

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и инновационной
деятельности федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Тихоокеанский
государственный университет,
кандидат философских наук

И.В. Купряшкин

2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет» на диссертационную работу Хрулькова Владимира Николаевича на тему: «Разработка и исследование интеллектуальной системы управления комбинированным траловым механизмом для перемещения высокотоннажных крупногабаритных грузов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

1. Актуальность темы диссертационной работы

Транспортировка высокотоннажных крупногабаритных грузов с помощью модульных траловых механизмов сопряжена с рядом технических и организационных сложностей, таких как неровности дорожного покрытия, высокая парусность груза, отсутствие жесткого крепления и необходимость минимизации рисков опрокидывания. Традиционные системы управления, основанные на классических методах регулирования, часто не справляются с недетерминированными возмущениями, что приводит к авариям и увеличению затрат. Внедрение интеллектуальных систем управления, в частности многокаскадных нечетких регуляторов, позволяет повысить устойчивость и безопасность транспортировки, адаптируясь к изменяющимся условиям. Это особенно важно для критически важных отраслей, таких как энергетика, горнодобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность. Разработка таких систем соответствует современным тенденциям автоматизации и цифровизации, обеспечивая экономическую эффективность и снижение рисков при перевозке сверхтяжелых грузов. В связи с этим тема диссертационной работы Хрулькова В.Н. актуальна.

2. Краткий обзор содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Основной текст диссертации изложен на 132 страницах (без приложений) и содержит 88 рисунков, 1 таблицу и список литературы из 129 наименований.

Во введении обоснована актуальность диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, сформулирована научная новизна, выделены основные выносимые на защиту положения, отражена практическая значимость результатов проведенного исследования.

В главе 1 проведен аналитический обзор методов и устройств для транспортировки крупногабаритных и высокотоннажных грузов. Рассмотрены модульные траловые механизмы, их конструктивные особенности и способы повышения грузоподъемности, такие как увеличение числа осей, опор и комбинирование машин в автопоезда. Отмечены ключевые проблемы транспортировки, включая технические (состояние дорожного покрытия, парусность груза) и организационно-экономические (логистика, строительство специализированных дорог). Выделены основные способы транспортировки моногрузов, включая использование водного, железнодорожного и специализированного тралового транспорта. Подробно описаны конструкции модульных тралов, их гидравлическая система и методы управления, а также недостатки ручного контроля, приводящие к нештатным ситуациям. Рассмотрены интеллектуальные методы управления технологическими процессами, такие как нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткая логика. Предложена многокаскадная система регулирования на основе нечетких логических регуляторов, способная компенсировать внешние возмущения и повысить устойчивость транспортировки.

В главе 2 осуществляется моделирование элементов распределенной гидравлической системы модульного тралового механизма. В ней представлено математическое описание ключевых компонентов, включая гидроцилиндры, пропорциональные распределители и их динамические характеристики. Приведены уравнения, описывающие работу гидропривода, а также передаточные функции и применение ПИД-регулятора для управления положением штока гидропривода. Рассмотрены кинематические и динамические модели, учитывающие взаимодействие элементов подвески с дорожным покрытием. Проведено имитационное моделирование системы с ПИД-регулятором, продемонстрировавшее ее реакцию на возмущающие воздействия. Сформирован многокаскадный нечеткий логический регулятор, обеспечивающий стабилизацию платформы при различных внешних возмущающих

воздействиях. Описана его структура, включающая внешний и вложенные каскады, а также алгоритмы управления на основе нечеткой логики.

3 глава посвящена разработке и анализу системы управления гидравлической платформой модульного тралового механизма на основе многокаскадного нечеткого логического регулятора. Основной задачей является стабилизация положения платформы при движении по неровной поверхности, включая компенсацию кренов и внешних возмущений. В начале главы рассматривается нечеткий логический регулятор второго уровня вложенности с нечетким алгоритмом вывода Такаги-Сугено нулевого порядка, управляющий положением гидравлического привода. Регулятор демонстрирует высокую точность, поддерживая среднее положение штока, и сравнивается с классическим ПИД-регулятором, показывая сопоставимое быстродействие. Синтезируется нечеткий логический регулятор внешнего каскада и первого уровня вложенности, который контролирует линейное рассогласование между транспортными платформами и стабилизирует платформу по осям абсцисс и ординат. Рассмотрены два метода формирования управляющих сигналов: суммирование и пропорциональное распределение с оператором произведения. Первый метод оказался более устойчивым к недетерминированным возмущениям.

В главе 4 представлена аппаратная реализация многокаскадного нечеткого регулятора на платформе микроконтроллера STM32. Нечеткий логический регулятор первого и второго уровня вложенности продемонстрировал высокую эффективность при стабилизации одного модуля комбинированного тралового механизма, обеспечив невысокое отклонение от эталонной модели. Экспериментальная верификация подтвердила соответствие переходных процессов заданным требованиям.

В заключении изложены общий вывод по диссертационной работе, представлены основные результаты исследования, а также перспективы дальнейшего развития тематики.

В приложении приведены: акты внедрения, свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, а также листинг программного обеспечения.

Автореферат диссертации достаточно полно отражает ее основное содержание.

3. Научная новизна и основные результаты исследования

Научная новизна работы заключается в предложенном подходе по созданию интеллектуальной системы управления основана на использовании комплекса специализированных нечетких модулей, образующих единую

иерархическую многокаскадную структуру. При этом в диссертации получены следующие результаты, характеризующиеся новизной:

1) предложено структурное решение и математическое описание многокаскадного нечеткого логического регулятора на основе операторов произведения и суммы для вложенных каскадов, которое позволяет сформировать требуемые зависимости между основными параметрами технологического процесса по перемещению высокотоннажных крупногабаритных грузов;

2) модель многокаскадной нечеткой системы управления модульным траловым механизмом, позволяющая повысить возможности по перемещению объекта управления под влияние недетерминированных факторов;

3) алгоритм функционирования системы управления процессом стабилизации модульным траловым механизмом, отличающийся от ранее известных тем, что формирование управляющих процедур осуществляется многокаскадным не четким логическим регулятором.

4. Достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертации

Основные положения и результаты диссертационной работы были представлены и обсуждались на российский и международных конгрессах, конференциях, выставках, научных семинарах и достаточно полно опубликованы соискателем в 20 работах, в том числе: 4 работах, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 5 работах в изданиях, индексируемых Scopus и Web of Science; 3 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

5. Значимость полученных автором результатов диссертации для развития соответствующей отрасли науки

Значимость результатов диссертации заключается в разработке интеллектуальной системы управления модульным траловым механизмом для транспортировки высокотоннажных грузов, что решает актуальные проблемы отрасли. Применение многокаскадного нечеткого регулятора позволяет учесть недетерминированные возмущения обеспечив высокую точность и устойчивость системы. Разработанные алгоритмы и модели могут быть применены в других сложных многокоординатных системах.

Результаты диссертационной работы внедрены в области автоматизации технологических процессов в промышленности, а также в учебный процесс: алгоритмическое и программное обеспечение интеллектуальных систем многоопорных транспортировочных машин на Комсомольской дистанции электроснабжения Дальневосточной дирекции по энергообеспечению ОАО «РЖД», в учебном процессе ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре

государственный университет». Соответствующие акты внедрения прилагаются.

6. Замечания по диссертационной работе

По диссертации В.Н. Хрулькова имеется несколько замечаний.

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.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационного исследования, не ставят под сомнение достоверность и обоснованность полученных автором результатов и не влияют на общую положительную оценку работы.

7. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа Хрулькова В.Н. соответствует паспорту научной специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки) по пунктам: п. 4 «Теоретические основы и методы моделирования, формализованного описания, оптимального проектирования и управления технологическими процессами и производствами», п. 5 «Научные основы, алгоритмическое обеспечение и методы анализа и синтеза систем автоматизированного управления технологическими объектами», п. 6 «Научные основы и методы построения интеллектуальных систем управления технологическими процессами и производствами».

Диссертационная работа «Разработка и исследование интеллектуальной системы управления комбинированным траловым механизмом для перемещения высокотоннажных крупногабаритных грузов» отвечает требованиям пп. 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 ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Диссертационная работа Хрулькова В.Н., автореферат и отзыв ведущей организации были рассмотрены и обсуждены на заседании высшей школы кибернетики и цифровых технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный университет». Присутствовало 29 человек, из них 7 докторов наук (протокол № 9 от 14 мая 2025 года).

Отзыв составил:

профессор высшей школы кибернетики и цифровых технологий
ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет»,
д-р техн. наук, доцент

_____ Шеленок Евгений Анатольевич
« 4 » июня 2025 г.

Тел. +7(909) 850-19-38

Докторская диссертация защищена по специальности:

2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ТОГУ»)

Адрес: 680035, Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136;

Тел.: +7 (4212) 97-97-00;

E-mail: mail@togudv.ru;

Веб-сайт: <https://togudv.ru>

Подпись Шеленок Е.А.
Заверяю специалист по персоналу отдела кадров

