

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.140.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ
СООБЩЕНИЯ», ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 2 июля 2025 г. № 22

О присуждении Хрулькову Владимиру Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование интеллектуальной системы управления комбинированным траловым механизмом для перемещения высокотоннажных крупногабаритных грузов» по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки) принята к защите 22.04.2025 (протокол заседания №19) диссертационным советом 99.2.140.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, ул. Ленина, д.27, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения»,

Федеральное агентство железнодорожного транспорта, 680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, д. 47, №2292/нк от 12 декабря 2023 г.

Соискатель Хрульков Владимир Николаевич, 12.06.1995 года рождения, в 2017 году окончил бакалавриат федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», в 2019 году окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», в 2023 году окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», работает старшим преподавателем в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет».

Диссертация выполнена на кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Черный Сергей Петрович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

1. Шилин Александр Анатольевич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», отделение электроэнергетики и электротехники инженерной школы энергетики, профессор;

2. Снегирев Олег Юрьевич, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук, лаборатория систем управления технологическими процессами, старший научный сотрудник;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск – в своем положительном отзыве, подписанным Шеленком Евгением Анатольевичем, доктором технических наук, доцентом, высшей школы кибернетики и цифровых технологий, профессором и утвержденным Купряшкиным Ильей Владимировичем, кандидатом философских наук, проректором по научной и инновационной деятельности, указала, что диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные решения по формированию многокаскадных нечетких алгоритмов регулирования в системе управления комбинированным траловым механизмом для перемещения высокотоннажных крупногабаритных грузов. Работа соответствует требованиям п. 9 – 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени, а ее автор Хрульков Владимир Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Соискатель имеет 30 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 20 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работ.

Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 4,91 п.л., авторских – 2,06 п.л.; публикаций в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ – 1,6 п.л., авторских – 1,09 п.л.

Недостовверные сведения в опубликованных соискателем ученой степени работах отсутствуют.

Наиболее значимые работы:

1. Хрульков, В. Н. Особенности реализации нечетких алгоритмов управления на базе программируемых логических контроллеров / В. Н. Хрульков, С. П. Черный // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2022. – № 1(57). – С. 52–62.

2. Хрульков, В. Н. Моделирование многокаскадного нечеткого логического регулятора для управления многосоставным траловым механизмом на основе оператора сложения / В. Н. Хрульков, С. П. Черный // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2023. – № 5(69). – С. 53–60.

3. Хрульков, В. Н. Моделирование многокаскадного нечеткого логического регулятора для стабилизации модульного тралового механизма / С. П. Черный, В. Н. Хрульков, Б. Я. Мокрицкий // Современные наукоемкие технологии. – 2024. – № 11. – С. 126–132. – DOI 10.17513/snt.40218. – EDN KMGSTW

4. Хрульков, В. Н. Разработка модели системы управления подвеской многоопорной транспортной машины с применением теории мягких вычислений / В. Н. Хрульков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2025. – № 2. – С. 578–586.

5. Khrulkov, V. N. Method of Implementing a Fuzzy Logic Controller by Hardware / V. Khrulkov, S. Vasilchenko, S. Cherny // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020, Vladivostok, 06–09 октября 2020 года. – Vladivostok, 2020. – P. 9271539. – DOI10.1109/FarEastCon50210.2020.9271539. – EDN RMKKKF.

6. Khrulkov, V. N. Analysis of approaches to modelling the fuzzy control systems with extension of their functional capabilities / S. P. Cherniy, V. I. Susdorf, A. V. Buzikaeva, V. N. Khrulkov // EAI Endorsed Transactions on Energy Web. – 2021. – No. 31. – P. 4. – DOI 10.4108/eai.13-7-2018.165496. – EDN RVZZPA.

7. Khrulkov, V. and Cherniy S. "Intelligent Suspension Control System for Modular Trawl System," 2023 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), Sochi, Russian Federation, 2023, pp. 315-319, doi: 10.1109/RusAutoCon58002.2023.10272806.

8. Хрульков, В. Н. Применение аппарата нечеткой логики для управления гидравлическими системами при транспортировке сверхтяжелых карьерных самосвалов / В. Н. Хрульков, С. П. Черный // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : материалы IV Международной научно-практической конференции, 16 – 26 февраля 2021 года / редколлегия : С. И. Сухоруков (отв. ред.), А. С. Гудим, Н. Н. Любушкина. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2021. – С. 72–75.

9. Хрульков, В. Н. Разработка пневматической экспериментальной установки для стабилизации грузов в пространстве с помощью нечеткого логического регулятора / В. Н. Хрульков, И. А. Иванова // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : материалы VI Международной научно-практической конференции : в 2-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 05 – 11 декабря 2022 года / редколлегия : С. И. Сухоруков (отв. ред.) [и др.]. Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2023. – С. 109–111.

10. Хрульков, В. Н. Особенности реализации интеллектуальной развитой системы управления модульным высокотоннажным тралом / В. Н. Хрульков, А. В. Бузикаева, С. П. Черный // Трансформация информационно-коммуникативной среды общества в условиях вызовов современности : материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 30 ноября – 01 2023 года. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2023. – С. 25–27.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет».

Отзыв положительный, подписан Шеленком Евгением Анатольевичем, доктором технических наук, доцентом, профессором высшей школы кибернетики и цифровых технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный университет» и утвержден Купряшкиным Ильей Владимировичем, кандидатом философских наук, проректором по научной и инновационной деятельности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный университет».

Замечания:

1. В четвертной главе представлена программно-аппаратная реализация многокаскадного нечеткого регулятора, однако оценка скорости вычислений при достижении заданных показателей качества не проводилась.

2. По тексту диссертационной работы четко не обозначены преимущества многокаскадных нечетких систем перед классическими нечеткими логическими регуляторами.

3. В работе не исследовано влияние увеличения количества звеньев от внедрения многокаскадности в канал регулирования на устойчивость системы управления.

4. Из текста диссертационной работы остается непонятным вопрос о разделении границ применения многокаскадных нечетких логических регуляторов и нечетких регуляторов, построенных по стандартной схеме.

5. Из текста работы остается не ясным, как влияет количество вложенных каскадов на основные показатели качества регулирования комбинированным траловым механизмом для перемещения высокотоннажных крупногабаритных грузов.

2. Отзыв официального оппонента – доктора технических наук, доцента, профессора отделения электроэнергетики и электротехники инженерной школы энергетики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Шилина Александра Анатольевича.

Замечания:

1. Касательно анализа возможности применения нейромоделей и генетических алгоритмов автор достаточно смело утверждает, что «нет никаких гарантий получить оптимальное или качественное решение» для рассматриваемых систем. Указанные методы могут быть применены не только в прогнозировании, но и в настройке параметров динамических систем на основе достаточного объема данных о работе объекта, где можно обеспечить как качество, так оптимальность управления.

2. Формулы 2.6-2.9 полагаю применены в схемах на рис. 2.5,2.6,2.9, однако после нескольких преобразований, которые не очевидны без указания промежуточных этапов преобразования. Полагаю эти преобразования имело смысл включить для более комфортного понимания.

3. При применении модульного оптимума для системы с астатизмом первого порядка можно задавать пере регулирование, однако на стр.39-40 отсутствуют пояснения: почему выбран вариант без перерегулирования и не приведены выражения для вычисления параметров ПИД.

4. В выводах ко второй главе не понятно место ПИД регулятора в общей схеме. Возможно ПИД используется только для сравнения, но для этого сложно найти пояснение в работе. Далее по работе на основании рис.3.3, можно полагать, что ПИД используется для сравнения.

5. Есть замечания к оформлению работы: сокращение НЛР (стр.26) используется раньше, чем определение, которое есть на стр. 27,52; Размеры надписей на рисунках должны быть меньше размера основного текста максимум на два пункта, в частности рис.2.5 и все те, где имеются структурные схемы MatLab Simulink, сложно читаются.

3. Отзыв официального оппонента – кандидата технических наук, старшего научного сотрудника лаборатории систем управления технологическими процессами федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук Снегирева Олега Юрьевича.

Замечания:

1. Обозначения на рисунках должны быть в соответствии с текстом (например, на рис. 2.3 все обозначения прямые, а в тексте курсив). Также нет пояснения, что такое L_{AC} . Можно предположить, что это длина гидроцилиндра полностью сжатом состоянии с нулевым выдвижением штока x .

2. Непонятно, как подается возмущающее воздействие в имитационную модель, представленную на рисунке 2.9.

3. На странице 51 в первом абзаце ссылаются на рисунок 2.17, который отсутствует в работе. Возможно, неправильная ссылка на рисунок.

4. Отсутствует расшифровка некоторых переменных в формулах, например, δ в формуле (2.18).

5. На странице 62 указано, что максимальный угол отклонения платформы по оси X не должен превышать 6° , а по оси Y - 9° . Данные ограничения накладываются с учетом крайних состояний подвесной системы при условии, что по другой оси угол наклона будет равен 0° . При этом не учитывается снижение максимального угла отклонения по осям при одновременном отклонении по оси X и по оси Y .

Отзывы на автореферат (все положительные):

1. Отзыв Мельниченко Олега Валерьевича, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электроподвижной состав» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения».

Замечания:

1. Из текста автореферата неясно, почему рассматривалось только последовательное соединение четырех модульных траловых платформ и не рассматривалось параллельное комбинирование.

2. В автореферате не объясняется по какой причине при моделировании гидравлической подвесной системы в насосной станции был использован двигатель постоянного тока, а не двигатель внутреннего сгорания?

2. Отзыв Белова Михаила Петровича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Робототехники и автоматизации

производственных систем» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Замечания:

1. Из автореферата не ясно, учитывались ли при моделировании характеристики дорожного покрытия (пути). Если да, то как.

2. На странице 2 автореферата, при описании практической значимости, говорится о «... повысить надежность ...», по каким характеристикам?

3. Отзыв Шидловского Станислава Викторовича, доктора технических наук, декана факультета инновационных технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Замечания:

1. Из текста автореферата осталось не понятным, проводились ли исследования системы управления модульным траловым механизмом при неравномерной нагрузке?

2. В автореферате диссертации не рассмотрены практические аспекты масштабирования разработанной системы управления для траловых механизмов различной грузоподъемности и конфигурации.

4. Отзыв Зюзева Анатолия Михайловича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «УрФУ имени первого президента России Б.Н. Ельцина».

Замечания:

1. На каком основании принято допущение, что одна полуплатформа содержит всего четыре гидропривода, а составной модульный траловый механизм состоит из четырех полуплатформ? Вариантов соединения модульных

траловых механизмов может быть множество, а рассматривалось только их последовательное соединение.

2. Из текста автореферата неясно, какова линейная скорость движения модульного тралового механизма.

5. Отзыв Зубарева Александра Владимировича, кандидата технических наук, доцента кафедры «Теоретические основы электротехники», Куповой Анастасии Викторовны - кандидата технических наук, старшего преподавателя кафедры «Теоретические основы электротехники» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Замечания:

1. Остается непонятным, учитывались ли в модели системы управления гидравлической подвеской ограничения, учитывающие процесс протекания гидравлической жидкости при ее передаче по трубопроводу?

2. Обобщенная передаточная функция «ПИД-регулятор – пропорциональный распределитель – гидроцилиндр», представленная в автореферате под номером 9, является разомкнутой, хотя далее на рисунке 3 показана имитационная модель замкнутой системы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью официальных оппонентов в соответствующей отрасли науки, наличием у них публикаций по теме диссертационной работы и сферы исследования, наличием их согласия; широкой известностью ведущей организации своими достижениями в соответствующей отрасли науки и способностью определить научную и практическую ценность диссертационной работы, наличием ее согласия.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** новая научная концепция по структурному синтезу многокаскадной нечеткой системы для стабилизации модульного тралового

механизма, позволяющая усовершенствовать систему управления для перемещения высокотоннажных грузов по дорогам общего пользования.

- **предложен** оригинальный подход управления модульного тралового механизма с применением многокаскадного нечеткого логического регулятора с синтезом уставок для регуляторов вложенного каскада на основе операторов произведения и суммы, обеспечивающие стабилизацию транспортируемого груза в условиях недетерминированных возмущений.
- **доказана** перспективность применения аппарата нечеткой логики в системе управления подвеской модульного тралового механизма для стабилизации транспортируемого груза.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказана** эффективность разработанного автором подхода к формированию алгоритмов управления многокоординатными объектами (на примере модульного тралового механизма) на основе теории мягких вычислений, позволяющего повысить качество его работы;
- **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы теории нечетких множеств для реализации сложных законов регулирования при управлении подвесной системой модульного тралового механизма;
- **изложены** условия, на основании которых формируется структура многокаскадного нечеткого логического регулятора для стабилизации транспортируемого груза на модульном траловом механизме, состоящего из нескольких полуплатформ;
- **раскрыты** недостатки синтеза классической системы управления для стабилизации транспортируемого груза, выявлена необходимость совершенствования алгоритмов управления подвесной системой модульного тралового механизма;
- **изучены** связи элементов подвесной системы модульного трала, влияющие на особенности формирования структуры многокаскадного нечеткого логического регулятора и выбора его модулей;

- **проведена** модернизация структурной модели системы управления модульным траловым механизмом, позволяющая учитывать недетерминированные возмущения и совершенствовать алгоритмы управления с целью повышения качества его функционирования на дорогах общего пользования.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- **разработаны и внедрены** методики синтеза алгоритмов нечеткого управления модульным траловым механизмом в образовательный процесс. Применение теоретических и практических данных при создании алгоритмического и программного обеспечения интеллектуальной системы управления подтверждается актами внедрения;
- **определены** перспективы практического применения принципов структурного синтеза многокаскадного нечеткого логического регулятора для стабилизации транспортируемого груза на модульном траловом механизме;
- **создана** система рекомендаций по структурному и параметрическому синтезу многокаскадного нечеткого логического регулятора включающая оценку его работы с различными логическими операторами в межкаскадных связях;
- **представлены** предложения по дальнейшему совершенствованию многокаскадных нечетких логических регуляторов для многокоординатных объектов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **для экспериментальных работ** показана воспроизводимость результатов имитационного моделирования многокаскадной нечеткой системы управления на программируемом микроконтроллере STM32F746ZGT6;
- **теория** построена на известных фактах и положениях теории гидравлических систем, теории нечетких множеств и современных принципах теории автоматического регулирования техническими устройствами, реализующими технологический процесс и согласуется с опубликованными данными других авторов в исследуемой области;

- **идея базируется** на комплексном анализе практического опыта российских и иностранных исследователей в области синтеза нечетких алгоритмов управления техническими системами, обеспечивающих требуемые эксплуатационные характеристики;
- **установлено** качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в открытых источниках по данной тематике;
- **использованы** современные методы проведения имитационного моделирования, применены стандартные методики сбора и обработки исходной информации с обоснованием выбранных объектов наблюдения и измерения.

Личный вклад соискателя состоит в:

разработке математической модели динамики комбинированного тралового механизма, учитывающей нелинейные характеристики подвесной системы, параметры взаимодействия платформ при совместном перемещении, динамические нагрузки от крупногабаритного груза;

создании методики синтеза многокаскадной нечеткой системы управления, обеспечивающей координацию работы отдельных модулей механизма, компенсацию колебаний груза при транспортировке, адаптацию к изменяющимся условиям эксплуатации;

разработке алгоритма интеллектуального управления, включающего нечеткий регулятор для стабилизации положения платформ, адаптивный модуль для координации совместного движения;

апробации результатов исследования и подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания, касающиеся оценки эффективности алгоритмов работы многокаскадного нечеткого логического регулятора, целесообразности применения нечеткой логики для управления модульным траловым механизмом.

Соискатель Хрульков В.Н. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и обосновал применение нечетких алгоритмов для управления комбинированными траловыми механизмами для перемещения

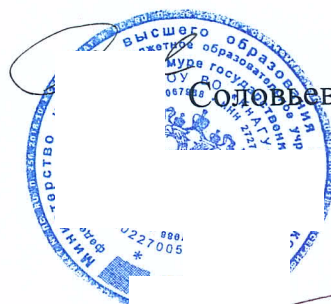
высокотоннажных крупногабаритных грузов. Обстоятельно и аргументировано привел обоснование целесообразности использования нечеткого подхода для управления модульным траловым механизмом, обеспечивающего стабилизацию платформы в условиях недетерминированных возмущений.

На заседании 2 июля 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Хрулькову В.Н. ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи, вносящей вклад в развитие теории управления комбинированным траловым механизмом для перемещения высокотоннажных крупногабаритных грузов.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук (по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 1, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета 99.2.140.02



Соловьев Вячеслав Алексеевич

Ученый секретарь

Диссертационного совета 99.2.140.02

Гудим Александр Сергеевич

2 июля 2025 г.