстремальных условиях. [Электронный ресурс]: // Бардачок : сайт. 2016. Режим доступа: <http://pneuma.ru/bardachok/?p=226> (дата обращения: 23.02.2016).
20. Пневматическая подвеска автомобиля. [Электронный ресурс]: // Википедия: сайт. 2016. Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Air\\_suspension#cite\\_note-Werminghausen-5](https://en.wikipedia.org/wiki/Air_suspension#cite_note-Werminghausen-5) (дата обращения: 23.02.2016).
21. Пневматическая подвеска. История, устройство, плюсы и минусы. [Электронный ресурс]: // Авто эксперт блампер: сайт. 2016. Режим доступа: <https://blamper.ru/auto/wiki/hodovaya-chast/pnevmaticheskaya-podveska-3648> (дата обращения: 23.02.2016).
22. Кулешов М.Ю. Разработка алгоритма управления подвеской автомобиля малого класса: автореф. дис.: к.т.н.: 05.05.03 / Кулешов Михаил Юрьевич – Москва, 2003 – 14с.
23. Дьяков А.С. Повышение демпфирующих свойств подвесок АТС путем изменения структуры и характеристик резинокордных пневматических рессор: автореф. дис.: к.т.н.: 05.05.03 / Дьяков Алексей Сергеевич – Волгоград, 2009 – 13 с.
24. Аверьянов Г.С. Пневматическая подвеска: / Аверьянов Г.С. науч. Изд.: Судостроение, 1981. – 124 с.
25. Гасанов М.М. Стабилизация динамической нейтрали пневматической подвески АТС путем совершенствования конструктивных параметров регулятора уровня пола и его привода:



- автореф. дис.: к.т.н.: 05.05.03 / Гасанов Мирза Муртазалиевич – Махачкала, 2010 – 16 с.
26. О проблемах пневмоподвески // Комерсантъ: сайт. 2014. URL: <http://autopilot.kommersant.ru> (дата обращения: 19.10.2014).
27. Новиков В.В. Повышение виброзащитных свойств подвесок АТС за счет изменения структуры и характеристик пневмогидравлических рессор и амортизаторов: автореф. дис.: к.т.н.: 05.05.03 / Новиков Вячеслав Владимирович – Волгоград, 2005 – 18 с.
28. Калашников Б.А. Транспорт / Калашников Б.А. // Динамика модели автомобиля с упругодемпфирующими пневмоэлементами // Изв. вузов, Машиностроение, №6, 1985. С. 69 - 73.
29. Соколов А.Ю. Повышение виброзащитных свойств шин за счет внутренней пневматической демпфирующей системы: автореф. дис.: к.т.н.: 05.05.03 / Соколов Александр Юрьевич – Волгоград, 2014 – 14с.
30. Поздеев А.В. Повышение виброзащитных свойств двухполостных пневматических рессор на основе синтеза оптимальных алгоритмов коммутации полостей: автореф. дис.: к.т.н.: 05.05.03 / Поздеев Алексей Владимирович – Волгоград, 2012 – 22с.
31. Чернышов К.Ю. Улучшение виброзащитных свойств и стабильности характеристик пневмогидравлических рессор: автореф. дис.: к.т.н.: 05.05.03 / Чернышов Константин Юрьевич – Волгоград, 1999 – 19с.
32. Лебедеико И.Б. Выбор параметров двухкамерных пневматических и гидравлических систем виброизоляции с межкамерными элементами гашения вибрации: автореф. дис.: к.т.н.: 05.05.03 / Лебедеико Игорь Борисович – Москва, 2002 – 16с.
33. Похлебин А.В. Повышение виброзащитных свойств пневмогидравлических рессор за счет саморегулируемых адаптивных демпферов: автореф. дис.: к.т.н.: 05.05.03 / Похлебин Алексей Владимирович – Волгоград, 2012 – 14с.
34. Андрейчиков А.В. Разработка пневматических систем виброизоляции сиденья машиниста локомотива с использованием автоматизированных методов поискового конструирования: автореф. дис.: к.т.н.: 05.05.01 / Андрейчиков Александр Валентинович – Брянск, 1984 – 17с.
35. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: учебное пособие/ Нащокин В.В. 2-ое изд. перераб. и доп. – М.: «Высшая школа», 1975. – 214 с.
36. Будыко М.И. Природно-климатические условия эксплуатации автомобилей: Санкт-Петербург.: «Автоиздат», 2005. 350 с.
37. ГОСТ 16350-80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей Дата введ. 07.01.1981. М.: Изд-во стандартов, № 1981. 92 с.

38.Нормативный документ Фольцваген. Идентификация проблем пневматической подвески. – введ. 18.12.2015. – 2015.



Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
Политехнический институт  
Кафедра Транспорт

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Е.С. Воеводин

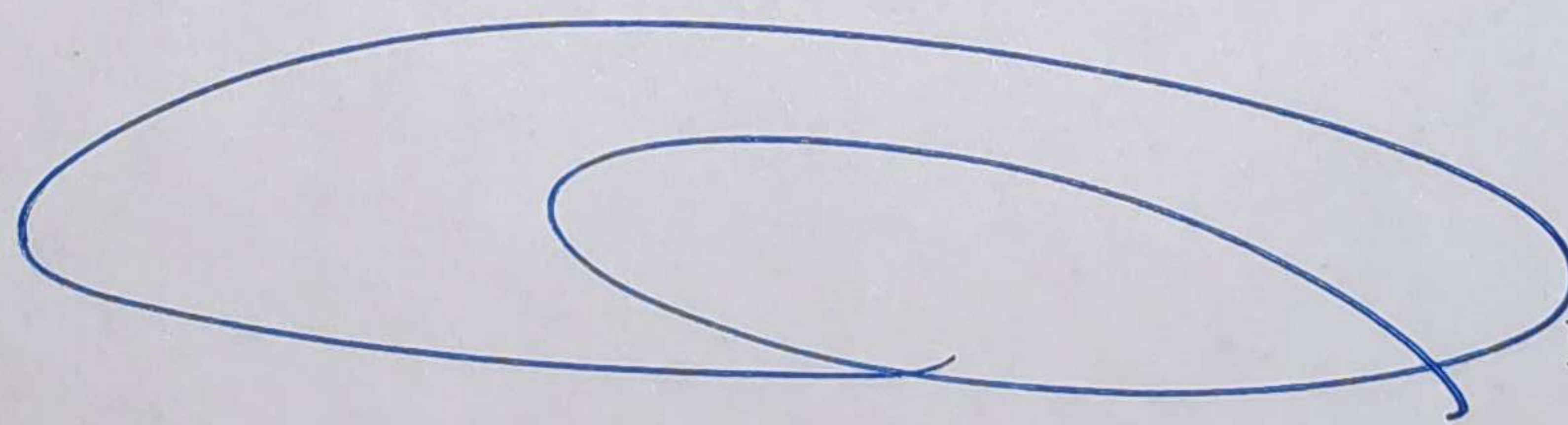
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИССЕРТАЦИЯ)  
**«УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ  
ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ПОДВЕСОК ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ»**

23.06.01 «Техника и технологии наземного транспорта»

05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Научный  
руководитель



к.т.н., проф.  
В.Н. Катаргин

Выпускник



П.Г. Руденко

Красноярск 2021