

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федерально государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Охотников Александр Владимирович

Интеллектуальные системы управления четырёхсекционной  
транспортной платформой

Направление подготовки  
27.04.04 – «Управление в технических системах»

АВТОРЕФЕРАТ  
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ



**Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре  
государственный университет»**

Научный руководитель	кандидат технических наук, доцент заведующий кафедрой ЭПАПУ, ФГБОУ ВО КнАГУ Чёрный Сергей Петрович
Рецензент	кандидат технических наук, доцент заведующий кафедрой «Электротехника, электроника и электромеханика» ФГБОУ ВО ДВГУПС Скорик Виталий Геннадьевич

Защита состоится «21» июня 2024 года в 09 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических систем» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

Секретарь ГЭК

А.В. Бузикаева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Транспортировка высокотоннажных крупногабаритных грузов по дорогам общего пользования представляет собой существенную проблему, связанную не только с наличием целого ряда технических особенностей, но и большим числом экономических и организационно-логистических задач. К техническим задачам можно отнести: кривизну дорожного покрытия, отсутствие крепления грузов к платформе, высокий центр тяжести перевозимого груза, высокую парусность. Ко второй категории относят: ограничение трафика движения, разветвленность дорожной сети и удаленность места использования от станций технического обслуживания. В настоящее время ряд проблем, связанных с перечисленными ограничениями, решаются путем поиска альтернативных вариантов доставки, вплоть до строительства специального отдельного дорожного полотна. Применение предложенной технологии, основанной на нечетких системах управления, позволит решить проблему технического характера, связанную с наличием детерминированных и недетерминированных возмущающих воздействий, в виде наклона дорожного полотна, обусловленных как природным характером, так и вариацией технологических параметров.

Целью работы является исследование и реализация сложных процедур регулирования интеллектуальной системой управления модульным многосоставным тралом при стабилизации высокотоннажных грузов в движении с учетом наклона дорожного полотна.

В соответствии с целью ставятся следующие задачи исследования:

1. Разработка математического описания гидравлической распределенной системы, включая учет основных параметров и характеристик платформы, а также динамических процессов в ней.

2. Моделирование объекта с учетом гидравлического привода, анализ его динамических свойств и определение ключевых параметров, влияющих на процессы стабилизации и управления.

3. Написание интеллектуальной системы управления для сложного многокоординатного объекта, учитывающей особенности переходных процессов, возникающие во время транспортировки сверхтяжелых грузов.

4. Анализ технологического процесса перемещения высокотоннажных грузов с целью выявления проблемных моментов и необходимость внедрения инновационного подхода к управлению.

Данные задачи направлены на создание эффективной и надежной системы управления для модульной транспортной платформы, способной обеспечить стабильное перемещение сверхтяжелых грузов на различных типах дорожного покрытия и в различных условиях эксплуатации.

**Научная новизна** предложенного подхода основана на использовании целого ряда нечетких модулей, образующих единую иерархическую каскадную структуру в управлении модульной четырехсекционной транспортной платформы для перемещения сверхтяжелых грузов с применением нечеткой системы управления.

**Практическая значимость** работы заключается в разработке интеллектуальной системы управления четырехсекционной транспортной платформой, которая позволит оптимизировать процессы перемещения тяжелых грузов и повысить эффективность работы в промышленности и логистике.

**Методами исследования** являются математическое моделирование, разработка многокаскадного нечеткого регулятора и анализ динамических характеристик переходных процессов.

**Реализация результата работы** предполагает стабилизацию платформы с помощью датчика горизонтального положения и управление платформами с применением нечетких логических регуляторов, что позволяет решить техническую проблему, связанную с возмущающими воздействиями, такими как наклон дорожного полотна.

**Личный вклад автора** состоит в изучении и сборе научно-технической информации по тематике диссертации, разработке многокаскадного нечеткого регулятора.

**Публикации.** Результаты диссертационного исследования опубликованы в двух научных изданиях, индексируемых базами РИНЦ

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** описывает общий контекст исследования. Здесь обычно вводится читателя в тему работы, рассматривается актуальность проблемы управления четырехсекционной транспортной платформой для перемещения тяжелых грузов. Здесь же формулируются цели и задачи исследования, а также обосновывается значение представленной работы.

**Первая глава** посвящена анализу технологического процесса по перевозке высокотоннажных крупногабаритных грузов. Обозначены проблемы транспортировки и рассмотрены существующие методы решения этих проблем.

**Вторая глава** посвящена построению математической модели интеллектуальной системы управления элементами подвески полуплатформы. В ней описывается структура платформы, проводится формализация математической модели, включающая в себя уравнения движения и динамики по объекту.

**В третьей главе** определены ограничения, накладываемые как на систему управления четырехсекционной транспортной платформой. Рассмотрены различные методы стабилизации.

**В четвёртой главе** разрабатывается нечеткий логический регулятор с многокаскадной структурой в системе управления четырехсекционной транспортной платформой. Анализируются динамические характеристики системы управления. Проводится исследование переходных процессов в нечеткой системе управления.

**В заключительной главе** представлены основные выводы и результаты исследования, сделанные на основе проведенного анализа. Также в данной части работы обычно содержатся рекомендации по дальнейшему развитию исследования данной темы.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ**

В ходе исследования была создана и реализована математическая модель гидравлической системы модульной платформы, способная учитывать основные технические параметры и характеристики конструкции, а также предсказывать динамическое поведение платформы под воздействием различных внешних факторов.

Путем анализа динамических характеристик объекта и моделирования его поведения были выявлены ключевые параметры, влияющие на процессы стабилизации и управления. Это позволило оптимизировать систему управления для эффективного контроля движения модульной платформы.

Разработанная интеллектуальная система управления, основанная на нечеткой логике, была успешно применена для обеспечения устойчивого перемещения сверхтяжелых грузов с использованием модульной транспортной платформы. Ее применение позволило адаптировать процессы управления к изменяющимся условиям и обеспечить оптимальное функционирование системы.

Проведенный анализ технологического процесса транспортировки высокотоннажных грузов выявил возможные проблемные моменты и уязвимые зоны. Внедрение разработанных методов управления позволяет повысить уровень безопасности и эффективности перемещения тяжелых грузов, обеспечивая более стабильные и контролируемые условия транспортировки.

Таким образом, полученные в ходе исследования результаты демонстрируют значимость применения математического моделирования,

нечетких систем управления и инновационного подхода в области управления для обеспечения оптимального функционирования модульных транспортных платформ при перемещении сверхтяжелых грузов.

## **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1 Охотников А. В. Моделирование нечеткого многокаскадного регулятора с гетерогенной структурой / А. В. Охотников, С. П. Черный // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 11-15 апреля 2022 г. : в 4 ч. / редкол. : А. В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2022. – Ч. 1. – С. 64-66.

2 Охотников А. В. Моделирование развитой нечёткой системы управления с интеграцией внутренних модулей на основе оператора умножения / А. В. Охотников, С. П. Черный, // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2023. – № 1(65). – С. 102-108. – DOI 10.17084/20764359-2023-65-102. – EDN SCBHDO.

3 Охотников А. В. Особенности моделирования платформы при продольных и поперечных кренах / А. В. Охотников, С. П. Черный // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : материалы VI Международной научно-практической конференции молодых ученых, г. Комсомольск-на-Амуре, 5-11 декабря 2022 г. : в 2 частях / редкол. : С. И. Сухоруков (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2023. – Ч. 1. – С. 128-130.

4 Охотников, А. В. Один из подходов к моделированию процесса стабилизации высокотоннажной платформы / А. В. Охотников, В. Н. Хрульков, С. П. Черный, // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы V Международной научно-практической

конференции, Комсомольск-на-Амуре, 06–11 декабря 2021 года / Редколлегия: С.И. Сухоруков (отв. ред.), А.С. Гудим, Н.Н. Любушкина. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 100-103. – EDN SGTITJZ.

5 Охотников, А. В. Развитая нечеткая система управления пиролизной установкой мобильного типа / А. В. Охотников, Д. Ю. Облогин, С. П. Черный // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 59-61. – EDN ENIINM.

6 Свид. 2022680044 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Программная реализация многокаскадного нечеткого логического регулятора для электропривода постоянного тока / А. В. Охотников, С. П. Черный, А. В. Бузикаева, Д. Ю. Облогин ; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «КНАГУ» (RU). – №2022669303; заявл. 17.10.2022; опубл. 26.10.2022, Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 1 с.