

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по научно-
инновационной деятельности,
к.т.н., доцент

Петерайтис С.Х.

2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинский государственный университет», г. Тольятти, на диссертационную работу Лисова Андрея Анатольевича, на тему: «Разработка и исследование системы электронного дифференциала для электроавтомобиля», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. «Электротехнические комплексы и системы»

1. Актуальность темы исследования

В данной работе соискателя особое внимание уделено практической проверке эффективности системы электронного дифференциала, основанной на нейронных сетях. В рамках исследования была создана физическая модель электроавтомобиля, предложен подход к обучению нейронной сети, а также выполнен выбор и проектирование её архитектурных решений. Полученные результаты направлены на оптимизацию разработанной системы, а также выдвинуты практические рекомендации по её совершенствованию и интеграции в действующие системы помощи водителю и другие электротехнические комплексы.

2. Новизна полученных результатов

Работа закладывает научные основы для проектирования системы электронного дифференциала для электроавтомобилей и беспилотных наземных транспортных средств, основанной на алгоритмах машинного обучения, в частности с использованием нейронных сетей.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработан способ управления электроприводом электроавтомобиля при поворотах и манёврах, основанный на системе электронного дифференциала и нейронных сетях, позволяющий повысить эффективность управления транспортом.
2. Разработана методика получения данных для обучения искусственной нейронной сети, для управления электроприводом электроавтомобиля при поворотах и манёврах.

Практическая значимость работы заключается в том, что:

1. Использование системы электронного дифференциала на основе нейронных сетей для электроавтомобилей и беспилотных наземных транспортных средств позволяет повысить безопасность транспорта на дорогах.
2. Разработанная система электронного дифференциала (СЭД) для электропривода электроавтомобиля может быть адаптирована к различным дорожным условиям и стилю вождения в реальном времени, обеспечивая эффективное управление скоростью автомобиля.

3. Степень достоверности результатов исследования

Степень достоверности разработанной системы электронного дифференциала на основе искусственных нейронных сетей для электроавтомобилей подтверждается

результатами проведенных теоретических исследований и экспериментов. Использование современных методов анализа данных, включая статистические и алгоритмические подходы, обеспечивает надежность и адекватность полученных результатов. Проведенные эксперименты и тесты подтверждают функциональность и применимость разработанной системы электронного дифференциала для управления электроприводом электроавтомобиля на основе нейронных сетей в реальных условиях.

4. Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация Лисова Андрея Анатольевича состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 143 наименований и 6 приложений. Основная часть изложена на 102 страницах, содержит 57 рисунков и 9 таблиц.

Во введении представлены актуальность темы, цель, задачи и методы исследования, объект и предмет исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, положения, выносимые на защиту, а также сведения о степени достоверности и апробации результатов исследования.

Глава 1. В данной главе представлен обзор современных тенденций в автомобильной отрасли, с акцентом на развитие электромобилей и беспилотных наземных транспортных средств. Анализируется компоновка тяговой системы электромобилей, включая основные компоненты и их взаимодействие. Представлены теоретические основы линейной и нелинейной системы управления, каждая из которых имеет свои ограничения и особенности применения в реальных условиях эксплуатации.

Глава 2. Глава посвящена теоретическим аспектам разработки системы электронного дифференциала для управления электроавтомобилем на основе нейронной сети. Представлены математические модели линейной и нелинейной систем управления электроприводом, реализованные в среде Matlab/Simulink. Приведены математические выражения на основе модели семи степеней свободы для учёта влияния на автомобиль инерционных и аэродинамических сил при движении. Также рассмотрено влияние погодных условий на сцепление шин с дорогой и устойчивость автомобиля. Разработана структурная схема управления электроавтомобилем системой электронного дифференциала, основанной на НС, учитывающая дополнительные факторы, влияющие на управление электроприводом.

Глава 3. В данной главе описывается процесс разработки, проектирования и изготовления физической модели электромобиля для получения экспериментальных данных, включающее: разработку функциональной и принципиальной схемы тягового электропривода электромобиля, выбор компонентной базы для разработки печатной платы, а также разработку управляющего ПО для модели. В главе приведена методико-программная часть, содержащая в себе: разработку методики способа получения экспериментальных данных, анализ рекомендаций для создания набора обучающих данных, выбор типа наиболее подходящей нейронной сети для реализации СЭД и разработку программного обеспечения для обучения НС.

Глава 4. В данной главе представлены результаты экспериментов по реализации модели электромобиля и тестирования разработанной системы электронного дифференциала как при помощи вычислительных тестов, так и на практике. Исследуется влияние параметров и гиперпараметров на точность прогнозирования нейронной сети, разработанной для системы электронного дифференциала. Рассмотрены результаты обучения нейронной сети, её эффективность в управлении системой электронного дифференциала для электроавтомобиля. А также рассмотрены перспективы дальнейших исследований и использования разработанной системы электронного дифференциала на основе НС в автомобильной отрасли.

В заключении приведены основные выводы и результаты диссертационного исследования

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертационном исследовании

1. Результаты исследований могут быть полезны при модернизации систем управления существующими тяговыми электроприводами электротранспорта.

2. Результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть полезны при проектировании новых моделей беспилотного транспорта.

6. Замечания по диссертационному исследованию

1. В работе разработана физическая модель автомобиля, однако описание математической модели системы электронного дифференциала может быть расширено. Было бы полезно привести более подробное описание уравнений и взаимосвязей, используемых для управления системой.

2. Архитектура нейронной сети описана достаточно полно, но можно было бы подробнее рассмотреть обоснование выбора конкретных гиперпараметров и слоёв сети, а также провести сравнение с альтернативными архитектурами, что помогло бы подчеркнуть рациональность выбора.

3. В разделе, касающемся сбора данных с датчиков, можно было бы дополнительно рассмотреть потенциальные погрешности измерений и влияние различных условий окружающей среды на точность получаемых данных. Это добавило бы глубины экспериментальной части работы.

4. В диссертации представлены технические и научные результаты, но было бы полезно дополнить исследование разделом, посвящённым экономической оценке предлагаемой системы, например, рассмотреть затраты на её внедрение и возможные преимущества в эксплуатации по сравнению с традиционными решениями.

5. В работе предлагаются перспективные решения для внедрения системы электронного дифференциала, однако можно было бы рассмотреть потенциальные риски при использовании предложенных решений в условиях реальной эксплуатации (например, отказ оборудования, сбой работы нейронной сети), а также предложить способы их минимизации.

7. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности

Оценивая работу в целом, считаем, что диссертация Лисова Андрея Анатольевича представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, обладающее актуальностью, новизной и практической значимостью. В работе предложены новые, научно обоснованные решения для практической реализации системы электронного дифференциала на основе нейронных сетей в электротранспорте.

8. Заключение

Диссертация Лисова Андрея Анатольевича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Разработка и исследование системы электронного дифференциала для электроавтомобиля», является завершённой научно-квалификационной работой, в которой дано новое решение актуальной задачи, направленной на разработку системы электронного дифференциала для более эффективного управления обычным и беспилотным электротранспортом.

Отзыв и диссертация обсуждены на заседании кафедры проектирования и эксплуатации автомобилей федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тольяттинский государственный университет», протокол №9 от 14.02.2025.

Диссертационная работа соответствует критериям Положения о порядке присуждения

ученых степеней, утвержденного постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Лисов А. А., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв составлен:

к.т.н., доцент, заведующий кафедрой
«Проектирование и эксплуатация
автомобилей» ФГБОУ ВО
«Тольяттинский государственный
университет».

«18» Декабря 2025


подпись

Бобровский Александр Викторович

Подпись Бобровского А.В. заверяю:

Адрес: 445020, Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская, д. 14;
Тел.: +7 (8482) 44-94-24;
E-mail: office@tltsu.ru

Я, Бобровский Александр Викторович, даю своё согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Лисова А.А. и их дальнейшую обработку.



Бобровский А. В.

«18» Декабря 2025

